

KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT

D e B i l t

Verslagen

V - 279

J. van Maanen

Kriteria voor het verwerpen van
waarnemingen in een objektieve analyse

De Bilt, 1976

Publikationsnummer: K.N.M.I. V-279 (MO)

U.D.C.: 551.509.38

Kriteria voor het verwerpen van
waarnemingen in een objektieve analyse

J. van Maanen

1. Inleiding

Bij het objektief analyseren van de hoogte van een drukvlak is het nodig een criterium te hebben voor het herkennen van foute gegevens. Er zijn verschillende oorzaken voor het ontstaan van deze fouten. Er zijn fouten, die reeds bij de waarneming zelf ontstaan en er is kans op ontstaan van fouten tijdens de verdere verwerking van de gegevens en bij de verzending naar De Bilt. Ook tijdens het machinaal (automatisch) dekoderen is er een kleine kans op het verkeerd interpreteren van een bericht. Dit alles maakt het noodzakelijk een controle op de invoergegevens van het analyseprogramma toe te passen. Deze controle is mogelijk, doordat de variabelen, die de toestand van de atmosfeer op een gegeven tijdstip en in een gegeven punt vastleggen, met elkaar samenhangen. Er is ook samenhang tussen de toestand in een bepaald punt van de atmosfeer en de toestand in een ander punt, dat van het eerste gescheiden ligt door een interval in de ruimte en/of tijd.

Eén van de meest voor de hand liggende controle mogelijkheden is gebruikmaking van klimatologische gegevens. Een 500 mbar hoogte boven 610 gpdam is zo onwaarschijnlijk, dat de kans groot is dat een dergelijke "waarneming" op een fout berust. De controle voor wat betreft korrelatie in de ruimte is het duidelijkst te zien bij de verticale konsistentiecontrole. Bij deze controle wordt nagegaan of er in de gegevens van één radiosonde-opstijging tegenstrijdigheden aanwezig zijn. Het testen op horizontale konsistentie gebeurt in het algemeen tijdens de objektieve analyse. Bij een korrektiemethode van analyseren, zoals de Cressman-methode, vindt deze controle op horizontale konsistentie plaats

na de eerste scan. (Voor een eenvoudige beschrijving van de Cressman-methode, zie Cressman [1], voor een uitvoerige beschrijving van de op het KNMI toegepaste procedures tijdens de objectieve analyse, [2]). Het testen op consistentie in de tijd is het onderwerp van dit verslag. Hierbij moeten we dus aan de hand van eerdere waarnemingen een criterium ontwerpen voor het aanvaarden of **verwerpen van** waarnemingen. De op het KNMI gevolgde procedure bestaat uit het maken van een gisveld met behulp van een numeriek voorspelmodel. Dit gisveld is gebaseerd op de waarnemingen, gedaan 12 uur voor het tijdstip van de waarnemingen, die gecontroleerd moeten worden. Met behulp van het gisveld kan worden getest of een bepaalde waarneming een voldoende grote kans heeft om juist te zijn. Het gisveld wordt later in de analyseprocedure nogmaals gebruikt als "first guess" voor de analyse maar deze toepassing is in principe onafhankelijk van de testprocedure voor het verwerpen/accepteren van stations.

2. Kriteria voor hoogtewaarnemingen

Er zijn uiteraard veel mogelijkheden om een gegeven hoogte-waarneming en het gisveld te combineren en zo tot een verwerpings-criterium te komen. Het eenvoudigst is de oorspronkelijke gedachte van Cressman, die we zullen blijven volgen. De te testen grootte T is de absolute waarde van het verschil "waarneming minus gisveld". Voor het bepalen van deze grootte moet het gisveld, gegeven op roosterpunten, naar de plaats van het station geïnterpoleerd worden. Volgens Cressman is de eis van aanvaarding: $T < 27$ gpdam. De optimale waarde van deze grens is afhankelijk van de kwaliteit van de waarnemingen en van het gisveld. De ervaring in de operationele dienst gaf aan, dat deze grens vermoedelijk te hoog was gekozen, dus dat te vaak een foutief station werd geaccepteerd.

Om een eerste indruk te krijgen werd een histogram gemaakt van alle binnengekomen waarnemingen in de zomer van 1975 (totaal aantal 62647). Een waarneming werd alleen gebruikt als er een hoogte en een wind werd gemeld, en bovendien alleen als de verticale consistentiecontrole niets verdachts opleverde. In figuur 1 staat

vertikaal het aantal waarnemingen, horizontaal het verschil gisveld minus waarneming aangegeven. De indruk dat de toleranties te hoog zijn, wordt door deze grafiek bevestigd, althans voor zover het de zomermaanden betreft. Alvorens uit deze gegevens het gemiddelde en de standaardafwijking kan worden bepaald, moet eerst de meest extreme staart links en rechts worden verwijderd. Immers, de kans is groot dat daar veel foutieve waarnemingen zitten. Als we aan beide kanten een vijftigtal waarnemingen verwijderen, dan blijkt, over de rest bepaald, het gemiddelde $+0.10$ en de standaardafwijking 3.05 gpdam te zijn.

Uit deze gegevens moet het verwerpingskriterium worden vastgesteld. Van de statistische eigenschappen van de foutieve waarnemingen is niets bekend. Wel bekend zijn de eigenschappen van de goede waarnemingen (zie boven), en hierop moet het verwerpingskriterium gebaseerd zijn. Naarmate de verwerpingsgrens scherper gesteld wordt, is de kans dat een foutieve waarneming wordt geaccepteerd kleiner, echter de kans dat een goede waarneming wordt verworpen, neemt toe. Het is daarom onvermijdelijk dat een klein gedeelte van de stations ten onrechte wordt verworpen, en deze kans moet zo klein mogelijk worden gemaakt. We zullen een kans van 1 op 1000 accepteren, dus bij twee analyses per dag van ongeveer 500 waarnemingen wordt één waarneming ten onrechte verworpen. Met de bovengegeven waarde van de standaardafwijking wordt het verwerpingskriterium $T > 10$ gpdam.

De hierboven gegeven methode is echter niet geheel korrekt. De invloed van mogelijke fouten in het gisveld is verwaarloosd, en er wordt van uitgegaan dat ieder station gelijkwaardig is. De invloed van het gisveld wordt in punt 4 besproken. Bepalen we de standaardafwijking van ieder station apart, dan blijkt dat er verschillen tussen de stations aanwezig zijn. In figuur 2 is dit duidelijk te zien. Gebieden met een grote waarnemingsdichtheid worden gekenmerkt door stations met een standaardafwijking van 2 à 3 gpdam; boven de oceanen en Groenland is deze ongeveer 4 gpdam. Omdat er maar weinig stations zijn, die geïsoleerd liggen, komen hun eigenschappen niet voldoende tot uitdrukking in een gemiddelde over alle stations. Verder zijn het juist de

geïsoleerde stations, die een grote invloed op de analyse hebben; dus is het van veel belang de criteria voor deze stations goed te kiezen. Het zou mogelijk zijn om voor verschillende stations verschillende criteria te kiezen maar voor de zomermaanden is dit waarschijnlijk niet de moeite waard. Foutieve waarnemingen boven het kontinent hebben toch al een redelijke kans gedetekteerd te worden in de latere scans.

De veranderingen in het hoogteveld van dag op dag zijn in het noorden groter dan in het zuiden; men mag daarom voor de standaardafwijkingen in figuur 2 iets dergelijks verwachten. Het blijkt echter dat deze standaarddeviaties veel meer afhankelijk zijn van de dichtheid van de stations: boven Amerika en West-Europa zijn deze laag, elders hoog. Hieruit kunnen we konkluderen dat de kwaliteit van het gisveld boven deze gebieden beter is dan boven gebieden met weinig waarnemingsgegevens.

Voor een geïsoleerd station kan weerschip C representatief beschouwd worden. De standaarddeviatie van het verschil tussen gisveld en waarneming van dit station is 4.0 gpdam. Hieruit volgt een verwerpingsgrens van 12.4 gpdam. De invloed van mogelijke fouten in het gisveld is nu nog niet in aanmerking genomen; dit zal in punt 4 aan de orde komen. De verwerpingsgrens, die hierboven is bepaald, is daarom nog niet definitief.

Het is interessant op te merken dat figuur 2 nog een tweede toepassing heeft. Het is mogelijk de kwaliteit van stations onderling te vergelijken. Als twee stations dicht bij elkaar liggen en een groot verschil in standaardafwijking hebben, is het station met de grootste standaardafwijking minder betrouwbaar. Hierop zal niet verder worden ingegaan.

3. Kriteria voor windwaarnemingen

In dit verslag is de wind niet in knopen of m/s uitgedrukt, maar in hoogtegradiënt. Als eenheid van afstand is de roosterafstand van het barokliene model genomen. De reden hiervoor is historisch gegroeid. De omrekeningsfaktor van de in dit verslag gebruikte eenheden naar knopen is in onderstaande tabel gegeven.

| breedte φ | 1 gpdam/roosterpuntafstand komt overeen met kn. |
|----------------------|---|
| 20 | 14.49 |
| 30 | 8.87 |
| 40 | 6.30 |
| 50 | 4.92 |
| 60 | 4.12 |
| 70 | 3.65 |
| 80 | 3.40 |
| 90 | 3.33 |

Tabel I.

Het is moeilijker verwerpingskriteria voor windwaarnemingen te vinden dan voor hoogtewaarnemingen, omdat de wind een vektor-grootte is. Cressman bepaalde de lengte (absolute waarde) van de verschilvektor giswind minus waargenomen wind en verwierp de waarneming als deze lengte boven bepaalde grenzen uitkwam. Er wordt hierbij stilzwijgend aangenomen dat de verdeling van deze verschilvektor willekeurig is en bijvoorbeeld geen voorkeur heeft in de oost-westrichting. In hoeverre deze aanname juist is, is voor De Bilt nagegaan. In figuur 3 staan de eindpunten van de verschilvectoren, die zijn voorgekomen in de drie zomermaanden van 1975. Er is van een voorkeursrichting nauwelijks sprake. We kunnen dus inderdaad de lengte van deze vektor gebruiken om een criterium te ontwerpen.

We leggen nu in ieder station een rechthoekig assenstelsel en beschouwen de projekties van de verschilvectoren op de X-as en de Y-as (resp. u en v). Als we alle waarnemingen van alle stations van de zomer van 1975 bij elkaar nemen, dan volgen deze projekties een normale verdeling. Het gemiddelde is 0, de standaardafwijking $\sigma = 2.0$. Evenals bij de hoogtewaarnemingen werd de meest extreme staart buiten beschouwing gelaten. De lengte van de verschilvektor wordt aangegeven met R, dus $R^2 = u^2 + v^2$. Als u en v beide normaal verdeeld zijn en onafhankelijk zijn, dan volgt R^2 een χ^2 verdeling met twee vrijheidsgraden. Als we, evenals bij de hoogtewaarnemingen, een kans van 1 op 1000 hanteren, dan bestaat het criterium voor

verwerpen uit $R^2 > 13.8 \sigma^2 = 55.2$, $R > 7.4$. Een overzicht van de frekwentieverdeling van R is gegeven in figuur 4.

Evenals bij de hoogtewaarnemingen, moeten we de invloed van geïsoleerd liggende stations zwaarder in rekening brengen. Als representatief voor een geïsoleerd liggend station kunnen we weerschep C nemen. Voor dit station is $\sigma = 2.7$, dus de grens voor verwerpen wordt $R^2 = 99.1$, $R = 10.0$.

4. Invloed van fouten in het gisveld

Tot nu toe is aan de mogelijkheid van fouten in het gisveld voorbijgegaan. Als met die mogelijkheid rekening wordt gehouden, veranderen de in 2. en 3. gegeven grenzen. Voor de uiteenzetting wordt het hoogtekriterium genomen.

In 2. is steeds gewerkt met de absolute waarde van het verschil tussen hoogtewaarnemingen en gisveld. Afgeleid werd, dat de kans dat dit verschil groter is dan 13 gpdam, kleiner is dan 10^{-3} (althans bij een juiste waarneming). Hieruit kunnen we niet konkluderen, dat bij een verschil van meer dan 13 gpdam de hoogtewaarneming fout is. Het is ook mogelijk dat de waarneming goed is en het gisveld fout. Zonder verdere gegevens is het niet mogelijk een beslissing te nemen. Deze verdere gegevens kunnen bestaan uit waarnemingen van andere, in de buurt liggende stations. In dit geval is de werking van het analyseprogramma dusdanig, dat de foutieve waarneming een grote kans heeft in de latere scans verworpen te worden. Andere informatie die men zou kunnen gebruiken is de waarneming van hetzelfde station 12 uur eerder. Het belangrijkste nadeel hiervan is, dat deze informatie niet onafhankelijk is: de waarneming is bij de vorige analyse gebruikt en heeft dus invloed gehad op het gisveld. Een minder belangrijk nadeel is, dat het veel werk kost deze informatie in het computerprogramma beschikbaar te maken. Daarom wordt vooralsnog niet overwogen de testprocedure in deze zin uit te breiden.

In plaats daarvan wordt de volgende redenering toegepast: Bij korrekte waarnemingen is in 1 op de 1000 gevallen het verschil gisveld - waarneming verdacht groot. Dit kan dan zowel aan de

waarneming als aan het gisveld liggen. Aangenomen wordt, dat als een waarneming op de grens van verwerpen ligt, er dan 50% kans is dat de waarneming fout is, en 50% kans dat het gisveld fout is. Het criterium moet dan zo worden gekozen, dat een korrekt verschil gisveld-waarneming met kans 1 op 2000 tot verwerping van de waarneming leidt. Hieruit volgt dan een verwerpingscriterium.

Volgens de aanname moet, als een verschil van precies deze grootte optreedt, de kans 50% zijn dat dan de waarneming fout is. Het is niet gemakkelijk dit te controleren op zijn juistheid. De beste controle bestaat uit het beschouwen van een aantal verdachte waarnemingen en deze te vergelijken met de hoogte- of windwaarneming van dat station en met het gisveld van enkele dagen voor de verdachte waarneming en enkele dagen erna. Door een vergelijking lukt het dan soms uit te maken welke van de twee fout is. Bij een zorgvuldige analyse van de gegevens blijken dan inderdaad de twijfelgevallen zich bij de verwerpingsgrens voor te doen.

Konkreet toegepast betekent dit, dat bij de hoogtewaarnemingen de grens voor verwerpen verschoven wordt naar 13.2 gpdam, en voor de wind worden de grenzen: $R^2 < 109$, $R < 10.5$. Deze laatste grens komt op 40°N overeen met 66 kts, op 60°N met 43 kts.

5. De toleranties voor de overige scans, drukkiveaus en andere seizoenen

Het analyseproces voor één drukkiveau bestaat eigenlijk uit vier afzonderlijke analyses, waarbij telkens het resultaat van de vorige analyse wordt gebruikt als gisveld voor de volgende. Iedere scan (= 1 van de 4 afzonderlijke analyses) heeft zijn eigen toleranties, telkens kleiner dan de voorgaande. Het is in principe mogelijk al deze toleranties op eenzelfde manier te bepalen als in de eerste scan. Deze methode is echter bewerkelijk en overbodig nauwkeurig. Als in plaats van de juiste tolerantie T een tolerantie T' gebruikt wordt, heeft dit uitsluitend invloed op stations waarvan het verschil gisveld-waarneming tussen T en T' in ligt. Als T' redelijk dicht bij T ligt, is de kans dat een waarneming juist tussen T en T' terechtkomt bijzonder klein. Daarom zijn de

toleranties in de latere scans afgeleid uit die van de eerste scan. In de tot nu toe gebruikte methode van analyseren was de verhouding van de hoogtetoleranties in de 4 scans 9:8:7:6. Aangenomen wordt dat deze verhouding voldoende nauwkeurig is om de toleranties in de overige scans te bepalen. Is dus de tolerantie in de eerste scan T_h , dan is die in de overige scans resp. $\frac{8}{9} T_h$, $\frac{7}{9} T_h$ en $\frac{6}{9} T_h$. Voor de windtoleranties is het criterium voor verwerpen in scan 4 $\frac{6}{7}$ maal de waarde in de scans 2 en 3.

De andere seizoenen worden als volgt aangepakt: de methode van punt 2, 3 en 4 kan ook worden gebruikt voor de winter. De overgangsseizoenen geven wat problemen, omdat de omstandigheden aan het begin van het seizoen duidelijk anders zijn als aan het einde. Daarom worden de toleranties van bijvoorbeeld de lente maanden zo bepaald, dat de getallen voor resp. de wintermaanden, maart, april, mei, de drie zomermaanden een rekenkundige rij vormen, en analoog voor de herfstmaanden.

De toleranties voor andere niveaus zijn uit die van 500 mbar afgeleid. De verhouding van de grenzen op 500 en 300 mbar is gelijk gekozen aan de verhouding van de - door veranderingen van dag op dag optredende - standaardafwijking van het hoogte-, resp. windveld op 500 en 300 mbar (en analoog voor 850 mbar). Deze standaardafwijkingen zijn afgeleid uit gegevens van Oort en Rasmusson [3].

De uiteindelijke resultaten van dit onderzoek worden samengevat in de navolgende tabellen II en III. Ter vergelijking is onder "oude waarde" de tot nu toe gebruikte waarde gegeven. De nieuwe toleranties zijn vooral in de zomer kleiner dan tot nu toe het geval was. Uiteraard moet worden bekeken of deze nieuwe toleranties in de praktijk blijken te voldoen. Als het in de praktijk noodzakelijk zou blijken, zullen de getallen worden aangepast. De praktijkervaringen zullen te zijner tijd worden vastgelegd in een memorandum.

Referenties

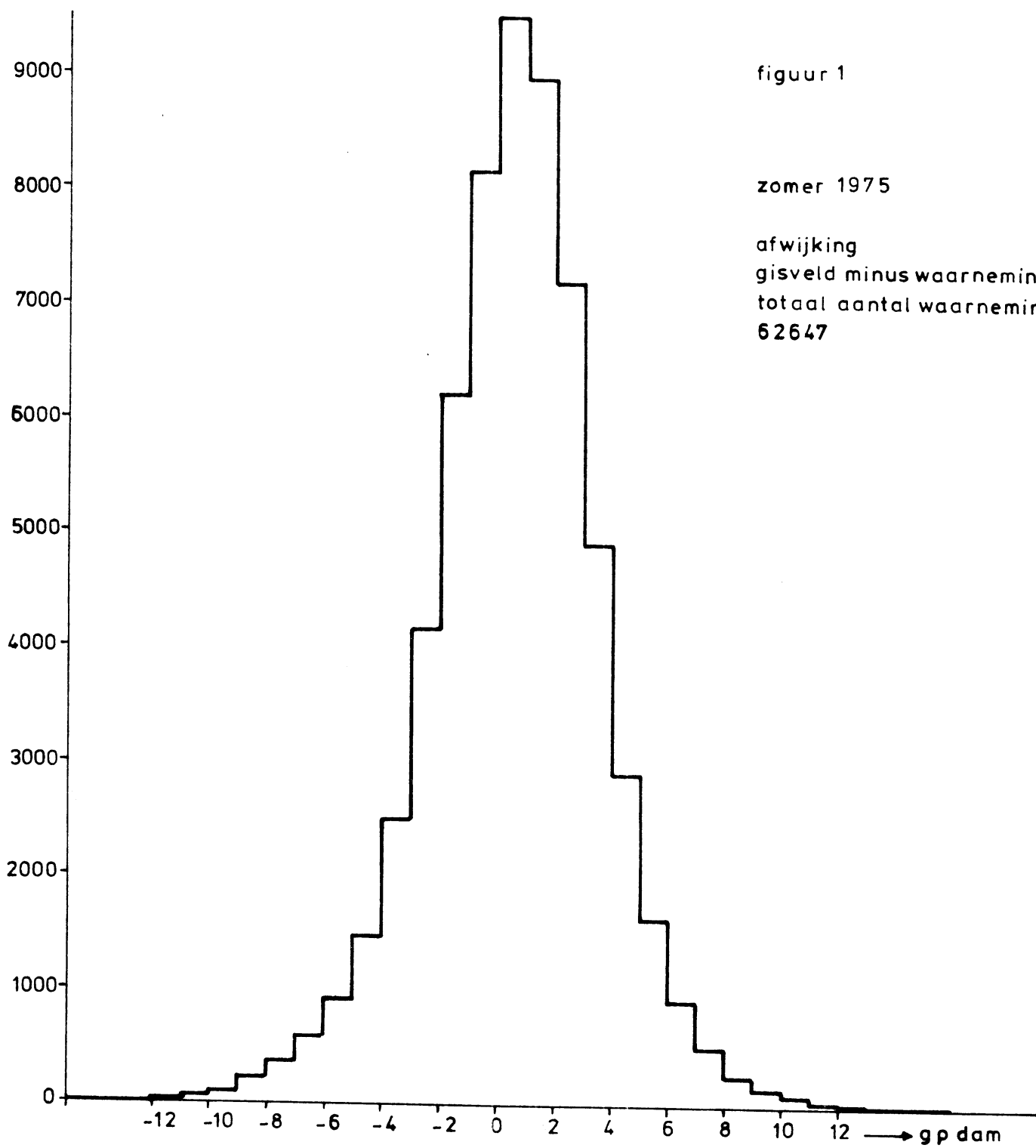
- [1] Cressman, G.P., An operational objective analysis system, Monthly Weather Review, Vol. 87, 1959, pp. 367-374.
- [2] Beschrijving van programma's voor de EL X8, KNMI Wetenschappelijk Rapport 69-3, 1969.
- [3] Oort, A.H., and Rasmusson, E.M., Atmospheric Circulation Statistics, NOAA Professional Paper No. 5, 1971.

Tabel II. Toleranties voor hoogteanalyse van ³⁰⁰
500 mbar.
⁸⁵⁰

| scan | oude waarde | winter | mrt./ nov. | apr./ okt. | mei/ sept. | zomer |
|------|-------------|--------|---------------|---------------|---------------|-------|
| 1 | 27 | 24.1 | 23.2 | 22.3 | 21.4 | 20.5 |
| | | 18.1 | 16.9 | 15.7 | 14.4 | 13.2 |
| | | 11.2 | 10.3 | 9.4 | 8.6 | 7.7 |
| 2 | 24 | 21.4 | 20.6 | 19.8 | 19.0 | 18.2 |
| | | 16.1 | 15.0 | 14.0 | 12.8 | 11.7 |
| | | 10.0 | 9.2 | 8.4 | 7.6 | 6.8 |
| 3 | 21 | 18.7 | 18.0 | 17.3 | 16.6 | 15.9 |
| | | 14.1 | 13.1 | 12.2 | 11.2 | 10.3 |
| | | 8.7 | 8.0 | 7.3 | 6.7 | 6.0 |
| 4 | 18 | 16.1 | 15.5 | 14.9 | 14.2 | 13.6 |
| | | 12.1 | 11.3 | 10.5 | 9.6 | 8.8 |
| | | 7.5 | 6.9 | 6.3 | 5.7 | 5.1 |

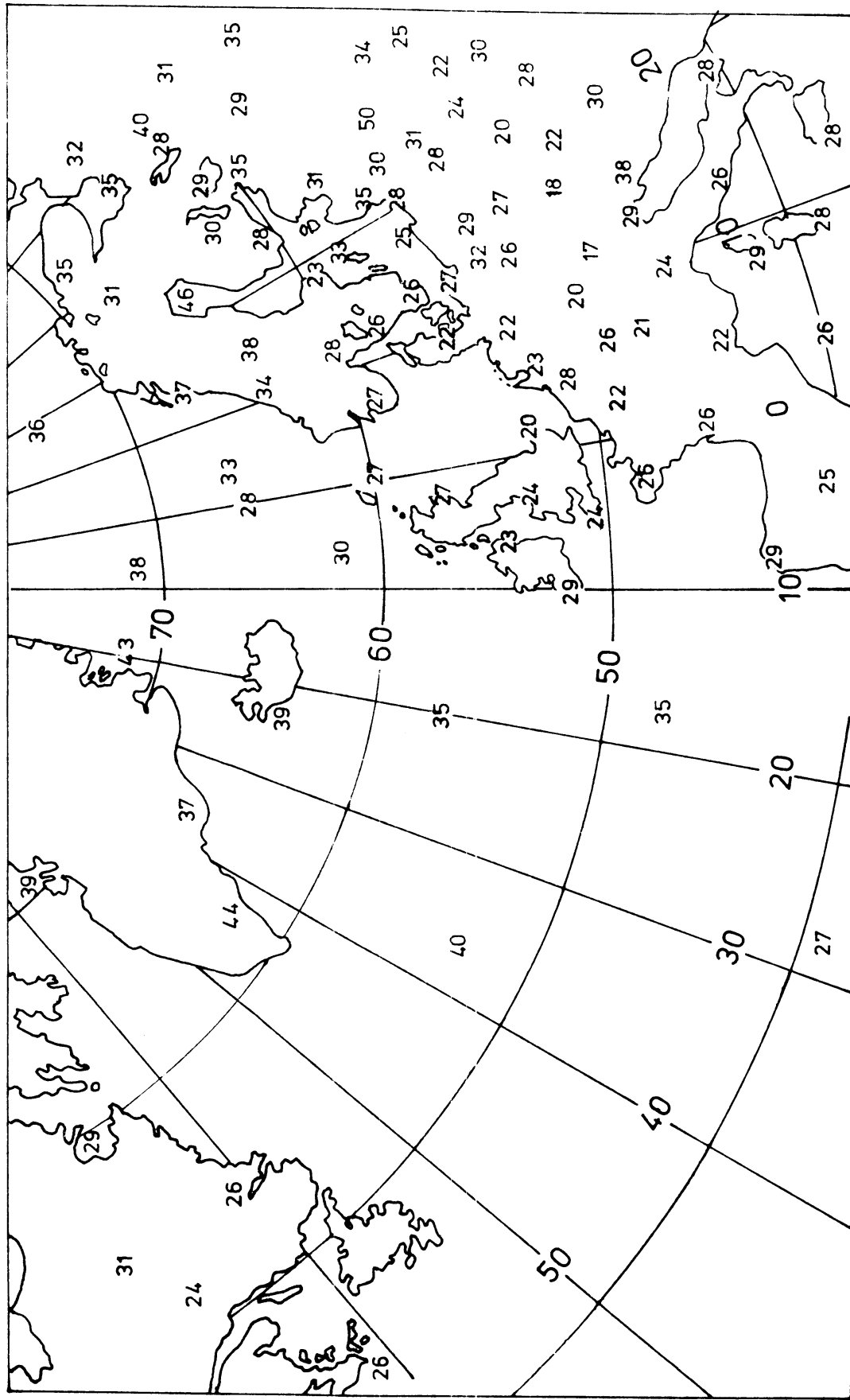
Tabel III. Toleranties voor windanalyse van ³⁰⁰
500 mbar.
⁸⁵⁰

| scan | oude waarde | winter | mrt./ nov. | apr./ okt. | mei/ sept. | zomer |
|--------|-------------|--------|---------------|---------------|---------------|-------|
| 2 en 3 | 14 | 22.8 | 21.1 | 19.5 | 17.8 | 16.2 |
| | | 17.0 | 15.4 | 13.8 | 12.1 | 10.5 |
| | | 11.4 | 10.4 | 9.4 | 8.4 | 7.4 |
| 4 | 12 | 19.5 | 18.1 | 16.7 | 15.3 | 13.9 |
| | | 14.6 | 13.2 | 11.8 | 10.4 | 9.0 |
| | | 9.8 | 8.9 | 8.0 | 7.2 | 6.3 |



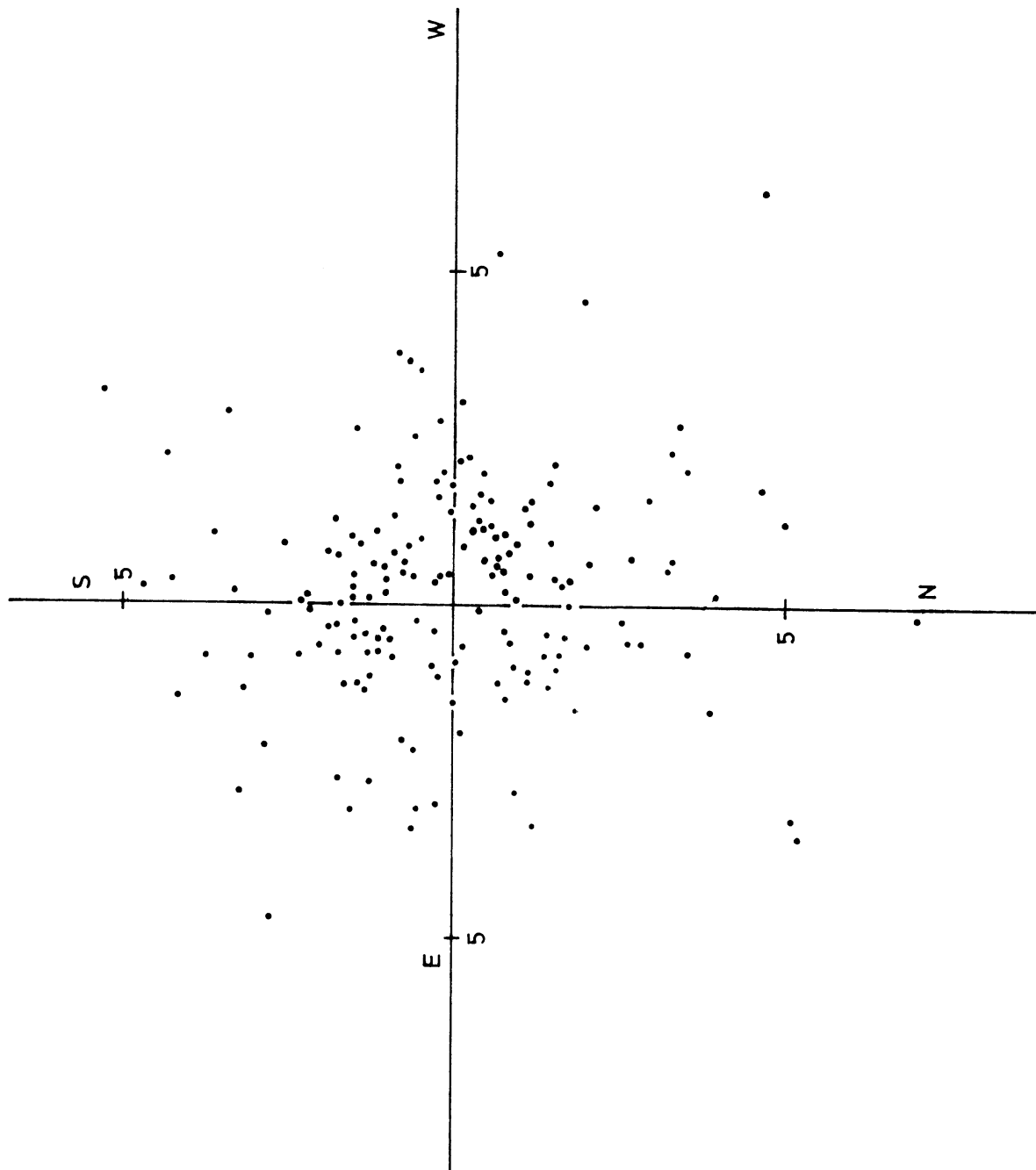
figuur 2

standaardafwijking verschil gisveld minus waarneming per station (zomer 1975) eenheden gpm



figuur 3

eindpunten van de
vektoren giswind minus
waargenomen wind
eenheid :
gp dam / roosterpunt
(zie tekst)



figuur 4

