

**KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT**

TECHNISCHE RAPPORTEN

T.R. 49

H. Timmerman, L.C. Heijboer en A. van der Hoek

Operationele numerieke voorspellingen:
overzicht en verificatie over de periode 1978-1983

De Bilt, 1984

Publikatienummer: K.N.M.I. T.R. - 49 (DM)

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut,
Dynamisch Meteorologisch onderzoek,
Postbus 201,
3730 AE De Bilt,
Nederland.

U.D.C.: 551.509.313 :
551.509.5

Summary

In this paper a survey is given of the numerical operational KNMI-model in the years 1978-1983.

Special attention is given to the verification taking into account not only the KNMI-model but also the models of NMC, ECMWF and Bracknell.

The verification deals with pressure and pressure gradient, the latter being a very important component of the computation of the wind. Observed winds at the light vessel Goeree were compared with computed winds of the KNMI-model. Tidal observations of Hoek van Holland were verified against computed values of the KNMI storm surge model. From this verification some important conclusions could be drawn. For the first 12 hours it turned out that with respect to the pressure gradient the difference between the KNMI filtered model and the advanced models based on primitive equations was small. For a forecast period up to 24 hours no significant differences could be established between a simple two parameter filtered model and a filtered 4 layer model.

With respect to the tidal computations the relative large difference between observed tidal heights and tidal heights computed with the aid of analysed pressure fields was striking. Apparently this difference gives on average the most important contribution to the difference between the tidal observations and the computed tidal values at least for the first 12 hours of forecast.

Inhoud

- I Inleiding**
- II Overzicht operationele modellen**
- III Verifikatie**
- IV Verifikatie van luchtdruk en luchtdrukgradiënt**
- V Verifikatie van de wind op Goeree**
- VI Verifikatie van de opzet in Hoek van Holland**
- VII Conclusies**

I Inleiding

In het begin van de 70-er jaren werd door de Commissie Voorbereiding Aanschaf Nieuwe Computer de volgende doelstelling geformuleerd:

"Ontwikkeling van een atmosferisch model ten behoeve van de Operationele Dienst, waarbij de aandacht vooral gericht moet zijn op de Noordzee en omgeving in verband met de toepassing van het model voor golven en wateropzetten."

De gestelde eisen waren:

- a) redelijke kwaliteit, die tot 18 uur vooruit kan concurreren met het buitenland.
- b) mogelijkheid tot achtmaal draaien per etmaal.

In 1981 zijn doelstelling en eisen nog eens bevestigd door de Direktieraad. Het gaat dus om modellen en afgeleide produkten die direkt voor Nederland van belang zijn en die niet van elders kunnen worden betrokken, mede rekening houdend met de aflevertijd voor operationele toepassing. De aflevering dient namelijk zo spoedig mogelijk na tijdstip van waarneming te geschieden, omdat korte termijnvoorspellingen, waar het hier uitsluitend om gaat, snel verouderen. Mede gezien de hoge frekwentie van achtmaal per dag is een snel model derhalve van groot operationeel belang.

II Overzicht operationele modellen

In de loop van de 70-er jaren kwamen geleidelijk de onderdelen gereed, die nodig zijn voor de voorspelling van golven en wateropzetten. In dit verband moeten worden genoemd:

- a) een gefilterd 4-lagen atmosferisch model (BK4), rekenend op het Octagonrooster met een roosterpuntsafstand van 375 km. Zie fig. 1.
- b) een detailanalyse van de Noordzee en omgeving gebaseerd op de onvolledige Fourier Analyse van Kuipers (OFA).
- c) een golvenmodel (GONO).
- d) een wateropzetmodel (WBN).

In 1978 werden de onderdelen ingepast in een draaiboek, dat in december 1978 operationeel werd.

Het Octagon-rooster beslaat vrijwel het gehele Noordelijke Halfrond. Dit is ongunstig voor een snelle aflevering, want het duurt vele uren alvorens bijvoorbeeld ook de waarnemingen van de Stille Oceaan zijn ontvangen. Verder is het Octagon-rooster te grof voor een voldoende vastlegging van details op de Noordzee. Het lag dus zeer voor de hand dat zowel aflevertijd als kwaliteit zouden kunnen worden verbeterd door over te gaan op een veel kleiner gebied met een kleinere roosterpuntsafstand, waarbij de randen van dit kleinere gebied zouden kunnen worden geleverd door het Octagon-model. Gekozen werd toen voor het zgn. telescoopgebied met een roosterpuntsafstand van 187.5 km. Hierbij moet onderscheid worden gemaakt tussen het TEL1-rooster, waarop de analyses plaats vinden en het kleinere TEL2-rooster, dat wordt gebruikt voor de voorspellingen. Zie fig. 1. Deze telescoop BK4 werd in december 1979 al operationeel, waardoor de aflevertijd inderdaad enkele uren kon worden vervroegd, terwijl de kwaliteit die van de Octagon BK4 overtrof. Het draaiboek voorzag in viermaal draaien per etmaal, maar in de mogelijkheid tot achtmaal draaien kon niet worden voorzien, omdat de rekentijd te lang was.

In de periode na 1979 werden de resultaten van de telescoopversie nauwkeurig bestudeerd en sinds 1982 ook uitvoerig vergeleken met de analyses en voorspellingen van het ECMWF. Diverse verbeteringen ook wat optimale operationele bruikbaarheid betreft bleken nog mogelijk. Een van de wijzigingen betrof een uitbreiding van de waarnemingen met windgegevens van vliegtuigen (AIREPS). De invoering ervan in november 1981 leverden ernstige moeilijkheden op, ten gevolge waarvan de kwaliteit van de voorspellingen vooral na 12 uur vooruit terugviel tot onder het niveau van de Octagon. Naderhand bleek dat een geïsoleerde foute AIREP op een tussenuur, bij afwezigheid dus van andere waarnemingen, soms niet werd verworpen. Dit leverde dan een zeer slechte analyse op, die vervolgens via de gisvelden in de daarop volgende analyses doorwerkte. Daardoor was in gebieden met weinig waarnemingen de analyse soms meerdere dagen onjuist. Het bleek tevens dat het voorspelprogramma op dit euvel zeer ongunstig reageerde. In 1982 werd een uitvoerig onderzoek verricht om te komen tot een systeem dat de AIREPS wel goed verwerkte. Allereerst werd ter verbetering van de verticale consistentie tussen de 4 lagen 300, 500, 850 en 1000 mb de BK4 updating vervangen door een BK2 updating die slechts gisvelden levert voor 500 en 1000 mb. Via regressie en met behulp van klimatologie werden de noodzakelijke gegevens van

300 en 850 mb berekend. Belangrijk was verder dat het mogelijk bleek foutieve AIREPS voldoende te kunnen uitzeven indien de AIREPS niet alleen met het gisveld, maar ook onderling worden vergeleken. Op 22 december 1982 werd het nieuwe systeem operationeel.

Het draaiboek voorziet in de uitvoering van analyses om de 3 uur, waarbij de analyses van de hoofd-synoptische uren 0, 6, 12 en 18 uur GMT tweemaal worden uitgevoerd. De eerste keer geschiedt dit op een vroeg tijdstip (ongeveer 2 uur na waarneming). Er wordt dan een voorlopige analyse uitgevoerd, die als basis dienst voor een +24 uur prog ten behoeve van golven en wateropzetten. Op een later tijdstip (ongeveer 5 uur na waarneming) vindt een definitieve analyse plaats, die wordt gebruikt om een zo nauwkeurig mogelijk gisveld te berekenen voor 3 uur later, ten behoeve van de volgende analyse.

III Verifikatie

Verifikatie is een noodzakelijk onderdeel van een operationeel model. Derhalve worden reeds vele jaren voorspelde luchtdrukvelen vergeleken met geanalyseerde luchtdrukvelen op een verifikatie-rooster (in het dagelijks spraakgebruik gebied 4, zie fig. 1). Berekend worden de gemiddelde fout, de standaarddeviatie, de RMS-fout en de tendenscorrelatie van de luchtdruk op zeeniveau en van de hoogte van 500 mb voor +12 en +24 uur. Ook wordt van de geostrofische wind met vaste Coriolis parameter, zowel voor richting als snelheid, de gemiddelde fout en de RMS-fout bepaald. De laatstgenoemde grootheden geven een goede indruk van de kwaliteit van de prognoses voor gebruik door golf- en wateropzetmodellen. De gradient afgeleid uit het luchtdrukveld is namelijk de basisgrootte waarmee de wind met behulp van de Hesselbergformule kan worden berekend. Samen met Van der Hoek en Grendel is door Heijboer een waarderingschaal ontworpen, die gebruik maakt van zowel de RMS-fout van de windrichting als van de windsnelheid. De formule luidt:

$$\text{klasse} = -0.1 \text{ RMS}_{\text{FF}} - 0.02 \text{ RMS}_{\text{DD}} + 5.4$$

Bij de vaststelling van deze schaal werd uitgegaan van de volgende richtlijn:

klasse = 5 uitmuntend (ongeveer de werkelijkheid)
klasse = 4 goed (geen klachten)
klasse = 3 matig (nu en dan klachten)
klasse = 2 slecht (niet bruikbaar in de praktijk)
klasse = 1 onzin

Met behulp van een aantal meteorologen uit de Operationele Dienst is de formule nogmaals getest en in orde bevonden. Onafhankelijk hiervan is door Australische meteorologen een onderzoek uitgevoerd op ECMWF prognoses voor het zuidelijke halfrond, dat zeer goed bleek overeen te stemmen met ons systeem. Zie fig. 2. Voor een overzicht van de formules wordt verwezen naar fig. 3. De ervaring heeft geleerd dat de op bovenstaande wijze gedefinieerde klasse inderdaad goed bij de praktijk aansluit en erg gevoelig is voor verschillen in analyses en prognoses. Bovendien is gebleken dat een gemiddeld klasseverschil van 0.2 of minder in de praktijk nauwelijks opvalt, terwijl bij een gemiddelde verschil van 0.3 of meer de gebruiker zal merken dat de ene prognose beter is dan de andere. Verder is uit een vergelijking tussen de gemiddelde klasse voor een gebied en de klasse bepaald met behulp van een tijdreeks voor 1 punt uit dat gebied, gebleken dat er maar weinig verschil was, zodat het ook zinvol is de klasse voor een tijdreeks te bepalen m.b.v. RMS_{FF} en RMS_{DD} . Hierin ligt de rechtvaardiging dat bij onze verifikatie de nadruk valt op het gebruik van de klasse en dat bovendien de klasse soms ook als maat wordt gebruikt voor een tijdreeks van slechts 1 punt.

IV Verifikatie van luchtdruk en luchtdrukgradiënt

Een doelstelling bij de verifikatie was het KNMI-model te vergelijken met buitenlandse modellen bij verschillende voorspeltermijnen. Daarom zijn niet alleen de BK4-prognoses maar ook de prognoses van Bracknell, ECMWF en NMC in beschouwing genomen. De verifikatie werd uitgevoerd met de objectieve KNMI-analyse als basis. In 1981 ontbrak de Bracknell +12 prognose. De resultaten van de verifikatie die betrekking heeft op BK4 en Bracknell kunnen worden aangetroffen in de figuren 4 en 5 en de tabellen 1 en 2. De gegevens zijn steeds per kwartaal bij elkaar genomen. Een rechtvaardiging hiervan kan worden gevonden in de figuren 6 en 7, die een duidelijke af-

hankelijkheid van de gemiddelde windsnelheid en het kwartaal demonstreert. Uit de figuren 4 en 5, en de tabellen 1 en 2 blijkt dat het operationele model in 1982 zeer slechte resultaten gaf, waarvan de oorzaak al in hoofdstuk II werd besproken. Daarentegen zijn de resultaten van het numerieke model dat op 22 december 1982 operationeel werd het beste, waarbij het vooral opvalt dat het verschil met Bracknell voor de +12 prognose gering is, terwijl bij een voorspeltermijn van +24 het gemiddelde verschil in klasse 0.3 bedraagt. Hoewel dit verschil nog niet groot is, zal het voor de gebruiker niet onopgemerkt blijven.

Het BK2 updatingsmodel gebruikt slechts weinig rekentijd, ook als de voorspeltermijn tot 24 uur wordt uitgebreid. In dat geval bedraagt de rekentijd ook nog maar enkele minuten. Daardoor kon zonder noemenswaardige extra belasting van de computer een vergelijking worden uitgevoerd tussen BK4 en BK2. De periode liep van 7-2-1983 t/m 30-4-1983 (\pm 75 gevallen). In figuur 8 is een zeer beknopte vergelijking tussen BK2 en BK4 gegeven. In tabel 3 zijn de verifikatieresultaten gegeven, waarbij naast Bracknell ook ECMWF en NMC zijn betrokken. Het is zeer opmerkelijk dat het verschil tussen BK4 en BK2 zo gering is. Dit betekent in samenhang met het voorgaande dat voor een termijn tot +12 een zeer eenvoudig model, gezien de zeer veel kortere rekentijd, de voorkeur verdient boven een geavanceerd model, althans wat de voorspelling van de luchtdrukgradiënt betreft. Weliswaar geldt dit niet voor de +12 van het ECMWF, maar deze gegevens worden i.v.m. de late "cut-off" pas zeer laat ontvangen.

V Verifikatie van de wind op Goeree

Naast een vergelijking met objectieve analyses vindt er ook om de 6 uur een vergelijking plaats tussen de gemeten wind op het lichteiland Goeree en de winden berekend uit geanalyseerde en voorspelde luchtdrukvelen. De berekening van de wind uit het luchtdrukveld geschiedt met de formule van Hesselberg, welke ook ten grondslag ligt aan het windschaaltje, toegepast in de Operationele Dienst. Deze vergelijking levert het basismateriaal, waaruit zowel de RMS-fout van de windrichting als van de windsnelheid kan worden bepaald. In tabel 4 is een overzicht gegeven van de RMS-fout van de windrichting en windsnelheid, waarbij om het effect van meetfouten te reduceren werd gecorrigeerd voor systematische fouten op tijdstip 0. Zoals

in hoofdstuk IV werd opgemerkt is het zinvol ook voor tijdreeksen de klasse te berekenen, waarbij ter wille van de vergelijking met de getallen uit hoofdstuk IV de RMS-fout voor de windsnelheid werd vermenigvuldigd met een faktor die samenhangt met de reductie van gradiënt-wind naar grondwind. Deze faktor bedroeg $4/3$. In de figuren 9 t/m 12 zijn de resultaten voor de analyse en de +12 en de +24 prognose grafisch uitgezet.

Uit figuur 9 blijkt dat in de periode 1977-1983 de analyses, althans voor de omgeving van Goeree geleidelijk zijn verbeterd, vooral indien rekening wordt gehouden met de variabiliteit van de wind in het ene jaar ten opzichte van een ander jaar. Deze variabiliteit is in de grafiek bepaald met behulp van het aantal waarnemingen dat de windsnelheid 25 knopen of meer bedroeg en aangegeven met R(ustig) en S(tormachtig). Een zelfde beeld wordt ook aangetroffen in fig. 10 die betrekking heeft op de +12 prognoses. In fig. 11 is duidelijk de invloed te zien van de moeilijkheden die werden ondervonden bij de invoering van het operationele systeem in november 1981, zoals al werd vermeld in hoofdstuk II. Het valt vooral op dat de verbetering die met de invoering van het huidige operationele model op 22 december 1982 werd bereikt in het bijzonder geldt voor de windrichting. Zie tabel 4 bij de voorspeltermijn +18 en vooral +24.

VI Verifikatie van de opzet te Hoek van Holland

Een van de toepassingen van het atmosferische numerieke model is de berekening van waterstanden. In de operationele run worden opzetberekeningen uitgevoerd uitgaande van windvelden gebaseerd op geanalyseerde (+00) en op voorspelde luchtdruk velden. In figuur 13 zijn voor Hoek van Holland uitgezet de standaarddeviaties van de verschillen tussen gemeten en berekende opzet in die gevallen waarbij de gemeten opzet 4 dm of meer bedroeg. De waarden hebben weer betrekking op het eerste kwartaal, ditmaal van de jaren 1980 t/m 1983. Voor +00 en +12 is een lichte verbetering te constateren in de periode 1980 t/m 1983, maar opgemerkt moet worden dat het meer of minder rustige karakter van het weer een veel grotere invloed heeft. Deze variabiliteit komt hier tot uitdrukking in het aantal gevallen met een opzet van meer dan 4 dm. Bij de voorspeltermijn van +24 komt duidelijk het slechte resultaat van 1982 tot uitdrukking.

In figuur 14 zijn de gegevens uitgebreid met het 4e kwartaal van de jaren 1979 t/m 1982, terwijl tevens het gemiddelde verschil tussen de gemeten en berekende waarde is vermeld en het aantal gevallen waarbij de gemeten opzet 8 dm of meer bedroeg.

Karakteristiek is het geringe verlies in kwaliteit bij toenemende voorspeltermijn t.o.v. de relatief grote standaarddeviatie op het tijdstip 00. Dit komt vooral tot uiting, indien de voor het huidige systeem niet representatieve kwartalen 81⁴ en 82¹ buiten beschouwing worden gelaten. Blijkbaar is de foutenbron bij de vertaling van geanalyseerde luchtdruk-velden, naar wateropzetten, via het windveld en het wateropzetmodel, aanzienlijk en overschaduwde zelfs in hoge mate de onzekerheid in het voorspelde luchtdrukveld, zeker voor een voorspeltermijn korter dan 12 uur.

VII Conclusies

De volgende conclusies kunnen worden getrokken:

1. De overgang van het Octagon model met een roosterpuntsafstand van 375 km naar het Telescoopmodel met een roosterpuntsafstand van 187.5 km heeft een verbetering in de kwaliteit van de voorspellingen opgeleverd.
2. deze verbetering werd in 1982 geheel overschaduwde door moeilijkheden bij de invoer van AIREPS.
3. na de invoering van het huidige operationele model op 22 december 1982 bleken deze moeilijkheden te zijn overwonnen en loopt het systeem beter dan ooit tevoren.
4. het verschil in kwaliteit tussen BK4 en BK2 bleek niet significant te zijn.
5. het verschil met buitenlandse modellen is wat betreft de voorspelling van de luchtdrukgradiënt in de eerste 12 uur niet groot, maar neemt daarna toe.
6. het effect van een beter windmodel op de berekening van wateropzetten kan slechts zeer gering zijn, vooral in de eerste 12 uur, in verband met de relatief grote standaarddeviatie tussen gemeten opzetten en opzetten berekend op een windveld gebaseerd op geanalyseerde luchtdruk-velden.

Dank is verschuldigd aan vele medewerkers van de Operationele Dienst en van de Afdeling Informatie Verwerking voor het nauwgezette werk verricht bij de verifikatie van de wind en de wateropzetten en het draaien van de computer programma's.

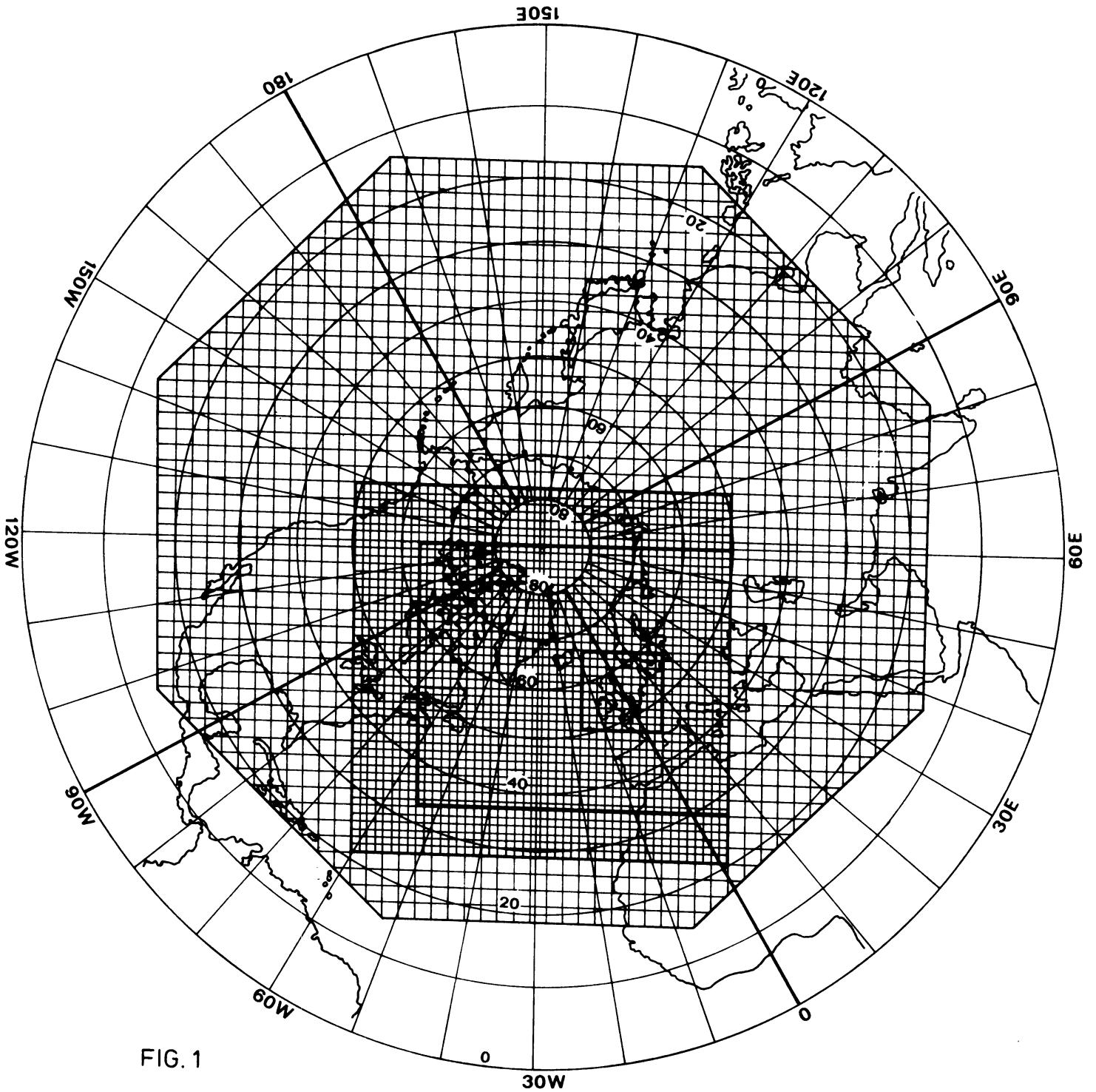


FIG. 1

ROOSTERS

○ OKTAGON

□ TELESCOOP ANALYSE (TEL 1-gebied)

□ TELESCOOP PROGNOSE (TEL 2-gebied)

□ VERIFIKATIE (gebied 4)

Gemiddelde klasse voor sept. '81, okt. '81, nov. '81, dec. '81 van ECMWF - prognoses

● —● Gebied 4 objectief berekend volgens klasse $\equiv -0.1 \text{RMS}_{ff} - 0.02 \text{RMS}_{dd} + 5.4$ en geverifieerd op KNMI analyses

○ - - - ○ Zuidelijk halfrond van 90°E tot 180°E subjectief geverifieerd door meteorologen van WMC - Melbourne volgens klassensysteem: 5 very good
4 good
3 fair
2 poor
1 very poor

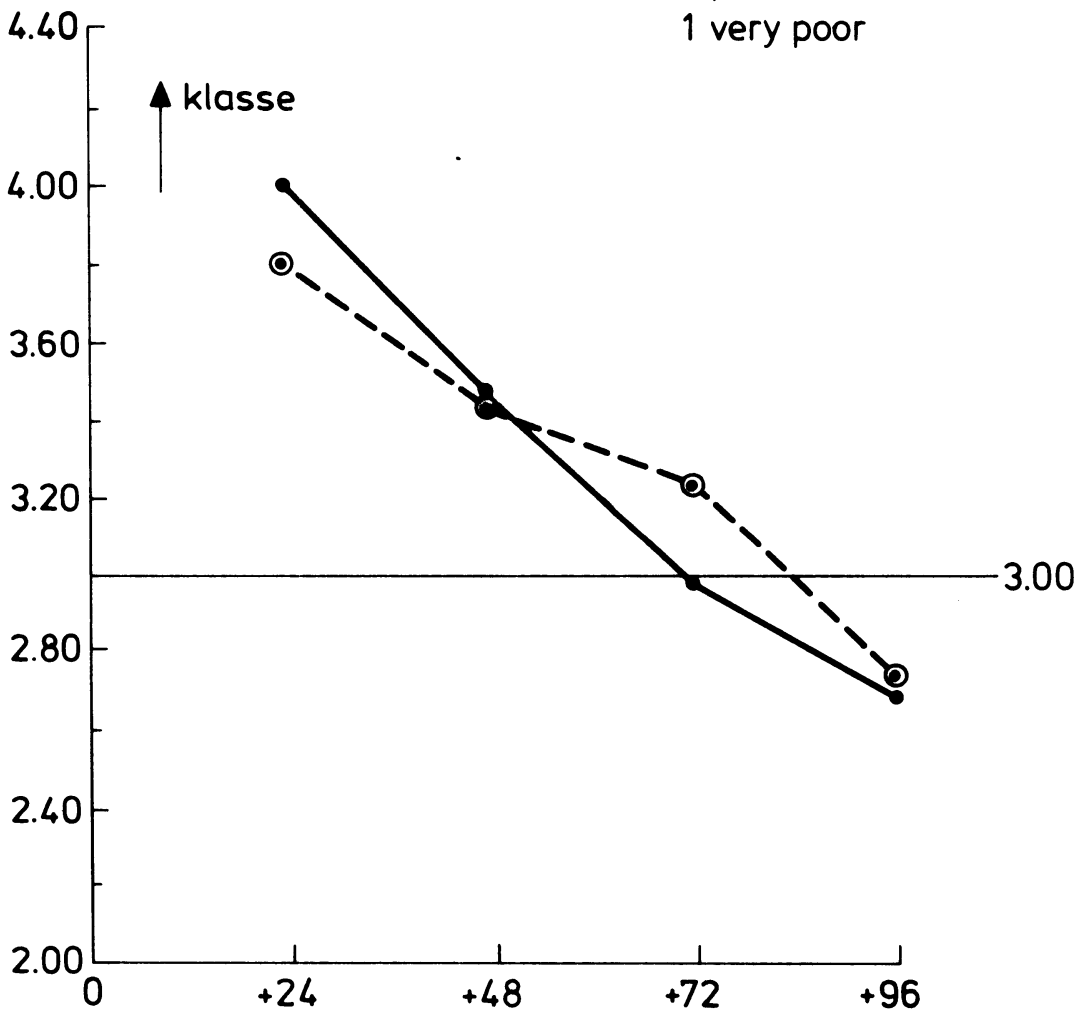


FIG. 2

ROOT MEAN SQUARE ERROR:

$$\text{RMSE}_{ff} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\text{ff}_{\text{prog}} - \text{ff}_{\text{anal}})^2}{N}}$$

N = aantal roosterpunten in het beschouwde gebied

SCORE:

$$\text{SCORE}_{ff} = 1 - \frac{\text{RMSE}_{ff}(\text{prognose})}{\text{RMSE}_{ff}(\text{persistentie})}$$

Volmaakte prognose (score = 1)

Prognose = persistentie (score = 0)

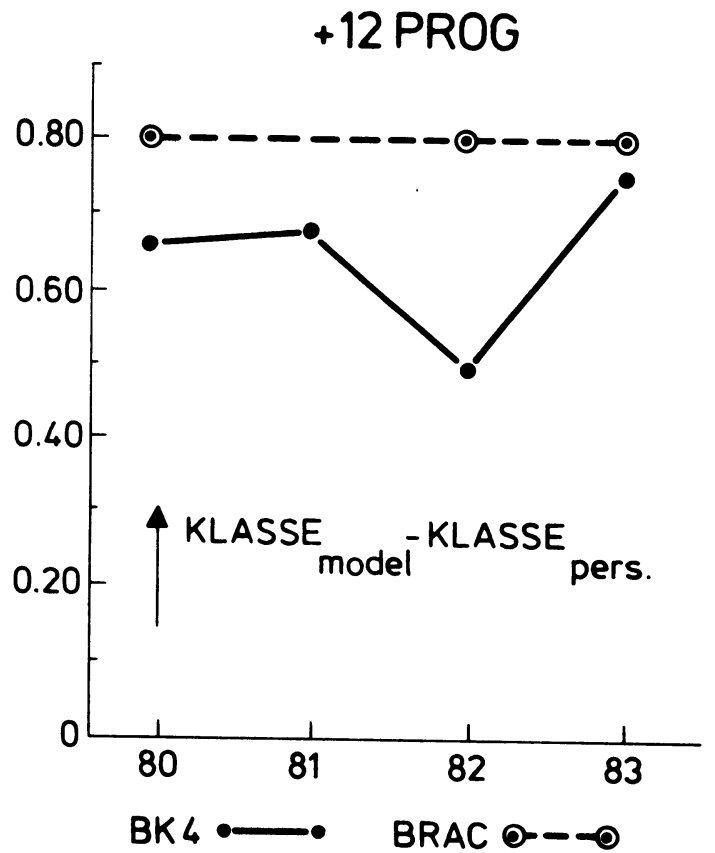
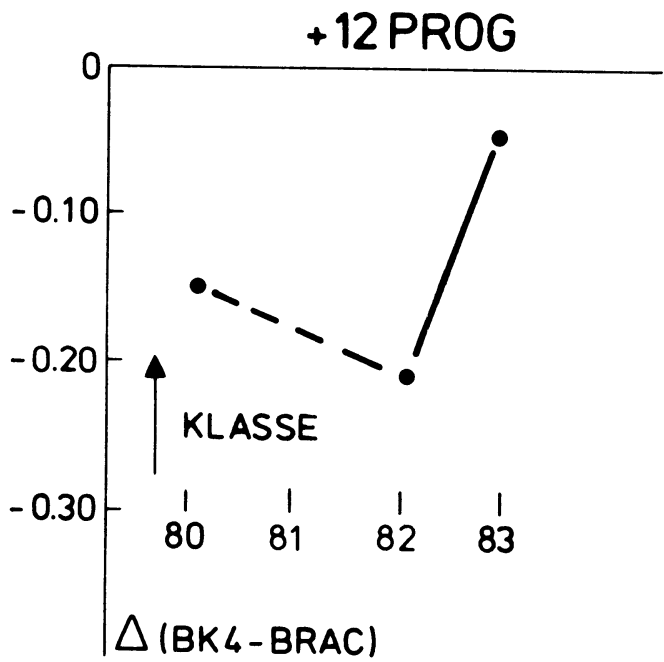
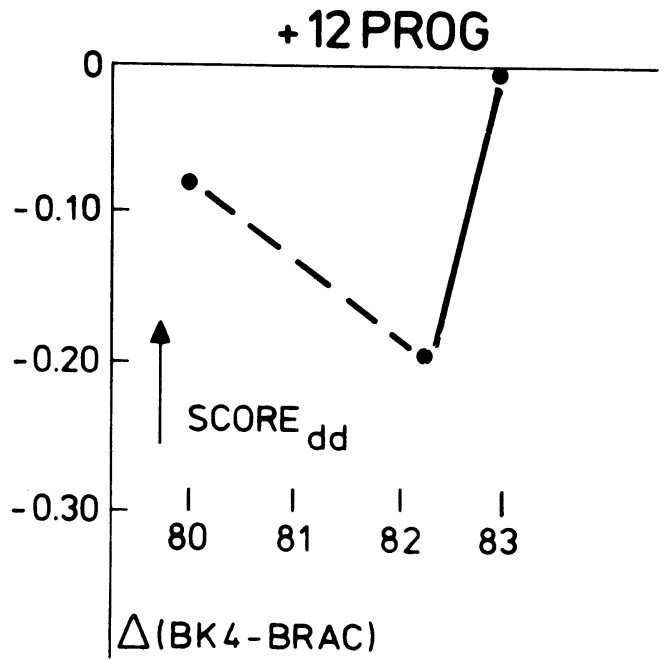
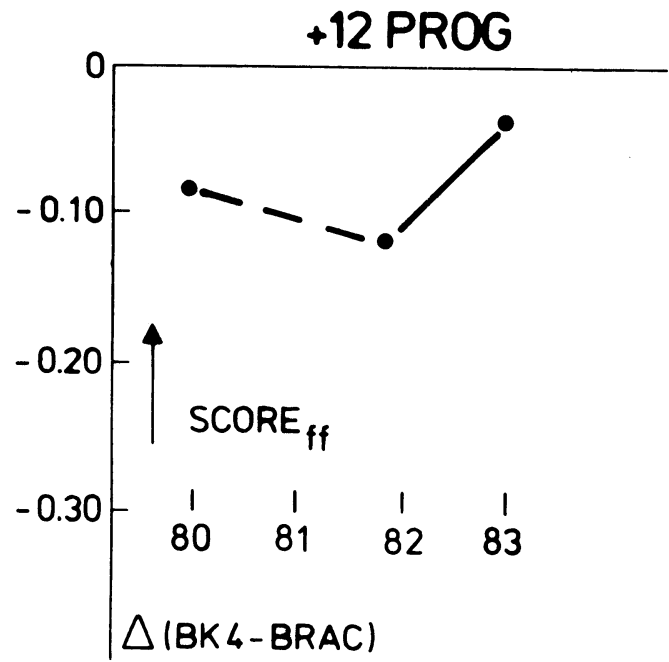
KLASSE:

$$\text{KLASSE} = -0.1 \times \text{RMSE}_{ff} - 0.02 \times \text{RMSE}_{dd} + 5.4$$

Sluit aan bij de subjectieve waarderingschaal:

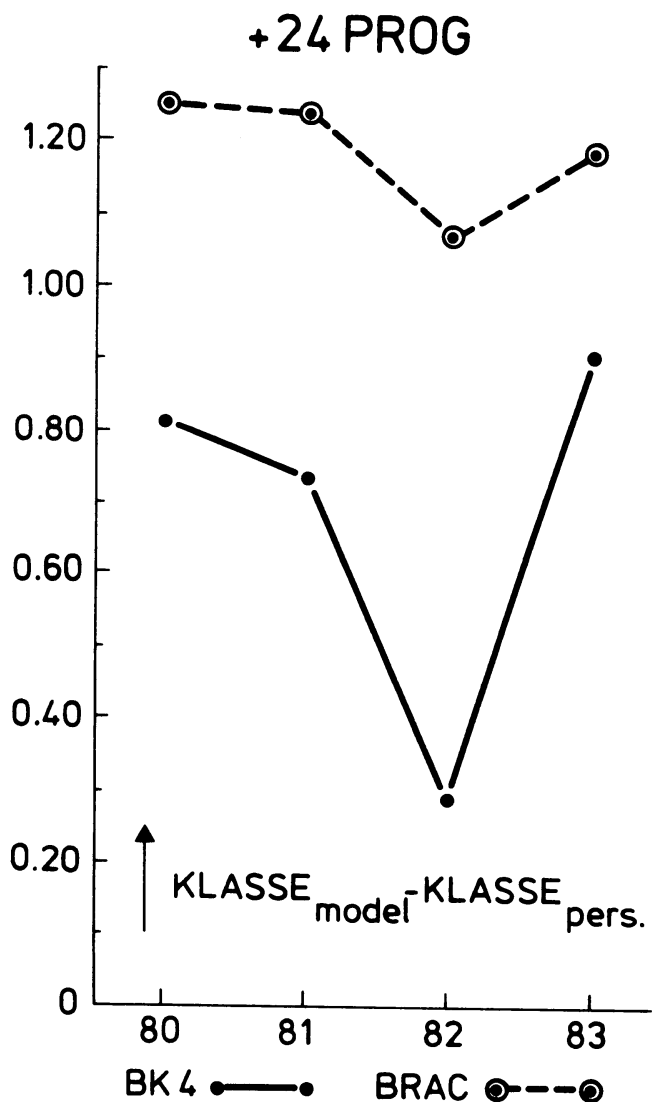
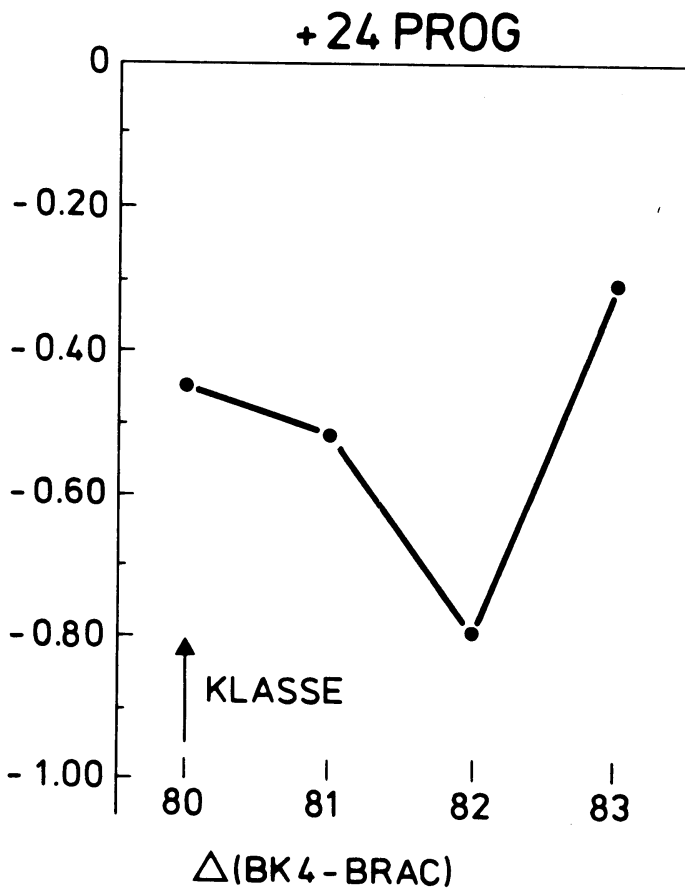
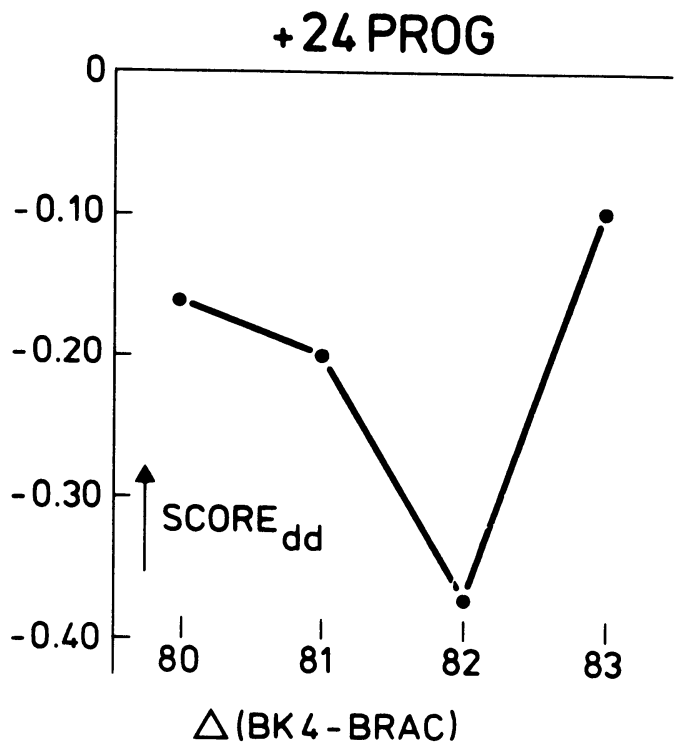
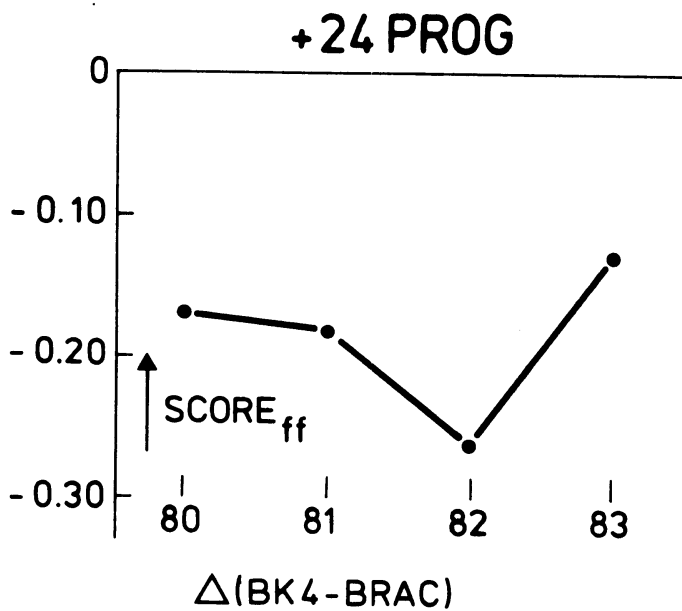
- 5 uitmuntend
- 4 goed (geen klachten)
- 3 matig (zo nu en dan klachten)
- 2 slecht (onbruikbaar)
- 1 onzin.

Figuur 3



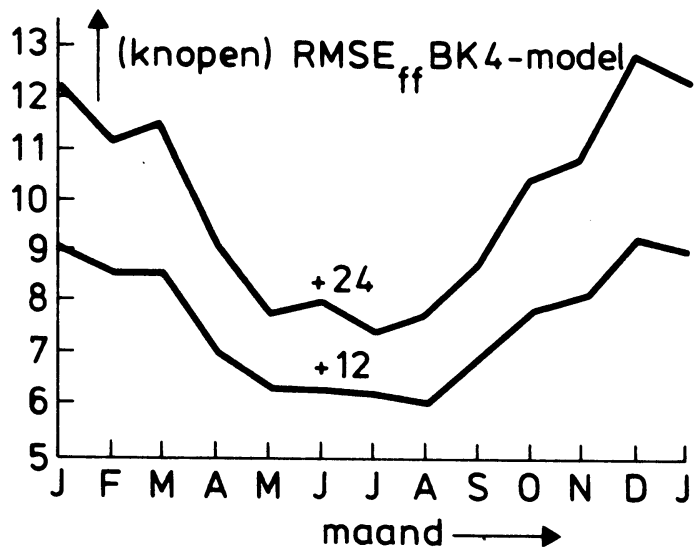
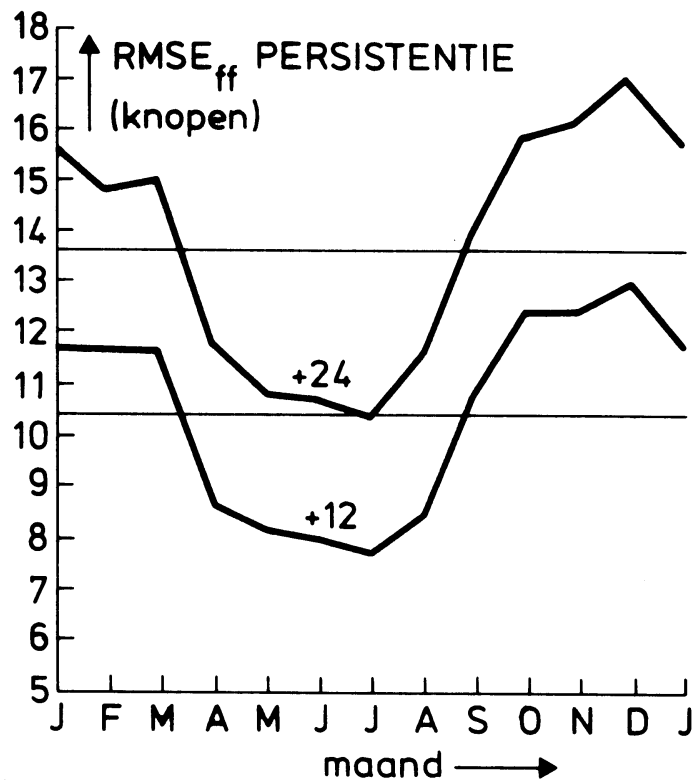
Verificatie +12 prognoses van
BK 4 en Bracknell
Grondkaart. Gebied 4
Periode: 1^e kwartaal 1980
1^e kwartaal 1981
1^e kwartaal 1982
1^e kwartaal 1983

FIG. 4



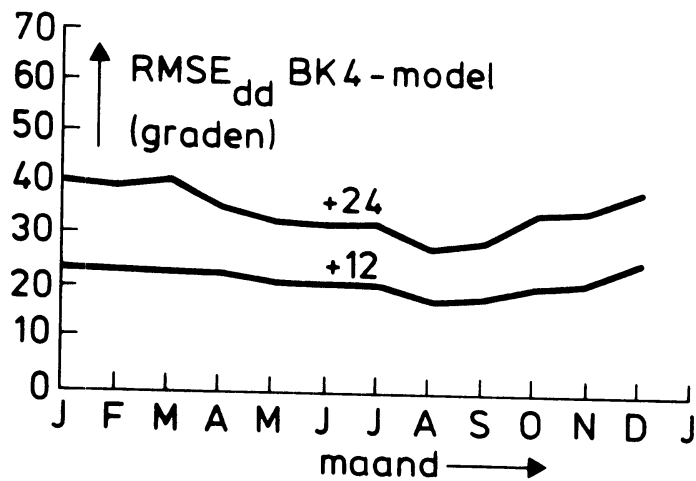
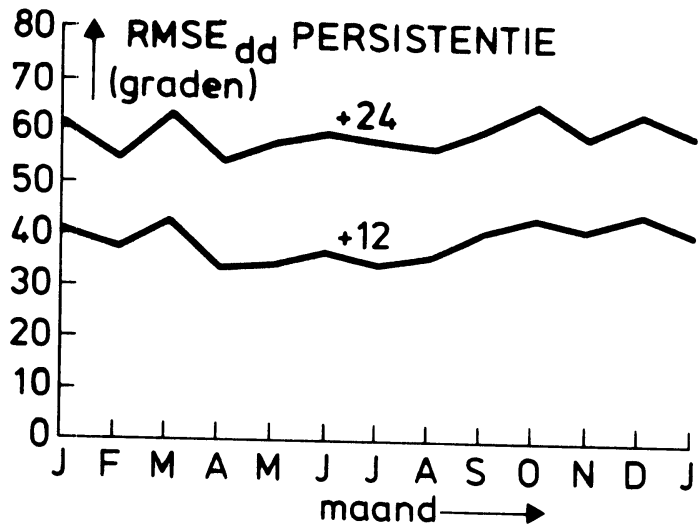
Verificatie +24 prognoses van
 BK 4 en Bracknell
 Grondkaart. Gebied 4
 Periode: 1^e kwartaal 1980
 1^e kwartaal 1981
 1^e kwartaal 1982
 1^e kwartaal 1983

FIG. 5



Windsnelheid. Jaarlijkse gang van de persistentie en van +12 en +24 BK4-prognoses gemiddeld over de jaren 1980 t/m 1982.

FIG.6



Windrichting. Jaarlijkse gang van de persistentie en van +12 en +24 BK4 - prognoses gemiddeld over de jaren 1980 t/m 1982.

FIG.7

BK2-model

Invoer: geopotentiële hoogten van 500 en 1000 mb

Uitvoer: geopotentiële hoogten van 500 en 1000 mb

Basisparameters: vertikaal gemiddelde hoogte z_m
vertikaal gemiddelde temperatuur T_m

$$\text{Hoogte 1000 mbar } z_{1000} = z_m - \frac{R}{g} T_m$$

	BK4	BK2
Initialisatie:	lin. balansvergelijking	geostrofische wind quasi-geostrofische vorticititeit
Diff. schema:	4e orde advection schema	2e orde schema
Rand rekenrooster:	variabel	vast
Topografie:	ja	ja
Vrijkomende cond. warmte:	ja	ja
Interactie lucht-zee:	ja	nee
Rekenrooster:	33 x 39 (d = 187.5 km)	33 x 39 (d = 187.5 km)
Rekentijd:		
(24 uurs prognose):	~ 1500-1800 sec CPU	~ 150-180 sec CPU

Figuur 8

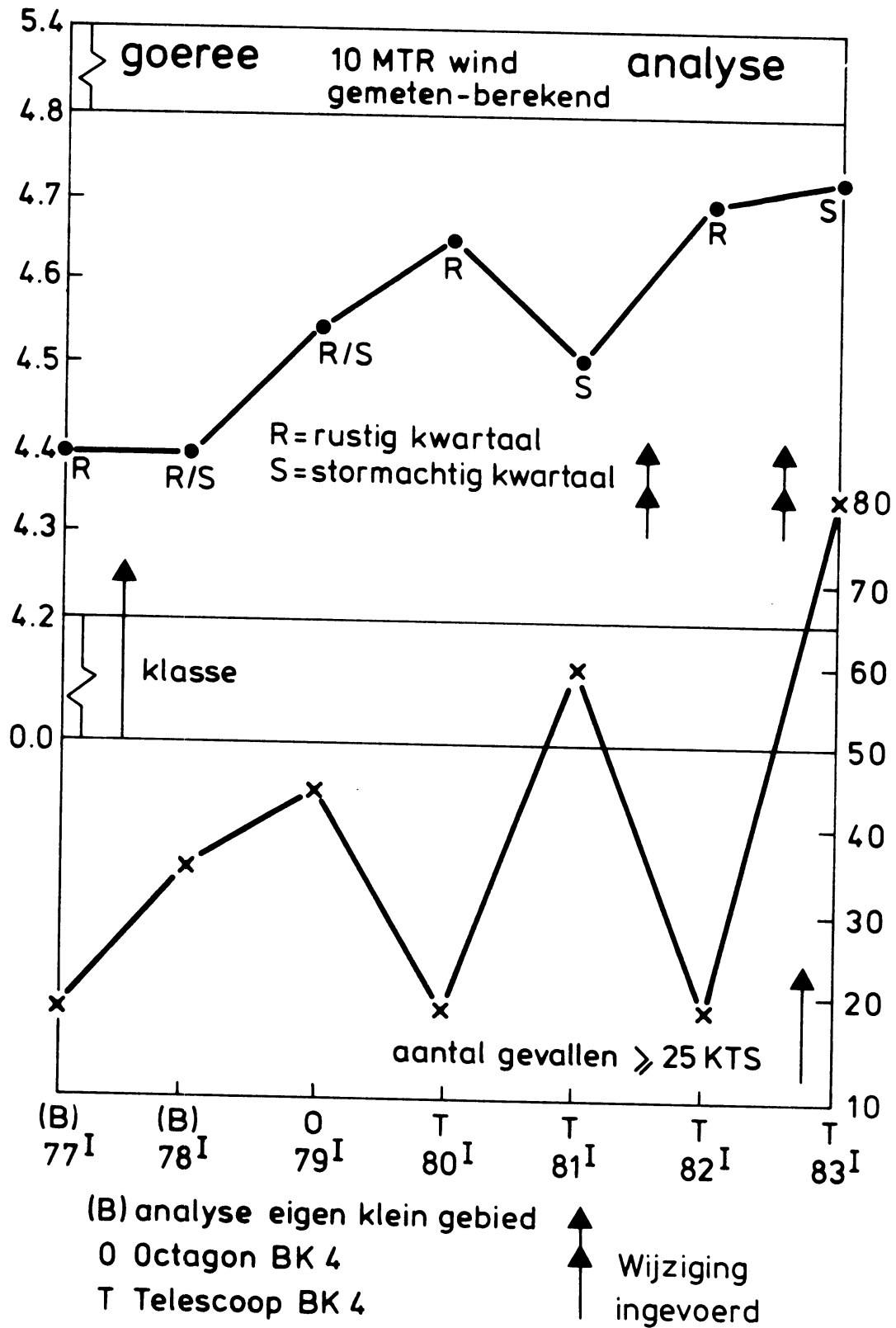


FIG. 9

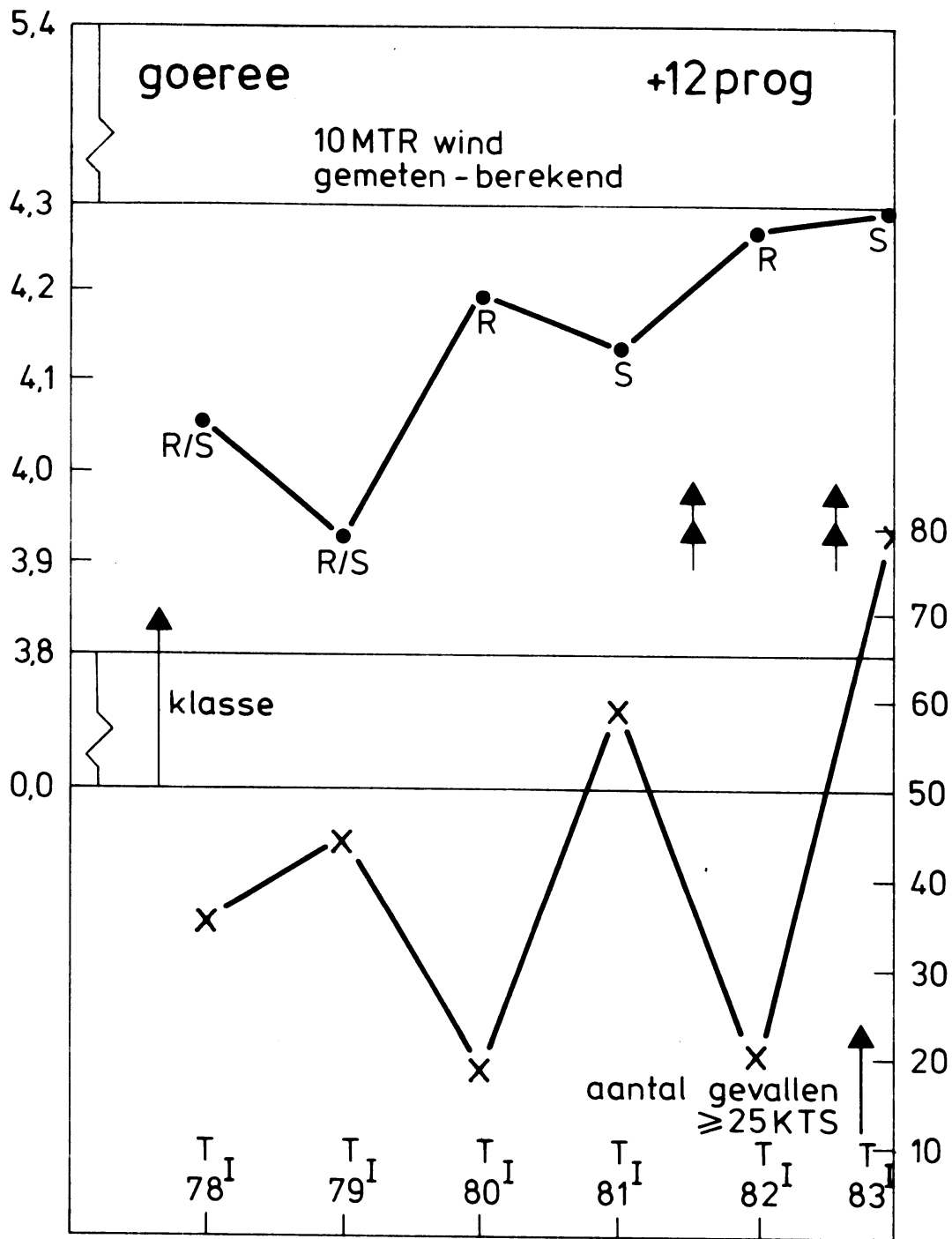


FIG.10

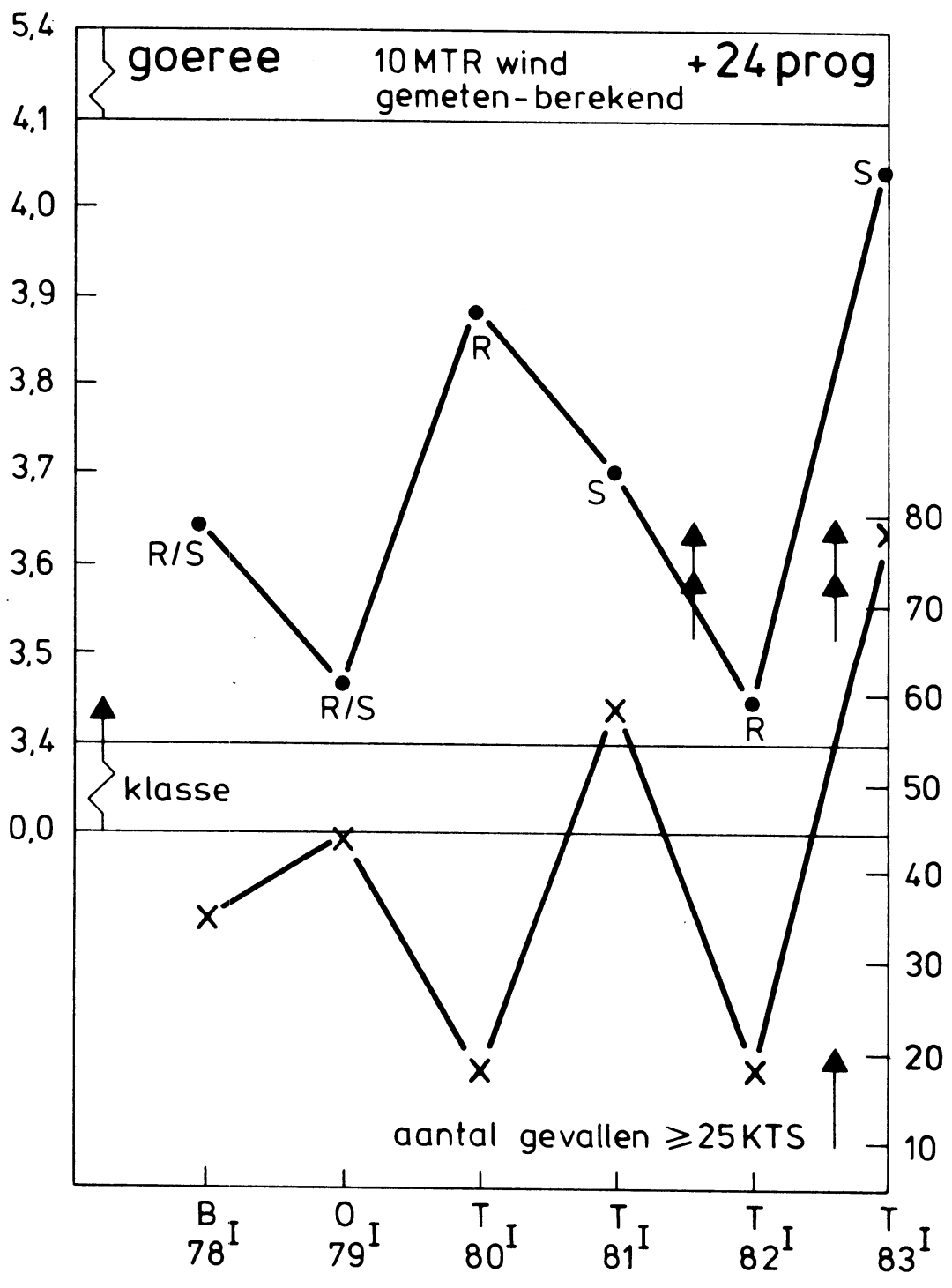


FIG. 11

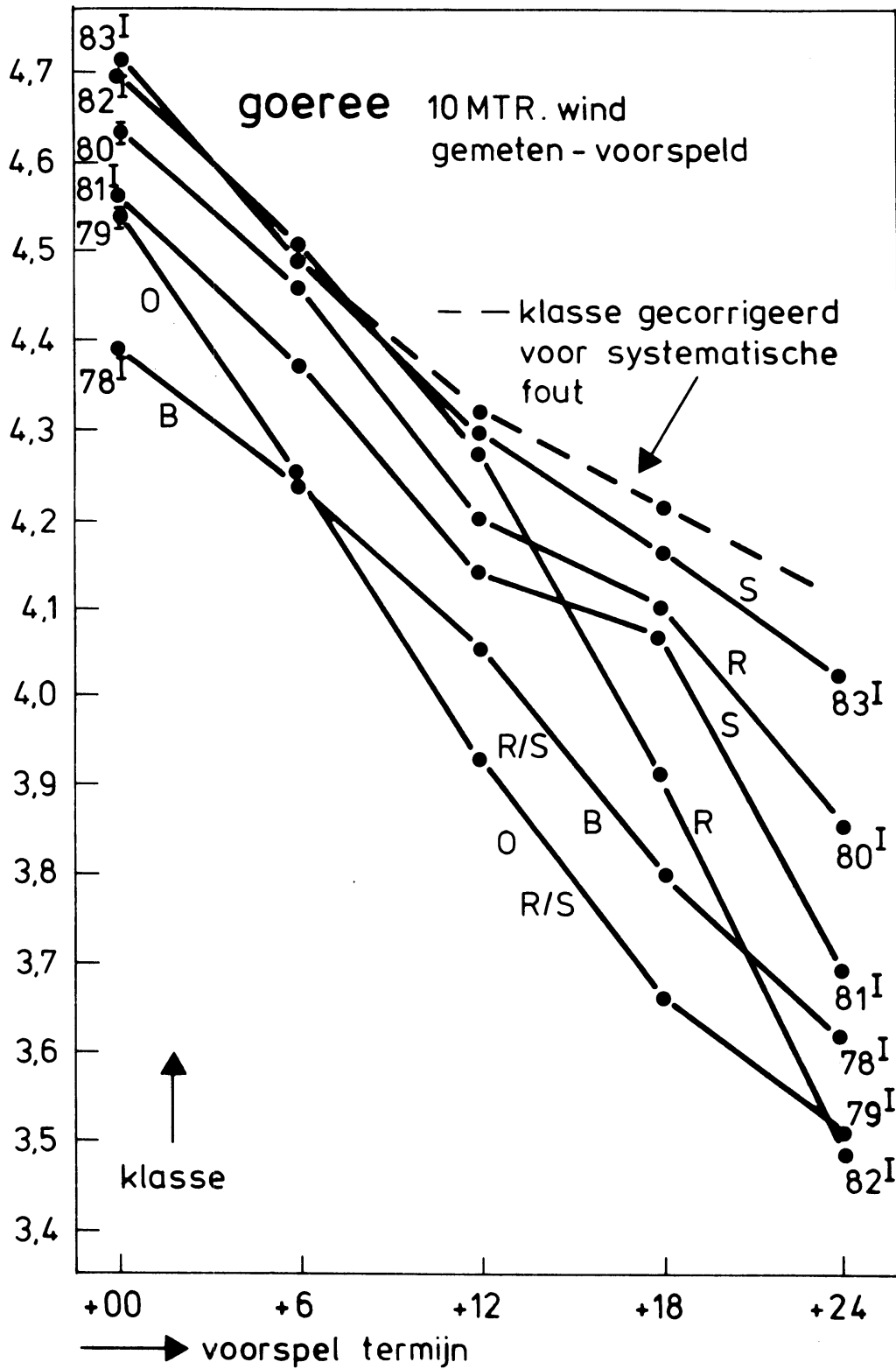


FIG.12

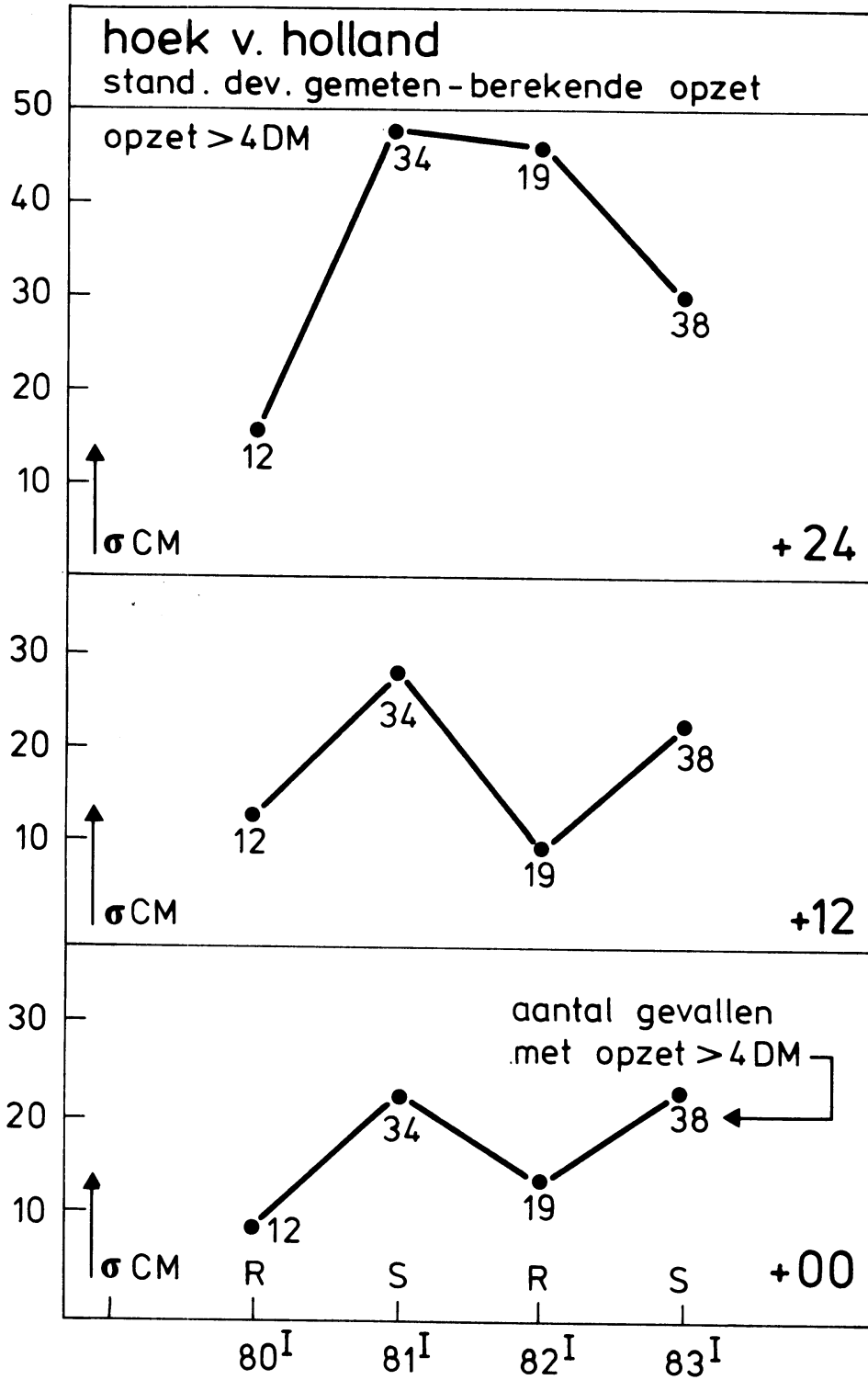


FIG. 13

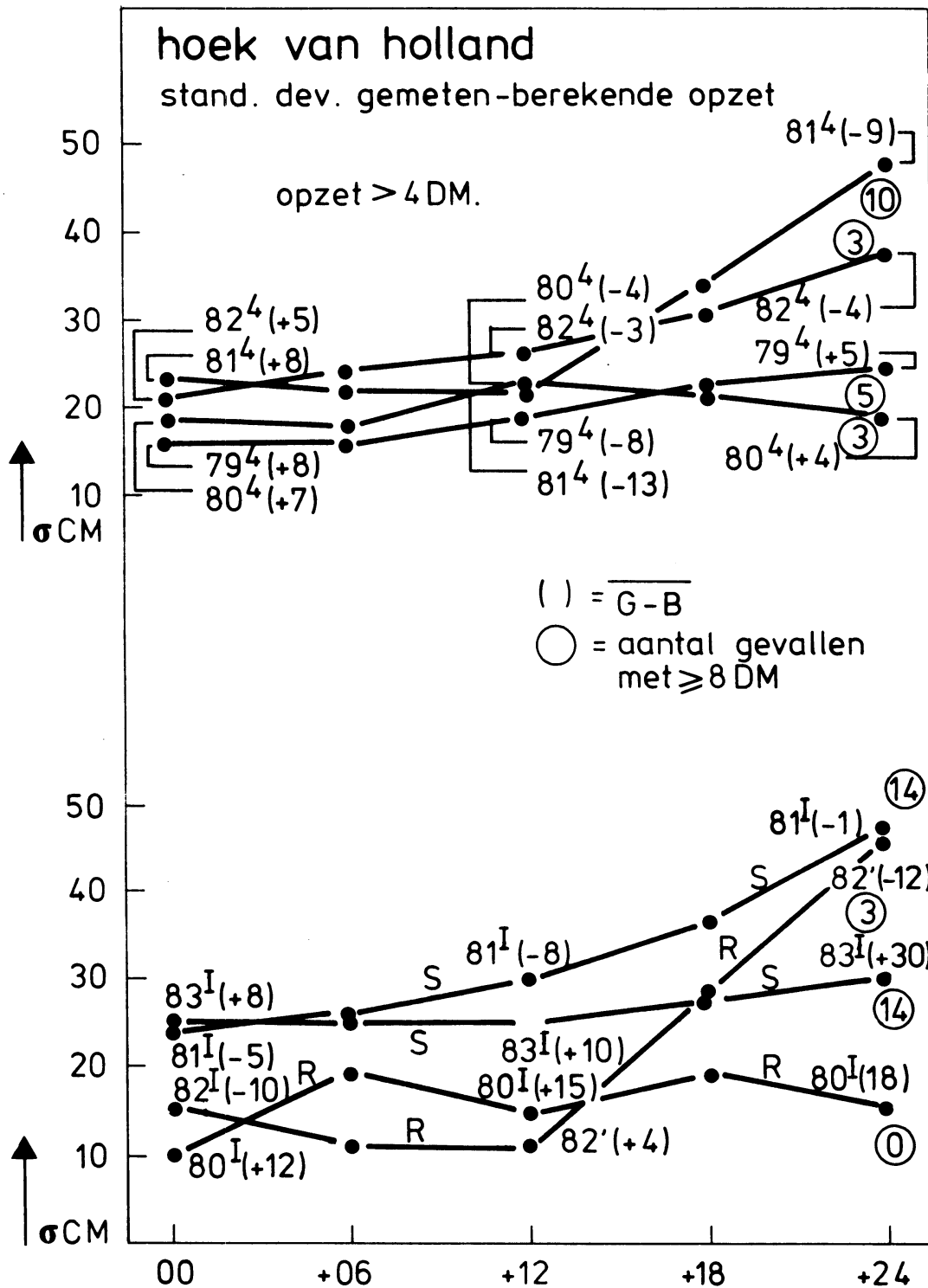


FIG. 14

Tabel 1: luchtdruk- en gradiëntverifikatie.

+12 prognoses grondkaart voor gebied 4

PERSISTENTIE, BK4, BRACKNELL

$\Delta = BK4 - BRACKNELL$

$\Delta(kl_m - kl_p) = \text{klasse}_{\text{model}} - \text{klasse}_{\text{persistentie}}$

+12 Prognose Grondkaart

<u>Luchtdruk</u>	1e kwartaal 1980				1e kwartaal 1981				Eenheid
	Pers	BK4	BRAC	Δ	Pers	BK4	BRAC	Δ	
St.dev.	-	2.4	1.8	+0.6	4.6	2.6	-	-	Mbar
Score	-	-	-	-	-	0.43	-	-	
RMSE	4.8	2.8	2.2	+0.6	5.6	3.2	-	-	Mbar
Score	-	0.42	0.53	-0.11	-	0.43	-	-	
Tend Corr	-	0.80	0.85	-0.05	-	0.81	-	-	
<u>Luchtdruk</u>	1e kwartaal 1982				1e kwartaal 1983				Eenheid
	Pers	BK4	BRAC	Δ	Pers	BK4	BRAC	Δ	
St.dev.	4.4	2.8	2.0	+0.8	4.7	2.3	2.0	+0.3	Mbar
Score	-	0.36	0.55	-0.19	-	0.52	0.58	-0.06	
RMSE	5.3	3.3	2.4	+0.9	5.3	3.4	2.6	+0.8	Mbar
Score	-	0.37	0.55	-0.18	-	0.36	0.50	-0.14	
Tend Corr	-	0.79	0.87	-0.08	-	0.83	0.89	-0.06	
<u>Gradiënt</u>	1e kwartaal 1980				1e kwartaal 1981				Eenheid
	Pers	BK4	BRAC	Δ	Pers	BK4	BRAC	Δ	
RMSE _{ff}	11.0	8.4	7.5	+0.9	12.1	8.8	-	-	KTS
Score	-	0.24	0.32	-0.08	-	0.28	-	-	
RMSE _{dd}	41.3	21.9	18.4	+3.5	40.2	22.7	-	-	Graden
Score	-	0.47	0.55	-0.08	-	0.44	-	-	
Klasse	3.47	4.13	4.28	-0.15	3.39	4.07	-	-	
$\Delta(kl_m - kl_p)$	0	+0.66	+0.81	-	0	+0.68	-	-	
<u>Gradiënt</u>	1e kwartaal 1982				1e kwartaal 1983				Eenheid
	Pers	BK4	BRAC	Δ	Pers	BK4	BRAC	Δ	
RMSE _{ff}	11.9	9.1	7.7	+1.4	12.1	8.2	7.8	+0.4	KTS
Score	-	0.23	0.35	-0.12	-	0.32	0.36	-0.04	
RMSE _{dd}	36.5	25.3	18.0	+7.3	37.1	19.1	19.1	0	Graden
Score	-	0.31	0.51	-0.20	-	0.49	0.49	0	
Klasse	3.48	3.98	4.27	-0.29	3.45	4.20	4.24	-0.04	
$\Delta(kl_m - kl_p)$	0	+0.50	+0.79	-	0	+0.75	+0.79	-	

Tabel 2: luchtdruk- en gradiëntverifikatie

+24 prognoses grondkaart voor gebied 4

PERSISTENTIE, BK4, BRACKNELL

$\Delta = BK4 - BRACKNELL$

$\Delta(kl_m - kl_p) = \text{klasse}_{\text{model}} - \text{klasse}_{\text{persistentie}}$

+24 Prognose Grondkaart

<u>Luchtdruk</u>	1e kwartaal 1980				1e kwartaal 1981				Eenheid
	PERS	BK4	BRAC	Δ	PERS	BK4	BRAC	Δ	
St.dev.	-	4.0	2.7	+1.3	7.4	4.5	3.0	+1.5	Mbar
Score	-	-	-	-	-	0.39	0.60	-0.21	
RMSE	7.9	5.0	3.2	+1.8	9.2	5.7	3.6	+2.1	Mbar
Score	-	0.37	0.59	-0.22	-	0.38	0.61	-0.23	
Tend Corr	-	0.75	0.87	-0.12	-	0.80	0.90	-0.10	
<u>Luchtdruk</u>	1e kwartaal 1982				1e kwartaal 1983				
St.dev.	6.4	5.2	2.9	+2.3	7.1	3.6	2.5	+1.1	Mbar
Score	-	0.19	0.55	-0.36	-	0.49	0.64	-0.15	
RMSE	8.4	6.3	3.6	-	8.8	5.7	3.4	+3.3	Mbar
Score	-	0.24	0.57	-0.33	-	0.35	0.62	-0.27	
Tend Corr	-	0.68	0.86	-0.20	-	0.82	0.91	-0.09	
<u>Gradiënt</u>	1e kwartaal 1980				1e kwartaal 1981				
RMSE _{ff}	14.6	11.6	9.1	+2.5	15.6	12.3	9.5	+2.8	KTS
Score	-	0.21	0.38	-0.17	-	0.21	0.39	-0.18	
RMSE _{dd}	62.6	37.2	27.2	+10.0	58.9	38.7	27.1	+11.6	Graden
Score	-	0.41	0.57	-0.16	-	0.34	0.54	-0.20	
Klasse	2.69	3.50	3.95	-0.45	2.66	3.40	3.91	-0.51	
$\Delta(kl_m - kl_p)$	0	+0.81	+1.26	-	0	+0.74	+1.25	-	
<u>Gradiënt</u>	1e kwartaal 1982				1e kwartaal 1983				
RMSE _{ff}	15.1	13.8	9.8	+4.0	14.9	10.8	8.8	+2.0	KTS
Score	-	0.09	0.35	-0.26	-	0.28	0.41	-0.13	
RMSE _{dd}	52.8	44.8	25.6	+19.2	53.1	28.2	23.0	+5.2	Graden
Score	-	0.15	0.52	-0.37	-	0.47	0.57	-0.10	
Klasse	2.83	3.12	3.91	-0.79	2.85	3.76	4.06	-0.30	
$\Delta(kl_m - kl_p)$	0	+0.29	+1.08	-	0	+0.91	+1.21	-	

Tabel 3: Periode 7-2-'83 t/m 30-4-'83 (\pm 75 gevallen)
 Vergelijking BK4 - BK2
 (BK1 is equivalent barotroop model)

	+12 1000 mbar		+12 500 mbar			Hoogte, luchtdruk
	BK4	BK2	BK4	BK2	BK1	
St.dev.	2.1	2.0	2.1	2.2	2.4	
RMSE	2.9	2.8	2.4	2.6	3.1	
Tend Corr	0.80	0.82	0.83	0.82	0.80	
RMSE _{ff}	7.9	7.6	7.5	7.8	8.2	Gradiënt
RMSE _{dd}	22.3	19.0	18.2	17.2	18.6	
klasse	4.15	4.25	4.28	4.26	4.20	
	+24 1000 mbar		+24 500 mbar			
	BK4	BK2	BK4	BK2	BK1	Hoogte, luchtdruk
St.dev.	3.1	3.4	3.4	3.5	4.1	
RMSE	4.9	4.9	4.2	4.7	5.5	
Tend Corr	0.81	0.81	0.81	0.81	0.77	
RMSE _{ff}	10.2	10.5	10.8	10.8	11.8	Gradiënt
RMSE _{dd}	33.7	32.3	30.4	27.7	31.0	
klasse	3.71	3.70	3.70	3.76	3.59	

+BK2 beter, 0 BK2 = BK4, -BK2 slechter

+12 1000 mbar:	+12 500 mbar:
+ 0 -	+ 0 -
38 15 22	35 11 27
+24 1000 mbar:	+24 500 mbar:
+ 0 -	+ 0 -
33 13 29	37 7 29

Vergelijking klasse van diverse modellen

	BK4	BK2	BR ₁	BR ₂	NMC	ECMWF
+12 1000 mbar	4.15	4.25	4.32	4.31	-	4.56
+24 1000 mbar	3.71	3.70	4.10	4.06	4.00	4.32

BR₁ = BRACKNELL "gladde prognoses"
 BR₂ = BRACKNELL "ruwe prognoses".

Tabel 4: RMS van het verschil tussen gemeten en berekende wind-
 richting in graden (1) en van het verschil tussen geme-
 ten en berekende windsnelheid in knopen (2) op Goeree.

		+06		+12		+18		+24	
		(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
78 ^I	R/S	28	4.5	30	5.5	35	6.8	42	7.0
79 ^I	R/S	26	4.8	33	6.1	39	7.1	46	7.7
80 ^I	R	23	3.5	28	4.7	33	4.7	41	5.3
81 ^I	S	25	3.8	31	4.8	37	5.7	43	6.4
82 ^I	R	20	3.7	25	4.7	37	5.5	48	7.4
83 ^I	S	19	4.2	23	4.8	24	5.6	27	6.2