

**KONINKLIJK NEDERLANDS  
METEOROLOGISCH INSTITUUT**

**WETENSCHAPPELIJK RAPPORT  
SCIENTIFIC REPORT**

**W. R. 78-3**

**A. W. Hanssen**

**Doelgerichte verifikatie van 500 mbar  
prognoses aan de hand van hieruit  
afgeleide maximumtemperaturen**



---

De Bilt, 1978

Publikationsnummer: K.N.M.I. W.R. 78-3 (M.O.)

U.D.C.: 551.509.5

Doelgerichte verifikatie van 500 mbar  
prognoses aan de hand van hieruit  
afgeleide maximumtemperaturen

A.W. Hanssen

1. Inleiding

Bij het maken van weersverwachtingen speelt de objectieve vertaling van stromingspatronen in "weer" in toenemende mate een rol. Naarmate de vertaling van weerselement uit stromingspatroon beter wordt, zal de kwaliteit van het te voorspellen weerselement gevoeliger worden voor de kwaliteit van de aangeboden stromingskaart. Ten aanzien van de kwaliteit van de voorspelde stromingskaart kan worden opgemerkt, dat deze afneemt naarmate de voorspeltermijn toeneemt. Als gevolg hiervan wordt de voorspeltermijn uiteindelijk bepaald (bij ideale vertaling) door de kwaliteit van de voorspelde stromingskaart.

Vertalen van weerselement uit stroming betekent het bepalen van het momentane verband tussen een weerselement en één of meer elementen (parameters) uit de stromingskaart. Het onderzoek naar dit momentane verband is op het KNMI tot nu toe voornamelijk beperkt gebleven tot de elementen maximumtemperatuur en zonschijn en tot de stroming in het 500 mbar vlak. Voor de maximumtemperatuur heeft dit geresulteerd in de vervaardiging van zeven diagrammen (geldig voor de maanden april tot oktober), die reeds enkele jaren in de weerkamer in gebruik zijn. Deze voorspeldiagrammen zijn als bijlage aan dit rapport toegevoegd, terwijl tevens een korte beschrijving van de achtergronden van de voorspelmethode wordt gegeven.

Het hier volgende laat zien hoe de kwaliteit van een voorspellende parameter, i.c. de 500 mbar absolute hoogte afgeleid uit aangeboden 500 mbar prognoses, doorwerkt op de kwaliteit van te voorspellen maximumtemperaturen. Hoewel niet als zodanig opgezet,

kan de kwaliteitsbepaling van de voorspelde temperatuur worden opgevat als een efficiënte verifikatie van 500 mbar prognoses. Door de persistentie van de 500 mbar hoogtewaarden in het onderzoek te betrekken, is een schatting gemaakt van de totale meetfout, die een combinatie is van interpolatie-, analyse- en afleesfouten alsmede instrumentele meetfouten van de radiosonde. Hierdoor wordt het mogelijk de kwaliteit van een vertaalmethode te vergelijken met de kwaliteit van de 500 mbar prognose. Naast de gebruikte vertaalmethode via bepaling van het momentane verband (door de Amerikanen "perfect-prog method" genoemd) is het ook mogelijk het te voorspellen weerslelement direkt te betrekken op de prognose zelf (door de Amerikanen "Model Output Statistics" ofwel MOS genoemd).

Aan de hand van de hierboven genoemde schatting van de meetfout is het mogelijk te beredeneren dat de MOS-methode betere resultaten kan geven dan de perfect-prog methode en wel des te beter naarmate de prognose van de stromingskaart beter is. Zolang de modellen nog in ontwikkeling zijn en nog relatief grote fouten ten opzichte van de meetfout leveren, kan men voorlopig beter nog geen gebruik van de MOS-methode maken.

## 2. Over de keuze van de verifikatie-parameter

Voor de verifikatie van scalaire velden komen verschillende parameters in aanmerking, waaronder de RMS-fout en de correlatiecoëfficiënt de belangrijkste zijn. Wallington [1] onderzocht tien parameters en vond dat de RMS-fout de meest praktische en bruikbare verifikatie-index was. In ons geval moet de verifikatie zich beperken tot één punt, nl. het punt Q waarop de parameter van een door ons gebruikte voorspelmethode betrekking heeft.

De RMS-fout van een scalaire waarde in punt Q wordt bepaald met de uitdrukking

$$F_Q = \left[ \frac{1}{n} \sum_i (O_i - V_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} = \left[ \frac{1}{n} \sum_i (\Delta_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

waarin  $V_i$  de voorspelde waarde,  $O_i$  de opgetreden waarde in een bepaald geval  $i$  en  $n$  het aantal gevallen voorstelt. Gaat men van de

onderstelling uit dat er van punt tot punt bekeken geen systematische verschillen zijn in de voorspelde hoogten, dan betekent dit dat  $F_Q$  tevens een maat is voor de kwaliteit van de voorspelde waarde  $V$  van de stromingskaart in de omgeving van  $Q$ .

Naast de bepaling van de RMS-fout kan men, zoals in 1 opgemerkt, ook een indruk krijgen van de kwaliteit van  $V$  door deze als parameter in een objectieve methode voor de voorspelling van een of ander weerselement (in ons geval de maximumtemperatuur  $T_x$ ) toe te passen.

In dit verslag worden de  $F$ -waarden van voorspelde 500 mbar hoogten  $h_A$  uit de NMC-6PE prognostische kaarten vergeleken met die van  $h_B$  uit de KNMI-BK3 prognoses en wel voor verschillende voorspelttermijnen. Tevens worden de fouten vergeleken in temperatuurvoorspellingen, die met voorspelde  $h$ -waarden (24h vooruit) van A en B zijn gemaakt. Ook wordt vergeleken met de fouten van temperatuurvoorspellingen, die gemaakt zijn met opgetreden  $h$ -waarden. Deze opgetreden  $h$ -waarden zijn slechts behept met instrumentele, analyse- en interpolatiefouten, in het vervolg kortweg meetfouten genoemd. Bij overigens gelijke waarden van de andere voorspellende parameters in de objectieve methode zal  $F_{T_x}$  bij toepassing van opgetreden  $h$ -waarden minimaal zijn en in hoofdzaak worden bepaald door de kwaliteit van de gebruikte voorspeldiagrammen. Het punt van vergelijking  $Q$  is het station De Bilt en de  $h$ -waarden  $O_i$  en  $V_i$  zijn respectievelijk uit analyse en prognose afgeleid.

### 3. Onderzoekmateriaal

Het onderzoekmateriaal heeft betrekking op de perioden 1 april - 1 oktober 1973 en 1 april - 1 oktober 1977. Voor elke dag uit deze perioden werd de 24 uur en 36 uur eerder voorspelde 500 mbar hoogte van 12 GMT voor De Bilt afgelezen uit de KNMI-BK3 prognose; in het vervolg wordt BK3 afgekort tot B.

Voor de NMC-6PE prognose (in het vervolg genoemd A) waren behalve de 24 uur bovendien de 48 en 72 uur eerder voorspelde hoogten beschikbaar. De 36-uur reeks vertoonde hier veel hiaten en is wat betreft A verder buiten beschouwing gelaten.

Voor elke dag  $i$  werden de verschillen  $\Delta_i \equiv O_i - V_i$  bepaald voor beide prognoses A en B en voor bovengenoemde voorspelttermijnen.

Tevens werden voor de persistentievoorspellingen (P) de overeenkomstige  $\Delta$ 's bepaald. Aldus beschikken we over de volgende reeksen:  $\Delta(A_{24})$ ,  $\Delta(A_{48})$ ,  $\Delta(A_{72})$ ,  $\Delta(B_{24})$ ,  $\Delta(B_{36})$ ,  $\Delta(P_{24})$ ,  $\Delta(P_{36})$ ,  $\Delta(P_{48})$  en  $\Delta(P_{72})$ , alle bestaande uit elk ongeveer 180 waarnemingen (zie tabel 1) voor 1973 en ongeveer 180 gevallen voor 1977.

Voor elk der reeksen kan de bijbehorende F volgens (1) worden opge- maakt, zowel voor de totaalreeksen als voor de deelreeksen per maand opgesplitst. Bij de bewerking bleek, dat  $\Delta$  gemiddeld per maand zowel voor prognose A als voor prognose B maar zo weinig van 0 verschilde, dat van F op de standaarddeviatie kon worden overgegaan. Immers

$$S_{\Delta}^2 = \frac{\sum_i (\Delta_i)^2}{n} - (\bar{\Delta}_i)^2 = F^2 - (\bar{\Delta}_i)^2 = F^2 \left[ 1 - \left( \frac{\bar{\Delta}_i}{F} \right)^2 \right]$$

dus  $F \approx S_{\Delta}$  als  $\frac{|\bar{\Delta}_i|}{F} \ll 1$  .(2)

4. Vergelijkingsresultaten van fouten in de hoogtevoorspelling

Zowel voor de periode 1 april - 1 oktober 1973 als voor de periode 1 april - 1 oktober 1977 zijn voor prognose A, prognose B en persistentievoorspelling P de standaardafwijkingen  $S_{\Delta}$  van de fouten  $\Delta = O_i - V_i$  per maand bepaald en per periode gemiddeld. Zie tabel 1, waarin vanwege de schatting van de meetfout aan de hand van persistentiewaarden deze persistentiefouten over de totale periode zijn beschouwd.

Tabel 1

Standaarddeviatie S in De Bilt per maand; gemiddeld over 6 maanden in 1973 en 6 maanden in 1977. Voor de persistentie gemiddeld over 12 maanden (zie opm.); het aantal gevallen wordt gegeven door de getallen tussen haakjes.

	A <sub>24</sub>	A <sub>48</sub>	A <sub>72</sub>	B <sub>24</sub>	B <sub>36</sub>	P <sub>12</sub>	P <sub>24</sub>	P <sub>36</sub>	P <sub>48</sub>	P <sub>72</sub>
1973	3.4 (182)	5.0 (180)	6.7 (175)	5.0 (180)	6.8 (176)	4.3 (366)	6.7 (366)	8.7 (366)	9.0 (366)	11.2 (366)
1977	3.0 (182)	5.2 (181)	7.0 (181)	4.4 (183)	6.2 (181)					

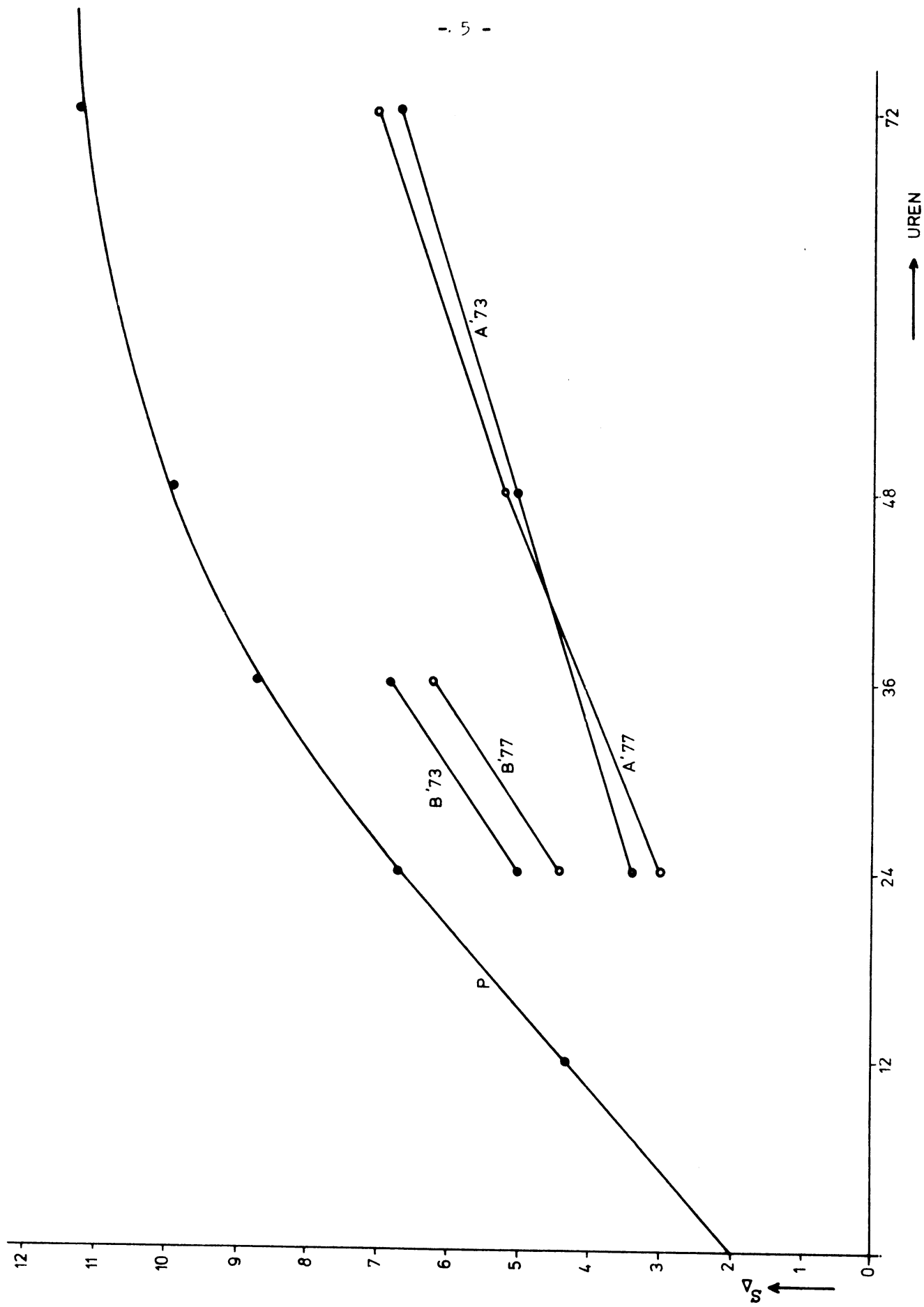


Fig. 1. Standaarddeviatie  $S_{\Delta}$  van de fout in de voorspelde 500 mbar hoogte in afhankelijkheid van de voorspeltermijn in uren. A: NMC-6PE; B: KUMI-BK3; P: persistentie.

In figuur 1 zijn de waarden uit tabel 1 in beeld gebracht, waarbij zoals reeds opgemerkt de 36-uur prognoses van A niet zijn opgenomen vanwege de inhomogeniteit van de reeks. De punten van de persistentiefouten liggen bij benadering op een vloeiende kromme en voor het gedrag van de standaarddeviatie van deze fout in afhankelijkheid van de tijdsverschuiving kan een eenvoudig verband worden afgeleid. Hierdoor is het mogelijk een schatting van de meetfout te maken: deze volgt uit het gevonden verband door hierin tijdsverschuiving = 0 te substitueren.

Voor de standaarddeviatie  $\sigma$  van de ware hoogtewaarden  $h$  geldt:  
 $\sigma_h^2 = \frac{1}{n} \sum h_i^2 - (\bar{h})^2$ . Voor de correlatiecoëfficiënt  $\rho$  van 12 uur verschoven  $h$ -waarden geldt:

$$\rho_{12} = \frac{\frac{1}{n} \sum h_i \cdot h_{i-1} - (\bar{h})^2}{\sigma_h^2}$$

De fouten in de persistentievoorspellingen  $P_{12}$  worden gegeven door de reeks  $h_2-h_1, h_3-h_2, \dots, h_n-h_{n-1}$  met als varïantie

$$\begin{aligned} \text{var} &= \frac{1}{n} \sum (h_i - h_{i-1})^2 = \frac{1}{n} \sum h_i^2 + \frac{1}{n} \sum h_{i-1}^2 - \frac{2}{n} \sum h_i \cdot h_{i-1} \\ &\approx \frac{2}{n} \sum h_i^2 - \frac{2}{n} \sum h_i \cdot h_{i-1} = 2[\sigma_h^2 + (\bar{h})^2] - 2[\rho_{12} \cdot \sigma_h^2 + (\bar{h})^2] \quad \text{of} \\ \text{var} &= 2 \sigma_h^2 (1 - \rho_{12}) \end{aligned}$$

De fout in de persistentievoorspelling  $P_{12}$  heeft dus een standaardafwijking  $(\sigma_\Delta)_{12} = \sigma_h \sqrt{2(1-\rho_{12})}$ .

Analoog geldt voor de fout in persistentievoorspellingen, die  $k$  perioden van 12 uur verschoven zijn, dat deze een standaardafwijking hebben:

$$(\sigma_\Delta)_{k.12} = \sigma_h \sqrt{2(1-\rho_{k.12})} \quad (3)$$

Hierin stelt  $\rho_{k.12}$  de correlatiecoëfficiënt voor tussen de ware waarden van  $h$ , die  $k$  perioden van 12 uur zijn verschoven.

Het verband (3) tussen voorspelfout en tijdsverschuiving levert een mogelijkheid om een schatting van de standaarddeviatie van de meetfout te maken. Dit betekent dat voor tijdsverschuiving 0 het punt moet worden bepaald waar de geëxtrapoleerde kromme van P-fouten de  $S_\Delta$ -as



snijdt. Deze schatting is ook van belang, omdat de gemeten kwaliteitsverschillen tussen prognoses onderling relatief des te groter zijn naarmate de meetfout groter is. Dit komt verderop nog ter sprake.

Volgens (2) en (1) geldt  $S_{\Delta}^2 = F^2 = \frac{1}{n} \sum_i (O_i - V_i)^2$ , waarin  $O_i$  de opgetreden en  $V_i$  de voorspelde waarde voorstelt, indien  $\bar{O} = \bar{V}$ . De opgetreden waarde  $O_i$  kan worden opgevat als de ware waarde  $W_i$ , waaraan een meetfout  $\epsilon_i$  is toegevoegd, dus  $O_i = W_i + \epsilon_i$ . Voor de voorspelde waarde  $V_i$  geldt eveneens  $V_i = U_i + \delta_i$ , waarbij in het geval van persistentievoorspellingen geldt:  $\frac{1}{n} \sum_i \delta_i^2 = \frac{1}{n} \sum_i \epsilon_i^2$ , terwijl bij andere voorspellingen  $\delta_i$  slechts samenhangt met fouten als interpolatiefout, afleeson nauwkeurigheid enz.

Er wordt ondersteld dat de fouten  $\epsilon_i$  en  $\delta_i$  onderling niet gecorreleerd zijn, niet met  $W$  en evenmin met  $U$ , dus

$$\frac{1}{n} \sum_i \epsilon_i \cdot \delta_i = \overline{\epsilon_i \cdot \delta_i} = \overline{W_i \cdot \epsilon_i} = \overline{V_i \cdot \delta_i} = \overline{W_i \cdot \delta_i} = \overline{V_i \cdot \epsilon_i} = 0$$

Ten gevolge van deze onderstelling geldt:

$$S_{\Delta}^2 = \frac{1}{n} \sum_i (O_i - V_i)^2 = \frac{1}{n} \sum_i (W_i - U_i)^2 + \frac{1}{n} \sum_i \epsilon_i^2 + \frac{1}{n} \sum_i \delta_i^2.$$

Als  $\frac{1}{n} \sum_i \epsilon_i^2 = \epsilon^2$  en  $\frac{1}{n} \sum_i \delta_i^2 = \delta^2$  kan worden geschreven

$$S_{\Delta}^2 = \frac{1}{n} \sum_i (W_i - U_i)^2 + \epsilon^2 + \delta^2 \quad (4)$$

In geval van persistentievoorspellingen zijn  $\epsilon^2$  en  $\delta^2$  gelijk.

Mede in verband met (3) kan dan worden geschreven:

$$P_{k.12}^2 = \frac{1}{n} \sum_i (W_i - U_i)^2 + \epsilon^2 + \delta^2 = 2 \sigma_h^2 (1 - \rho_{k.12}) + 2 \epsilon^2 \quad (5)$$

Van  $\rho$  is bekend dat deze grootte in het beschouwde gebied ( $k < 8$ ) een monotoon dalende functie van de tijdsverschuiving is. We gebruiken hiervoor een aanpassing, nl.  $\rho = e^{-ak^2}$ , waarin  $a$  een constante en  $k$  de tijdsveranderlijke (aanpassing volgens persoonlijke mededeling van KUIPERS).

Door gebruik te maken van de gemeten P-waarden uit tabel 1, dus voor  $K = 1, 2, 3, 4$  en  $5$ , kunnen  $\sigma_h$ ,  $a$  en  $\epsilon^2$  worden geschat. Bij  $\sigma_h = 9.5$  dam,  $a = 0.058$  en  $\epsilon = 2.04$  dam worden de berekende waarden voor  $P_{12}$ ,  $P_{24}$ ,  $P_{36}$ ,  $P_{48}$  en  $P_{72}$  respectievelijk  $4.3$ ,  $6.8$ ,  $9.0$ ,  $10.8$  en

12.9, dus in vrij goede overeenstemming met de gemeten P-waarden. De conclusie lijkt dus gerechtvaardigd, dat de waarde  $\epsilon = 2$  dam een goede schatting van de meetfout is.

Voor de hoogste voorspelling van het 500 mbar vlak in het bepaalde doch overigens willekeurige punt Q is prognose A, zoals blijkt uit figuur 1, aanzienlijk beter dan prognose B. Deze constatering wordt hierna in kwantitatieve zin uitgewerkt. Beschikt men nu over een objectieve methode om een bepaald weerselement te voorspellen aan de hand van de 500 mbar hoogte als voorspellende parameter, dan mag bij een gevoelige voorspelmethode voor prognose A een beter resultaat worden verwacht dan voor prognose B. In zo'n geval is directe verifikatie van de hoogte d.m.v. bepaling van de fout in deze hoogte een eenvoudig middel om de bruikbaarheid van stromingskaarten voor dit bepaalde doel te vergelijken. We kunnen hier dan ook spreken van doelgerichte verifikatie. Overigens dient te worden opgemerkt dat de gevonden kwaliteitsverschillen in feite nog groter zijn, omdat zowel bij tabel 1 als bij figuur 1 niet is gecorrigeerd voor de meetfouten. Weliswaar zijn deze fouten bij beide prontours in absolute zin even sterk werkzaam, maar zij drukken op de beste prognose in relatieve zin het sterkst. Dit kan als volgt nog kwantitatief worden toegelicht:

Volgens (4) wordt de beste schatting van  $\frac{1}{n} \sum (w_i - U_i)^2$  verkregen door de gemeten  $\frac{1}{n} \sum (O_i - V_i)^2$  te verminderen met  $\epsilon^2 + \delta^2$ . Stellen we in eerste instantie voor A en voor B  $\delta = 0$ , hetgeen een minorering inhoudt, dan geldt  $\frac{1}{n} \sum (w_i - V_i)^2 = (\overline{w_i - V_i})^2 = S_{\Delta}^2 - \epsilon^2 = S_{\Delta}^2 \left(1 - \frac{\epsilon^2}{S_{\Delta}^2}\right)$

$B_{24} = 5.0$ , dan wordt aldus gereduceerd tot  $5.0 \sqrt{1 - \frac{(2.0)^2}{25}} = 5.0 (0.92)$ , wat een reductie van 8% betekent.

Voor  $A_{24} = 3.4$  wordt de gereduceerde waarde  $3.4 \sqrt{1 - \frac{(2.0)^2}{11.56}} = 3.4 (0.81)$ , dus een reductie van 19%.

Voor de ideale prognose wordt de reductie uiteraard 100%, maar de uiteindelijke fout kan niet beneden  $\epsilon = 2.0$  dam komen, wat de totale meetfout is bij de huidige gang van zaken.

In het nu volgende gedeelte wordt beschreven in welke mate de fout in de hoogtevoorspelling bijdraagt tot de fout in de maximumtemperatuur, die wordt afgeleid uit een objectieve methode met de hoogte als voorspellende parameter. Hier volgt eerst een korte beschrijving van de gebruikte methode.

5. Momenteaan verband tussen maximumtemperatuur en andere parameters

Aan de hand van onderzoekmateriaal, dat een periode van ongeveer 20 jaar beslaat, is onderzocht welke parameters op grond van hun correlatie met de maximumtemperatuur in aanmerking komen om als voorspellende parameter te fungeren. De keuze ervan wordt echter beperkt door het feit, dat ze numeriek beschikbaar moeten zijn of dat spoedig zullen worden. Het bleek verder noodzakelijk te splitsen naar de maand van het jaar, t.w. de 7 maanden april-oktober. Voor de maanden november, december, januari, februari en maart kon geen bruikbaar verband worden gevonden. Dit is in overeenstemming met de bevindingen van BOYDEN [2] en [3].

Als beste parameters werden gevonden:

- 1e hoogteverschil 1000-500 mbar in dam;
- 2e windrichting aan de grond in 9 klassen, waaronder de klasse "veranderlijk" met  $ff \leq 3$  kts;
- 3e rangnummer van de dag in de maand in 3 klassen volgens decade-indeling.

Als resultaat van het onderzoek werden 7 diagrammen opgesteld voor de maanden april tot oktober afzonderlijk, met als ingangen de windklassen en relatieve hoogten met correctiefactoren voor pentade of decade in april en oktober.

In deze diagrammen (zie bijlage) is de meest waarschijnlijke waarde van de maximumtemperatuur  $T_x$  te De Bilt af te lezen op grond van de windrichting aan de grond en het hoogteverschil 1000-500 mbar, beide te 12 GMT in De Bilt.

Een afzonderlijk rapport over de achtergronden van deze methode is nog in bewerking.

6. Kwantitatief verband tussen kwaliteit van prognose en daaruit afgeleide maximumtemperatuur

De in 5 besproken diagrammen zijn voor de twee onderzoeksperioden 1 april - 1 oktober 1973 en 1 april - 1 oktober 1977 als volgt gebruikt:

Voor De Bilt is voor elke dag de om 12 GMT opgetreden windrichting en de om 12 GMT opgetreden 100 mbar absolute hoogte (h) bepaald. Samen met de door de 24-uurs prognoses aangeboden 500 mbar absolute

hoogten ( $h$ ) kan nu voor elke dag een  $T_x$  worden bepaald zowel bij 24-uur prognose A als bij 24-uur prognose B. Tevens kan aan de hand van de opgetreden 500 mbar hoogte de bijbehorende  $T_x$  worden afgelezen, dus  $T_x$  die bij de ideale 500 mbar hoogteprognose M (Perfect Prog) hoort. Deze M-hoogte is echter steeds behept met een meetfout zoals in 4 uitvoerig is uiteengezet. Voor elke maand is nu voor prog A, prog B en ideale prog M de standaarddeviatie van de fout in  $T_x$  bepaald. Deze zijn te vinden in tabel 2.

Tabel 2

Standaarddeviatie ( $S(T_x)$ ) van de fout in  $T_x$ , gemaakt aan de hand van 24-uurs prognose A, 24-uurs prognose B en ideaalprognose M. De fout in de 24-uurs persistentievoorspelling, direkt uit de temperatuur bepaald, wordt onder P gegeven.

	1973				1977			
	A	B	M	P	A	B	M	P
april	2.1	2.3	2.0	1.8	2.0	2.0	1.7	2.4
mei	3.0	3.3	2.7	3.1	3.1	3.2	3.2	3.3
juni	2.4	3.6	2.6	2.9	3.3	3.5	2.8	2.9
juli	2.6	2.7	2.1	3.7	1.9	2.5	1.8	2.8
augustus	2.1	2.2	2.0	3.8	2.6	3.3	2.2	2.2
september	2.6	3.3	2.2	2.9	2.1	2.2	2.0	2.3
gemiddeld	2.47	2.90	2.26	3.03	2.50	2.78	2.28	2.67

De fouten in  $T_x$  zijn ten slotte in verband gebracht met de fouten in de 24-uurs voorspelde hoogte  $h$  voor prog A, prog B en ideale prog M. Een illustratie hiervan geeft figuur 2, die laat zien hoe de fout in  $h$  doorwerkt naar  $T_x$ , gegeven de methode en gegeven de meetfout.

De beste aanpassing levert de regressievergelijking  $S(T_x) = 0.21 S_A + 1^{\circ}.86$ . De helling van de regressielijn is een maat voor de foutgevoeligheid in  $T_x$  voor de fout in  $h_{500}$ .

Uit de figuur is af te lezen, dat bij afwezigheid van de meetfout in  $h_{500}$  de standaardafwijking van de fout in  $T_x$  tot  $1^{\circ}.86$  C kan dalen.

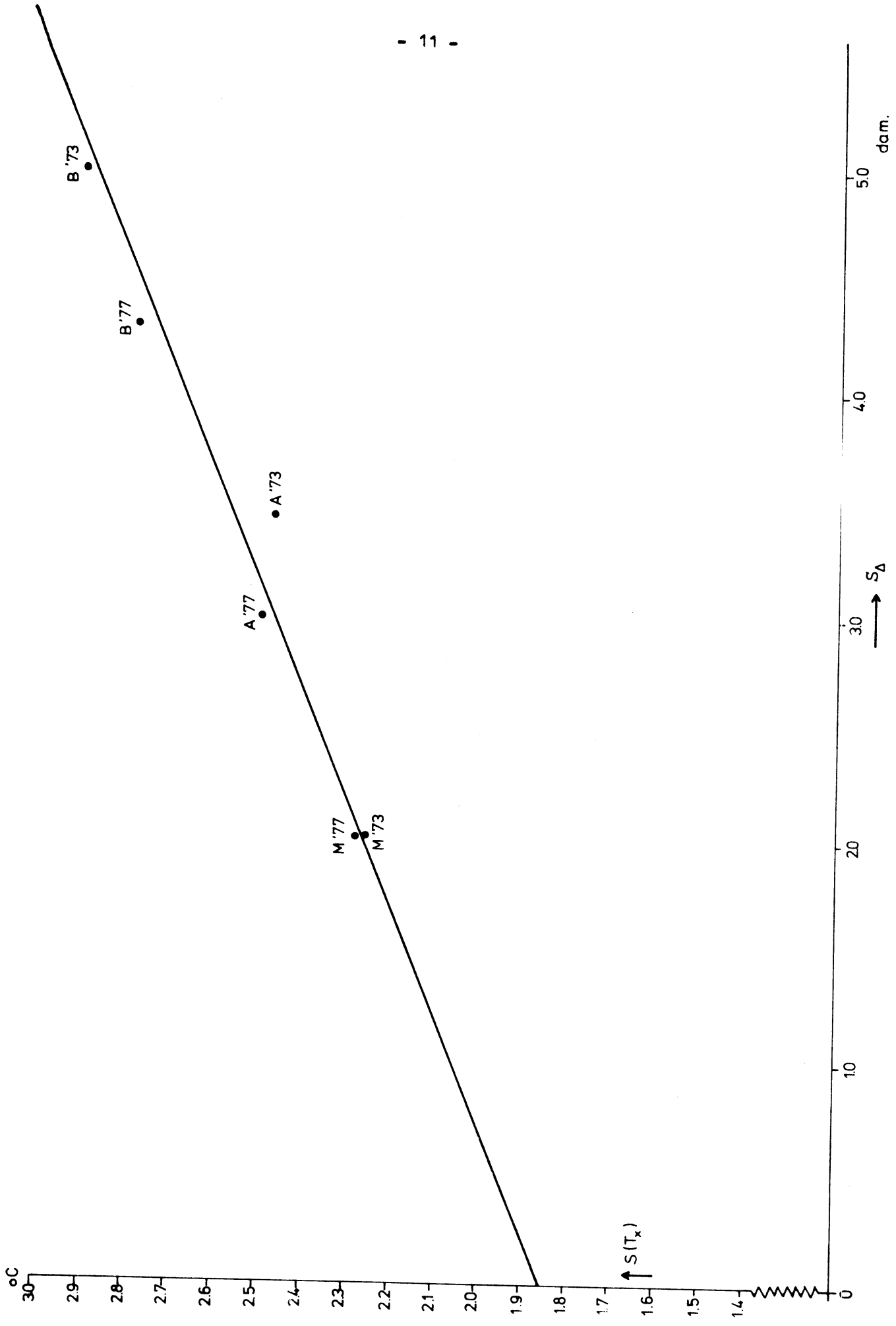


Fig. 2. Standaarddeviatie van de fout in voorspelde maximumtemperatuur  $S(T_x)$  in afhankelijkheid van de fout  $S_{\Delta}$  in de voorspelde 500 mbar hoogte.  
 $S(T_x) = 0.021 S + 1.85$ ; A. NNC-6PE; B. KNI-BK3; M: ANALYSE.

Dit is dus de foutenbijdrage van de toegepaste objectieve methode. Voor persistentievoorspellingen bedraagt de fout over twee perioden gemiddeld  $2^{\circ}.85$ . De relatieve variantie-reductie bedraagt dus  $\frac{(2.85)^2 - (1.86)^2}{(2.85)^2} = 57\%$ . Door de aanwezigheid van de meetfout is de reductie echter geringer en bedraagt  $\frac{(2.85)^2 - (2.27)^2}{(2.85)^2} = 37\%$  voor ideale prognose M. Voor prognose A bedraagt de variantie-reductie  $\frac{(2.85)^2 - (2.48)^2}{(2.85)^2} = 24\%$  en voor prognose B is de reductie praktisch nihil.

Naarmate de prognosekwaliteit beter is en de meetfout dus relatief een steeds groter aandeel in de totale fout heeft, wordt het belangrijker om deze meetfout zo klein mogelijk te maken. Dit is o.m. mogelijk door het aantal stappen in de vertaalprocedure zo klein mogelijk te maken, waardoor o.a. interpolaties, roosterpuntkwesities en aflees-  
onnauwkeurigheid worden vermeden.

Dit is nu juist wat de in de inleiding genoemde MOS-methode hanteert: de directe correlatie tussen een te voorspellen element en voorspelde predictoren.

Naarmate de kwaliteit van de prognose dichter bij de perfecte prog komt, is het dus vanwege de ruis geboden niet de perfect-prog-methode maar de MOS-methode toe te passen.

Toepassing van MOS heeft dus geen zin:

- a) zolang de prognosemodellen relatief slecht zijn;
- b) zolang de modellen nog aan grote veranderingen onderhevig zijn, want de vertaling is sterk model-gebonden.

## 7. Samenvatting

In het voorgaande is de fout in de 500 mbar hoogtevoorspelling van twee typen prognoses onderling vergeleken en tevens tegen de achtergrond van een z.g. persistentievoorspelling geplaatst, dit voor voorspeltermijnen van verschillende lengte. Berekend werd de z.g. RMS-fout in een bepaald, doch overigens willekeurig punt. De betekenis van deze fout als kwaliteitsmaat kan worden gedemonstreerd door koppeling aan de fout in de maximumtemperatuur, die via de voorspelde

hoogte wordt afgeleid met een objectieve methode. Het blijkt, dat prognose B, die een beduidend grotere fout in de hoogte heeft, ook voor maximumtemperaturen significant slechtere resultaten levert. Kwaliteitsverschillen in temperatuurvoorspellingen zijn rechtstreeks te herleiden tot kwaliteitsverschillen in hoogtevoorspelling gemeten in RMS-maat.

Verifikatie van prognoses door RMS-fouten te vergelijken is daarom zinvol.

In dit rapport wordt tevens een objectieve methode, waarvan de diagrammen al geruime tijd worden gebruikt, door een summiere beschrijving geïntroduceerd.

#### Literatuur

- [1] Wallington, C.E. An experiment in the verification of forecast charts. Scientific paper No. 9, 1961. Met. Off.
- [2] Boyden, C.J. The forecasting of daily mean surface temperatures from 1000-500 mbar thickness lines. Met. Magazine, Vol. 87, 1958.
- [3] Boyden, C.J. Forecasting of maximum surface temperature from 1000-500 mbar thickness lines. Weather, 91, 1962.
- [4] Sabo, P. Ein Vergleich deutscher und amerikanischer Höhenvorhersagekarten für den Alpenraum. Wien, 1977.

Summary

This paper presents the results of a test of comparison of 500 mbar forecast charts for the period 1 April - 1 October 1973 and the period 1 April - 1 October 1977. The root-mean-square error in the forecast heights at De Bilt of the NMC-6PE forecast charts have been compared to the RMS-error of the KNMI-BK3 forecast charts. This was done for different forecast periods.

The prognostic height being used as a predictor in an objective method can be evaluated by considering the accuracy of the predictand. This was done by forecasting the maximum temperature  $T_x$  at De Bilt by means of an objective method with the 500 mbar height as a predictor, this height being forecast by both types of 500 mbar prognoses. It was found that the mean error of prognostic heights of the American forecast charts was considerably less than the mean error of the KNMI-BK3 forecast charts.

Applying prognostic heights in order to forecast maximum temperatures resulted in a reduction of variance of about 25% for NMC-6PE forecast charts, whereas KNMI-BK3 forecast charts gave no reduction at all. Given the relationship between prognostic error and forecasting error of a predictand, a comparison of RMS errors of prognostic charts is considered useful and effective.



APRIL T<sub>x</sub>

$\Delta h_{12z}$

	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE		C
560										560
59										59
58	23	18								58
57	22	18	16							57
56	22	18	16	15				22		56
55	21	18	16	15		14		21		55
54	21	17	16	15		14		21		54
53	20	17	15	15		13	17	20		53
52	20	17	15	14		13	16	19		52
51	19	16	15	14	14	13	16	19		51
550	19	16	15	14	14	13	15	18		550
49	18	16	14	14	13	13	15	18		49
48	18	15	14	14	13	12	15	17		48
47	17	15	14	14	13	12	14	17		47
46	17	15	14	13	13	12	14	16		46
45	16	14	13	13	12	12	14	16		45
44	16	14	13	13	12	12	13	15		44
43	15	14	13	13	12	11	13	15		43
42	15	13	13	13	12	11	13	14		42
41	14	13	12	12	12	11	12	14		41
540	14	13	12	12	11	11	12	13		540
39	13	12	12	12	11	11	12	13		39
38	13	12	12	12	11	10	11	12		38
37	12	12	11	12	11	10	11	12		37
36	12	11	11	12	11	10	11	11		36
35	11	11	11	12	10	10	10	10		35
34	11	11	11	11	10	10	10	10		34
33	10	10	10	11	10	10	10	9		33
32	10		10	11	10	9	9	9		32
31	9		10	11	10	9	9	8		31
530	9		10	11	9	9	9	8		530
29			9	10	9	9	8	7		29
28			9	10	9	9	8	7		28
27			9	10	9	8	7	6		27
26			9	10	8	8	7	6		26
25			8	10	8	8	7	6		25
24			8	10	8	8	6	6		24
23				9	8	8	6	6		23
22				9	7	7	6	6		22
21				9	7	7	5	5		21
520				9	7	7	5	5		520
19				9	7	7	5	5		19
18				9	6	7	4	4		18
17				8	6	6	4	4		17
16					6	4	3	3		16
	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE		C

MEI T<sub>x</sub>

$\Delta h_{12z}$

	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE		C
570								29	570	
69	27						32	29	69	
68	27						31	28	68	
67	26						30	28	67	
66	26					28	29	28	66	
65	25	23				28	29	27	65	
64	25	22				27	28	26	64	25
63	24	22				26	27	26	63	24
62	24	22	22			25	26	26	62	24
61	24	22	22		21	25	26	25	61	23
560	23	21	21	20	21	24	25	25	560	22
59	23	21	21	20	20	23	24	24	59	22
58	22	20	20	19	20	23	24	24	58	21
57	22	20	20	19	20	22	23	24	57	20
56	21	20	20	19	20	21	22	23	56	20
55	21	20	19	18	19	21	22	23	55	19
54	20	19	19	18	19	20	21	22	54	19
53	20	19	18	18	18	20	21	22	53	18
52	20	18	18	17	18	19	20	21	52	18
51	19	18	18	17	18	18	20	21	51	17
550	19	18	17	17	18	18	20	20	550	17
49	18	18	17	16	18	18	19	20	49	16
48	18	17	17	16	17	17	19	20	48	16
47	17	17	16	16	17	17	18	19	47	16
46	17	16	16	15	17	16	18	19	46	15
45	16	16	15	15	16	16	17	18	45	15
44	16	16	15	15	16	16	17	18	44	15
43	16	15	15	14	16	15	17	17	43	14
42	15	15	14	14	15	15	16	17	42	14
41	15	15	14	14	15	14	16	16	41	14
540	14	14	13	13	15	14	16	16	540	14
39	14	14	13	13	14	14	16	16	39	13
38	13	14	13	13	14	14	15	15	38	13
37	13	13	12	12	13	13		15	37	13
36	12	13	12	12	13	13		14	36	13
35	12	13	12	12	12	13		14	35	13
34	12	12	11	11	12	13			34	13
33	11	12	11	11	12	12			33	12
32		12	10	11	11	12			32	12
31		11	10	10	11	12			31	12
530		11	10	10	11				530	12
29		11	9	10					29	12
28		10	9	9					28	11
27			8	9					27	11
26			8	9					26	11
25			8	8					25	11
24				8					24	10
523				8					523	
	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE		C

JUNI T<sub>x</sub>

$\Delta h_{12z}$

	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE		C
580										580
79										79
78								35		78
77								34		77
76								34		76
75		26				30		33		75
74		26				30		32		74
73	28	26	27			29		32		73
72	28	25	26		28	29		31		72
71	28	25	26		28	28		31		71
570	27	24	26	23	27	28	30	30		570
69	27	24	25	23	27	27	30	29		69
68	26	24	25	22	26	27	29	29		68
67	26	24	24	22	26	26	28	28		67
66	25	23	24	22	25	26	28	28		66
65	25	23	24	22	25	25	27	27		65
64	24	22	23	21	24	25	27	26		64
63	24	22	23	21	24	24	26	26		63
62	23	22	22	21	23	24	26	25		62
61	23	22	22	20	23	23	25	25		61
560	23	21	22	20	22	23	24	24		560
59	22	21	21	20	22	22	24	24		59
58	22	20	21	20	21	22	23	23		58
57	21	20	20	19	21	21	22	22		57
56	21	20	20	19	20	21	22	22		56
55	20	19	20	19	20	20	21	21		55
54	20	19	19	18	19	20	21	20		54
53	19	19	19	18	19	19	20	20		53
52	19	18	19	18	18	19	20	19		52
51	18	18	18	18	18	18	19	19		51
550	18	18	18	17	17	18	18	18		550
49	18	17	18	17	17	17	18	18		49
48	17	17	17	17	16	17	17	17		48
47	17	17	17	16	16	16	17	16		47
46	16	16	16	16	15	16	16	16		46
45	16	16	16	16	15	15	15	15		45
44	15	16	16	16		15		15		44
43	15	15	15	15		14				43
42	14	15	15	15		14				42
41	14	15	14	15						41
540	14	14	14	14						540
39	13	14	14	14						39
38	13	14	13	14						38
37	12	13	13	13						37
	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE		C

JULI T<sub>x</sub>

$\Delta h_{12z}$

	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE		C
580							32		580	
79							32		79	
78							31		78	
77							31		77	
76	31						30	32	76	29
75	30		27			30	30	32	75	29
74	30		27		26	29	29	31	74	28
73	29	26	26		26	29	29	31	73	28
72	29	26	26		26	28	28	30	72	28
71	28	25	26	26	25	28	28	30	71	27
570	28	25	25	25	25	27	28	30	570	27
69	27	25	25	25	24	27	27	29	69	26
68	27	24	24	25	24	26	27	29	68	26
67	26	24	24	24	24	26	26	28	67	26
66	26	24	24	24	23	25	26	28	66	25
65	25	23	23	23	23	25	26	27	65	25
64	25	23	23	23	22	24	25	27	64	24
63	24	23	23	23	22	24	25	26	63	24
62	24	22	22	22	22	24	24	26	62	24
61	23	22	22	22	21	23	24	26	61	23
560	23	22	22	21	21	23	23	25	560	23
59	22	21	21	21	20	22	23	25	59	22
58	22	21	21	20	20	22	22	24	58	22
57	21	21	21	20	20	21	22	24	57	22
56	21	20	20	20	19	21	22	23	56	21
55	20	20	20	19	19	20	21	23	55	21
54	20	20	20	19	18	20	21	22	54	20
53	19	19	19	18	18	19	20	22	53	20
52	19	19	19	18	18			21	52	20
51	18	19	19	18	17			21	51	19
550	18	18	18	17	17			20	550	19
49	17	18	18	17	16			20	49	18
48	17	18	18	16	16			20	48	18
47	16	18	17	16	16			19	47	18
46	16	17	17	16				19	46	17
45	15	17	16	15				18	45	16
44	15	17	16	15				18	44	16
43	14	16	16	14				18	43	16
42	14	16	15	14				17	42	15
41	13		15	14					41	15
540	13		15	13						15
39	13									
38	13									
	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE		C

AUGUSTUS T<sub>x</sub>

Δh<sub>12z</sub>

	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE		C
576										576
75	29									75
74	29					29				74
73	28					28	31	30		73
72	28		24			28	30	29		72
71	27		23			28	30	29		71
570	27		23	26	24	27	29	29		570
69	26	23	23	25	24	27	29	28		69
68	26	23	22	25	24	26	28	28		68
67	25	23	22	25	23	26	27	27		67
66	25	22	22	24	23	26	27	27		66
65	24	22	22	24	23	25	26	26		65
64	24	22	22	24	22	25	26	26		64
63	23	21	21	23	22	24	25	25		63
62	23	21	21	23	22	24	24	25		62
61	22	21	21	23	22	23	24	25		61
560	22	21	21	22	21	23	23	24		560
59	22	20	20	22	21	22	23	24		59
58	21	20	20	22	21	22	22	23		58
57	21	20	20	21	20	22	21	23		57
56	20	20	20	21	20	21	21	22		56
55	20	19	19	21	20	21	20	22		55
54	19	19	19	20	20	20	20	21		54
53	19	19	19	20	19	20	19	21		53
52	18	18	19	20	19	20	18	20		52
51	18	18	18	19	18	19	18	20		51
550	17	18	18	19	18	19	17	20		550
49	17	18	18	19	18	18	17	19		49
48	16	17	18	18	18	18	16	19		48
47	16	17	18	18	17	17				47
46	16	17	17	18	17	17				46
45	16	17	17	17	17	16				45
44	16	16	17	17	16	16				44
43	16	16	17	16		16				43
42		16	16	16		16				42
41		16	16	16		16				41
540										540
	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE		C

SEPTEMBER T<sub>x</sub>

$\Delta h_{12z}$

	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE		C
580								34	580	
79								33	79	
78								32	78	
77								32	77	
76	30							31	76	
75	29						31	30	75	
74	28						29	29	74	
73	28		26				28	28	73	
72	27	26	26				28	28	72	
71	26	25	25				27	27	71	
570	26	25	24	22	25	25	26	27	570	
69	25	24	24	22	25	24	26	26	69	
68	24	24	23	22	24	24	25	25	68	
67	24	23	23	21	23	23	24	25	67	
66	23	23	22	21	22	23	24	24	66	
65	23	22	22	21	22	22	23	24	65	
64	22	22	21	21	21	22	22	23	64	22
63	22	21	21	20	20	21	22	22	63	22
62	21	21	20	20	20	21	21	22	62	21
61	21	20	20	20	20	20	21	21	61	21
560	20	20	20	19	20	20	20	21	560	20
59	20	20	19	19	19	20	20	21	59	20
58	19	19	19	19	19	19	19	20	58	20
57	19	19	19	19	18	19	19	20	57	19
56	19	18	18	19	18	19	18	19	56	19
55	18	18	18	18	18	18	18	19	55	19
54	18	18	18	18	17	18	18	19	54	18
53	18	18	18	18	17	18	17	18	53	18
52	18	18	17	18	17	18	17	18	52	18
51	17	17	17	17	17	17	16	17	51	17
550	17	17	17	17	17	17	15	17	550	17
49	16	17	17	17	16	17	15	17	49	17
48	16	17	16	16	16	16	14	16	48	16
47	16	17	16	16	16	16	14	16	47	16
46	16	16	16	16	16	16	13	16	46	15
45	16	16	16	16	15	16	13	16	45	15
44	15	16	16	15	15	16	13		44	15
43	15	15	15	15	15	16	12		43	14
42	15	15	15	15	15	16	12		42	
41	14	15	15	15	15	16			41	
540	14	15	15	14	15	16			540	
39	14	15	14	14	15	16			39	
38		14	14	14					38	
37		14	14	13					37	
536		14	14	13					536	
	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE		C

OKTOBER T<sub>x</sub>

$\Delta h_{12z}$

	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE		C
566	19						20	21	566	20
65	19		19				19	20	65	20
64	19	17	18				19	20	64	20
63	18	17	18			16	18	20	63	19
62	18	17	18			15	18	19	62	19
61	18	16	18			15	17	19	61	19
560	18	16	17	16		15	17	18	560	18
59	17	16	17	16		15	16	18	59	18
58	17	16	17	16	16	14	16	18	58	17
57	17	16	17	16	16	14	15	17	57	17
56	16	16	16	16	15	14	15	17	56	16
55	16	15	16	15	15	13	14	16	55	16
54	16	15	16	15	15	13	14	16	54	16
53	16	15	16	15	15	13	13	16	53	15
52	15	15	15	15	15	12	13	15	52	15
51	15	15	15	15	14	12	12	15	51	14
550	15	14	15	14	14	12	12	14	550	14
49	14	14	15	14	14	11	11	14	49	14
48	14	14	14	14	14	11	11	14	48	13
47	14	14	14	14	13	11	10	13	47	13
46	14	14	14	14	13	11	10	13	46	12
45	13	13	14	13	13	10	9	12	45	12
44	13	13	13	13	13	10	9	12	44	12
43	13	13	13	13	12	10	8	12	43	11
42	12	13	13	13	12	9	8	11	42	11
41	12	12	13	13	12	9	7	11	41	10
540	12	12	12	12	12	9	7	10	540	10
39	12	12	12	12	12	9	6	10	39	10
38	11	12	12	12	11	8	6	10	38	9
37	11	12	12	12	11	8	5	9	37	9
36	11	12	11	12	11	8		9	36	8
35		11	11	12		7		8	35	8
34		11	11	11		7		8	34	
33		11	11	11		7		8	33	
32		11	10	11		6		7	32	
31		11	10	11		6		7	31	
530		10	10	11				6	530	
29			10	10					29	
28			9	10					28	
	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE		C