

K O N I N K L I J K N E D E R L A N D S  
M E T E O R O L O G I S C H I N S T I T U U T

D e B i l t

WETENSCHAPPELIJK RAPPORT

W.R. 77-11

J. Oerlemans

Het verband tussen anomalieën in de  
temperatuur van de Noordatlantische Oceaan  
en de maandgemiddelde temperatuur in De Bilt  
en de bruikbaarheid hiervan voor de  
maandverwachting

De Bilt, 1977

Publikationsnummer: K.N.M.I. W.R. 77-11 (M.O.)

U.D.C.: 551.526.6 :  
551.509.331 :  
551.509.323

## SUMMARY

This paper presents the results of an empirical study concerning the relations between North Atlantic sea-surface temperature anomalies (STA's) and monthly mean air temperature at De Bilt ( $T_m$ ). Special attention has been paid to the effect of various time-lags, both positive and negative, between those quantities. The study was based on the STA-classification of Ratcliffe [2], covering the period 1877-1975. The use of STA's in forecasting monthly mean temperature is discussed briefly.

The main results are:

- \* There have been clear tendencies in the occurrence of the various STA-types during the period 1877-1975.
- \* STA- $T_m$  relations do exist, most apparently in winter.
- \* The time-lag dependency of the correlations suggests the presence of interactive mechanisms between STA's and atmospheric circulation on a large time-scale (at least 6 months).
- \* Tested on independent material (77 months), forecasting rules for  $T_m$  based on STA's appeared to give a useful skill (about 13% better than climatological "forecasts").

## INHOUD

- 1 Inleiding.
  - 2 Het gebruikte materiaal.
  - 3 STA-T<sub>m</sub> relaties.
  - 4 Verschillende time-lag's.
  - 5 Bruikbaarheid van de STA's voor de maandverwachting.
  - 6 Belangrijkste konklusies.
- Verwijzingen.

## 1. Inleiding.

Al sedert enige decennia zijn een aantal onderzoekers van mening dat variaties in de atmosferische cirkulatie met een tijdschaal van ongeveer een maand en groter gestuurd worden door afwijkingen van de zeewater-temperatuur over grote gebieden (in de orde van enkele duizenden kilometers).

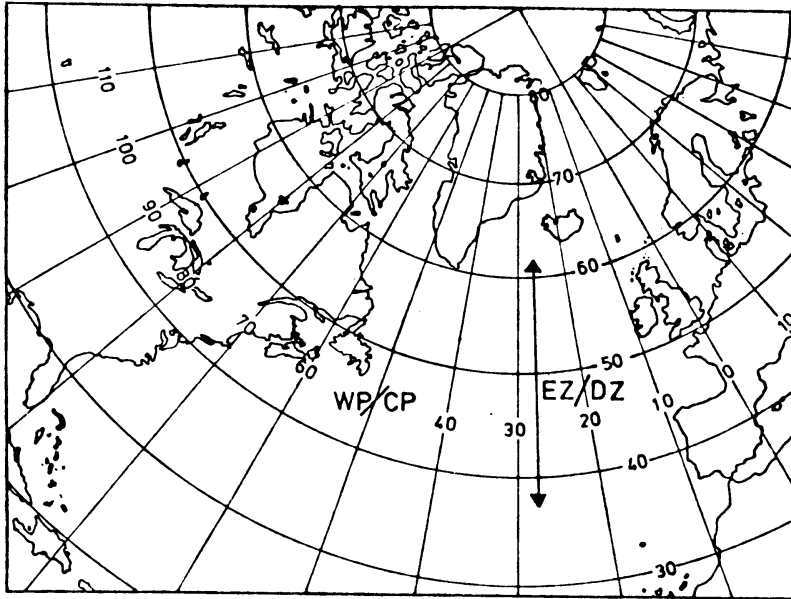
Deze afwijkingen, in het vervolg af te korten met STA's (Sea-surface Temperature Anomalies) zijn gedeeltelijk weer een gevolg van langdurige anomalieën in de atmosferische cirkulatie. Hoewel de laatste jaren veel aandacht is besteed aan de wisselwerking tussen oceaan en atmosfeer op gematigde breedten, wordt ze nog slecht begrepen.

De resultaten van een aantal studies (zie bijvoorbeeld [1] voor een kort overzicht) suggereren in ieder geval dat het voorkomen van bepaalde STA's in beperkte mate gebruikt kan worden bij het opstellen van lange termijn verwachtingen. Een studie van Ratcliffe en Murray [2] betreffende het verband tussen STA's en de maandgemiddelde luchtdruk op zeeniveau wordt mede als basis gebruikt voor de engelse maandverwachting. Bij de Amerikaanse maandverwachting worden de resultaten van het werk van Namias, die zich veel met de rol die STA's spelen heeft bezig gehouden, gebruikt. Uit een onderzoekje van de opsteller van dit verslag is gebleken dat er in ieder geval in de winter enig verband bestaat tussen STA's en de frekwentieverdeling van Groszwetterlagen in de daarop volgende maand [1]. Dit verband kwam ook tot uiting in de maandgemiddelde temperaturen te De Bilt. Mede omdat de maandgemiddelde temperatuur (verder aan te duiden met  $T_m$ ) de maandgemiddelde grootte lijkt te zijn die het best te voorspellen is, lag het voor de hand de relatie  $T_m$ -STA eens nader te onderzoeken. Een dergelijk onderzoek is inmiddels uitgevoerd en wordt in dit geschrift beschreven. Ook zal iets gezegd worden over het mogelijke gebruik van STA's bij het opstellen van de maandverwachting.

## 2. Het gebruikte materiaal.

Voor de maandgemiddelde temperaturen is een gedeelte van de zogenaamde Labrijnreeks gebruikt. Deze reeks bestaat uit de  $T_m$ 's voor De Bilt (zie ook [3]), waarvan de jaren 1877 t/m 1975 gebruikt zijn.

Ratcliffe heeft een klassifikatie voor de STA's in de Noord-Atlantische Oceaan ontworpen [4]. Deze klassifikatie bestaat uit hoofdzakelijk twee delen. De watertemperaturen in het gebied ten zuidoosten van New Foundland zijn bepalend voor het eerste deel.



Figuur 1. De twee groepen van Ratcliffe's STA-klassifikatie.

Als zich in dit gebied een positieve/negatieve anomalie bevindt van tenminste  $1^{\circ}\text{C}$  wordt de klassifikatie WP/CP gegeven (afkomstig van Warm Pool en Cold Pool). Het tweede deel betreft de temperatuur gradiënt in zuid-noord richting, waarbij de anomalieën ten zuiden en ten noorden van ongeveer  $50^{\circ}$  NB vergeleken worden. Bij een duidelijk groter dan normale gradiënt wordt van EZ (Enhanced Zonality) gesproken, bij een gradiënt die duidelijk kleiner is dan normaal van DZ (Decreased Zonality). Er kunnen samenstellingen van de verschillende typen voorkomen, te weten WP-DZ, WP-EZ, CP-DZ, CP-EZ. Ratcliffe heeft zoveel mogelijk maanden vanaf 1877 volgens de bovenstaande indeling geklassificeerd.

Aan de hier voorgaand beschreven klassifikatie kleven enige grote nadelen. Uit de desbetreffende publikatie [4] kan niet opgemaakt worden waarom een bepaalde maand niet geklassificeerd is: het kan een gevolg zijn van het feit dat de STA-verdeling niet binnen de klassifikatieregels valt, maar ook veroorzaakt zijn door een gebrek aan gegevens. Vooral ten aanzien van de zuid-noord gradiënt lijkt de klassifikatie tamelijk subjektief. Waarschijnlijk is het feit dat in de 99 januari-maanden EZ 1 keer en DZ 16 keer voorkwam hiervan een gevolg.

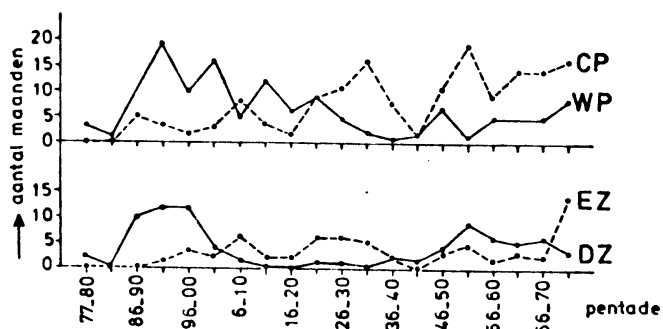
Verder geeft de indeling van Ratcliffe nauwelijks informatie over de omvang der STA's. Uit modellen waarmee de invloed van warmtetransport naar de atmosfeer op gematigde breedten is bestudeerd m.b.v. lineaire golftheorie (bijvoorbeeld [5], [6]) blijkt dat de ligging van de planetaire golven ten opzichte van de inducerende warmteflux sterk afhangt van de golflengte. De reden hiervan is dat men met Rossby-golven te maken heeft. Een gevolg hiervan is dat het bij elkaar brengen van maanden met dezelfde klassifikatie een eventuele wisselwerking sterk kan versluieren. Bij gebrek aan alternatieven is ondanks deze nadelen van Ratcliffe's klassifikatie gebruik gemaakt. Figuur 1 geeft een overzicht van de betrokken zeegebieden.

Om het materiaal per soort STA niet te sterk te beperken zijn de mengvormen dubbel gebruikt. De verzameling van maanden met DZ bevat ook de maanden met CP-DZ en WP-DZ, enz. Tabel 1 geeft de verdeling der STA's in de verschillende maanden voor de periode 1877-1975. Behalve de EZ-groep in januari zijn er geen opvallende inhomogeniteiten. In de laatste kolom staan de standaarddeviaties van de maandtemperaturen; dit om later een idee te hebben van de significantie der resultaten.

maand	CP	WP	DZ	EZ	$\sigma(T_m)$
januari	20	24	16	1	2.4
februari	22	20	14	11	2.6
maart	21	23	13	14	1.7
april	29	20	18	14	1.4
mei	35	21	17	12	1.2
juni	31	20	12	15	1.3
juli	37	21	8	9	1.2
augustus	31	33	8	13	1.2
september	29	26	11	12	1.2
oktober	24	30	13	16	1.4
november	22	24	11	12	1.6
december	23	33	11	10	2.1

Tabel 1. STA-verdeling en standaarddeviatie van  $T_m$ .

Bij nadere bestudering blijken er duidelijke tendenzen aanwezig te zijn in het voorkomen van de STA's. Figuur 2 geeft hiervan een beeld. In de figuur staat per periode van 5 jaar het aantal maanden met de aangegeven STA uitgezet. Het kleine aantal geklassificeerde maanden tijdens de tweede wereldoorlog is een gevolg van het feit dat er toen weinig waarnemingen zijn verricht. Aan het einde van de vorige eeuw trad DZ aanzienlijk vaker op dan EZ. In het begin van deze eeuw kwam hierin verandering.



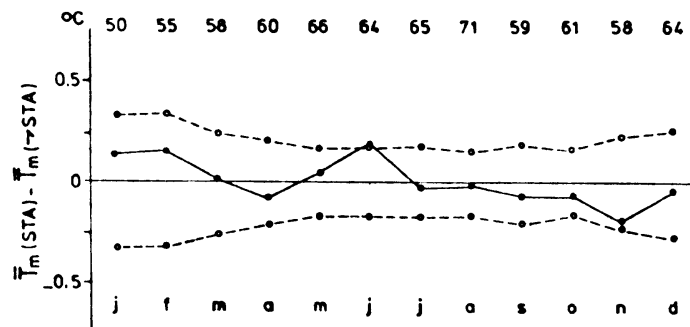
Figuur 2. Het voorkomen der STA's per periode van 5 jaar.



In de periode 1905-1940 was de zuid-noord temperatuurgradiënt in de Noord-Atlantische Oceaan groter dan normaal, gedurende het tijdvak 1940-1970 domineerde DZ echter weer. Het is overigens een bekend feit dat het tijdvak 1910-1940 er één was met een sterke overheersing van westcirculaties. Met betrekking tot de temperaturen ten zuidoosten van New Foundland kan men zeggen dat CP sinds eind vorige eeuw geleidelijk aan vaker is voorgekomen terwijl bij WP het omgekeerde het geval is (afgezien van de laatste jaren waarin WP weer regelmatig voorkomt).

### 3. STA- $T_m$ relaties.

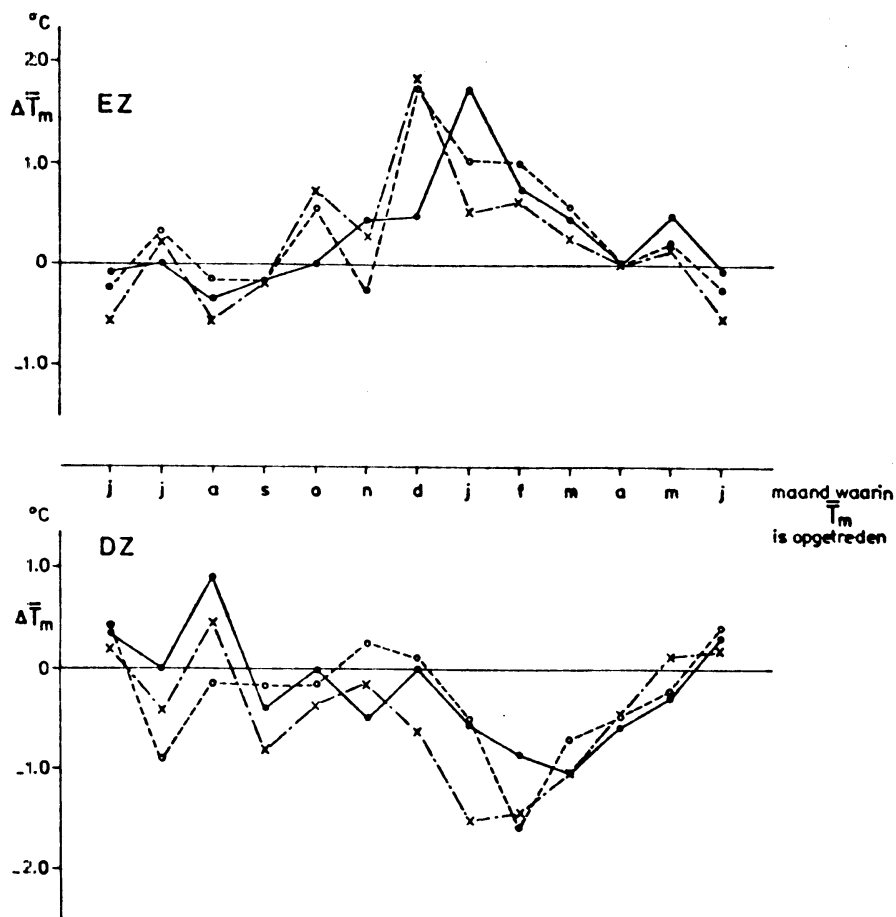
Alvorens de invloed van STA's op  $T_m$  na te gaan dient voor iedere maand een normaal gedefinieerd te worden. In figuur 3 is het verschil gegeven tussen  $\bar{T}_m$  ( $\bar{\quad}$  duidt middeling aan) berekend met de maanden dat er een STA was en  $\bar{T}_m$  berekend met alle maanden. Bovenaan staat het aantal maanden met een STA (n). De stippellijnen geven een interval van  $2\sigma(T_m)/n^2$ .



Figuur 3. Het verschil tussen  $\bar{T}_m$  berekend met de maanden mét een STA en  $\bar{T}_m$  berekend met de maanden zónder STA (in °C).

Hoewel het genoemde verschil voor sommige maanden niet verwaarloosbaar is, zijn uit het algemene beeld geen steekhoudende konklusies te trekken. Voor het vaststellen van de normaal kan men alle maanden gebruiken, maar voor het gebruik van alle maanden zonder STA valt ook wat te zeggen. Gekozen is voor het eerste, maar m.b.v. figuur 3 kunnen de resultaten eenvoudig omgerekend worden.

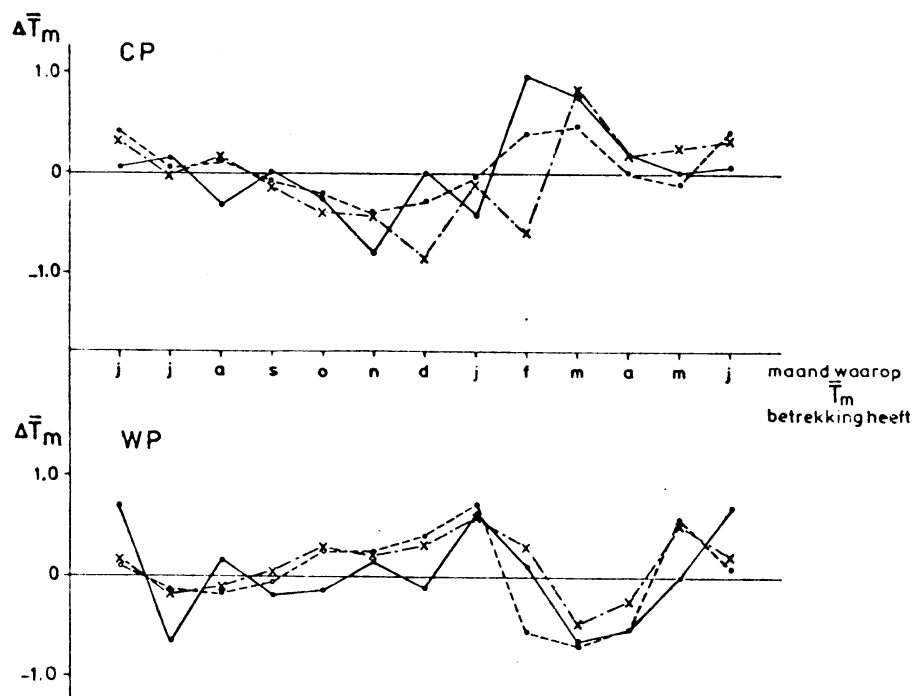
Voor alle maanden zijn nu de verdelingen van  $T_m$  in afhankelijkheid van de STA's bepaald. De afwijkingen ( $\Delta$ ) van  $\bar{T}_m$  van de normaal (1877-1975) bij EZ en DZ zijn weergegeven in figuur 4.



Figuur 4. Afwijkingen van  $\bar{T}_m$  bij EZ en DZ met time-lag -1(x), 0(.) en 1 maand(o).

Er zijn drie time-lag's gebruikt tussen het optreden van EZ/DZ en de bijbehorende  $\bar{T}_m$ , te weten -1, 0 en 1 maand. Bij een positieve time-lag is de  $\bar{T}_m$ , behorende bij de op de horizontale as aangegeven maand, bepaald uit de gevallen waarin in de voorafgaande maand de desbetreffende STA optrad. Bij een negatieve time-lag zijn de maanden gebruikt waarop steeds de desbetreffende STA volgde.

Twee dingen vallen onmiddellijk op. In de eerste plaats geeft  $\Delta\bar{T}_m$  voor de verschillende time-lag's ongeveer hetzelfde verloop te zien; hierop zal later worden teruggekomen. In de tweede plaats blijkt er een zekere symmetrie te bestaan tussen  $\Delta\bar{T}_m$ (EZ) en  $\Delta\bar{T}_m$ (DZ), zij het dat de maximale temperatuurafwijking bij DZ ongeveer 1 maand later valt dan bij EZ.



Figuur 5. Afwijkingen van  $\bar{T}_m$  bij CP en WP met time-lag -1(x), 0(.) en 1 maand(o).

De maanden december tot en met maart blijken gemiddeld zachter dan normaal te zijn bij het optreden van EZ. De afwijkingen zijn 1 à 2 maal de spreiding die men op grond van de klimatologische spreiding en het aantal betrokken maanden in  $\bar{T}_m$  kan verwachten. Terwille van de overzichtelijkheid is deze spreiding niet ingetekend, ze kan echter direkt uit tabel 1 bepaald worden. Bij DZ treedt het omgekeerde op: de maanden januari tot en met april zijn kouder dan normaal. Uit eerder onderzoek, zie [1], is gebleken dat dit een gevolg is van het vaker voorkomen van blokkades bij DZ.

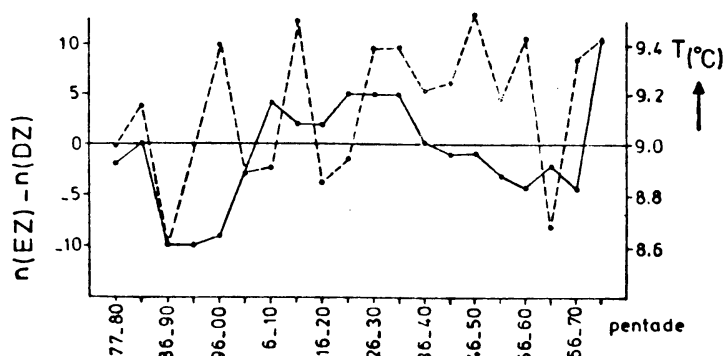
Wat betreft de grootte van de  $\Delta\bar{T}_m$ 's kan opgemerkt worden dat deze enkele tienden van graden groter zijn dan die gevonden werden bij het onderzoek naar overgangsregels voor  $T_m$  (zie [1]). De significantie van de resultaten is zwak als men deze per maand bekijkt. Voor het winterhalfjaar is het beeld echter zo consistent dat men kan spreken van relaties tussen  $\bar{T}_m$  en DZ/EZ die van betekenis zijn. In het zomerhalfjaar is deze consistentie nauwelijks aanwezig:  $\Delta\bar{T}_m$  verandert steeds van teken. Op zich kunnen de afwijkingen in de zomer best betekenis hebben, maar ze zijn hier niet te onderscheiden van toevallige afwijkingen.

Betreffende de klassifikatie CP/WP is dezelfde procedure gevolgd: figuur 5 geeft hiervan de resultaten. Ook hier valt een zekere symmetrie op en blijkt de keuze van de time-lag geen duidelijk verschillende resultaten op te leveren. De afwijkingen zijn iets kleiner dan bij EZ/DZ maar vertonen ook de grootste waarden in het winterhalfjaar. Er is echter een belangrijk verschil met figuur 4: bij CP/WP passeert  $\Delta\bar{T}_m$  de nullijn ergens in het midden van de winter, terwijl dit bij EZ/DZ niet gebeurt.

Figuur 4 suggereert dat jaren waarin EZ vaak voorkomt gemiddeld een hogere temperatuur te zien zullen geven, terwijl in jaren dat DZ overheerst de temperatuur gemiddeld lager dan normaal zal zijn. Bij CP/WP is van een dergelijk effect geen sprake. Blijkbaar is de zuid-noord gradiënt van de zeewatertemperatuur meer bepalend voor de gemiddelde jaartemperatuur te De Bilt dan de zeewatertemperatuur ten zuidoosten van New Foundland. Men moet echter wel bedenken dat EZ of DZ nooit een geheel jaar voorkomt. Om de zaak eens op een wat grotere tijdschaal te bekijken kan als maat voor de gemiddelde noord-zuid gradiënt in de Atlantische Oceaan dienen het aantal keren EZ minus het aantal keren DZ dat in een 5-jarige periode voorkwam.

In figuur 6 is dit vergeleken met de gemiddelde temperatuur per 5 jaar. Het is duidelijk dat er nauwelijks enige samenhang bestaat op deze tijdschaal. Door de beperkte lengte van de STA-reeks heeft het geen zin 5-jaarlijkse gemiddelden te beschouwen voor de verschillende maanden.

Op de vraag op welke tijdschaal de relaties het sterkst zijn is moeilijk een antwoord te geven. Vanwege het diskontinue-karakter van de STA-klassifikatie is spektrale analyse niet toe te passen. Wat wel gedaan kan worden is het variëren van de time-lag.



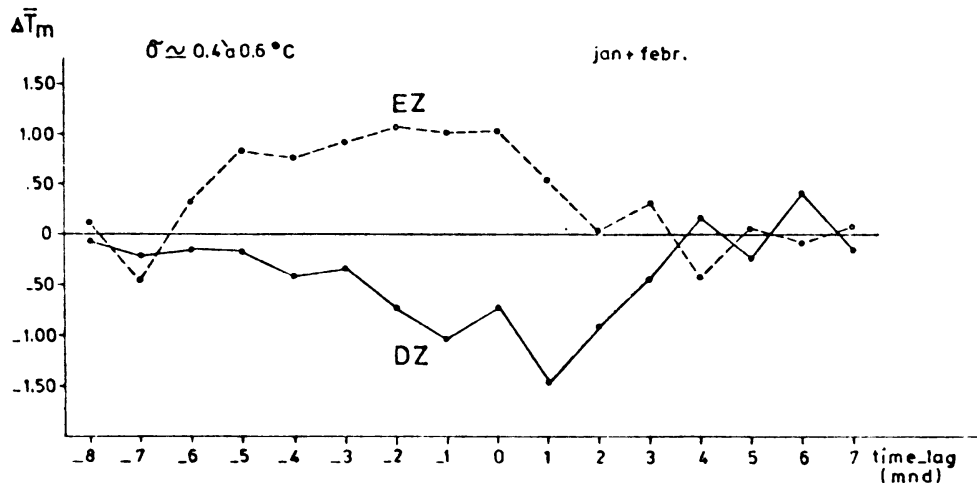
Figuur 6. Afwijkingen van de zuid-noord temperatuurgradiënt in de Noord-Atlantische Oceaan (—) en de gemiddelde temperatuur te De Bilt(-----), voor perioden van 5 jaar.

#### 4. Verschillende time-lag's.

Een vraag die zich voortdurend opdringt is in welke richting de wisselwerking tussen oceaan en atmosfeer het sterkst is en hoelang de invloed van de één op de ander merkbaar is. Hoewel de STA-klassifikatie en zeker  $\Delta \bar{T}_m$  te De Bilt niet de ideale grootheden zijn om dit te onderzoeken bleek dit materiaal toch enige aanwijzingen te geven.

In figuur 7 zijn de  $\Delta \bar{T}_m$ 's van januari en februari weergegeven als functie van de time-lag voor EZ en DZ. Januari en februari zijn hier samengenomen om het aantal maanden te vergroten. Om de betekenis van de resultaten aan te kunnen voelen is het nuttig even goed te bedenken wat variatie van de time-lag hier inhoudt.

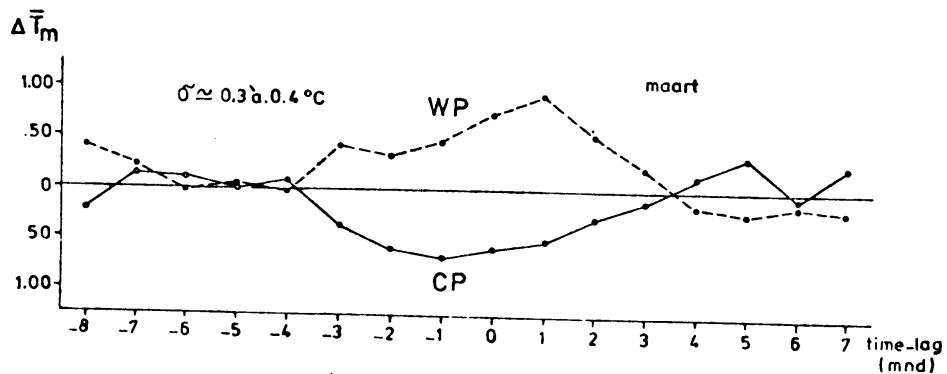
De in figuur 7 aangegeven  $\Delta\bar{T}_m$  heeft steeds betrekking op de aangegeven maanden (januari + februari). Een time-lag van bijvoorbeeld 4 maanden wil zeggen dat voor de berekening van  $\Delta\bar{T}_m$  januari- en februarimaanden zijn gebruikt waarbij in de voorafgaande september- resp. oktobermaand de betreffende STA optrad. Voor een time-lag van -4 maanden zijn dit respectievelijk mei en juni daaropvolgend. Voor de berekeningen van  $\Delta\bar{T}_m$  zijn dus bij verschillende time-lag's in het algemeen verschillende verzamelingen van januari- en februarimaanden gebruikt. Slechts bij een sterke persistentie in de klassifikatie van de STA's zullen deze verzamelingen elkaar voor een groot deel gaan overlappen.



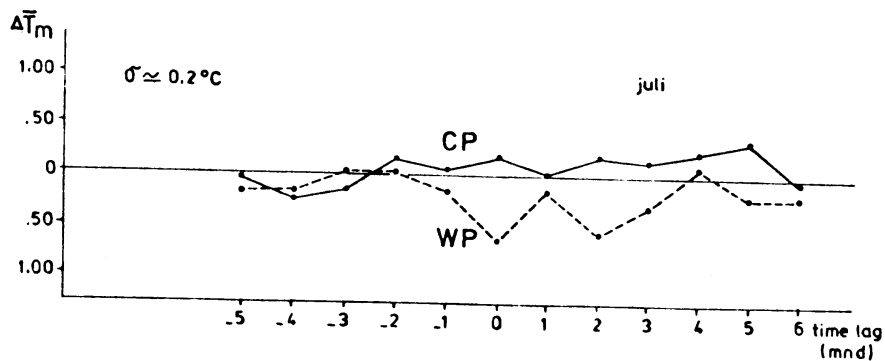
Figuur 7.  $\Delta\bar{T}_m$  voor januari+februari als funktie van de time-lag, voor EZ en DZ.

Terug naar figuur 7. Het is duidelijk dat aan een verband tussen EZ/DZ en  $\bar{T}_m$  niet hoeft worden getwijfeld. Het uitéénlopen van de EZ- en DZ-krommen kan niet aan het toeval worden toegeschreven. Voor een interval van zo'n 8 maanden is er een verschil tussen EZ en DZ. Reeds bij een time-lag van 3 maanden valt er een invloed van EZ/DZ te bespeuren.  $\Delta\bar{T}_m$  bereikt een maximum bij een time-lag van ongeveer 0. Met name de afwijkingen behorende bij EZ blijven groot (tot en met een time-lag van -5 maanden!). Dit suggereert een zekere koppeling tussen atmosfeer en oceaan.

Een ander voorbeeld toont figuur 8, waarin de relatie tussen WP/CP en  $\Delta\bar{T}_m$  van maart als functie van de time-lag getekend is. Er blijkt geen wezenlijk verschil te zijn tussen negatieve en positieve time-lag's. Men kan spreken van een symmetrisch beeld rond time-lag 0. Indien men in aansluiting op de figuren 7 en 8 nu figuur 9 beschouwt kan een interpretatie worden gegeven. Figuur 9 toont de relatie tussen WP/CP en  $\Delta\bar{T}_m$  van juli. Voor negatieve time-lag's is  $\Delta\bar{T}_m$  verwaarloosbaar klein, voor time-lag 0 en positieve time-lag's is er sprake van een verschil.



Figuur 8.  $\Delta\bar{T}_m$  voor maart als functie van de time-lag, voor WP en CP.



Figuur 9.  $\Delta\bar{T}_m$  voor juli als functie van de time-lag, voor WP en CP.

Hoewel dit nog niet in detail onderzocht is, suggereren genoemde figuren tezamen met enkele andere diagrammen die hier niet gegeven zijn, dat er gekoppelde afwijkende oceaan-atmosfeer cirkulaties optreden die in de zomer verdwijnen. Het geheugen wordt dan als het ware (tijdelijk?) uitgewist.

De volgende konklusie ligt voor de hand: de interactie tussen atmosfeer en oceaan (op grote ruimtelijke schaal) op gematigde breedten vindt plaats op een grote tijdschaal, dat wil zeggen minstens 5 maanden. Deze tijdschaal wordt vermoedelijk voor een groot deel bepaald door de persistentie der STA's. Inspectie van STA-kaarten leert dat deze persistentie groot is, maar dat ze niet goed tot uiting komt in de klassifikatie van Ratcliffe. Deels komt dit door een gebrek aan waarnemingen vóór 1945, deels ook doordat een kleine ruimtelijke verschuiving van het STA-patroon klassifikatie volgens EZ, DZ, WP of CP onmogelijk maakt. De grote persistentie der STA's kan opgevat worden als het resultaat van twee zaken: de thermische traagheid van de menglaag in de oceaan en een eventuele positieve terugkoppeling van atmosfeer naar oceaan (dat wil zeggen een terugkoppeling die de oorspronkelijke STA in stand houdt of versterkt). Hoe groot het aandeel der terugkoppeling is op de maand- en seizoensschaal is slecht bekend, maar het zal vermoedelijk wel zo groot zijn dat een kwantitatieve aanpak met lineaire modellen uiteindelijk faalt.

##### 5. Bruikbaarheid van STA's voor de maandverwachting.

Gezien de subjektiviteit van de STA-klassifikatie en de geringe lengte van de reeks moet de waarde van de hier gegeven resultaten voor de maandverwachting niet overschat worden. Er is een verband gekonstateerd tussen  $\bar{T}_m$  en het optreden van STA's op een manier die géén fysische achtergrond kan aangeven. Omdat we met een verband te maken hebben dat zeer waarschijnlijk via de grootschalige cirkulatie tot stand komt (een dynamisch mechanisme dus) is het vrijwel zeker dat de omvang der STA's en de gemiddelde zonale wind een belangrijke rol spelen.

De meest realistische methode om met Ratcliffe's klassifikatie iets te zeggen over de komende  $T_m$  is een opgave van de kans dat, na zekere STA,  $T_m$  in de B(Below), N(Normal) of A(Above)-klasse valt (dit gebeurt ook bij de overgangsregels die momenteel toegepast worden).



Bij de berekening van de voorwaardelijke kansen op de verschillende temperatuurklassen zijn samengestelde STA's (bijvoorbeeld CP-DZ) evenals jaren na 1970 niet meegenomen. Dit laatste is gedaan om enig onafhankelijk materiaal te hebben waarmee voorspelregels kunnen worden getoetst.

Een gevolg hiervan is dat de regels voor  $T_m$  na EZ of DZ op zo weinig gevallen gebaseerd zijn dat ze geen waarde hebben. Dit is jammer omdat ze juist de grootste afwijking in  $\bar{T}_m$  te zien geven. De oplossing is in feite erg simpel: verzin een maat voor de noord-zuid temperatuur gradiënt die voor elke maand berekend kan worden. Dit zal nader onderzocht worden. Op dit moment is de enigste mogelijkheid een driedeling van het STA-patroon, nl. CP, WP en de **rest**. Tabel 2 geeft de bijbehorende kansen op B, N en A. Het aantal gevallen waarop de betreffende kansverdeling gebaseerd is staat onder n. Er is een time-lag van 1 maand aangenomen.

De voorspelregels uit tabel 2 zijn toegepast op de periode januari 1971 - mei 1977 (77 maanden). Hierbij werden steeds de klassen met een kans van optreden groter dan 34% ingezet. In de 30 gevallen dat WP of CP in de voorafgaande maand optrad leverde dit een PI op van 0.24. De overige 47 gevallen gaven een PI van 0.06 zodat de PI over de gehele periode ruim .13 bedraagt. Dit is gelijk aan de PI die met de overgangsregels wordt behaald over dezelfde periode. Een niet al te gekunstelde methode die een goed resultaat geeft is toepassing van de "STA-regels" in de gevallen dat CP of WP optrad en toepassing van de overgangsregels als dit niet het geval was. De PI die op deze manier behaald wordt is 0.155. Gebaseerd op 77 gevallen betekent dit dat de kans dat de werkelijke PI tussen 0.10 en 0.20 ligt ongeveer 95% is.

De overgangs- en STA-regels zullen enige afhankelijkheid hebben. Om de informatie die ze geven optimaal te benutten is een andere aanpak, bijvoorbeeld diskriminantanalyse, nodig. Het ligt in de bedoeling iets dergelijks nog eens uit te voeren in samenwerking met het Statistisch Bureau, maar eerst zal Ratcliffe's klassifikatie vervangen worden door een meer objektieve representatie van STA-patronen. Mijns inziens zijn er door een optimaal gebruik van dit soort technieken nog wel enige punten in de PI te verdienen.

	CP in voorafgaande maand			WP in voorafgaande maand			noch CP noch WP in voorafgaande maand					
	B	N	A	B	N	A	B	N	A			
januari	28	28	44	18	27	35	38	18	37	35	28	54
februari	25	50	25	12	26	37	37	19	37	28	35	59
maart	21	22	57	14	35	41	24	17	37	35	28	56
april	25	37	38	16	35	35	30	17	36	35	29	53
mei	35	30	35	20	10	40	50	10	39	35	26	56
juni	17	37	46	24	8	75	17	12	47	23	30	52
juli	21	46	33	24	25	50	25	12	43	25	32	50
augustus	29	25	46	28	21	47	32	19	41	32	27	43
september	30	35	35	26	17	41	42	24	45	27	28	40
oktober	50	19	31	16	10	55	35	20	36	29	35	54
november	33	33	34	12	29	38	33	21	35	32	33	56
december	38	37	25	16	32	42	26	19	34	30	36	52

Tabel 2. Kansen in % op de temperatuurklassen B, N en A na CP, WP of noch CP of noch W.P. in de voorafgaande maand. Het aantal maanden waarop de uitspraak gebaseerd is staat onder n.

6. Belangrijkste konklusies.

- a. In de periode 1877-1975 zijn er tendenzen geweest in het optreden der verschillende STA-typen.
- b. Er zijn duidelijke STA- $\bar{T}_m$  relaties. Ze zijn het sterkst in het winter-halfjaar en voor de EZ/DZ groep.
- c. Variatie van de time-lag suggereert dat er een interactie tussen STA's en afwijkende atmosferische cirkulatie optreedt op een grote tijdschaal (in de orde van een half jaar). In de zomer wordt deze interactie vaak doorbroken.
- d. STA's kunnen gebruikt worden voor de verwachting van de maandgemiddelde temperatuur, de resultaten zijn ongeveer gelijk aan die van de overgangsregels. Een combinatie van beide methodes geeft een PI van 0.15.
- e. Verder onderzoek in de aangegeven richting kan mogelijk de PI enige punten opkrikken. De STA-patronen moeten dan wel objectief en kontinu geklassificeerd worden.

Verwijzingen.

- 1 J. Oerlemans: On the occurrence of Groszwetterlagen in winter related to anomalies in North Atlantic sea temperature, Meteorol. Rdsch. 28, 83-88 (1975).
- 2 R.A.S. Ratcliffe en R. Murray: New lag associations between North Atlantic sea temperature and European pressure applied to long-range weather forecasting, Quart. J. Roy. Met. Soc. 96, 226-246 (1970).
- 3 H.M. van de Dool: Verwachtingen van de maandgemiddelde temperatuur m.b.v. overgangsregels, KNMI W.R. 76-14 (1976).
- 4 R.A.S. Ratcliffe: North Atlantic sea temperature classification, Met Magaz. 100, 225-232 (1971).
- 5 B.R. Doös: The influence of exchange of sensible heat with the earth's surface on the planetary flow, Tellus 14, 133-147 (1962).
- 6 J. Smagorinsky: The dynamical influence of large-scale heat sources and sinks on the quasi-stationary motions of the atmosphere, Quart. J. Roy. Met. Soc. 79, 342-366 (1953).