

17 feb. 1961

KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT

Wetenschappelijk Rapport W.R. 60 - 8 (III-259)

Dr. H.J. de Boer

Berekening van dagsommen van globale straling met behulp van die der circumglobale straling te De Bilt.

De Bilt, 1960

Kon. Ned. Meteor. Inst.
De Bilt

All Rights Reserved.

Nadruk zonder toestemming van het K.N.M.I. is verboden.

Berekening van dagsommen van de globale straling met behulp van
die der circumglobale straling te De Bilt .

Inhoud

	<u>blz.</u>
1. Inleiding	1
2. Het lineaire verband tussen de dagsommen van de circum- globale straling en die der globale straling in de 12 maanden van het jaar	2
3. Vergelijking van de resultaten genoemd in hoofdstuk 2 met die bereikt met andere methoden	4
4. Het verband tussen dagsommen van de globale straling tus- sen 00 en 24 h en die van de circumglobale straling tus- sen 08 en 08 h M.E.T.	6
5. Persistentie en de betrouwbaarheid van de persistentie coëfficiënten	8
6. Vergelijking van de 1e orde persistentie coëfficiënt voor verschillende meteorologische elementen in Nederland	12
7. Invloed van de persistentie op de betrouwbaarheid van de regressievergelijkingen van hoofdstuk 2	13
8. Slotopmerkingen	15
9. Samenvatting	16
10. Summary	17
Literatuur	19

Dr. H.J. de Boer

Berekening van dagsommen van de globale straling
met behulp van die der circumglobale straling te
De Bilt.

1. Inleiding.

Sedert het begin van 1954 wordt te De Bilt de globale straling geregistreerd en per uurvak uitgetrokken in cal. $\text{cm}^{-2}\text{uur}^{-1}$. Globale straling is die straling welke van de zon en van de hemel op een horizontaal vlak van 1 cm^2 valt en in het golflengtegebied van 0,3 tot $3,0 \mu$ ligt. Daar een apparaatuur, welke de globale straling met een fout van 2-5% registreert betrekkelijk duur is, terwijl dit meteorologisch element van zeer groot belang is niet alleen voor de warmtehuishouding van het aardoppervlak en de atmosfeer, maar ook voor de economie van het land, zijn verschillende methoden ontworpen om de som van de globale straling in tijdvakken van een zekere lengte te berekenen met behulp van andere elementen, welke eenvoudiger en met minder kosten gemeten kunnen worden. Zo is op het K.N.M.I. een methode uitgewerkt om uurvakwaarden en dagsommen van de globale straling in elk punt van Nederland te kunnen berekenen met behulp van de zonneshijnduur aldaar ter plaatse [1].

Sinds 23 augustus 1957 worden op 1,50 m boven een kort gehouden grasmat nabij het K.N.M.I. de dagsommen (tussen 08.00-08.00 h M.E.T.) van de circumglobale straling gemeten. De circumglobale straling is die straling in het golflengtegebied van $0,3-3,0 \mu$ afkomstig van de zon, de hemel en de grasmat, welke op een bolvormig oppervlak wordt opgevangen en uitgedrukt wordt in cal $\text{cm}^{-2}\text{dag}^{-1}$. Deze circumglobalestraling wordt gemeten met een bolpyranometer volgens Bellani. Voor de meetmethode met dit instrument en de moeilijkheden hieraan verbonden moge verwezen worden naar [2] en [3] van de literatuurlijst.

Het verband, dat tussen de globale straling en de relatieve zonneshijnduur, op een bepaald station gemeten, wordt gelegd, is meestal lineair. In verschillende gevallen blijkt de globale straling beter door een kwadratische uitdrukking van de relatieve zonneshijnduur te worden weergegeven. Als we nu de globale straling willen berekenen met behulp van de circumglobale straling, dan moet eerst worden uitgemaakt, hoe het verband moet worden gelegd.

Daar de bolpyranometer volgens Bellani 's morgens om 8 uur wordt afgelezen, worden dus de dagsommen van de circumglobale straling bepaald voor etmalen tussen 08.00 en 08.00 h.

Om nu het verband tussen de globale en de circumglobale straling zo goed mogelijk na te gaan verdient het de voorkeur om de dagsommen van de globale straling eveneens te bepalen tussen 08.00 en 08.00 h. Dit kan gemakkelijk geschieden, daar de globale straling in uurvakken wordt uitgetrokken.

In figuur 1 zijn als abscis uitgezet de dagwaarden van de circumglobale straling gedurende de maanden juni 1958 en juni 1959 in $\text{cal cm}^{-2}\text{dag}^{-1}$ en als ordinaat de dagwaarden van de globale straling van de zelfde maanden in $\text{cal cm}^{-2}\text{dag}^{-1}$, beide elementen gemeten te De Bilt. Het verband blijkt dus duidelijk lineair te zijn. Door de punten is een "beste" rechte getrokken, waarover in het volgende hoofdstuk wordt gediscussieerd.

2. Het lineaire verband tussen de dagsommen van de circumglobale straling en die der globale straling in de 12 maanden van het jaar.

Toen dit onderzoek werd verricht, stonden de dagsommen van de circumglobale straling van september 1957 tot en met augustus 1959 ter beschikking. Voor elke maand waren dus ongeveer 60 dagsommen van de circumglobale straling en de overeenkomstige dagsommen van de globale straling bekend. Er moet nogmaals de nadruk op worden gelegd, dat de dagsommen zijn bepaald voor het etmaal tussen 08.00 en 08.00 h. Als nu y_i de waargenomen dagsom in $\text{cal cm}^{-2}\text{dag}^{-1}$ van de circumglobale straling op dag i is en x_i de waargenomen dagsom in $\text{cal cm}^{-2}\text{dag}^{-1}$ van de globale straling eveneens op dag i is, dan zal volgens figuur 1 de globale straling y_i uit de circumglobale straling berekend kunnen worden volgens de formule:

$$y_i = a x_i + b. \quad (1)$$

De constanten a en b worden volgens de methode van de kleinste kwadraten bepaald door

$$\sum_{i=1}^{60} (y_i - a x_i - b)^2 \quad (2)$$

een minimum te maken.

Nu bestaan er twee mogelijkheden, waarbij de methode van de kleinste kwadraten mag worden toegepast.

1. de waarde, welke de onafhankelijk variabele, i.c. x_i , kan aannemen moeten alle dezelfde waarschijnlijkheid van voorkomen hebben.
2. de waarden, welke zowel x_i als y_i kunnen aannemen, moeten beide normaal verdeeld zijn.

De eerste mogelijkheid staat niet open, daar x_i zeer zeker niet aan de daarin gestelde voorwaarde voldoet. De tweede mogelijkheid staat gedeeltelijk open, daar bekend is, dat x_i in de lente en in de zomer normaal verdeeld is [3]. Als x_i normaal verdeeld is, is y_i het ook, daar tussen beide variabelen een strakke lineaire regressie bestaat volgens figuur 1; bovendien is aan de grootte van de correlatiecoëfficiënten tussen x_i en y_i voor alle

12 maanden, vermeld in de later te noemen tabel I, te zien, dat de lineaire regressie tussen beide variabelen zeer strak is. Helaas is echter volgens [3] x_i in de herfst en in de winter niet normaal verdeeld en dus y_i ook niet. Zeer vermoedelijk zal voor de maand september de verdeling van de x_i - en de y_i -waarden nog niet-significant afwijken van de normalen verdeling, daar in deze maand \bar{x}_i en \bar{y}_i respectievelijk nog juist groter zijn dan $2s_{x_i}$ en $2s_{y_i}$; \bar{x}_i is de standaardafwijking van x_i in die maand, \bar{y}_i is het gemiddelde van y_i , s_{x_i} is de standaardafwijking van y_i . In het vervolg zal de index i kortheids- halve worden weggelaten. Ondanks het feit, dat voor oktober, november, december, januari en februari de methode van de kleinste kwadraten niet mag worden toegepast, is dit wel gedaan. Aan de uitkomsten zullen we zien in hoeverre we daartoe gerechtigd waren. De methode van de kleinste kwadraten is dus toegepast en alle informatie betreffende de resultaten is verzameld in tabel I. Voor elke maand van het jaar is de formule gegeven, waarmee de hoeveelheid globale straling in cal cm^{-2} van 08.00 - 08.00 h berekend kan worden als de hoeveelheid circumglobale straling in cal cm^{-2} van 08.00 tot 08.00 bekend is.

Tabel I

maand.	formule	y	x	n	s_y	$s_{y_{res}}$	r_{xy}
jan.	$y'=0,967x + 8,3$	61,1	54,6	60	41,2	9,3	0,974
febr.	$y'=1,075x + 19,9$	100,1	74,6	56	63,1	15,8	0,968
mrt.	$y'=1,455x + 14,2$	211,2	135,4	58	93,5	19,1	0,979
apr.	$y'=1,630x + 10,8$	306,3	181,3	58	118,0	12,9	0,994
mei	$y'=1,707x + 11,0$	420,2	239,7	60	137,9	33,0	0,971
juni	$y'=1,747x + 8,9$	451,2	253,2	59	153,5	26,5	0,985
juli	$y'=1,747x + 4,8$	424,1	240,0	62	149,0	26,5	0,984
aug.	$y'=1,612x + 9,3$	329,9	198,9	60	111,1	34,7	0,950
sept.	$y'=1,431x + 12,8$	217,5	143,1	60	103,2	12,2	0,993
okt.	$y'=1,280x + 14,2$	123,3	85,2	60	71,4	7,8	0,994
nov.	$y'=1,047x + 12,2$	56,6	42,4	57	39,4	8,6	0,976
dec.	$y'=0,832x + 11,4$	39,9	34,3	59	27,4	6,7	0,970

Het merkwaardige van deze formules is, dat de constante term weliswaar klein is en positief doch niet gelijk aan nul. We zouden ons kunnen voorstellen dat de oorzaak van dit verschijnsel in drie omstandigheden ligt:

1. de globale straling boven op de toren gemeten, terwijl de Bellani's op 1,50 m boven grasmat zijn opgesteld, d.w.z. er bestaat een hoogteverschil van ongeveer 36 m en op de toren een meer vrije horizon met als gevolg langere stralingsduur;
2. gedurende de nacht kan de ontvangende bol van de Bellani meer uitstralen dan de steel, daar de bol een zwart lichaam voorstelt; er kan dan alcohol van

de steel terugdestilleren naar de bol en zodoende wordt de aflezing in $\text{cal cm}^{-2}\text{dag}^{-1}$ verkleind;

3. de vertraging in de aanwijzing van de Bellani door de verdamping van de alcohol werkt bij zonsopgang sterker dan bij zonsondergang, daar de temperatuur van de steel 's-morgens lager is dan 's-avonds.

\bar{y} is de gemiddelde waargenomen dagsom van de globale straling in cal cm^{-2} en \bar{x} is de gemiddelde waargenomen dagsom van de circumglobale straling in cal cm^{-2} ; beide grootheden gemiddeld over n waarnemingen voor elk van de 12 maanden in het tijdvak van 1 september 1957 tot ultimo augustus 1959.

s_y en s_x zijn de standaardafwijkingen van resp. y en x .

De standaardafwijking van de grootheid $y'-y$ wordt voorgesteld door het symbool s_{yres} en is dus een maat voor de nauwkeurigheid van de gevonden formules. s_{yres} is gemiddeld over het gehele jaar 9,9% van \bar{y} ; in de lente is het 7,0%, in de zomer 7,5%, in de herfst 9,0% en in de winter 15,9%.

De laatste kolom r_{xy} geeft aan de strakheid van het verband tussen de waargenomen dagwaarden van de globale stralingen en de corresponderende waargenomen dagwaarden van de circumglobale straling. Deze strakheid wordt uitgedrukt door de correlatiecoëfficiënt r_{xy} en blijkt voor alle maanden zeer groot te zijn. De kleinste waarde van r_{xy} is 0,950 voor de maand augustus en de grootste waarde n.l. 0,994 komt voor in de maanden april en oktober. Gemiddeld over het gehele jaar is de waarde van r_{xy} 0,978. Welke is nu de betrouwbaarheid van deze correlatiecoëfficiënten. Zonder kennis van de persistentie is hierop geen juist antwoord te geven. Later zal op dit punt worden teruggekomen.

3. Vergelijking van de resultaten genoemd in hoofdstuk 2 met die bereikt met andere methoden.

In de inleiding is reeds medegedeeld, dat de dagsom van de globale straling ook berekend kan worden met behulp van de relatieve zonschijn duur. Hierbij wordt dan gebruik gemaakt van de formule van Ångström

$$Q = Q_0 \left\{ \alpha + (1-\alpha) s/s_0 \right\} \quad (3)$$

In formule (3) is Q de dagsom van de globale straling en s/s_0 de relatieve zonschijn duur gedurende een bepaalde dag, terwijl Q_0 en α constanten zijn. Uit een groot aantal waarnemingen zijn op een bepaalde manier de waarde van Q_0 en van α berekend voor een gemiddelde dag in elk van de 12 maanden van het jaar. Is nu s/s_0 bekend, dan kan de dagsom van de globale straling worden berekend; deze berekende dagsom zij aangegeven door Q' , terwijl de waargenomen dagsom door Q wordt weergegeven. Men kan dan voor elke maand de standaardafwijking van $Q'-Q$ berekenen. Deze standaardafwijkingen voor de 12 maanden zijn berekend voor Wageningen [4]; deze zullen niet veel afwijken van die voor De Bilt.

Deze waarden zijn overgenomen in de tweede kolom van tabel II en bedragen gemiddeld 25% van de gemiddelde dagsommen in elke maand.

Een andere methode om dagsommen te berekenen is met behulp van de uurvakwaarden van de relatieve zonneshijnduur [3]. Deze methode is feitelijk dezelfde als voor dagwaarden; men verkrijgt dan Q_0 - en $a_{..}$ waarden voor de verschillende uurvakken van een gemiddelde dag in elk van de 12 maanden. De op die wijze berekende uurvakwaarden van een dag tot een dagsom samengesteld.

Tabel II

md	2	3	4	5	6	7
jan	19	15	9,3	0,79	0,49	0,15
feb	29	28	15,8	0,97	0,54	0,16
mrt	50	38	19,1	0,76	0,38	0,09
apr	61	38	12,9	0,62	0,21	0,04
mei	62	37	33,0	0,60	0,53	0,08
jun	73	48	26,5	0,66	0,36	0,06
jul	65	50	26,5	0,77	0,41	0,06
aug	64	37	34,7	0,58	0,54	0,10
sep	46	36	12,2	0,78	0,27	0,06
okt	36	27	7,8	0,75	0,22	0,06
nov	22	19	8,6	0,86	0,39	0,15
dec	15	12	6,7	0,80	0,45	0,17
gem				0,75	0,40	0,10

Aldus is voor 1958 de standaardafwijking tussen de berekende en de waargenomen dagsommen voor elk van de 12 maanden bepaald. Deze standaardafwijkingen zijn uit de genoemde publikatie in kolom 3 van tabel II overgenomen. Nu is direct te zien, dat de waarden in kolom 3 kleiner zijn dan die in kolom 2. Hoeveel maal kleiner deze zijn, staat vermeld in kolom 5. Hieruit blijkt dat de standaardafwijking tengevolge van de toepassing van de tweede methode gemiddeld 25% kleiner is dan de standaardafwijking ontstaan door toepassing van de eerstgenoemde methode.

Vervolgens zijn in kolom 4 de standaardafwijkingen van de verschillen tussen de waargenomen en de met behulp van de circumglobale straling berekende dagsommen van de globale straling voor elk van de 12 maanden overgenomen uit tabel I. Ook deze waarden zijn kleiner dan die genoemd in kolom 2. In kolom 6 staat vermeld hoeveel maal kleiner voor elke maand en het blijkt, dat door toepassing van deze methode de standaardafwijking zelfs tot gemiddeld 40% is verkleind.

Tenslotte is in kolom 7 vermeld voor elke maand het quotiënt van de waarden in kolom 4 gedeeld door de overeenkomstige daggemiddelden van de globale straling in het tijdvak van september 1957 tot en met augustus 1959.

Gemiddeld over het jaar blijkt dit quotiënt 10% te bedragen. De quotiënten zijn het grootst in de wintermaanden.

Uit het bovenstaande mag dus de conclusie worden getrokken, dat uit dagsommen van de circumglobale straling, gemeten tussen 08.00-08.00 h, dagsommen van de globale straling kunnen worden berekend, welke tot op gemiddeld 10% nauwkeurig overeenkomen met dagsommen van de globale straling gemeten met een solarimeter volgens Moll-Gorczyński tussen 08.00 en 08.00 h.

4. Het verband tussen dagsommen van de globale straling tussen 00 en 24 h en die van de circumglobale straling tussen 08.00 en 08.00 h.

Dagsommen van de globale straling worden voor praktische doeleinden eigenlijk alleen bepaald voor het etmaal van 00 tot 24 h en niet van 08 tot 08 h. In verband met de diensturen van het K.N.M.I. worden de dagsommen van de circumglobale straling telkens bepaald voor het etmaal van 08 tot 08 h. Het is daarom van belang om na te gaan het lineaire verband tussen dagsommen van de globale straling gemeten tussen 00 en 24 h en de dagsommen van de globale straling gemeten tussen 00 en 24 h en de dagsommen van de circumglobale straling tussen 08 en 08 h.

Bij de berekeningen daartoe gaan we te werk op dezelfde wijze als aangegeven in hoofdstuk 2 en er kan dus worden volstaan met het vermelden van de resultaten in tabel III, welke op dezelfde manier is samengesteld als tabel I.

Tabel III

md	formule	\bar{y}	\bar{x}	n	s_y	s_x	s_{yres}	r_{xy}
jan	$y=0,967x + 8,3$	61,1	54,6	60	41,2	41,5	9,3	0,974
feb	$y=1,075x + 19,9$	100,1	74,6	56	63,1	56,8	15,8	0,968
mrt	$y=1,475x + 11,0$	210,7	135,4	58	95,1	63,0	20,7	0,976
apr	$y=1,628x + 10,8$	306,0	181,3	58	120,3	72,0	27,8	0,973
mei	$y=1,718x + 7,2$	419,0	239,7	60	141,7	78,4	44,2	0,950
jun	$y=1,754x + 8,2$	452,3	253,2	59	158,4	86,5	45,4	0,958
jul	$y=1,787x - 4,8$	424,1	240,0	62	155,8	83,9	42,5	0,962
aug	$y=1,688x - 5,7$	330,0	198,9	60	119,5	65,5	45,5	0,925
sep	$y=1,465x + 8,5$	218,0	143,1	60	106,4	71,6	17,1	0,987
okt	$y=1,328x + 10,4$	123,5	85,2	60	73,4	55,3	11,3	0,988
nov	$y=1,047x + 12,2$	56,6	42,4	57	39,4	36,7	8,6	0,976
dec	$y=0,832x + 11,4$	39,9	34,3	59	27,4	32,0	6,7	0,970

Bij een vergelijking van tabel II en tabel I kan direct worden opgemerkt, dat de kolommen onder \bar{x} , n en s_x dezelfde waarden bevatten, daar deze waarden uit hetzelfde materiaal zijn berekend. \bar{y} en s_y zullen zeer weinig verschillen in beide tabellen. Indien men nu horizontaal door de tabellen kijkt,

dan blijken de maanden jan, feb, nov, en dec volkomen dezelfde resultaten op te leveren; dit is niet te verwonderen in verband met de zonsopkomst. Een ander opmerkelijk feit zien we in juli en aug, waar de constante term van de formule zelfs negatief is geworden. Dit is een gevolg van het niet overeenstemmen van de waarnemingstijden. De grootste verschillen worden gevonden in de laatste twee kolommen tussen beide tabellen. De standaardafwijking $s_{y_{res}}$ tussen de berekende en de waargenomen dagsommen van de globale straling is in tabel III veel groter dan in tabel I met uitzondering van de 4 genoemde wintermaanden. In tabel I heeft het gemiddelde van de correlatiecoëfficiënt r_{xy} in de 8 maanden de waarde 0,981, terwijl deze in tabel III gemiddeld 0,965 bedraagt. Het verschil in de waarde van beide correlatiecoëfficiënten is oppervlakkig niet groot.

Het beste inzicht in de verandering van de resultaten der aanpassing wordt verkregen door te handelen, zoals in tabel II is gedaan. In kolom 2, 3 en 4 staan de standaardafwijkingen van de verschillen tussen de waargenomen dagsommen van de globale straling en die dagsommen respectievelijk direct berekend met de dagcijfers van de relatieve zonschijnduur, met de uurcijfers van de relatieve zonschijnduur en met de dagsommen van de circum-globale straling. Kolom 5 is het quotiënt van kolom 3/kolom 2 en kolom 6 is het quotiënt van kolom 4/kolom 2. Uit tabel II nemen we in tabel IV over de kolommen 1, 2, 4 en 6 onder de hoofden 1, 2, 3 en 5.

Tabel IV

maand	2	3	4	5	6	7
jan	19	9,3	9,3	0,49	0,49	1,00
feb	29	15,8	15,8	0,54	0,54	1,00
mrt	50	19,1	20,7	0,38	0,41	1,08
apr	61	12,9	27,8	0,21	0,46	2,16
mei	62	33,0	44,2	0,53	0,71	1,34
jun	73	26,5	45,4	0,36	0,62	1,71
jul	65	26,5	42,5	0,41	0,65	1,60
aug	64	34,7	45,5	0,54	0,71	1,31
sep	46	12,2	17,1	0,27	0,37	1,40
okt	36	7,8	11,3	0,22	0,31	1,45
nov	22	8,6	8,6	0,39	0,39	1,00
dec	15	6,7	6,7	0,45	0,45	1,00
gem				0,40	0,61	1,34

In kolom 4 staan de standaardafwijkingen verkregen in dit hoofdstuk en vermeld in tabel III onder $s_{y_{res}}$. Behalve de twee eerste en de twee laatste maanden van het jaar geven de overige 8 maanden hogere waarden voor de standaardafwijking in kolom 4 dan in kolom 3.

Het quotiënt van de waarden in kolom 4 gedeeld door de overeenkomstige waarden van kolom 2 staan in kolom 6 vermeld. Het gemiddelde der waarden in kolom 6 bedraagt 0,61, dat is iets meer dan $1\frac{1}{2}$ maal de gemiddelde waarde van kolom 5. Dit betekent, dat gemiddeld over het gehele jaar door verschuiving van het waargenomen etmaal bij de globale straling de nauwkeurigheid van onze formules veel kleiner is geworden. De verandering in de nauwkeurigheid kan nog iets scherper worden gesteld. Immers, in de maanden jan, feb, nov en dec werden dezelfde formules verkregen bij verschuiving van de waarnemingstijd bij de globale straling, n.l. van 08.00 h naar 00.00 h. De verandering treedt op in de maanden maart tot en met oktober. De waarden van kolom 4 worden gedeeld door de corresponderende waarden van kolom 3 en de quotiënten zijn in kolom 7 verzameld. Gemiddeld over het gehele jaar is de waarde 1,34, d.w.z. de nauwkeurigheid is over het gehele jaar genomen met $1/3$ afgenomen. Over de maanden maart t/m oktober is deze met 51 % afgenomen.

Indien de dagsommen van de globale straling tussen de gewone waarnemingstijden n.l. 00.00 h en 24.00 h zo nauwkeurig mogelijk zouden worden berekend met behulp van waargenomen dagsommen van de circumglobale straling, dan zouden de aflezingen van de Bellani pyranometer eveneens om 00.00 h M.E.T. moeten geschieden of althans steeds één uur vóór zonsopkomst of bijv. één uur na zonsondergang.

5. Persistentie in de betrouwbaarheid van de persistentiecoëfficiënten.

In een vorig verslag [3] is reeds iets over de persistentie van dagsommen van de circumglobale straling, gemeten te De Bilt, medegedeeld. Het aantal waarnemingen was destijds slechts de helft van hetgeen nu ter beschikking staat.

De persistentie wordt uitgedrukt door de correlatie coëfficiënt tussen de hoeveelheid circumglobale straling op dag m en die op dag $m + 1$, waarbij m loopt van 1 tot n , als er $n + 1$ waarnemingen zijn; deze persistentie wordt genoemd 1e orde persistentie. In het algemeen wordt de i de orde persistentie uitgedrukt door de correlatiecoëfficiënt, welke wordt bepaald tussen de hoeveelheden circumglobale straling op dag m en die op dag $m + i$, waarbij m loopt van 1 tot en met $n - i + 1$, als er $n + 1$ waarnemingen zijn. De 1e en 2e orde persistentie van de dagsommen van de circumglobale straling uit het materiaal van september 1957 tot aan september 1959 is nu bepaald geworden voor elk van de 12 maanden. De resultaten van deze berekeningen staan vermeld in tabel V. In deze tabel vindt men in de eerste kolom de maanden, in de tweede kolom het aantal n der gebruikte getallenparen, waaruit de correlatiecoëfficiënt r van de 1e orde persistentie is berekend; deze berekende r_1 -waarden staan in de 3e kolom.

Tabel V

1e orde persistentie				2e orde persistentie			
maand	n	r_1	95% band	n	r_2	95% band	
jan	60	+0,215	-0,03 — +0,44	58	+0,237	-0,02 — +0,46	
feb	54	+0,447	+0,22 — +0,63	52	+0,142	-0,13 — +0,39	
mrt	60	+0,279	+0,03 — +0,50	58	+0,207	-0,05 — +0,43	
apr	58	+0,347	+0,10 — +0,54	56	+0,184	-0,07 — +0,42	
mei	60	+0,428	+0,21 — +0,62	58	+0,185	-0,07 — +0,42	
jun	58	+0,501	+0,28 — +0,67	56	+0,207	-0,05 — +0,43	
jul	60	+0,493	+0,28 — +0,66	58	+0,201	-0,05 — +0,43	
aug	60	+0,385	+0,16 — +0,58	58	+0,074	-0,17 — +0,32	
sep	58	+0,337	+0,09 — +0,53	56	+0,092	-0,16 — +0,34	
okt	60	+0,492	+0,28 — +0,66	58	+0,453	+0,23 — +0,63	
nov	58	+0,441	+0,22 — +0,62	56	+0,023	-0,23 — +0,28	
dec	60	+0,199	-0,05 — +0,43	58	+0,066	-0,19 — +0,31	

Als een tabel voor de significantie van een correlatiecoëfficiënt wordt geraadpleegd en een drempel van 5% wordt aangenomen, terwijl het aantal vrijheidsgraden $n-2$ is, dan blijken alleen de correlatie coëfficiënten van de maanden januari en december niet-significant van nul te verschillen. Ten einde de overige wel-significante correlatie coëfficiënten met elkaar te vergelijken, zijn in de 4e kolom betrouwbaarheidsintervallen van 95% aangegeven, welke rondom de in kolom 3 genoemde corresponderende correlatie coëfficiënten zijn gelegd. Hierbij is verondersteld, dat de dagsommen van de circumglobale straling normaal verdeeld zijn. Dit is voor de maanden maart tot en met september wel het geval, doch niet voor de maanden oktober tot en met februari; om eenheid in de procedure te krijgen wordt op het niet-normaal verdeeld zijn in die 5 maanden geen acht geslagen. Zo is de band rondom $r_1 = +0,215$ voor januari $-0,03 - +0,44$; dit betekent dat als voor een zekere maand met eveneens $n=60$ een correlatiecoëfficiënt gevonden wordt, welke tussen deze genoemde grenzen ligt, deze correlatie coëfficiënt niet significant afwijkt van $+0,215$. Aldus blijken de maanden februari, juni, juli, oktober en november significant af te wijken van januari. De significant van nul verschillende correlatie coëfficiënten van 10 maanden worden onderling vergeleken op hun significantie. Uit deze 10 maanden heeft maart de kleinste correlatie coëfficiënt en juni de grootste. De r_1 van juni ligt juist aan de bovenste grens van het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de r_1 van maart, terwijl omgekeerd de r_1 van maart juist aan de onderste grens van de 95% band van de r_1 van juni ligt. De overige correlatie coëfficiënten liggen alle binnen de betrouwbaarheidsintervallen van elkaar en zijn dus niet significant verschillend van elkaar; alleen maart en juni zijn t.o.v. elkaar een grensgeval.

De laatste drie kolommen van tabel V hebben betrekking op de 2e orde persistentie. De 5e kolom bevat het aantal getallenparen n , de 6e kolom de correlatie coëfficiënten r_2 . Van deze 12 coëfficiënten zijn er 11 niet significant van nul verschillend; alleen de r_2 van de maand oktober is dit wel. Dit blijkt ook uit de laatste kolom, waarin de 95% betrouwbaarheidsband is aangegeven. De 11 niet-significante correlatie coëfficiënten liggen alle binnen elkaars betrouwbaarheidsinterval; de r_2 van oktober doet dit niet, deze ligt juist aan de bovengrens van de band rondom r_2 van januari en verder niet. Hoewel de correlatie coëfficiënten r_1 , op één na niet significant afwijken van nul, zijn deze toch alle positief. Het ziet er dus naar uit, dat als er maar voldoende getallenparen waren, de r_2 's wel significant zouden zijn.

De 3e en 4e orde persistentie is wel voor alle maanden berekend geworden, maar niet meer in een tabel verzameld, daar geen van de verkregen correlatie coëfficiënten significant zijn.

Om meer materiaal, dus meer getallenparen, te verkrijgen, hebben we eerst de maandgegevens in seizoenen en tenslotte in een jaar bijeengevoegd. Thans zullen ook de 3e en de 4e orde persistentie in onze beschouwingen worden opgenomen. De resultaten van de berekeningen van de 1e tot en met de 4e orde persistentie coëfficiënten voor de vier klimatologische seizoenen en voor het gehele jaar zijn in tabel VI bijeen gebracht. In deze tabel hebben de opschriften boven de kolommen dezelfde betekenis als in tabel V: n = het aantal getallenparen, waarop de berekende grootheden in de corresponderende rijen berusten; r_1 = de i -de orde persistentie coëfficiënt; 95% band = het betrouwbaarheidsinterval van 95% rondom de corresponderende r_1 uit de vorige kolom.

Als nu de resultaten van de 1e orde persistentie worden beschouwd, dan blijken de persistentie coëfficiënten voor alle 4 seizoenen en ook voor het gehele jaar significant van nul te verschillen. In tabel V waren de persistentie coëfficiënten voor de maanden januari en december nog niet significant; zeer vermoedelijk is hierbij slechts sprake van een te klein aantal waarnemingen om de persistentie coëfficiënt significant te doen zijn. Verder is r_1 in de winter het kleinst en in de zomer het grootst en de vraag is of dit verschil reëel is. Hiervoor wordt de kolom ernaast beschouwd. De 95% betrouwbaarheidsband rondom $r_1 = +0,327$ ligt tussen $+0,18$ en $+0,45$. De r_1 voor de zomer n.l. $+0,468$ ligt buiten dit interval, evenals r_1 voor de winter n.l. $+0,468$ voor de zomer ligt. Het verschil tussen beide correlatie coëfficiënten is dus reëel en we mogen zeggen, dat de 1e orde persistentie tussen de dagelijkse hoeveelheden circumblobale straling te De Bilt een jaarlijkse gang vertoont. Uit de 1e orde persistentie coëfficiënten voor de verschillende maanden in tabel V kon dit feit nog niet met grote waarschijnlijkheid worden vastgesteld, doordat deze coëfficiënten een te grote spreiding van maand op maand vertonen door een te klein aantal waarnemingen.

Tabel VI

1e orde persistentie				2e orde persistentie			
	n	r ₁	95% band		n	r ₂	95% band
W	174	+0,327	+0,18 — +0,45		172	+0,162	+0,01 — +0,31
L	178	+0,357	+0,21 — +0,48		176	+0,132	-0,02 — +0,28
Z	178	+0,468	+0,34 — +0,58		176	+0,172	+0,02 — +0,32
H	176	+0,405	+0,29 — +0,53		174	+0,204	+0,04 — +0,34
J	706	+0,404	+0,34 — +0,47		704	+0,164	+0,09 — +0,24
3e orde persistentie				4e orde persistentie			
	n	r ₁	95% band		n	r ₄	95% band
W	170	+0,182	+0,03 — +0,33		168	+0,069	-0,09 — +0,22
L	174	-0,043	-0,20 — +0,12		172	-0,250	-0,39 — -0,10
Z	174	+0,040	-0,11 — +0,19		172	+0,066	-0,09 — +0,22
H	172	+0,281	+0,13 — +0,42		170	+0,282	+0,13 — +0,42
J	702	+0,077	+0,01 — +0,16		700	+0,006	-0,08 — +0,08

Wat de 2e orde persistentie betreft mag worden opgemerkt, dat de coëfficiënt voor de lente niet significant van nul verschilt, terwijl de overige drie seizoenen wel een reële 2e orde persistentie vertonen; dit kan ook worden afgelezen uit de 95% band, daar deze band voor de lente 0,00 bevat, terwijl dit niet voor de overige seizoenen geldt. Uit de intervallen vermeld in de kolom van de 95% band kan ook worden geconcludeerd, dat alle vier 2e orde persistentie coëfficiënten niet reëel van elkaar verschillen. Deze coëfficiënten voor de verschillende maanden (zie tabel V) vertonen een veel grotere spreiding en verschillen soms wel significant van elkaar; hieruit blijkt, doordat de 2e orde persistentie uiteraard kleiner is dan de 1e orde persistentie, dat het aantal waarnemingen nog te gering is om een jaarlijkse gang vast te stellen.

De persistentie coëfficiënten van de 3e en 4e orde voor de vier seizoenen vertonen een grote spreiding; blijkbaar zijn deze coëfficiënten in werkelijkheid dus klein. Zo zijn, wat de 3e orde betreft de coëfficiënten voor de winter en de herfst significant en zelf zijn ze voor deze seizoenen significant verschillend van die voor de lente en voor de zomer, hetgeen uit onderlinge vergelijking van de 95% betrouwbaarheidsintervallen te concluderen valt. De persistentie coëfficiënten van de 4e orde spreiden nog meer dan die van de 3e orde; de coëfficiënt voor de lente is negatief en zelfs significant verschillend van nul, de coëfficiënt voor de herfst is significant positief. Het is dus duidelijk, dat voor de 3e en 4e orde persistentie het aantal waarnemingen nog te gering is om voor elk van de seizoenen de juiste grootte van de persistentie te laten zien.

In de laatste regel van tabel VI zijn de persistentiecoëfficiënten met hun betrouwbaarheidsbanden voor de 1e tot en met de 4e orde vermeld voor het gehele jaar. Het blijkt dan, dat alle 4 coëfficiënten positief zijn, maar alleen de 4e orde coëfficiënt is niet significant verschillend van nul; de overige drie wel. Dit is een belangrijk resultaat, daar voor het aantal van 700 dagwaarden van circumglobale straling te De Bilt de persistentie van de 4e en hogere ordes verwaarloosd mag worden.

De persistentiecoëfficiënten voor een jaar voldoen ook aan de eenvoudige betrekking $r_k = (r_1)^k$; $r_k = \text{p.c. van de } k \text{ de orde}$ en $r_1 = \text{p.c. van de 1ste orde}$. Berekend is $r_1 = +0,404$; dan is $r_2 = (0,404)^2 = +0,163$; $r_3 = (0,404)^3 = +0,066$ en $r_4 = (0,404)^4 = 0,027$. De aldus berekende coëfficiënten r_2 , r_3 en r_4 liggen geheel binnen de betrouwbaarheidsbanden van de waargenomen coëfficiënten en we mogen dus zeggen, dat de dagwaarden van de circumglobale straling te De Bilt gemiddeld over het jaar een lineaire persistentie vertonen.

6. Vergelijking van de 1e orde persistentiecoëfficiënt voor verschillende meteorologische elementen in Nederland.

Nu de 1e orde persistentiecoëfficiënt voor de dagsommen van de circumglobale straling te De Bilt voor de verschillende maanden van het jaar berekend zijn, is het interessant deze gegevens te vergelijken met de gegevens betreffende de 1e orde persistentie coëfficiënten voor andere meteorologische elementen. Deze elementen zijn:

1. de relatieve vochtigheid elke dag gemeten om 14.00 h Nederlandse Tijd;
2. de dagsommen van de neerslag te Hoofddorp;
3. de minimum temperatuur van elke dag (geldend voor Nederland);
4. de maximum temperatuur van elke dag (geldend voor Nederland).

De gegevens betreffende deze elementen zijn indertijd berekend door Dr. C. Levert [6].

In tabel VII zijn nu verzameld de te vergelijken gegevens voor 5 elementen. In kolom 1 staan de elementen; in de 2e kolom het aantal jaren, waaruit de persistentiecoëfficiënten zijn berekend; in de 3e kolom de kleinste coëfficiënten; in de 4e kolom de persistentie coëfficiënten berekend voor het gehele jaar; in de 5e kolom de grootste coëfficiënten; in de 6e kolom de maanden, waarin de minima voorkomen en in de 7e kolom de maanden, waarin de maxima voorkomen.

Zoals uit tabel VII blijkt zijn de elementen gerangschikt naar opklimmende persistentie.

De neerslag vertoont de kleinste persistentie, terwijl, doordat de dagsommen van de neerslag verre van normaal verdeeld zijn en de persistentie coëfficiënten klein zijn, geen significantie-verschillen tussen de maanden kunnen worden aangetoond.

Tabel VII

element	n	min.r	gem.r	max.r	min.mnd.	max.mnd.
neerslag	87	—	0,25	—	—	—
circumglob.str.	2	0,21	0,40	0,50	dec, jan	jun, jul
relatieve vochtigh.	26	0,42	0,54	0,67	jun	feb
min.temp.	26	0,47	0,69	0,86	jul	feb
max.temp.	26	0,63	0,73	0,87	mei, jun	jan, feb

De circumglobale straling heeft de kleinste persistentie in de maanden met de kleinste hoeveelheden straling; in de maanden met de grootste stralingshoeveelheden is de waarde van de persistentie coëfficiënt het grootst.

De relatieve vochtigheid is het laagst in juni en het hoogst in december; de persistentie is het kleinst in juni en het hoogst in februari. Het gedrag van de jaarlijkse gang van de persistentie bij de minimum en maximum temperatuur is tegengesteld aan dat van de beide voorgaande elementen.

De minimum en maximum temperaturen zijn het laagst in januari, terwijl de persistentie het grootst is in januari en februari.

De temperaturen zijn het hoogst in juli, terwijl in juni en juli de persistentie het kleinst is.

7. Involed van de persistentie op de betrouwbaarheid van de regressievergelijkingen van hoofdstuk 2.

De regressievergelijking tussen de globale straling y_1 en de circumglobale straling x voor een zekere dag i is voorgesteld door (1):

$$y_1^1 = a x_1 + b,$$

waarin y_1^1 de berekende waarde is van y_1 , $a = s_y r_{xy} / s_x$ en b een constante ($b = \bar{y}_1 - a \bar{x}_1$).

De constante b moet hier theoretisch de waarde nul hebben. Het feit, dat b steeds een kleine positieve waarde heeft (zie tabel I), wordt vermoedelijk hoofdzakelijk veroorzaakt, doordat de globale straling op de toren wordt gemeten en dus daar een vrijere horizon is dan op 1,50 m boven het maaiveld, waar de circumglobale straling wordt gemeten. We zullen dus de invloed van de persistentie op b niet gaan beschouwen.

Rondom a kan een betrouwbaarheidsband van 95% worden gelegd door te berekenen $a \pm 2 s_a$. Nu is

$$s_a = \frac{s_y}{s_x} \sqrt{\frac{1 - r_{xy}^2}{N}} \quad (4)$$

In formule (4) zijn s_y , s_x , r_{xy} en N reeds bekend en te vinden in tabel I, waarbij bedacht moet worden dat $N = n + 2$.

Echter, formule (4) geldt alleen als er geen persistentie is. Persistentie is een meeslepingseffect; door dit meeslepingseffect zullen vermoedelijk s_y en s_x beide in dezelfde mate kleiner worden, als er persistentie optreedt. Het quotiënt s_y en s_x zal dus vermoedelijk weinig veranderen door de persistentie. De rest van formule (4) kan in eerste benadering voor de persistentie worden veranderd door N te vervangen door N_{eff} . N_{eff} wordt berekend uit $N_{eff} = N/w$ (zie C. Levert [5]), waarbij

$$w = 1 + 2 \left(\frac{N-1}{N} r_1 + \frac{N-2}{N} r_2 + \dots + \frac{1}{N} r_{N-1} \right) \quad (5)$$

In formule (5) stellen r_1, r_2, \dots, r_{N-1} de persistentie coëfficiënten voor van de 1e, 2e, . . . en $(N-1)$ ste orde.

In tabel V zijn de 1e en de 2e orde persistentie coëfficiënten voor de 12 maanden te vinden; maar waar de meeste 1e orde coëfficiënten significant van nul verschillen, doen door te weinig waarnemingen de 2e orde coëfficiënten dit niet. De 1e orde persistentie coëfficiënten worden dan ook als juist aangenomen en daar voor de persistentie coëfficiënten voor het jaar blijkt te gelden $r_i = (r_1)^i$, berekenen we de hogere orde coëfficiënten tot en met de 4e orde uit r_1 , voor de verschillende maanden door gebruik van de genoemde formule te maken. Op deze wijze wordt w voor elk van de 12 maanden berekend, terwijl uit N en w N_{eff} wordt bepaald voor alle 12 maanden.

In tabel VII zijn in de eerste kolom de maanden vermeld; in de 2e kolom zijn de 12 berekende w -waarden vermeld; in de 3e kolom staan de waarden van N en in de 4e kolom zijn de 12 berekende waarden van N_{eff} te vinden. Met behulp van w en N uit de vorige kolommen en de overeenkomstige waarden van s_y en s_x uit tabel I zijn de waarden van s_a volgens formule (4) berekend; deze s_a -waarden staan in de 5e kolom. In de 6e kolom zijn vermeld de 12 waarden van $s_a(eff)$, welke eveneens met formule (4) zijn berekend, doch waarbij N is vervangen door N_{eff} . Deze $s_a(eff)$ -waarden worden gebruikt om de betrouwbaarheidsmarge van 95% rondom a te bepalen; deze grenzen zijn dan gegeven door $a \pm s_a(eff)$.

In de 7e kolom staan de waarden van a , welke uit tabel I zijn overgenomen. In de 8ste kolom zijn de grenzen voor de betrouwbaarheidsband van 95% rondom a zonder persistentie bijeengebracht ($a \pm s_a$), terwijl in de 9e kolom de grenzen voor de 95% band met persistentie ($a \pm s_a(eff)$) zijn bijeengebracht. Vergelijking van de 8e en 9e kolom brengt de invloed van de persistentie aan het licht.

De persistentie heeft geen invloed op de regressievergelijkingen zelf, maar op de betrouwbaarheid. De betrouwbaarheidsband rondom a wordt door de persistentie breder en dat betekent, dat de a -waarden voor de verschillende maanden minder gauw significant van elkaar verschillen. Een voorbeeld hiervan leveren de maanden januari en februari. De betreffende a -waarden liggen buiten elkaars 95% band zonder rekening te houden met de persistentie, immers, 1,075

md	w	N	N _{eff}	s _a	s _a (eff)	Tabel VII		95% band zonder persistentie	95% band met persistentie
						a	a		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
jan	1.524	62	41	0,029	0,035	0,967	0,909	— 1,025	0,897 — 1,037
feb	2.460	56	23	0,038	0,058	1,075	0,999	— 1,151	0,959 — 1,191
mrt	1,736	62	36	0,039	0,050	1,455	1,377	— 1,533	1,355 — 1,555
apr	1,994	60	30	0,023	0,033	1,630	1,584	— 1,676	1,564 — 1,696
mei	2,370	62	26	0,055	0,083	1,707	1,597	— 1,817	1,541 — 1,873
jun	2,772	60	22	0,039	0,066	1,747	1,669	— 1,855	1,615 — 1,879
jul	2,726	62	23	0,041	0,066	1,747	1,665	— 1,859	1,615 — 1,879
aug	2,162	62	29	0,068	0,098	1,612	1,476	— 1,748	1,416 — 1,808
sep	1,954	60	31	0,022	0,030	1,431	1,387	— 1,475	1,371 — 1,491
okt	2,720	62	23	0,018	0,030	1,280	1,244	— 1,316	1,220 — 1,340
nov	2,614	60	23	0,030	0,048	1,047	0,987	— 1,107	0,951 — 1,143
dec	1,478	62	42	0,027	0,033	0,832	0,778	— 0,886	0,766 — 0,898

ligt buiten 0,909 — 1,025 en 0,967 ligt buiten 0,999 — 1,151; 0,967 en 1,075 verschillen dus significant van elkaar zonder persistentie. Echter 0,967 ligt binnen 0,959 — 1,191, terwijl 1,075 nog wel buiten 0,897 — 1,037 ligt; 0,967 en 1,075 verschillen dus niet geheel significant meer van elkaar, wanneer persistentie in rekening wordt gebracht. De a-waarden van de maanden april, mei, juni, juli en augustus verschillen in beide gevallen niet significant van elkaar. De nadruk moet echter wel op het volgende punt gelegd worden.

De manier, waarop de persistentie in rekening is gebracht door N in formule (4) te vervangen door N_{eff}, is niet geheel juist. De juiste formule met persistentie is nog niet berekend kunnen worden; wel is bekend, dat s_a(eff) in werkelijkheid nog iets groter moet zijn dan hier is berekend.

8. Slotopmerkingen.

Hoewel bij de berekening van de verschillende grootheden reeds een enkele opmerking werd gemaakt betreffende de juistheid van de berekeningswijze, zal hier in het algemeen nog iets worden gezegd.

1. Het toepassen van de methode van de kleinste kwadraten om de constanten van de regressievergelijking $y_i = a x_i + b$ te bepalen is slechts toegestaan als de grootheden y_i en x_i normaal verdeeld zijn. Deze grootheden zijn in de maanden oktober tot en met februari niet normaal verdeeld. Daar er geen andere eenvoudige berekeningswijze is, is de methode van de kleinste kwadraten in deze maanden toch toegepast; absurde resultaten werden in deze gevallen niet verkregen.
2. De betekenis van de constanten a en b van de regressie vergelijking $a = s_y r_{xy} / s_x$ en $b = \bar{y}_i - a \bar{x}_i$, is alleen juist als y_i en x_i normaal verdeelde grootheden zonder persistentie zijn.

Immers, de bekende uitdrukkingen voor de beste schattingen van r en s gelden alleen, als de grootheden y_i en x_i geen persistentie bezitten. Is wel persistentie aanwezig, dan komen in de uitdrukkingen voor \hat{r} en \hat{s} (beste schattingen van r en s) ook de persistentie coëfficiënten voor. In de vorige hoofdstukken zijn de berekeningen op de klassieke wijze zonder persistentie uitgevoerd, terwijl de invloed van de persistentie in de betrouwbaarheidsmarge is ingevoerd. Het is echter waarschijnlijk dat de juiste "beste schatting" van de betreffende grootheden en onze "beste schatting" binnen elkaars betrouwbaarheidsintervallen zullen liggen.

3. Met 2 jaar waarnemingen bleken de 1e orde persistentie coëfficiënten voor de verschillende maanden van het jaar significant verschillend van nul te zijn en de hogere orde coëfficiënten nog niet, terwijl de gemiddelde grootte van de 1e orde persistentie coëfficiënt 0,4 bedraagt. Een 2e orde persistentie coëfficiënt van 0,16 heeft minstens 175 waarnemingen nodig om significant te zijn; d.w.z. minstens 6 jaar (30 per maand). Zo zullen voor een persistentie coëfficiënt van 0,064 ongeveer 900 waarnemingen nodig zijn om significant van nul te verschillen; d.w.z. ongeveer 30 jaar.

4. De regressievergelijkingen om de globale straling te berekenen met behulp van de circumglobale straling voor de 12 maanden van het jaar zijn een goed hulpmiddel om hiaten in de reeksen y_i en x_i met de wederzijdse gegevens op te vullen.

Zo zijn van de dagsommen van de circumglobale straling die van 25 en 26 januari, 31 mei, 1 juni, 15 en 16 november 1958 en die van 2, 14 en 15 maart, 7 april 1959 aangevuld geworden met behulp van de globale straling gemeten tussen 08.00 - 08.00 h.

9. Samenvatting.

Uit het materiaal aan dagsommen van de circumglobale straling en dagsommen van de globale straling gemeten te De Bilt van 1 september 1957 tot en met 31 augustus 1959 tussen 08.00 en 08.00 M.E.T. zijn voor elke maand de constanten van een lineaire regressievergelijking van die twee elementen berekend. De strakheid van dit verband wordt o.a. bepaald door de correlatiecoëfficiënt tussen de dagsommen van beide stralingsgrootheden voor elke maand; de waarde van de correlatie coëfficiënt ligt tussen 0,950 en 0,994. Een andere maat voor de strakheid van dit verband is de standaardafwijking tussen de berekende en de waargenomen dagsommen van de globale straling; deze bedraagt gemiddeld slechts 40% van de standaardafwijking van de globale straling berekend met behulp van de zonneschijnduur.

Dezelfde bewerkingen zijn ook uitgevoerd als de dagsommen van de globale straling tussen 00,00 en 24,00 M.E.T. genomen worden inplaats van tussen 08,00 en 08.00.

Dan blijken de correlatie coëfficiënten tussen 0,925 en 0,988 te liggen, terwijl de standaardafwijking dan gemiddeld 61% bedraagt van die van de globale straling berekend met behulp van de zonneshijnduur.

Voor elk van de 12 maanden zijn de 1ste, 2e, 3e en 4e orde persistentie coëfficiënten van de dagsommen van de circumglobale straling berekend. De 1ste orde coëfficiënten zijn significant verschillend van nul en hebben een significante jaarlijkse gang met een minimum van ongeveer +0,20 in december en januari en een maximum van ongeveer +0,50 in juni en juli. De 2e orde persistentie coëfficiënten zijn alle positief, maar niet significant verschillend van nul; een jaarlijkse gang kan dus ook niet worden vastgesteld.

De 1ste orde persistentiecoëfficiënt voor het gehele jaar heeft de waarde + 0,404; de 2e , 3e en de 4e orde coëfficiënten hebben de respectieve waarden +0,164; +0,077 en + 0,006. De eerste drie coëfficiënten zijn significant verschillend van nul en ook significant verschillend van elkaar. Alleen de 4e orde coëfficiënt is niet significant. Deze vier coëfficiënten voldoen aan de eenvoudige betrekking $r_i = (r_j)^i$.

Doordat de dagsommen van de circumglobale straling gepersisteerd zijn bedraagt de betrouwbaarheid van de berekende dagsommen van de globale straling slechts gemiddeld 0,69 van de betrouwbaarheid, indien er geen persistentie was.

Summary.

From the daily amounts of circumglobal radiation and those of the global radiation, measured at De Bilt during the period September 1, 1957 up to and including August 31, 1959 between 08.00 and 08.00 C. E. T., the constants of a linear regression equation for these two elements of radiation have been computed for each month. The closeness of this relation is determined i.a. by the correlation coefficient between the daily sums of both radiative quantities for each month; the values of this coefficient are situated in the interval between 0,950 and 0,994.

Another expression for the closeness of this relation is the standard deviation between the computed and the observed daily amounts of global radiation. On the average this standard deviation amounts to only 40 percent of that of the global radiation computed with the aid of the duration of sunshine.

The same operations have also been carried out for the daily amounts of global radiation between 00.00 and 24.00 C.E.T. instead of between 08.00 and 08.00 C.E.T. . It then appears that the values of the correlation coefficients are to be found in the interval 0,925 and 0,988, while the standard deviation amounts to 61 percent on the average of that of the global

radiation computed with the aid of the duration of sunshine.

The 1st, 2nd, 3rd and 4th order persistence coefficients of the daily amounts of circumglobal radiation have been calculated for each of the 12 months. The first order coefficients differ from zero significantly and show a significant annual variation with a minimum of about +0,20 in December and January and a maximum of about +0,50 in June and July. The second order coefficients are all positive but not significantly different from zero. An annual variation could not be determined.

The first order persistence coefficient for the whole year appears to have a value of +0,404, while the second, the third and the fourth order coefficients have the respective values +0,164 +0,077 and +0,006. The first three coefficients differ significantly from zero and also differ significantly from each other. Only the 4th order coefficient is not a significant one. The four coefficients satisfy the simple relation $r_1 = (r_4)^2$.

As the daily amounts of circumglobal radiation show persistence, the confidence of the computed daily amounts of global radiation amounts to only 0,69 of the confidence for the case of no persistence.

Literatuur.

- [1] H.J. de Boer, "Berekening van de globale straling in Nederland met behulp van de relatieve zonneshijnduur", W.R.- 60 - 6, K.N.M.I. - De Bilt (1960)
- [2] H.J. de Boer, "Onderlinge vergelijking van waarnemingen met drie belpyranometers van Bellani", Verslagen V - 30 (R III - 219 - 1958), K.N.M.I. - De Bilt (1958).
- [3] H.J. de Boer, "Eén jaar waarnemingen met de belpyranometer volgens Bellani", Verslagen V - 42 (R III - 225 - 1958), K.N.M.I. - De Bilt (1958).
- [4] D.A. de Vries, Meded. van de L.H.S. te Wageningen, Nederland, 52 (1955), p.277 - 304.
- [5] C. Levert, "De persistentie van de dagelijkse hoeveelheid neerslag", W.R. .55-004, K.N.M.I. - De Bilt (1955), p.49.
- [6] C. Levert, "Onderzoek naar de interdiurne variabiliteit van enkele meteorologische grootheden", W.R. .60 - 2, K.N.M.I. - De Bilt (1960).

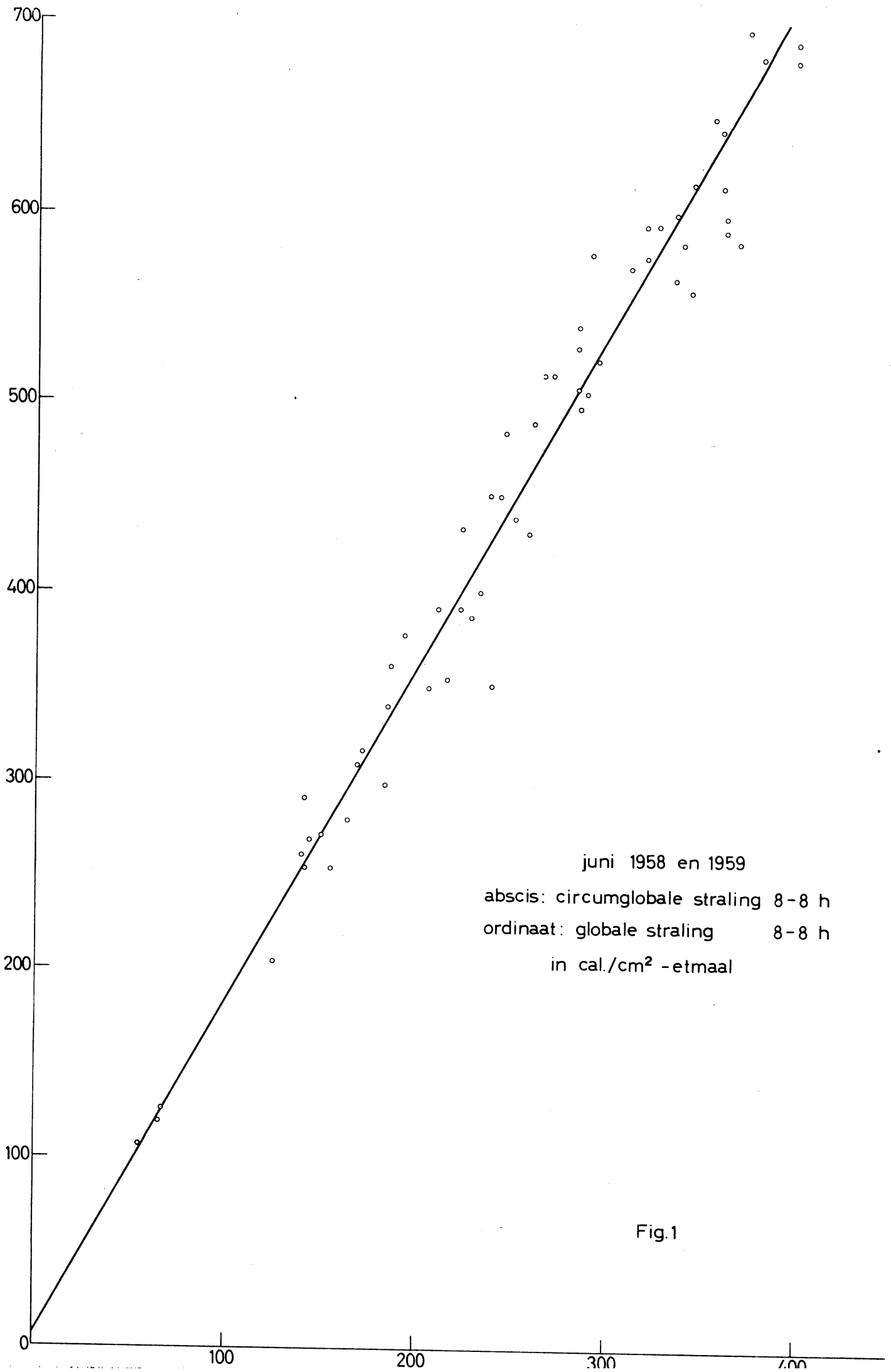


Fig.1