

Dagsom van de globale straling

Een rekenmethode en
verwachtingsverificatie

M.C. Nolet

Technische rapporten; TR-138

de bilt 1991

publicatienummer: Technische rapporten; TR-138 (CWD)

postbus 201
3730 AE de bilt
wilhelminalaan 10
tel. (030) 206 911
telex 470 96

Centrale Weerdienst

UDC: 551.501.721
551.509.5
551.521.1

ISSN: 0169-1708

ISBN: 90-369-2007-8

© KNMI, De Bilt. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en / of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotocopie, microfilm, of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijk toestemming van het KNMI.

Samenvatting.

De uurlijkse globale straling kan eenvoudig berekend worden uit de zonne-elevatie en de totale bedekkingsgraad (schaduwgevend), gemiddeld over dat uur. Sommatie van de ursommen levert dan een dagsom op. Deze rekenmethode is getest gedurende een half jaar. In die periode werd aan het eind van iedere dag met behulp van de waargenomen uurlijkse bedekkingsgraden een dagsom berekend. Deze berekende dagsommen zijn vergeleken met de waargenomen dagsommen. De berekende dagsommen blijken gemiddeld iets hoger te zijn dan de waargenomen dagsommen. Toepassen van een kleine correctie verhelpt dit. De correlatiecoëfficiënt tussen de berekende en de waargenomen dagsommen is zeer hoog, nl.: 0,98.

Vanaf april '89 worden op operationele basis verwachtingen geproduceerd voor de dagsom van de globale straling. In feite wordt een verwachting van de bedekkingsgraad m.b.v. een rekenmethode omgezet in een stralingsverwachting. Uit verificatie van verwachtingen van april t/m oktober '89 blijkt dat het maken van een goede stralingsverwachting (lees: bewolkingsprognose) geen eenvoudige zaak is. De correlatiecoëfficiënt tussen de verwachte en opgetreden dagsommen loopt uiteen van 0,62 tot 0,88 en de gemiddelde absolute fout (MAE) ligt in de zomermaanden rond 360 J/cm^2 . In het voor en najaar, wanneer de maximale dagsom kleiner wordt, wordt ook de MAE kleiner. Ruwweg kan gesteld worden dat de MAE 13% van de maximaal mogelijke dagsom is. Wanneer verlangd wordt dat 80% van alle uitgegeven verwachtingen goed moet zijn, moet er rekening gehouden worden met een fout van 20% van de maximaal mogelijke dagsom.

Inhoudsopgave.

Samenvatting.	. . . . .	blz 2.
1. Inleiding.	. . . . .	blz 4.
2. Rekenmethode.	. . . . .	blz 4.
3. Testen van de rekenmethode.	. . . . .	blz 5.
4. Verificatie van de verwachtingen.	. . . . .	blz 6.
5. Conclusie/Discussie.	. . . . .	blz 8.
Literatuur.	. . . . .	blz 9.
Bijlage 1.	Berekening zonne-elevatie.	blz 10.
Bijlage 2.	Figuren 1 en 2.	blz 11.
Bijlage 3.	Figuren 3 en 4.	blz 12.
Bijlage 4.	Figuren 5 t/m 8.	blz 13.

1. Inleiding.

Begin '88 bereikte een verzoek het KNMI om verwachtingen te leveren voor de dagsom van de globale straling. In de weerdienst was hiervoor geen ervaring en methodiek aanwezig. In WR 80-6 (Holtslag en Van Ulden, 1980), wordt een rekenmethode beschreven die uitgaat van een direct verband tussen de totale bedekkingsgraad en de globale straling. Met andere woorden: wanneer de bedekkingsgraad bekend is, kan de globale straling berekend worden.

In het hier beschreven onderzoek is de rekenmethode getest en enigszins aangepast. Tevens zijn de resultaten verwerkt van een verificatie van de verwachtingen over de periode april '89 t/m oktober '89.

2. Rekenmethode.

Voor de schatting van de uursom van de globale straling bij onbewolkt weer (K_0^\downarrow) geldt:

$$K_0^\downarrow = S \sin \gamma (a + b \sin \gamma) \quad (2.1)$$

waarbij:

S = zonneconstante (1353 W/m²)
 γ = zonne-elevatie (zie bijlage 1)
 a = constante (0,62)
 b = constante (0,22)

In het algemeen wordt de globale straling gereduceerd door de aanwezigheid van bewolking. De mate van reductie is uiteraard afhankelijk van de hoeveelheid en soort bewolking.

Holtslag en Van Ulden hebben een aantal berekeningsmethoden, die uitgaan van een verband tussen de hoeveelheid bewolking en de globale straling, nader bekeken. Uit hun onderzoek blijkt dat een simpele rekenmethode die alleen rekening houdt met de totale bedekkingsgraad niet aantoonbaar slechter is dan een rekenmethode die uitgaat van de bedekkingsgraad per bewolkingssoort.

Omdat de simpele rekenmethode in de operationele dienst het best werkbaar is, is hiervoor gekozen.

Voor de schatting van de uursom van de globale straling bij bewolkt weer (K^\downarrow) geldt:

$$K^\downarrow = K_0^\downarrow (1 - c N^2) \quad (2.2)$$

waarbij: N = totale bedekkingsgraad in okta's
 c = constante (0,7)

De dagsom van de globale straling kan nu bepaald worden door de uursommen over 24 uur te sommeren.

3. Testen van rekenmethode.

De rekenmethode zoals hiervoor is beschreven is getest gedurende de periode april '88 t/m oktober '88. Holtslag en Van Ulden gebruikten voor hun rekenmethode de totale bedekkingsgraad zoals die in de synop wordt gegeven. Konsekventie hiervan is dat bij veel cirrus de straling sterk onderschat wordt. Om dit te voorkomen heb ik gekozen voor het gebruik van de hoeveelheid schaduwgevende bewolking. Dagelijks is deze uit de uurlijkse waarnemingen gehaald waarna de uursommen en daarna de dagsommen van de globale straling berekend konden worden. Deze berekende dagsommen zijn vergeleken met de gemeten dagsommen van de globale straling (zie fig.1). In deze figuur is te zien dat de puntenwolk niet mooi rond de lijn $Y=X$ ligt maar er iets onder. Met andere woorden: de berekende dagsom van de globale straling is gemiddeld hoger dan de gemeten dagsom. Hier dient dus een correctie toegepast te worden. Dat is gedaan d.m.v. lineaire regressie. Voor de gecorrigeerde berekende dagsom van de globale straling geldt dan:

$$\text{gecorr. dagsom} = x * (\text{berekende dagsom}) + y$$

waarbij: $x = 0,95$
 $y = -133$

De resultaten van de berekende (ongecorrigeerde en gecorrigeerde) dagsom van de globale straling vergeleken met de gemeten dagsom staan weergegeven in tabel 1. In deze tabel staan de MAE en de correlatiecoëfficiënt. Verder wordt de 80% marge geïntroduceerd; 80% van de gevallen hebben een fout die kleiner of gelijk is aan de 80% marge.

tabel 1.

De MAE, 80% marge en de correlatiecoëfficiënt (r) van zowel de ongecorrigeerde als de gecorrigeerde dagsom van de globale straling.

	MAE (J/cm ²)	80% mrg (J/cm ²)	r
ongecorrigeerde dagsom	212	311	0,98
gecorrigeerde dagsom	105	167	0,98

Uit tabel 1 wordt duidelijk dat door toepassen van de correctie de MAE en de 80% marge ruwweg gehalveerd worden. Verder heeft de toegepaste methode een bijzonder hoge correlatiecoëfficiënt.

4. Verificatie van de verwachtingen.

In 1989 zijn van april t/m oktober op operationele basis verwachtingen uitgegeven voor de dagsom van de globale straling. Met behulp van de in hoofdstuk 2 beschreven rekenmethode (inclusief correctie) werd drie maal per dag (02.00, 06.30 en 09.00 lt.) een verwachting geproduceerd voor dezelfde dag (dag 0). De procedure was als volgt: Op het in de weerkamer overbekende TIGAS-formulier werd o.a. de verwachte hoeveelheid bewolking opgegeven in stappen van 6 uur. Door middel van lineaire interpolatie berekende de computer de tussenliggende waarden van de bedekkingsgraad. Op deze manier werd voor ieder uur een bedekkingsgraad bepaald waarna de dagsom van de globale straling berekend kon worden. De uitkomsten zijn afgerond op honderdtallen J/cm².

De verwachting uitgegeven om 06.30 uur is niet m.b.v. het TIGAS-formulier tot stand gekomen. Het Tigas-programma wordt namelijk maar vier maal per dag op vaste tijdstippen gedraaid. Voor de meteoroloog was echter een programma op de P.C. beschikbaar dat hetzelfde werkt als het TIGAS-programma.

In tabel 2 zijn de resultaten weergegeven van de verificatie. De verificatie is uitgevoerd voor alle regio's samen. Voor iedere maand wordt MAE, de 80% marge en de correlatiecoëfficiënt gegeven. De maximale dagsom van de globale straling is niet iedere dag hetzelfde. Hoe hoger de zon staat, des te hoger de maximale dagsom is. Het dagelijks verloop is echter gering zodat er met maandelijkse gemiddelden wordt gewerkt. Omdat de gemiddelde maximale dagsom in juni veel hoger is dan in oktober mogen de MAE's niet van maand tot maand vergeleken worden. Ditzelfde geldt voor de 80% marge.

Tabel 2.

De MAE, de 80% marge en de correlatiecoëfficiënt (r) per maand voor verwachting 1 t/m 3.

N.B. Achter de maand staat tussen haakjes de gemiddelde maximale dagsom van de globale straling voor die maand.

Verwachting	MAE (J/cm ²)			80% marge (J/cm ²)			r		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
apr (1975)	315	339	253	482	544	391	0,67	0,62	0,81
mei (2555)	273	310	250	466	530	438	0,69	0,65	0,74
jun (2847)	326	299	257	559	547	415	0,82	0,85	0,88
jul (2730)	394	382	347	614	586	586	0,64	0,66	0,77
aug (2253)	317	301	248	484	484	414	0,68	0,71	0,82
sep (1583)	242	215	196	375	330	316	0,73	0,76	0,83
okt (924)	174	136	128	262	236	186	0,74	0,83	0,87

Wanneer nu de MAE en de 80% marge worden uitgedrukt in een percentage van de maximaal mogelijke straling dan kunnen de maanden met elkaar vergeleken worden en kan er zelfs een gemiddelde van het hele seizoen berekend worden. Deze gegevens staan weergegeven in tabel 3.

Tabel 3.

De procentuele fout en -marge per maand en gemiddeld voor het hele seizoen voor verwachting 1 t/m 3.

N.B. Achter de maand staat tussen haakjes de gemiddelde maximale dagsom van de globale straling voor die maand.

Verwachting	proc.fout			proc.marge		
	1	2	3	1	2	3
apr (1975)	16	17	13	24	28	20
mei (2555)	11	12	10	18	21	17
jun (2847)	11	11	9	20	19	15
jul (2730)	14	14	13	22	21	21
aug (2253)	14	13	11	21	21	18
sep (1583)	15	14	12	24	21	20
okt (924)	19	15	14	28	26	20
seizoen	14	14	12	22	22	19

5. Discussie/Conclusie.

De gekozen rekenmethode werkt goed. Een correlatiecoëfficiënt van 0,98 is bijzonder hoog te noemen. Het gebruik van de schaduwgevende bewolking i.p.v. de totale bedekkingsgraad verklaart waarschijnlijk de systematische afwijking met de methode Holtslag en Van Ulden. Hiervoor kan een simpele correctie voor worden toegepast, hetgeen het resultaat aanzienlijk verbetert.

De verificatie van de verwachtingen over de periode april '89 t/m oktober '89 laat een aantal merkwaardige uitkomsten zien. Zo is in tabel 2 en in figuur 3 te zien dat in de maanden april en mei verwachting 2 slechter is dan verwachting 1. Daar verwachting 2 later opgesteld is dan 1 mag er verwacht worden dat 1 slechter dan 2 zou zijn. De andere maanden laten dat wel zien. Een mogelijke verklaring luidt als volgt:

Verwachting 2 werd buiten de TIGAS-tijden om gemaakt. De meteoroloog moest dus zelf een schatting van de dagsom maken. Wanneer de inzichten gelijk waren gebleven werd verwachting 1 gewoon overgenomen. Bij nieuwe inzichten echter moest een nieuwe berekening gemaakt worden. Dit kon niet via TIGAS maar moest op de P.C. gebeuren. Het rekenprogramma is pas eind mei beschikbaar gekomen en daarvoor moest de meteoroloog i.p.v. een berekening een schatting van de te verwachten dagsom maken. Hiervoor ontbrak de nodige ervaring.

Uit tabel 3 blijkt dat de procentuele fout en -marge het kleinst zijn in de maanden mei en juni. In deze maanden kwamen veel bewolkingsloze dagen voor, hetgeen de verwachting blijkbaar vergemakkelijkte.

De MAE blijkt zo'n 13% van de maximale dagsom van de globale straling te zijn. In de zomermaanden betekent dat een MAE van ca. 360 J/cm². Wanneer men een klant garandeert dat 80% van de verwachtingen goed is dan zal de klant genoeg moeten nemen met een marge op de verwachting van ongeveer 20% van de maximale dagsom; dat is ca. 560 J/cm² in de zomermaanden.

Literatuur.

1. Holtslag, A.A.M. en A.P. van Ulden, Estimates of incoming shortwave radiation and net radiation from standard meteorological data, Wetenschappelijk Rapport 80-6, 1980, KNMI, De Bilt.

Bijlage 1.

De zonne-elevatie voor een bepaalde tijd en locatie (γ) kan als volgt berekend worden:

Voor een bepaalde dag met dagnummer (d) geldt voor de zonnelengte (L) vanaf het lentepunt het volgende:

$$L = 279.1 + d + \sin d \quad \text{b1.}$$

Wanneer L bekend is kan de declinatie (δ) berekend worden met de vergelijking:

$$\delta = \arcsin (0,398 \sin L) \quad \text{b2.}$$

Met L, δ en d kunnen we nu de uurhoek (τ) berekenen.

$$\tau = -l + 2.47 \sin 2L - 1.9 \sin d + 15t + 180 \text{ (graden)} \quad \text{b3.}$$

waarin l = lengtegraad.
 t = tijd in GMT.

Voor de zonne-elevatie geldt nu:

$$\sin \gamma = \sin \delta * \sin \phi - \cos \delta * \cos \phi * \cos (\tau - 180) \quad \text{b4.}$$

waarin ϕ = breedtegraad.

Voor het bepalen van het dagnummer d is de volgende vergelijking gebruikt:

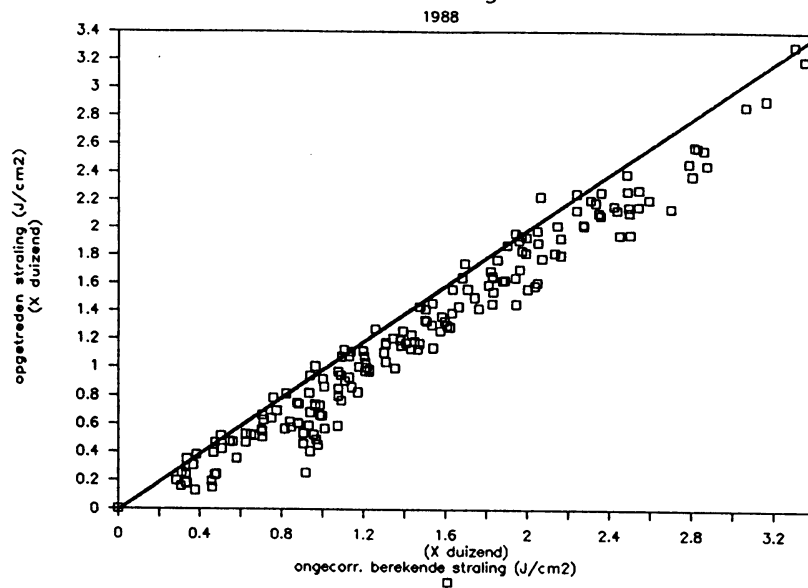
$$d = \text{int}(275 * M / 9) - 2 * \text{int}(M + 9 / 12) + D - 30 \quad \text{b5.}$$

waarin D = dag van de maand.
 M = maand.

N.B. De zonne-elevatie is niet constant over een uurvak. Er wordt daarom met de gemiddelde zonne-elevatie gerekend. Voor de bepaling van de gemiddelde zonne-elevatie over uurvak t wordt de zonne-elevatie bepaald op $t-0.25$ en $t-0.75$. Van deze twee uitkomsten wordt het gemiddelde genomen.

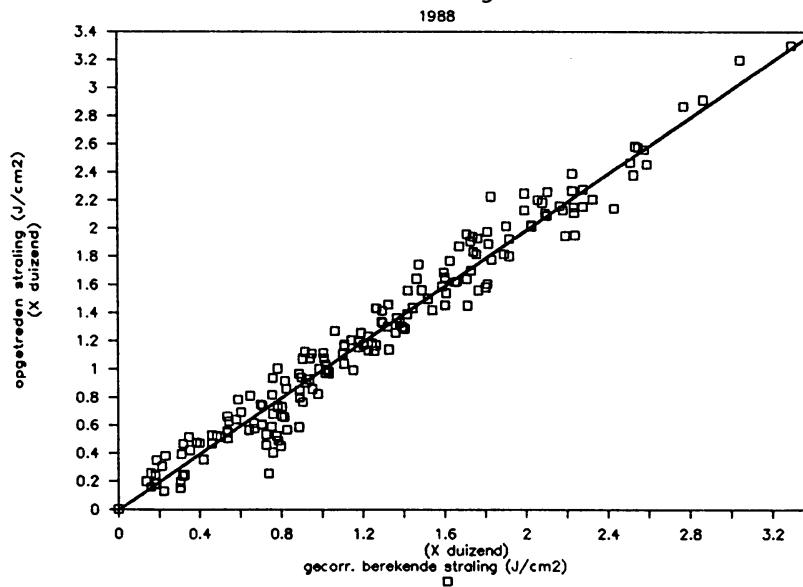
Bijlage 2.

Globale Straling De Bilt



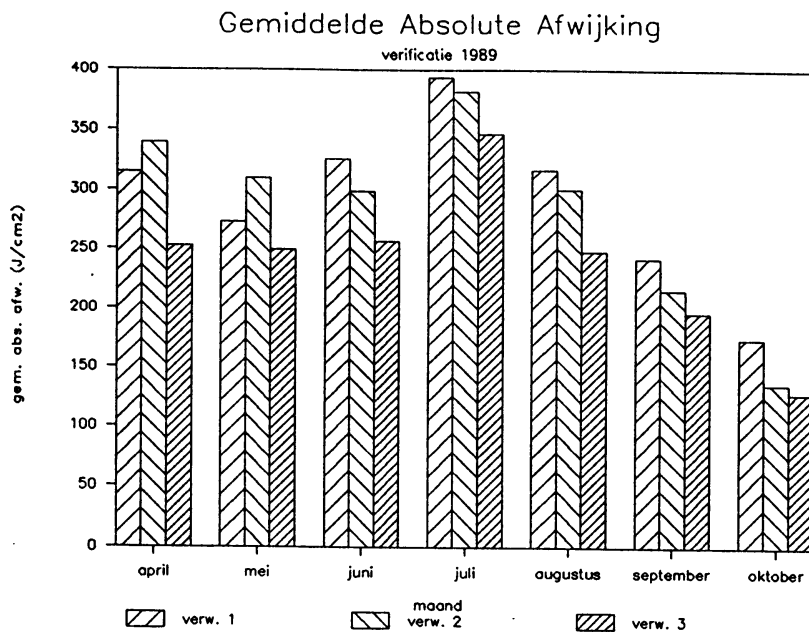
figuur 1. De opgetreden straling uitgezet tegen de ongecorrigeerde berekende straling.

Globale Straling De Bilt

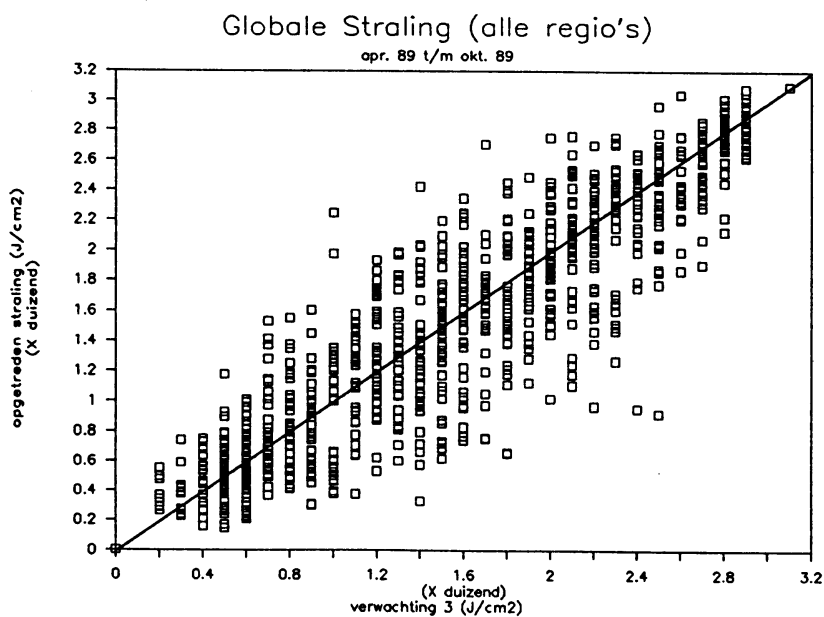


figuur 2. De opgetreden straling uitgezet tegen de gecorrigeerde berekende straling.

Bijlage 3.

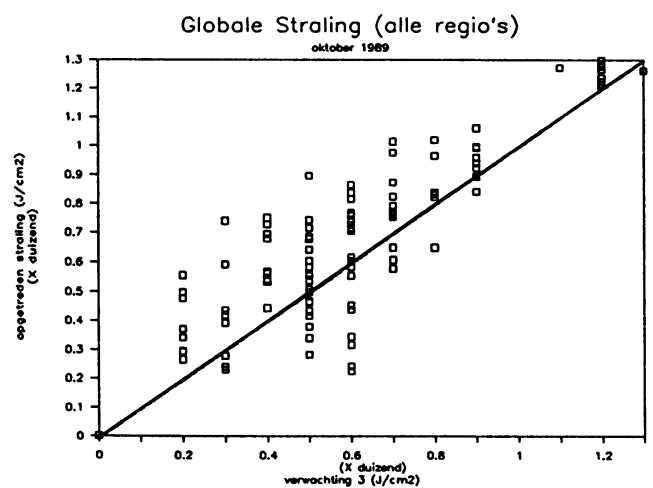
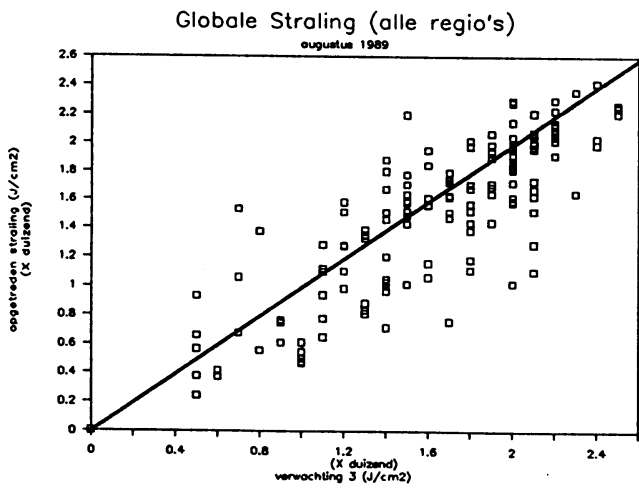
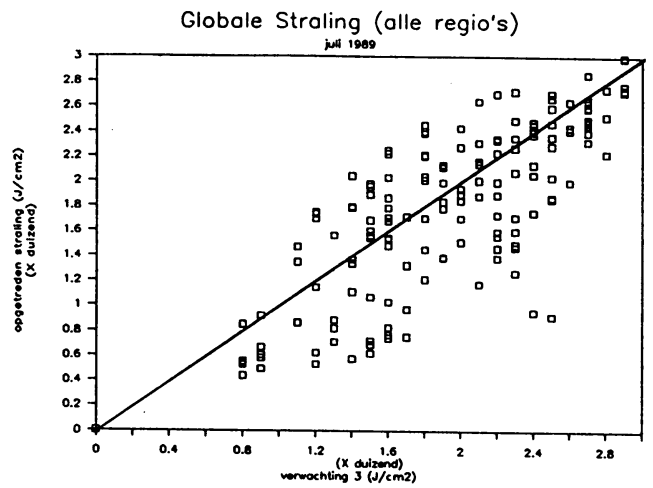
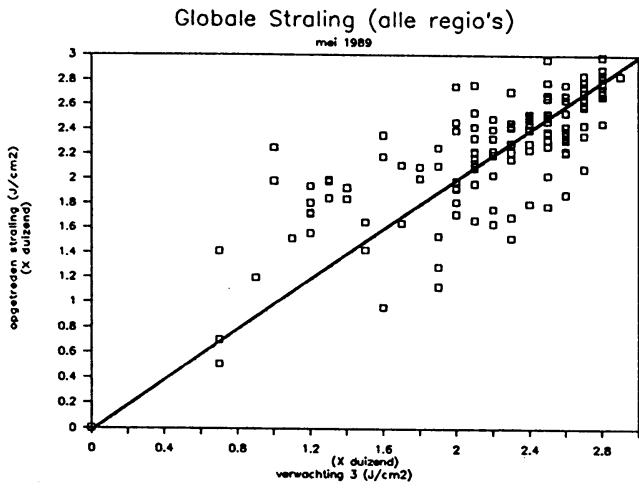


figuur 3. De MAE per maand voor verwachting 1 t/m 3.



figuur 4. De opgetreden straling uitgezet tegen de verwachte straling (3) voor seizoen '89.

Bijlage 4.



figuur 5 tm/8. De opgetreden straling uitgezet tegen de verwachte straling (3) voor resp. mei, juli, augustus en oktober 1989.