

22 sep. 1960

KONINKLIJK NEDERLANDS  
METEOROLOGISCH INSTITUUT

Wetenschappelijk Rapport W.R. 60-6

Dr. H.J. de Boer

Berekening van de globale straling in Nederland  
met behulp van de relatieve zonneshijnduur

De Bilt - 1960

All Rights Reserved.

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

Dr. H.J. de Boer

Berekening van de globale straling in Nederland  
met behulp van de relatieve zonneshijnduur

<u>INHOUD</u>	blz.
1. Inleiding	5
2. Berekening van $\alpha$ en $Q_0$ voor elk uurvak van een gemiddelde dag van elke maand in 1954 tot en met 1958 te De Bilt	7
3. Bespreking van de berekende $\alpha$ - en $Q_0$ -waarden voor elk uurvak van een gemiddelde dag van elke maand vanaf januari 1954 te De Bilt	15
4. Toetsing van de berekende globale straling te De Bilt en te Wageningen en de mogelijkheid tot berekening van de globale straling in elk punt van Nederland	17
Samenvatting	20
Summary	22
Literatuur	24



## 1. Inleiding

Globale straling is die straling welke met een golflengte tussen  $0,3 \mu$  en  $3 \mu$  van de zon en van de hemel op een horizontaal vlak van  $1 \text{ cm}^2$  valt. Deze grootheid kan dus gemeten worden in bijv.  $\text{cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ .

De officiële Engelse benaming van deze grootheid luidt, "total radiation", hoewel men soms in de literatuur ook de uitdrukking "global radiation" aantreft. De juiste Franse benaming luidt "radiation globale", terwijl men in het Duits over "Globalstrahlung" spreekt. In Nederland had men indertijd "totale straling" als naam gekozen; het is echter beter deze door "globale straling" te vervangen. De uitdrukking "totale straling" kan dan gebruikt worden voor de hoeveelheid directe zonnestraling gemeten op  $1 \text{ cm}^2$  loodrecht op de richting van de zonnestralen en wel in het gehele golflengtegebied van  $0,3 \mu$  tot  $3,0 \mu$  in tegenstelling tot de meting van de hoeveelheid straling in delen van dit golflengtegebied.

Daar het aantal stations over de gehele wereld, waar metingen van de globale straling worden verricht, betrekkelijk gering is en het aantal toepassingen van dit element in de praktijk groot is, is men reeds vele jaren geleden er toe overgegaan om de globale straling te berekenen met behulp van een ander meteorologisch element.

In 1924 stelde Ångström [1] een formule voor om voor een gegeven station dagwaarden van de globale straling te kunnen berekenen met behulp van de relatieve zonnenschijnduur:

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

Hierin is  $Q$  de werkelijk ontvangen hoeveelheid globale straling,  $Q_0$  is de straling ontvangen op een volkomen heldere dag;  $s$  is de dagsom van het aantal uren zonnenschijn gemeten met een zonneschijnmeter;  $s_0$  is het maximale aantal uren dat de zon op de plaats van waarneming kan schijnen, rekening houdend met de plaats van waarneming en de tijd van het jaar;  $\alpha$  is een constante.

Uit de formule is gemakkelijk de betekenis van  $\alpha$  te lezen:  $\alpha$  is een doorlaatbaarheidscoëfficiënt voor zonlicht door een gesloten wolkendeck van een gemiddelde dikte. Deze formule is en wordt veel gebruikt om dagsommen, 5-dagen sommen, 10-dagen sommen en zelfs maandsommen van de globale straling te berekenen. Terwijl

deze formule een lineair verband veronderstelt tussen de globale straling en de relatieve zonneshijnduur, hebben verschillende auteurs een kwadratisch verband aangenomen. Hiermede vonden sommigen een betere aanpassing aan de dagsommen van de globale straling dan met een lineair verband; D.A. de Vries [2] echter vond geen verbetering met de dagsommen van de globale straling te Wageningen en adviseerde dan ook de Ångström-formule te gebruiken voor het station Wageningen.

Enkele auteurs, zie [3], beschrijven de lineaire betrekking tussen dagsommen, pentadesommen, dekadesommen en maandsommen van de globale straling en de relatieve zonneshijnduur op de volgende wijze:

$$Q = Q_A (a_1 + b_1 s/s_0) . \quad (2)$$

In formule (2) is  $Q_A$  de globale straling bij afwezigheid van een atmosfeer, welke gemakkelijk kan worden berekend, terwijl  $a_1$  en  $b_1$  constanten zijn. Het blijkt, dat  $a_1 + b_1$  min of meer constant is over de gehele wereld, indien maandsommen worden gebruikt.

Voor de berekening van de constanten in bovenstaande formules wordt dikwijls gebruikgemaakt van de methode van de kleinste kwadraten. Het toepassen hiervan is voor maand- en dekadesommen misschien niet geoorloofd; de methode van de kleinste kwadraten eist òf dat de discrete waarden welke de onafhankelijk variabele, i.c.  $s/s_0$ , kan aannemen, alle dezelfde waarschijnlijkheid bezitten, òf dat zowel  $Q$  als  $s/s_0$  normaal verdeeld zijn. Dekade- en maandsommen van  $s/s_0$  voldoen niet aan de eerste mogelijkheid, maar misschien voldoen de verdelingen van  $Q$  en  $s/s_0$  wel aan de tweede mogelijkheid.

Nu zal formule (1) voor dagsommen nader worden beschouwd. Stel er zijn twee waarnemingsstations A en B, welke, hoewel van dag tot dag verschillend, steeds dezelfde relatieve zonneshijnduur per dag hebben. Station A heeft midden overdag weinig of geen bewolking, maar eventueel wel in de vroege ochtend en in de avond. Station B heeft in de vroege ochtend of in de avond weinig of geen bewolking, maar eventueel wel overdag. Dan zal te A over het algemeen meer globale straling,  $Q$ , worden waargenomen dan te B, terwijl hun  $Q_0$  en  $s/s_0$  steeds dezelfde zijn. Station A zal dan ook een hogere  $\alpha$ -waarde hebben. De verklaring hiervan is, dat de waarde van  $\alpha$  ook van de zons-hoogte afhangt. Zo zullen voor Den Helder als maritiem station en

voor Winterswijk als continentaal station in het bijzonder en het in het algemeen voor elke plaats van waarneming in Nederland voor een bepaalde maand een verschillende  $\alpha$ -waarde worden gevonden, al zijn de  $Q_0$ -waarden in die maand ook dezelfde.

Nederland is zo klein, dat voor een willekeurige dag over het gehele land  $Q_0$  dezelfde waarde mag worden gegeven, indien tenminste geheel Nederland zich in dezelfde luchtsoort bevindt. Een uitzondering hierop vormen misschien de sterk geïndustrialiseerde gebieden. Zo zal ook de waarde van  $Q_0$  voor een bepaald uurvak over geheel Nederland dezelfde zijn.

Daar  $\alpha$  een afhankelijkheid van de zonshoogte vertoont, zoals uit het gegeven extreme voorbeeld blijkt, mag worden verwacht dat  $\alpha$  voor een uurvak van een bepaalde dag gemiddeld over vele jaren dezelfde waarde heeft in het gehele land; immers  $\alpha$  is een gemiddelde doorlaatbaarheidscoëfficiënt voor zonlicht door een gesloten wolkendek, zoals dit boven Nederland wordt aangetroffen. Indien dus de formule van Ångström wordt toegepast op uurvakwaarden voor  $Q$  en  $s/s_0$  van een waarnemingsstation in Nederland, dan bestaat de mogelijkheid om met de gevonden  $Q_0$ - en  $\alpha$ -waarden van dat station de globale straling te berekenen voor een willekeurig ander station, mits  $s/s_0$  voor uurvakwaarden aldaar bekend is.

2. Berekening van  $\alpha$  en  $Q_0$  voor elk uurvak van een gemiddelde dag van elke maand in 1954 tot en met 1958 te De Bilt

Stel dat we over de 31 uurwaarden van de globale straling, b.v. tussen 8 en 9 uur ware zonnetime, van de maand januari 1954 beschikken en ook over de corresponderende uurwaarden van de relatieve zonschijnduur. We nemen aan dat er een lineaire regressie bestaat tussen  $Q$  en  $s/s_0$ , waarbij  $s_0 = 60$  minuten:

$$Q = a + b s/s_0 . \quad (3)$$

Indien nog wordt aangenomen, dat alle discrete waarden welke het quotient  $s/s_0$  kan aannemen, even dikwijls voorkomen, dan mag de methode van de kleinste kwadraten worden toegepast om de constanten  $a$  en  $b$ , welke in formule (3) voorkomen, te berekenen. Dan zijn  $Q_0$  en  $\alpha$  gemakkelijk te bepalen uit  $a = Q_0 \alpha$  en  $b = (1 - \alpha) Q_0$ .  $\alpha$  blijkt de waarde 0,16 te hebben en  $Q_0$  de waarde  $5,2 \text{ cal cm}^{-2}\text{uur}^{-1}$ . We heb-

ben hierboven gezegd, dat  $s_0 = 60$  minuten. Maar aan het begin en aan het einde van een dag is er steeds een uurvak, waar  $s_0$  kleiner is dan 60 minuten. Zolang  $s_0$  maar weinig kleiner is dan 60 minuten, wordt bij de berekening geen grote fout gemaakt door aan te nemen, dat  $s_0 = 60$  minuten. Gaat het verschil groter worden, dan betekent dit, dat de zon nog laag aan de hemel staat. In dat geval zal de Campbell-Stokes geen inbranding op de strook te zien geven, zodat dan  $s/s_0 = 0$  en dat uurvakgedeelte niet wordt meegenomen in de berekening. Op dezelfde wijze worden  $\alpha$  en  $Q_0$  bepaald voor een gemiddelde dag in januari 1954 tussen 9 en 10 uur ware zonnetijd; de waarde van  $\alpha$  blijkt 0,35 te zijn en die van  $Q_0$  10,0 cal cm<sup>-2</sup> uur<sup>-1</sup>. Evenzo zijn voor elk van de overige uurvakken van een gemiddelde dag in januari 1954 de  $\alpha$ - en  $Q_0$ -waarden bepaald.

De som van de  $Q_0$ -waarden voor alle uurvakken van een gemiddelde dag in januari 1954 bedraagt 131,9 cal cm<sup>-2</sup> dag<sup>-1</sup>; dit is de  $Q_0$ -waarde van een gemiddelde dag in genoemde maand. Bij deze dagwaarde van  $Q_0$  zoeken we een corresponderende  $\alpha$ -waarde. Dit kan niet het rekenkundig gemiddelde van de  $\alpha$ -waarden van de verschillende uurvakken zijn; immers de  $\alpha$ -waarde voor een uurvak heeft een invloed op de  $\alpha$ -waarde voor een dag evenredig aan de corresponderende  $Q_0$ -waarde. Daarom wordt de dagwaarde van  $\alpha$  bepaald uit het quotient van de som van de uurvakwaarden van  $\alpha$ , elke waarde vermenigvuldigd met zijn corresponderende  $Q_0$ -waarde, en de dagwaarde van  $Q_0$ ; d.w.z.  $(0,16 \times 5,2 + 0,35 \times 10,0 + \dots)/131,9 = 0,26$ . De berekeningen, welke nu voor de maand januari 1954 zijn gedaan, zijn ook uitgevoerd voor de overige maanden van 1954.

De uurvakwaarden voor  $Q_0$  van een gemiddelde dag in elk van de 12 maanden van 1954 zijn in tabel I bijeengebracht; hieraan zijn toegevoegd de dagsommen van  $Q_0$  voor elk van die gemiddelde dagen. In tabel II zijn verzameld de uurvakwaarden van  $\alpha$  van een gemiddelde dag in elk van de 12 maanden van het beschouwde jaar; tevens zijn onderaan de tabel gewogen daggemiddelden van  $\alpha$  voor elk van de 12 maanden toegevoegd.

Alle berekeningen, welke voor een gemiddelde dag in elk van de 12 maanden van 1954 zijn uitgevoerd, zijn ook voor 1955 tot en met 1959 gemaakt. De resultaten zijn, voor wat betreft de  $Q_0$ -waarden, in de tabellen IV, V, VII, IX en XI bijeengebracht, terwijl die voor de  $\alpha$ -waarden in de tabellen IV, VI, VIII, X en XII zijn verzameld.

Uit tabellen I tot en met XII kan onmiddellijk worden geconcludeerd dat de spreiding in de dagwaarden van  $Q_0$  van jaar op jaar veel



kleiner is dan die in de dagwaarden van  $\alpha$  in het tijdvak van 1954 tot en met 1959. Men zou dus, als een karakteristieke grootte voor het stralingsklimaat gedurende een bepaalde maand zou worden gewenst,  $\alpha$  als zodanig kunnen kiezen. Om dit verschil in spreiding duidelijk te laten uitkomen zijn in tabel A vermeld de hoogste en de laagste gemiddelde dagsom  $Q_0$  in een maand voorgekomen in het tijdvak van 1954 tot en met 1959 met het jaar van voorkomen tussen haakjes er achter; hetzelfde is voor  $\alpha$  gedaan.

Tabel A

mnd	$Q_0$ in cal cm <sup>-2</sup> dag <sup>-1</sup>		gewogen daggem. van $\alpha$	
	hoogste	laagste	hoogste	laagste
jan	138,7 (57)	114,6 (56)	0,30 (55)	0,18 (56)
feb	241,3 (58)	190,5 (54)	0,40 (56)	0,25 (57,58)
mrt	388,0 (58)	321,8 (57)	0,41 (56)	0,27 (59)
apr	526,7 (56)	486,6 (57)	0,40 (57)	0,28 (54)
mei	633,8 (57)	599,7 (54)	0,36 (56,59)	0,31 (55)
jun	648,5 (59)	630,2 (54)	0,39 (57)	0,30 (55)
jul	643,3 (58)	593,3 (56)	0,34 (55)	0,30 (54,59)
aug	531,1 (54)	487,4 (55)	0,44 (55)	0,29 (57)
sep	406,0 (57)	360,7 (56)	0,41 (59)	0,26 (57)
okt	282,9 (58)	238,2 (59)	0,34 (56)	0,24 (58)
nov	170,5 (57)	132,5 (59)	0,37 (54)	0,21 (57)
dec	104,8 (58)	82,0 (59)	0,29 (54)	0,23 (58)

Het is nu ook eenvoudig om uit te rekenen hoeveel globale straling in elk van de jaren tussen 1954 tot en met 1959 zou zijn gemeten, als er geen bewolking geweest was in deze 6 jaren. Eveneens kan het gewogen gemiddelde van  $\alpha$  voor elk van deze 6 jaren worden bepaald. Deze grootheden zijn in tabel B verzameld.

Tabel B

	1954	1955	1956	1957	1958	1959
$Q_0$ in cal cm <sup>-2</sup> per jaar	135294	135887	135150	138846	139547	134616
gewogen gem.	0,318	0,332	0,334	0,317	0,306	0,319

Uit tabel B blijkt 1958 het "helderste jaar" geweest te zijn, d.w.z. de atmosfeer zonder bewolking is voor 1958 het meest doorlaatbaar geweest. In het zonnige jaar 1959 blijkt de atmosfeer nu het minst doorlaatbaar te zijn geweest. Uit de  $\alpha$ -waarden blijkt, dat in 1956 het gesloten wolkendek het best voor solaire straling doorlaatbaar is geweest en 1958 het minst.

Ten einde tot ons doel te geraken, om namelijk een goede schatting te maken van de hoeveelheid globale straling in een willekeurig punt in Nederland, indien aldaar de relatieve zonnenschijnduur bekend is, hebben we de corresponderende uurvakwaarden van  $Q_0$  en van  $\alpha$  uit de jaren 1954 tot en met 1958 rekenkundig gemiddeld. Het resultaat van deze bewerking is, voor wat betreft de  $Q_0$ -waarden, verzameld in tabel XIII en voor wat betreft de  $\alpha$ -waarden in tabel XIV. Onderaan tabel XIV vindt men de gewogen gemiddelden van  $\alpha$ , welke dus gelden voor een gemiddelde dag in een maand. Uit deze getallen kan men ook weer een gewogen jaargemiddelde van  $\alpha$  bepalen; de waarde hiervan blijkt dan 0,32 te bedragen.

Aan al deze tabellen zijn nog enkele toegevoegd om het voorgaande nog iets te verduidelijken. Zo is in de eerste plaats een tabel gemaakt van de gemiddelde zonshoogte in de verschillende uurvakken van een gemiddelde dag van elk van de 12 maanden. Hierbij is gebruik gemaakt van de formule

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \tau, \quad (4)$$

waarin  $h$  = zonshoogte,

$\varphi$  = breedte van de plaats van waarneming, i.e.  $52^{\circ}06'$ ,

$\delta$  = declinatie van de zon,

$\tau$  = uurhoek van de zon.

De gemiddelde zonshoogte in het uurvak 8-9 van een gemiddelde dag in januari is als volgt bepaald. In dat uurvak wordt de uurhoek  $3^{\text{h}}30^{\text{m}}$  genomen, dus  $\tau = 52^{\circ}30'$ ; deze waarde blijft onveranderd.  $\varphi$  houdt dezelfde waarde voor elke uurvak en elke maand. Slechts  $\delta$  is veranderlijk. In de "Nautical Almanac" is de waarde van deze grootheid opgezocht voor 12 uur op elke dag van de maand. Zo wordt  $h$  dan bepaald voor de 31 dagen van januari. Vervolgens wordt het rekenkundig gemiddelde genomen van deze 31 waarden van  $h$ . Het resultaat van de berekening voor dit uurvak geeft  $h = 4^{\circ}0'$ . De aldus bepaalde  $h$ -waarden zijn in tabel XV bijeengebracht. Uiteraard zijn de waarden

van  $h$  in de namiddag even groot als in de voormiddag, indien de tijdsafstand vanaf 12 uur dezelfde is.

In tabel XVI is verzameld de hoeveelheid gemeten globale straling  $Q$  te De Bilt voor elk uurvak (gemiddeld per dag) in elk van de 12 maanden gemiddeld over de 5 jaren 1954 tot en met 1958.

Eveneens is een tabel ingericht voor de relatieve zonneshijnduur  $s/s_0$  gemeten te De Bilt en op dezelfde wijze bewerkt als  $Q$ ; dit is tabel XVII. Onderaan deze tabel vindt men ook het rekenkundig gemiddelde van  $s/s_0$ , d.w.z. de gewone dagwaarde van  $s/s_0$ .

Met behulp van deze gemiddelden, de gewogen gemiddelden van  $\alpha$  en de dagsommen van  $Q_0$  kunnen de gemiddelde dagwaarden van de globale straling  $Q$  in elk van de 12 maanden worden berekend. De resultaten staan in rij "ber. 1" van tabel XVI. De standaardafwijking  $s$  van de verschillen tussen berekening en waarneming bedraagt nog  $15,9 \text{ cal cm}^{-2}$ . Deze waarde is groter dan verwacht was; toch kan dit wel verklaard worden. Immers  $\alpha$  en  $Q_0$  zijn telkens met de methode van de kleinste kwadraten bepaald door aanpassing aan uurvakwaarden en niet aan dagwaarden. Indien uit deze uurvakwaarden dagwaarden worden gemaakt, zoals dit in tabel XIV en XV gebeurd is, dan zullen daaruit waarden gevonden worden, die iets afwijken van die welke direct uit dagwaarden van  $Q$  en van  $s/s_0$  met behulp van de methode van de kleinste kwadraten zouden zijn berekend. Wil men nu toch overgaan van berekende uurvakwaarden  $Q$  naar berekende dagwaarden van  $Q$  van een gemiddelde dag dan moet, om goed aangepast te zijn, aan gemeten dagwaarden van  $Q$  ook een gewogen dagwaarde van  $s/s_0$  worden toegepast. Als gewichten kunnen dan eveneens als een goede benadering de corresponderende  $Q_0$ -waarden worden gebruikt. Daarom is aan tabel XVII nog een rij met gewogen gemiddelden toegevoegd. Men behulp van deze gewogen gemiddelden, de gewogen daggemiddelden van  $\alpha$  en de dagwaarden van  $Q_0$  zijn opnieuw de dagwaarden  $Q$  van een gemiddelde dag in elk van de 12 maanden van het jaar berekend. Deze uitkomsten zijn als laatste rij onder ber. 2 aan tabel XVI toegevoegd. De verschillen met de waargenomen  $Q$ -waarden zijn thans veel geringer; de standaardafwijking van deze verschillen bedraagt nu slechts  $3,3 \text{ cal cm}^{-2}$ .

De  $Q_0$ -waarden voor alle uurvakken van een gemiddelde dag in elk van de 12 maanden zijn weliswaar berekend, maar we kunnen ons afvragen of de berekende waarden overeenstemmen met de waarneming. Daarom

hebben we van alle  $Q$ -waarden in het uurvak van 8-9 van alle januari dagen in de 5 jaren 1954 tot en met 1958, waarvoor  $s = s_0$ , het gemiddelde bepaald. Hetzelfde proces is uitgevoerd voor de overige uurvakken van een gemiddelde dag in januari. Daarna is voor de overige maanden hetzelfde gedaan. Het resultaat van deze berekeningen is in tabel XVIII bijeengebracht. Deze tabel kan worden vergeleken met tabel XIV. De verschillen blijken over het algemeen zeer gering te zijn, behalve dat bij lage zonnestand dikwijls geen gemeten  $Q_0$  aanwezig is.

Voor het uurvak  $i$  van een gemiddelde dag in één van de maanden van het jaar kunnen we formule (1) schrijven.

$$Q_i = Q_{oi} \left\{ \alpha_i + (1 - \alpha_i) \frac{s_i}{s_0} \right\}, \quad (5)$$

waarin  $s_0$  meestal gelijk aan 60 minuten en  $\alpha_i$  en  $Q_{oi}$  zijn berekende grootheden.

Voor dagwaarden kan worden geschreven

$$Q' = Q'_0 \left\{ \alpha' + (1 - \alpha') \frac{s'}{s'_0} \right\}, \quad (6)$$

waarbij  $s'_0$  de grootst mogelijke zonneschijnduur van de dag is en  $\alpha'$  en  $Q'_0$  constanten zijn, berekend met de methode van de kleinste kwadraten. Uit tabel XVIII is te besluiten dat de waargenomen  $Q_{oi}$ -waarden overeenkomen met de berekende  $Q_{oi}$ -waarden. Daar de waargenomen  $Q'_0$ -waarde natuurlijk gelijk is aan de som van de waargenomen  $Q_{oi}$ -waarden, is dus  $Q'_0 = \sum_{i=1}^m Q_{oi}$ , als  $m$  het aantal uurvakken in een dag is. Maar ook is de waargenomen  $Q' = \sum_{i=1}^m Q_i$  en daarom mag worden geschreven:

$$Q' = \sum_{i=1}^m Q_{oi} \left\{ \alpha_i + (1 - \alpha_i) \frac{s_i}{s_0} \right\} = Q'_0 \left\{ \alpha' + (1 - \alpha') \frac{s'}{s'_0} \right\} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{of } \sum_{i=1}^m Q_{oi} \alpha_i + \sum_{i=1}^m \frac{s_i}{s_0} Q_{oi} - \sum_{i=1}^m \alpha_i \frac{s_i}{s_0} Q_{oi} = \\ = Q'_0 \alpha' + \frac{s'}{s'_0} Q'_0 - \alpha' \frac{s'}{s'_0} Q'_0. \end{aligned} \quad (7a)$$

In het vorige hebben we nu aangenomen, dat aan (7a) wordt voldaan op de volgende manier:

$$\sum_{i=1}^m Q_{oi} \alpha_i = Q_o' \alpha' \quad (8a)$$

$$\text{en } \sum_{i=1}^m \frac{s_i}{s_o} Q_{oi} = \frac{s'}{s_o'} Q_o' \quad (8b)$$

$$\text{Uit (8a) volgt, dat } \alpha' = \frac{\sum_{i=1}^m Q_{oi} \alpha_i}{Q_o'} \quad (9a)$$

$$\text{Daar } Q_o' = \sum_{i=1}^m Q_{oi} \text{ is } \alpha' = \frac{\sum_{i=1}^m Q_{oi} \alpha_i}{\sum_{i=1}^m Q_{oi}} \quad (9b)$$

$\alpha'$  is dus het gewogen gemiddelde van  $\alpha_i$ , zoals dit reeds was aangenomen. Op dezelfde wijze vindt men, dat

$$\frac{s'}{s_o'} = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{s_i}{s_o} Q_{oi}}{\sum_{i=1}^m Q_{oi}} \quad (10)$$

$\frac{s'}{s_o'}$  is dus het gewogen gemiddelde van  $s_i / s_o$ , zoals we dit al hadden

aangenomen.

Dat deze onderstellingen juist zijn, moet worden bewezen.

1°. Voor  $s' = s_o'$  gelden de onderstellingen. Dan is  $Q' = Q_o' = \sum_{i=1}^m Q_{oi}$ , daar tabel XVIII praktisch geen verschil vertoont met tabel XIII; d.w.z. de waargenomen  $Q_{oi} =$  de berekende  $Q_{oi}$ .

2°. Voor een dag met een gemiddelde bewolgingsgraad gelden onze onderstellingen ook; zie regel ber.2 in tabel XVI.

3°. Indien nu ook nog de onderstellingen gelden voor  $s' = 0$ , dan is het bewijs geleverd; dus  $Q'(0)$  moet gelijk  $\sum_{i=1}^m \alpha_i Q_{oi}$  zijn. Om dit

te toetsen hebben we de maand januari 1958 gekozen, waarin 16 zonloze

dagen voorkomen. In januari zijn er slechts 8 uurvakken, dus  $m = 8$ . Ook  $Q'(o)$  voor elke dag kan worden samengesteld uit de waargenomen uurvakwaarden  $Q_i(o)$ , zodat  $Q'(o) = \sum_{i=1}^8 Q_i(o)$ . Nu wordt voor elk

uurvak  $\alpha_i Q_{oi}$  berekenen en daarna het gemiddelde  $\overline{\alpha_i Q_{oi}}$  uit de 16 zonloze dagen bepaald. Zo wordt ook  $\overline{Q_i(o)}$  voor de waargenomen uurvakken bepaald, elk met zijn eigen variantie  $s_i^2$ . Echter van  $\overline{Q'(o)}$ , gemiddelde waargenomen dagwaarde voor de 16 zonloze dagen, wordt eveneens de variantie  $s^2$  bepaald. Nu blijkt de dagsom van  $\overline{\alpha_i Q_{oi}}$  30,9 te bedragen en van  $\overline{Q_i(o)}$  26,7. De variantie van de dagsom van  $\overline{Q_i(o)}$  of

wel  $\sum_{i=1}^8 \overline{Q_i(o)}$  kan niet eenvoudig worden bepaald door te berekenen  $\sum_{i=1}^8 s_i^2$ , daar de uurvakwaarden  $Q_i(o)$  een sterke autocorrelatie ver-

tonen. We moeten deze variantie berekenen uit:

$$\sum_{i=1}^8 s_i^2 + 2 \sum_{i=1}^7 \rho_{i,i+1} s_i s_{i+1} + 2 \sum_{i=1}^6 \rho_{i,i+2} s_i s_{i+2} +$$

$$\sum_{i=1}^2 \rho_{i,i+6} s_i s_{i+6} + 2 \rho_{1,1+7} s_1 s_{1+7}.$$

De waarde hiervan bedraagt 199,86 met 127 vrijheidsgraden, terwijl  $s^2$  de waarde 185,56 heeft met 15 vrijheidsgraden.

Met deze gegevens gaan we de t-toets toepassen om na te gaan of  $\overline{\alpha_i Q_{oi}} = 30,9$  en  $\overline{Q_i(o)} = 26,7$  significant verschillen of niet.

t blijkt de waarde 1,12 te hebben met 142 vrijheidsgraden. De dubbelzijdige overschrijdingskans P heeft dan een waarde 0,28. De gemiddelden 30,9 en 26,7 verschillen dus niet significant. We mogen dus concluderen, dat onze onderstellingen ook gelden voor  $s = 0$ .

Het geldig zijn van onze onderstellingen betekent, dat, wanneer het er om te doen is alleen dagwaarden van de globale straling te berekenen zonder eerst de uurvakwaarden van deze grootheid te bepalen, dit kan geschieden door gebruik te maken van de dagsommen van  $Q_o$  van een gemiddelde dag uit de betreffende maand en van het corresponderende gewogen daggemiddelde van  $\alpha$ . Deze grootheden staan in de laatste regel van respectievelijk tabel XIII en XIV. Verder zijn nodig de uurvakwaarden van de relatieve zonnenschijnduur van de dag,

waarvan de dagsom van de globale straling zal worden berekend. De te gebruiken dagwaarde van de relatieve zonneshijnduur wordt bepaald door berekening van het gewogen gemiddelde van de uurvakwaarden; de gewichten zijn de overeenkomstige uurvakwaarden van de globale straling zonder bewolking ( $Q_{oi}$ ).

3. Bespreking van de berekende  $\alpha$  - en  $Q_o$ -waarden voor elk uurvak van een gemiddelde dag van elke maand vanaf januari 1954 te De Bilt.

Uit de tabellen I tot en met XIV kunnen verschillende conclusies worden getrokken, welke merendeels verwacht konden worden. De  $Q_{oi}$ -waarden voor uurvakken vertonen over het algemeen een maximum tussen 11 en 13 uur; een enkele uitzondering hierop komt voor. De  $Q_o$ -waarden voor dagsommen van een gemiddelde dag in de verschillende maanden hebben steeds een minimum in december en een maximum in juni. De op één na kleinste  $Q_o$ -waarde valt steeds in januari en de op één na grootste waarde meestal in mei en niet, zoals men misschien zou verwachten, in juli. Dit feit stemt overeen met de waargenomen  $Q_{oi}$ -waarden vermeld in tabel XVIII. De oorzaak van dit verschijnsel zal dus liggen in de veel grotere hoeveelheid water in de lucht in de vorm van druppeltjes gedurende de maand juli.

Over de uurvakwaarden van  $\alpha$  gedurende een gemiddelde dag van een maand kan het volgende worden opgemerkt. Bij lage zonnestand heeft  $\alpha$  een kleine waarde, terwijl vanaf een zekere zonshoogte  $\alpha$  min of meer constant blijft; de constantheid is echter toch niet zodanig, dat er geen grote afwijkingen hiervan van jaar tot jaar voorkomen. Gemiddeld genomen (zie de gewogen gemiddelden van  $\alpha$  in tabel XIV) is de waarde van  $\alpha$  in het voorjaar en de zomer groter dan in de herfst en de winter. Dit is niet te verwonderen, daar  $\alpha$  voor kleine zonshoogte een kleine waarde heeft.

Een ander belangrijk feit is, dat de variatie in procenten van jaar tot jaar van de gemiddelde dagsommen  $Q_o$  in elk der maanden veel kleiner is dan die van de gewogen daggemiddelden van  $\alpha$ .

Tabel XIX

	dagsom $Q_0$			
	mrt	jun	sep	dec
1954	347,8	630,2	385,0	93,3
1955	340,3	656,2	395,0	95,3
1956	349,4	639,3	360,7	95,3
1957	321,8	637,0	406,0	102,4
1958	388,0	643,3	392,0	104,8
$\bar{Q}_0 =$	349,5	641,2	387,7	98,2
$s/\bar{Q}_0 =$	6,9 %	1,5 %	4,4 %	4,9 %

Tabel XX

	daggemiddelde $\alpha$			
	mrt	jun	sep	dec
1954	0,32	0,34	0,31	0,29
1955	0,35	0,30	0,33	0,24
1956	0,41	0,33	0,35	0,26
1957	0,30	0,39	0,26	0,27
1958	0,30	0,34	0,31	0,23
$\bar{\alpha} =$	0,34	0,34	0,31	0,26
$s/\bar{\alpha} =$	13,6 %	9,4 %	10,8 %	9,2 %

Om dit te laten zien zijn in tabel XIX de dagsommen  $Q_0$ , uitgedrukt in  $\text{cal cm}^{-2} \text{ dag}^{-1}$ , van een gemiddelde dag in maart, juni, september en december van de jaren 1954 tot en met 1958 verzameld met hun gemiddelde waarden,  $\bar{Q}_0$ , en de procentuële standaardafwijking  $s/\bar{Q}_0$ . Deze laatste grootte bedraagt voor de 4 genoemde maanden respectievelijk 6,9 %; 1,5 %; 4,4 % en 4,9 %.



In tabel XX zijn de gewogen daggemiddelden van  $\alpha$  van een gemiddelde dag in maart, juni, september en december van de jaren 1954 tot en met 1958 bijeen gezet met hun gemiddelde waarden  $\bar{\alpha}$  en hun procentuële standaardafwijkingen  $s / \bar{\alpha}$  ; deze laatste grootheid heeft voor de 4 genoemde maanden de respectieve waarden 13,6 %; 9,4 %; 10,8 % en 9,2 %.

De procentuële standaardafwijkingen in  $\alpha$  zijn dus ongeveer 2,4 maal zo groot als die in  $Q_0$ . Dit grote verschil tussen de procentuële standaardafwijkingen is wel te begrijpen. Immers, de variaties in  $Q_0$  hangen alleen af van de meerdere of mindere doorlaatbaarheid van de dampkring zonder bewolking. De variaties in  $\alpha$  worden tevoorschijn geroepen door meerdere of mindere doorlaatbaarheid van een gesloten wolkendeck; dit kan uiteenlopen van een altostratus, welke juist zo dik is dat geen inbranding op het Campbell-Stokes strookje plaats vindt, tot een enorm dikke wolkenlaag, waarbij de lichtintensiteit tot bijna nul is gereduceerd.

4. Toetsing van de berekende globale straling te De Bilt en te Wageningen en de mogelijkheid tot berekening van de globale straling in elk punt van Nederland.

In de inleiding is reeds besproken dat de waarden van  $Q_0$  voor elk van de uurvakken van een gemiddelde dag in elk van de 12 maanden wel dezelfde zullen zijn voor geheel Nederland.  $\alpha$  is een doorlaatbaarheidscoëfficiënt voor zonlicht van een wolkendeck met een gemiddelde dikte. Uit de verschillende tabellen kan worden geconstateerd, dat

$\alpha$  niet geheel onafhankelijk van de zonshoogte is; deze is voor kleine zonshoogten namelijk wel van de zonshoogte afhankelijk. Daarom mogen we dan ook verwachten, dat  $\alpha$  voor een uurvak van een bepaalde dag gemiddeld over vele jaren dezelfde waarde heeft over het gehele land en ook dat  $\alpha$  voor een uurvak van een gemiddelde dag in een maand dezelfde waarde over het gehele land heeft.

Teneinde de bruikbaarheid van de  $Q_0$ - en  $\alpha$  -waarden, welke respectievelijk in tabel XIII en XIV verzameld zijn, te toetsen, hebben we de hoeveelheid globale straling te De Bilt berekend voor elke dag van het jaar 1958 met behulp van tabellen XIII en XIV en de te De Bilt waargenomen relatieve zonnenschijnduur in elk uurvak van het gehele jaar door gebruik te maken van de formule (1) van Ångström.

Vervolgens hebben we de wortel uit de restvariantie voor elk van de 12 maanden van 1958 berekend of, wat hetzelfde is, de standaardafwijking voor elke maand van het verschil tussen de berekende en de waargenomen dagsommen van de globale straling. Deze 12 getallen staan vermeld in kolom 2 van tabel XXI. Uit kolom 2 blijkt dat de standaardafwijking in de zomermaanden het grootste en in november, december en januari het kleinste is.

D.A. de Vries [2, p.297] heeft de formule van Ångström toegepast op dagsommen van de globale straling waargenomen te Wageningen in het 16-jarige tijdvak van 1938 tot en met 1953. Dit leverde dus 12  $Q_0$ - en 12  $\alpha$ -waarden op; één stel voor elke maand van het jaar. De standaardafwijking van de maand van het jaar gedurende het 16-jarige tijdvak is overgenomen in kolom 6.

Tabel XXI

1	2	3	4	5	6	7	8	9
jan	15	0.79	17	0.89	19	1.00	19	1.00
feb	28	0.97	28	0.97	29	1.00	25	0.86
mrt	38	0.76	44	0.88	50	1.00	50	1.00
apr	38	0.62	47	0.77	61	1.00	58	0.95
mei	37	0.60	37	0.60	62	1.00	60	0.97
jun	48	0.66	63	0.86	73	1.00	74	1.01
jul	50	0.77	53	0.82	65	1.00	62	0.95
aug	37	0.58	35	0.55	64	1.00	44	0.69
sep	36	0.78	37	0.80	46	1.00	35	0.76
okt	27	0.75	27	0.75	36	1.00	25	0.69
nov	19	0.86	20	0.91	22	1.00	20	0.91
dec	12	0.80	14	0.93	15	1.00	13	0.87
gem		0.75		0.82		1.00		0.89

In dezelfde publicatie heeft de Vries [2, p.298] een andere formule geponeerd om dagwaarden van de globale straling te berekenen. Hierbij is  $\alpha$  constant gehouden, n.l. gelijk aan het gemiddelde (0,29) van de 12 zo juist genoemde  $\alpha$ -waarden, terwijl door de 12 zo juist genoemde  $Q_0$ -waarden, voor elke maand één,

een vloeiende kromme is getrokken, waaruit de  $Q_0$ -waarde voor elke dag van het jaar, genaamd  $Q_1$ , werd afgelezen. Dan wordt voor een bepaalde dag de globale straling berekend met de formule  $Q = Q_1 (0,29 + 0,71 s / s_0)$ . (11)

Met behulp van deze formule en de 365 in [2, p.298] gepubliceerde  $Q_1$ -waarden zijn voor Wageningen voor het gehele jaar 1958 de dagwaarden van de globale straling berekend, daarbij gebruik makende van de te Wageningen gemeten relatieve zonschijnduur per dag ( $s/s_0$ ). De standaardafwijkingen in  $\text{cal cm}^{-2} \text{dag}^{-1}$  voor elke maand zijn in kolom 8 van tabel XXI verzameld.

Tenslotte hebben we met behulp van de voor De Bilt berekende uurvakwaarden van  $\alpha$  en  $Q_0$  en met de te Wageningen waargenomen uurvakwaarden van de relatieve zonschijnduur de dagwaarden van de globale straling te Wageningen berekend voor elke dag van het jaar 1958. De standaardafwijkingen tussen de berekende en de waargenomen dagwaarden voor elke maand van 1958 zijn in kolom 4 van tabel XXI bijeen gebracht.

Als nu de standaardafwijkingen in kolom 6 als basis van de dagwaardenberekening genomen worden, dan zijn de quotiënten van de waarden in kolom 2 gedeeld door de overeenkomstige uit kolom 6 in kolom 3 verzameld; de quotiënten van de waarden in kolom 4 gedeeld door de overeenkomstige van kolom 6 in kolom 5; de eenheid telkens in kolom 7 en de waarden uit kolom 8 gedeeld door de waarden uit kolom 6 in kolom 9.

Als nu de gemiddelde waarden van kolom 3, 5, 7 en 9 worden bepaald, dan blijken deze de waarden 0,75 0,82 1,00 en 0,89 respectievelijk te bezitten. Dit betekent, dat, indien we overgaan van aan dagwaarden van de globale straling aangepaste dagwaarden van

$\alpha$  en  $Q_0$  op aan uurvakwaarden van de globale straling aangepaste uurvakwaarden van  $\alpha$  en  $Q_0$ , de standaardafwijking van de verschillen tussen de waargenomen en berekende dagwaarden van de globale straling gemiddeld 25 % kleiner wordt.

De gemiddelde uurvakwaarden van  $\alpha$  en  $Q_0$  van De Bilt mogen ook voor andere plaatsen in Nederland worden gebruikt om dagsommen van de globale straling te berekenen. Dit blijkt uit kolom 5. De standaardafwijking van de aldus berekende dagwaarden van de globale straling te Wageningen blijkt, hoewel geen 25 %, toch nog 18 % kleiner te zijn dan de standaardafwijking van de direct berekende dagwaarden.

Zelfs de tweede formule van De Vries voor berekening van dagwaarden levert betere waarden, 11 % kleinere standaardafwijking, dan die op de klassieke wijze berekend.

Samenvatting.

- A. Ångström heeft een lineair verband gelegd tussen dagwaarden van de globale straling, gemeten op een bepaalde plaats op aarde, en de waargenomen dagwaarden van de relatieve zonnenschijnduur:

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

waarin  $Q$  = gemeten globale straling in  $\text{cal cm}^{-2} \text{ dag}^{-1}$

$Q_0$  = globale straling in  $\text{cal cm}^{-2} \text{ dag}^{-1}$  bij een volkomen heldere hemel

$\alpha$  = constante

$s/s_0$  = relatieve zonnenschijnduur gedurende de beschouwde dag.

Deze formule is toegepast geworden op uurvakwaarden van de globale straling gemeten te De Bilt vanaf januari 1954. Zo is met behulp van de methode van de kleinste kwadraten voor het uurvak 08.00 tot 09.00 ware zonnetijd van de maand januari 1954 de  $Q_0$ - en de  $\alpha$ -waarde bepaald. Deze waarden zijn ook voor de overige uurvakken van januari berekend. Eveneens zijn deze waarden bepaald voor de overdag uurvakken van de overige maanden van het jaar 1954 (zie tabel I en II).

Hetzelfde is verricht voor de jaren 1955, 1956, 1957, 1958 en voor 1959 voor zover dit bewerkt is geworden (zie tabel III tot en met tabel XII).

Uit deze tabellen blijkt, dat  $Q_0$  zeer sterk afhankelijk is van de zonshoogte. Voor gelijke zonshoogtes levert de maand april de grootste waarden van  $Q_0$  op. Ook blijkt dat  $\alpha$  slechts bij kleine zonshoogte afhankelijk van deze hoogte is; een kleine zonshoogte komt overeen met een kleine waarde van  $\alpha$ . Voor grotere zonshoogten is de waarde van  $\alpha$  vrijwel onafhankelijk van deze hoogte. Een scherpe overgang tussen beide gevallen bestaat niet.

Vervolgens is het arithmetisch gemiddelde bepaald van de uurvakwaarden van  $Q_0$  en van  $\alpha$  voor een gemiddelde dag in elk van de 12 maanden over de 5 jaren 1954 tot en met 1958 (zie tabel XIII en XIV).

Wil men nu dagwaarden van de globale straling berekenen zonder eerst alle uurvakwaarden daarvan te bepalen, dus om rekenwerk te besparen, dan kan dit op de volgende manier, waarvan de juistheid op statistische wijze is aangetoond, gebeuren. De dagsom van de uurvakwaarden van  $Q_0$  wordt verkregen door de uurvakwaarden op te tellen. Deze dagsommen staan in de laatste regel van tabel XIII. De dagwaarde van  $\alpha$  wordt bepaald door een gewogen gemiddelde van de uurvakwaarden van  $\alpha$  te nemen, waarbij als gewichten de overeenkomstige uurvakwaarden van  $Q_0$  dienen. Deze dagwaarden van  $\alpha$  staan in de laatste regel van tabel XIV. De dagwaarde van de op de beschouwde dag waargenomen uurvakwaarden van  $s/s_0$  wordt verkregen door deze uurvakwaarden te middelen met de corresponderende uurvakwaarden van  $Q_0$  als gewichten. Deze grootte is dus de enige, welke uit de waarnemingen moet worden berekend; de beide andere nodige grootheden zijn uit de genoemde tabellen te nemen.

Uit de tabellen I tot en met XII blijkt dat de relatieve spreiding in de  $\alpha$ -waarden van jaar tot jaar enkele malen groter is dan die in  $Q_0$ -waarden.

Teneinde het nut aan te tonen van de berekening van dagwaarden van de globale straling met behulp van de uurvakwaarden van  $Q_0$ ,  $\alpha$  en  $s/s_0$  zijn de 365 dagwaarden voor 1958 berekend voor De Bilt met behulp van tabel XIII en XIV en de waargenomen uurvakwaarden van  $s/s_0$  volgens de aangegeven korte berekeningsmethode. De standaardafwijking van de verschillen tussen de berekende en de waargenomen dagwaarden van de globale straling is voor elke maand van 1958 berekend en is vermeld in tabel XXI. Eveneens zijn de 365 dagwaarden van de globale straling te Wageningen op dezelfde wijze berekend met behulp van de berekende uurvakwaarden voor  $Q_0$  en  $\alpha$  van De Bilt en de waargenomen  $s/s_0$ -waarden van Wageningen. Ook hiervan is de standaardafwijking voor elke maand berekend. Het blijkt nu, dat de standaardafwijking in de dagwaarden voor De Bilt 25 % en in de dagwaarden voor Wageningen 18 % kleiner is geworden ten opzichte van de standaardafwijking van de dagwaarden voor Wageningen berekend met een formule voor dagwaarden. Men mag dus de uurvakwaarden voor  $Q_0$  en  $\alpha$  berekend voor De Bilt ook gebruiken voor andere plaatsen in Nederland, indien slechts de uurvakwaarden van  $s/s_0$  voor die andere plaatsen bekend zijn.

Summary.

- A. Ångström rightly assumed a linear regression between daily values of the global radiation measured at a certain place, and the observed daily values of the relative duration of sunshine:

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

where  $Q$  = the measured global radiation in  $\text{cal cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$

$Q_0$  = global radiation in  $\text{cal cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$  with a perfectly clear sky

$\alpha$  = a constant

$s/s_0$  = the relative duration of sunshine during the day under consideration.

In the present paper this equation has been applied to one hour period values of the global radiation measured at De Bilt from January 1954 upwards. With the aid of the method of least squares the  $Q_0$ - and  $\alpha$ -value for the one hour period from 08.00 to 09.00 in true solar time (of all days) in the month of January 1954 have been computed. For the other one hour periods 09.00 to 10.00, 10.00 to 11.00, etc., these values have also been computed. The same has been done for the daily one hour periods of the remaining months of the year 1954 (see tables I and II). In exactly the same way  $Q_0$ - and

$\alpha$ -values have been computed for the years 1955, 1956, 1957, 1958 and for 1959 as far as possible (see table III up to and including table XII).

From these tables it appears that  $Q_0$  strongly depends on the sun's height. For equal sun's height the month of April shows the greatest values of  $Q_0$ , i.e. the transparency of the atmosphere for solar radiation has its greatest value in April. It appears also that  $\alpha$  is dependent on the sun's height, provided this height is only small. For greater heights of the sun the value of  $\alpha$  is more or less independent on this height. A well-defined transition between both cases does not exist.

Further, the arithmetic mean of the hourly values of  $Q_0$  and of  $\alpha$  for an average day in each of the 12 months has been computed for the period 1954 up to and including 1958 (see tables XIII and XIV).

One may compute daily values of global radiation without having computed first the hourly components. It has been shown that the method is statistically correct. The daily sum of the one-hour period values of  $Q_0$  is simply obtained by the addition of these hourly values. These daily sums may be read in the last line of table XIII. The daily value of  $\alpha$  is determined by computing a weighted mean of the hourly values of  $\alpha$  where the weights are the corresponding hourly values of  $Q_0$ . These daily values of  $\alpha$  may be read in the last line of table XIV. The daily value of the relative duration of sunshine on the day considered is obtained by computing a weighted mean of the hourly values of  $s/s_0$ , the corresponding hourly values of  $Q_0$  being the weights. The daily value of the relative duration of sunshine is the only quantity to be computed from the observations, whereas the daily value of  $Q_0$  and that of  $\alpha$  have to be read from the mentioned tables.

From table II up to and including table XII it appears that the relative standard deviation of the  $\alpha$  -values throughout the years is a few times larger than that of the  $Q_0$ -values.

In order to show the use of the computation of the daily values of the global radiation with the aid of the hourly values of  $Q_0$ ,

$\alpha$  and  $s/s_0$ , the 365 daily values for 1958 have been computed for De Bilt, while the daily values of  $Q_0$  and of  $\alpha$  have been read from the last line of tables XIII and XIV and the daily values of  $s/s_0$  have been computed from the one-hour period ones in the indicated way. The standard deviation of the differences between the calculated and the observed daily values of the global radiation is determined for every month of 1958 and these values have been entered in table XXI. The 365 daily values of the global radiation have been computed for Wageningen in the same way with the aid of the  $Q_0$ - and  $\alpha$  -values for De Bilt and the  $s/s_0$ -values observed at Wageningen. The standard deviation for every month is also calculated. It appears that the standard deviation of the daily values for De Bilt on the average has become smaller by 25 % and of the daily values for Wageningen by 18 % with regard to the standard deviation of the daily values for Wageningen computed directly from a formula for daily values.

The conclusion is therefore that the one-hour period values of  $Q_0$  and of  $\alpha$  computed for De Bilt may be used for the computation of global radiation at other places in the Netherlands, if only the one-hour period values of  $s/s_0$  are known at those places.

L I T E R A T U U R

- [1] Ångström, A.; Quarterly Journ. R. Met. Soc., 50 (1924)
- [2] Vries, D.A. de; Meded. van de L.H.S. te Wageningen, Nederland, 55 (1955), blz. 277-304
- [3] Black, J.N., Bonython, C.W. and Prescott, J.A.; Solar radiation and the duration of sunshine, Quarterly Journ. R. Met. Soc., 80 (1954)



Tabel I

Q <sub>o</sub> - waarden voor 1954 te De Bilt (in cal cm <sup>-2</sup> )												
tijdvak	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
4-5					8.4	7.7	9.5					
5-6				8.4	13.0	15.9	17.0	47.1				
6-7			-	14.4	23.0	29.8	28.0	17.9	13.2			
7-8		-	20.5	26.1	35.5	39.1	37.4	27.5	22.9	18.0		
8-9	5.2	7.9	27.2	37.8	46.5	49.3	49.0	40.6	32.3	22.6	15.1	6.3
9-10	10.0	16.7	35.1	46.8	55.6	58.0	53.0	47.1	38.2	27.0	15.7	9.6
10-11	18.8	24.7	42.7	55.8	61.3	65.5	56.4	52.2	44.5	37.1	23.8	14.5
11-12	23.6	29.5	47.4	54.7	64.1	63.4	57.3	52.9	46.9	34.6	24.1	18.7
12-13	23.1	30.0	43.4	56.9	63.5	58.5	60.5	56.9	47.4	31.9	23.9	18.3
13-14	21.7	27.7	40.6	56.1	59.2	61.2	57.3	51.2	42.0	33.7	18.7	15.4
14-15	16.6	21.5	34.4	49.1	53.1	53.1	53.9	47.9	40.0	25.0	12.0	7.5
15-16	12.9	17.4	27.5	42.2	45.0	46.6	45.1	38.5	31.0	17.8	5.4	3.0
16-17		15.1	17.1	28.7	34.3	38.2	37.9	28.2	18.1	11.9		
17-18			11.9	16.7	20.3	35.6	24.9	15.5	8.5			
18-19				7.9	9.2	13.0	13.5	7.6				
19-20					8.9	5.3	6.7					
gem. dagson	131.9	190.5	347.8	501.6	599.7	630.2	607.4	531.1	385.0	259.6	158.7	93.3

Tabel II

α - waarden voor 1954 te De Bilt												
tijdvak	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
4-5					0.22	0.28	0.18					
5-6				0.16	0.37	0.34	0.23	0.06				
6-7			-	0.36	0.37	0.26	0.24	0.39	0.31			
7-8		-	0.20	0.39	0.34	0.28	0.26	0.41	0.32	0.19		
8-9	0.16	0.45	0.29	0.33	0.31	0.37	0.26	0.32	0.33	0.31	0.27	0.18
9-10	0.35	0.39	0.32	0.35	0.30	0.38	0.26	0.40	0.38	0.39	0.50	0.31
10-11	0.25	0.34	0.32	0.30	0.30	0.36	0.33	0.44	0.32	0.31	0.39	0.30
11-12	0.27	0.35	0.32	0.33	0.35	0.34	0.36	0.48	0.30	0.34	0.43	0.31
12-13	0.27	0.34	0.35	0.21	0.31	0.40	0.27	0.37	0.28	0.37	0.47	0.31
13-14	0.26	0.35	0.36	0.28	0.29	0.30	0.35	0.36	0.33	0.27	0.45	0.26
14-15	0.23	0.29	0.32	0.23	0.33	0.34	0.31	0.30	0.29	0.31	0.41	0.33
15-16	0.20	0.25	0.31	0.25	0.36	0.37	0.35	0.32	0.27	0.28	0.39	0.19
16-17		0.12	0.39	0.23	0.38	0.34	0.33	0.39	0.33	0.16		
17-18			0.20	0.22	0.48	0.34	0.34	0.38	0.35			
18-19				0.19	0.57	0.38	0.35	0.34				
19-20					0.13	0.36	0.26					
gew. gemidd.	0.26	0.32	0.32	0.28	0.33	0.34	0.30	0.35	0.31	0.31	0.37	0.29

Tabel III

Q <sub>0</sub> - waarden voor 1955 te De Bilt (in cal cm <sup>-2</sup> )												
tijdvak	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
4-5					19.6	8.1	5.2					
5-6				10.0	14.6	15.4	11.7	7.5				
6-7			9.6	17.4	26.3	26.6	23.2	15.5	13.2			
7-8		6.8	14.6	28.5	35.9	40.4	34.9	26.2	19.4	13.7	14.2	
8-9	4.8	12.3	24.9	40.8	47.4	50.7	47.4	37.1	31.2	20.2	11.5	4.3
9-10	11.7	23.4	33.5	48.6	55.0	58.0	58.0	46.6	39.2	28.2	16.1	10.4
10-11	18.2	29.6	40.6	51.8	59.8	64.7	63.3	52.4	44.3	33.8	22.6	15.9
11-12	20.2	36.1	44.7	55.8	63.5	68.5	63.4	54.3	49.5	38.0	23.0	17.4
12-13	21.9	34.3	45.2	54.6	64.3	66.1	64.5	54.0	48.1	36.7	23.0	19.7
13-14	18.9	32.1	41.2	53.2	60.6	63.3	60.1	53.2	46.4	31.5	18.0	16.2
14-15	14.6	26.9	35.6	47.2	56.5	60.3	54.8	45.9	38.9	25.2	12.1	9.2
15-16	10.2	18.1	25.7	37.6	48.5	49.5	46.3	37.4	28.7	14.8	4.9	2.2
16-17		11.7	16.2	27.6	36.3	37.9	36.2	26.8	17.3	7.2		
17-18			8.5	14.9	25.1	26.1	24.0	16.3	9.6			
18-19				6.6	12.6	14.5	11.9	10.0	9.2			
19-20					6.8	6.2	7.3	4.2				
dagson	120.5	231.3	340.3	494.6	632.8	656.3	612.2	487.4	395.0	249.3	145.4	95.3

Tabel IV

α - waarden voor 1955 te De Bilt												
tijdvak	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
4-5					0.06	0.24	0.21					
5-6				0.16	0.29	0.32	0.37	0.32				
6-7			0.13	0.29	0.30	0.31	0.37	0.46	0.28			
7-8		0.10	0.32	0.32	0.37	0.30	0.39	0.40	0.44	0.20	0.06	
8-9	0.20	0.30	0.34	0.33	0.41	0.31	0.30	0.42	0.43	0.27	0.26	0.23
9-10	0.29	0.34	0.33	0.35	0.35	0.34	0.31	0.43	0.34	0.28	0.37	0.27
10-11	0.31	0.38	0.35	0.35	0.34	0.32	0.30	0.44	0.34	0.28	0.35	0.28
11-12	0.34	0.37	0.39	0.37	0.33	0.28	0.35	0.48	0.34	0.31	0.41	0.28
12-13	0.33	0.36	0.34	0.35	0.28	0.26	0.37	0.49	0.29	0.27	0.36	0.20
13-14	0.30	0.33	0.38	0.29	0.29	0.30	0.39	0.40	0.31	0.29	0.40	0.21
14-15	0.26	0.34	0.34	0.28	0.33	0.31	0.36	0.47	0.33	0.25	0.30	0.25
15-16	0.20	0.35	0.35	0.33	0.28	0.28	0.32	0.50	0.36	0.31	0.29	0.16
16-17		0.22	0.38	0.33	0.32	0.27	0.31	0.49	0.31	0.14		
17-18			0.30	0.35	0.29	0.23	0.38	0.39	0.24			
18-19				0.24	0.28	0.30	0.39	0.29	0.02			
19-20					0.16	0.30	0.18	0.05				
gew. gemidd.	0.30	0.34	0.35	0.33	0.31	0.30	0.34	0.44	0.33	0.27	0.33	0.24

Tabel V

Q <sub>o</sub> - waarden voor 1956 te De Bilt (in cal cm <sup>-2</sup> )												
tijdvak	jan.	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
4-5					10.5	9.9	14.2					
5-6				10.0	14.3	18.3	13.3	10.7				
6-7			9.9	21.8	23.8	29.3	23.4	15.9	14.7			
7-8		6.2	14.0	30.1	35.7	28.1	34.1	29.4	18.5	21.7	13.1	
8-9	5.0	12.5	24.3	40.7	47.1	49.0	44.3	39.0	27.2	22.1	10.5	7.6
9-10	10.9	23.6	33.2	50.1	54.9	59.2	49.8	48.3	36.7	26.7	16.9	11.6
10-11	17.3	30.7	39.7	58.1	60.4	60.2	54.0	58.3	43.8	36.0	21.9	16.0
11-12	21.0	34.9	45.6	59.4	61.3	61.5	58.2	57.6	45.8	34.3	23.8	18.3
12-13	21.7	36.9	46.7	56.1	63.9	63.7	61.5	59.0	44.9	33.7	24.4	18.1
13-14	16.9	32.8	41.7	55.6	61.0	61.4	59.6	55.4	40.2	31.2	19.6	11.1
14-15	13.1	26.6	35.4	49.9	53.7	57.1	53.7	48.2	32.9	21.7	12.8	9.3
15-16	8.7	15.9	26.0	42.3	44.4	51.1	47.5	37.3	24.2	14.6	4.6	3.3
16-17		11.2	15.9	31.8	33.4	41.9	37.4	28.1	18.3	8.2		
17-18			17.0	15.6	20.8	28.1	24.5	16.5	13.5			
18-19				5.2	10.8	13.8	11.8	9.0				
19-20					4.0	6.7	6.0	7.5				
dagsom	114.6	231.3	349.4	526.7	600.0	639.3	593.3	520.2	360.7	250.2	147.6	95.3

Tabel VI

α - waarden voor 1956 te De Bilt												
tijdvak	jan.	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
4-5					0.15	0.23	0.10					
5-6				0.13	0.38	0.29	0.26	0.22				
6-7			0.12	0.25	0.38	0.29	0.31	0.42	0.23			
7-8		0.17	0.36	0.25	0.39	0.30	0.33	0.36	0.40	0.16	0.04	
8-9	0.11	0.40	0.43	0.27	0.41	0.37	0.34	0.37	0.41	0.33	0.26	0.12
9-10	0.18	0.38	0.41	0.28	0.39	0.32	0.43	0.38	0.37	0.46	0.33	0.20
10-11	0.16	0.41	0.44	0.30	0.33	0.33	0.39	0.26	0.33	0.31	0.35	0.25
11-12	0.20	0.43	0.45	0.30	0.36	0.38	0.38	0.33	0.35	0.38	0.34	0.29
12-13	0.21	0.41	0.42	0.36	0.35	0.35	0.32	0.29	0.34	0.39	0.30	0.30
13-14	0.22	0.42	0.44	0.31	0.33	0.37	0.34	0.30	0.37	0.38	0.28	0.36
14-15	0.17	0.41	0.47	0.32	0.35	0.37	0.32	0.32	0.40	0.34	0.31	0.22
15-16	0.09	0.47	0.43	0.28	0.40	0.28	0.21	0.42	0.37	0.29	0.33	0.16
16-17		0.28	0.35	0.27	0.36	0.27	0.26	0.33	0.30	0.18		
17-18			0.14	0.30	0.35	0.28	0.32	0.39	0.17			
18-19				0.27	0.26	0.34	0.45	0.31				
19-20					0.25	0.23	0.31	0.06				
gew. gemidd.	0.18	0.40	0.41	0.29	0.36	0.33	0.33	0.33	0.35	0.34	0.29	0.26

Tabel VII

Q <sub>0</sub> - waarden voor 1957 te De Bilt (in cal cm <sup>-2</sup> )												
tijdvak	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
4-5					7.2	7.2	11.0	8.6				
5-6				10.2	15.4	15.4	12.5	8.8				
6-7				15.9	27.3	26.2	25.6	19.1	21.7	15.3		
7-8		6.3	15.4	27.5	39.4	37.8	36.7	29.8	24.4	14.6	14.0	
8-9	5.8	13.0	21.1	40.4	49.4	48.3	46.5	41.8	33.4	25.7	13.5	6.9
9-10	12.3	21.2	29.3	47.0	58.7	56.8	55.4	50.6	41.9	33.0	22.2	12.0
10-11	20.9	29.6	37.6	53.9	64.0	63.2	55.2	50.9	47.1	36.5	25.4	16.9
11-12	25.7	35.6	43.3	57.9	67.9	65.1	62.8	57.3	49.7	39.1	26.2	20.6
12-13	26.0	33.0	43.2	57.2	68.3	66.9	59.9	55.0	47.0	34.9	28.7	19.0
13-14	22.7	31.9	42.1	53.1	62.5	61.9	61.6	54.0	40.8	32.7	20.9	15.4
14-15	17.0	22.7	34.0	46.3	54.8	55.5	54.1	50.9	39.6	24.5	13.1	8.8
15-16	8.3	17.8	26.6	35.9	45.3	48.8	48.0	41.8	31.1	16.6	6.5	2.8
16-17		27.0	18.2	23.8	34.9	38.5	36.8	31.8	19.0	9.3		
17-18			11.0	13.1	22.6	25.4	24.6	16.9	10.3			
18-19				4.4	11.6	14.3	12.7	8.2				
19-20					4.5	5.7	6.0	4.8				
dagsom	138.7	238.1	321.8	486.6	633.8	637.0	609.4	530.3	406.0	282.2	170.5	102.4

Tabel VIII

α - waarden voor 1957 te De Bilt												
tijdvak	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
4-5					0.19	0.38	0.10	0.02				
5-6				0.20	0.31	0.45	0.35	0.20				
6-7				0.32	0.34	0.54	0.30	0.28	0.14	0.04		
7-8		0.10	0.39	0.33	0.32	0.49	0.27	0.31	0.28	0.25	0.05	
8-9	0.25	0.26	0.34	0.41	0.33	0.46	0.34	0.26	0.29	0.25	0.20	0.15
9-10	0.30	0.30	0.32	0.41	0.35	0.31	0.33	0.32	0.26	0.35	0.21	0.24
10-11	0.26	0.27	0.30	0.36	0.36	0.35	0.32	0.36	0.25	0.35	0.25	0.28
11-12	0.25	0.24	0.26	0.40	0.40	0.42	0.32	0.30	0.28	0.31	0.24	0.27
12-13	0.22	0.27	0.31	0.46	0.33	0.35	0.40	0.28	0.30	0.29	0.21	0.28
13-14	0.22	0.28	0.30	0.44	0.31	0.37	0.34	0.32	0.31	0.26	0.23	0.27
14-15	0.26	0.35	0.32	0.40	0.35	0.40	0.35	0.25	0.23	0.24	0.24	0.31
15-16	0.26	0.25	0.32	0.42	0.37	0.37	0.32	0.27	0.25	0.23	0.19	0.31
16-17		0.06	0.26	0.43	0.35	0.36	0.32	0.25	0.24	0.12		
17-18			0.15	0.48	0.29	0.33	0.32	0.36	0.17			
18-19				0.43	0.27	0.23	0.39	0.27				
19-20					0.13	0.30	0.22	0.04				
gew. gemidd.	0.25	0.25	0.30	0.40	0.34	0.39	0.33	0.29	0.26	0.27	0.21	0.27

- 29 -  
Tabel IX

Q <sub>o</sub> - waarden voor 1958 te De Bilt (in cal cm <sup>-2</sup> )												
tijdvak	jan.	feb.	mrt.	apr.	mei	jun.	jul.	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.
4-5					16.9	8.8	6.9					
5-6				14.0	14.8	14.9	13.7	9.1				
6-7			17.9	14.7	22.6	25.8	22.6	19.0	11.5			
7-8		3.9	15.7	26.5	35.8	38.0	34.3	30.0	20.9	17.9	15.6	
8-9	5.6	10.7	27.3	38.4	45.2	49.0	44.7	40.1	30.9	26.9	11.5	8.1
9-10	13.2	23.3	37.1	49.0	56.2	56.9	54.1	49.9	40.9	33.2	23.2	10.7
10-11	19.8	30.6	44.1	56.0	59.7	63.8	58.2	54.7	47.2	34.7	24.8	17.0
11-12	23.7	36.0	47.9	57.6	64.6	66.3	61.0	56.6	50.9	40.9	25.6	19.6
12-13	24.5	36.9	47.2	59.2	64.2	68.1	61.1	54.9	49.1	38.5	28.3	19.5
13-14	22.1	35.8	44.3	55.3	62.0	63.7	57.3	50.6	45.1	34.4	20.0	15.8
14-15	16.5	27.7	39.3	50.0	52.5	57.1	53.3	45.6	38.4	28.0	13.0	9.7
15-16	9.6	22.9	28.8	38.4	45.3	48.4	45.9	40.3	29.0	18.4	5.7	4.4
16-17		13.5	17.9	27.2	35.1	37.3	34.8	28.3	17.4	7.4	2.0	
17-18			20.5	14.1	23.1	25.5	23.5	19.5	10.7	2.6		
18-19				7.2	12.5	13.6	11.9	12.1				
19-20					4.1	6.1	6.9					
dagsom	135.0	241.3	388.0	507.6	614.6	643.3	590.2	510.7	392.0	282.9	169.7	104.8

Tabel X

α - waarden voor 1958 te De Bilt												
tijdvak	jan.	feb.	mrt.	apr.	mei	jun.	jul.	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.
4-5					0.07	0.25	0.23					
5-6				0.09	0.30	0.33	0.35	0.24				
6-7			0.06	0.30	0.43	0.32	0.36	0.30	0.26			
7-8		0.19	0.26	0.31	0.35	0.33	0.36	0.32	0.35	0.19	0.04	
8-9	0.23	0.40	0.35	0.34	0.35	0.34	0.32	0.32	0.36	0.22	0.25	0.08
9-10	0.23	0.28	0.36	0.29	0.35	0.33	0.27	0.30	0.36	0.23	0.22	0.23
10-11	0.22	0.24	0.37	0.27	0.36	0.33	0.33	0.36	0.33	0.29	0.28	0.29
11-12	0.26	0.29	0.33	0.30	0.36	0.39	0.32	0.40	0.31	0.26	0.33	0.28
12-13	0.27	0.26	0.31	0.29	0.35	0.34	0.31	0.41	0.27	0.28	0.25	0.25
13-14	0.22	0.24	0.31	0.27	0.36	0.37	0.31	0.39	0.27	0.26	0.26	0.24
14-15	0.19	0.24	0.30	0.31	0.34	0.33	0.33	0.29	0.27	0.20	0.28	0.20
15-16	0.15	0.19	0.32	0.38	0.35	0.30	0.26	0.27	0.32	0.20	0.18	0.06
16-17		0.10	0.34	0.36	0.32	0.30	0.34	0.29	0.36	0.17	0.01	
17-18			0.11	0.37	0.26	0.34	0.40	0.27	0.19	0.02		
18-19				0.20	0.25	0.41	0.46	0.16				
19-20					0.16	0.33	0.23					
gew. gemidd.	0.23	0.25	0.30	0.30	0.34	0.34	0.32	0.33	0.31	0.24	0.24	0.23

Tabel XI

Q <sub>0</sub> - waarden voor 1959 te De Bilt (in cal cm <sup>-2</sup> )												
tijdvak	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
4-5					7.5	6.1	5.4					
5-6				8.3	12.0	14.8	12.4	8.2	7.1			
6-7			10.7	17.8	22.7	25.9	23.6	16.8	12.1	7.5		
7-8		5.3	14.3	29.1	34.5	37.7	35.3	28.0	19.4	12.7		
8-9	6.5	12.2	21.3	40.0	47.0	50.1	46.1	40.8	30.0	18.7	11.0	
9-10	13.2	21.2	32.5	46.0	58.2	60.0	55.7	49.0	38.7	27.2	17.0	8.2
10-11	20.1	27.4	39.5	55.7	64.3	65.1	63.0	55.7	45.4	32.2	22.7	13.4
11-12	25.2	31.4	45.3	55.7	66.0	66.8	63.8	60.2	48.6	35.2	24.1	18.0
12-13	24.9	32.3	46.6	58.8	64.4	67.8	64.4	62.1	48.8	34.4	22.5	18.4
13-14	21.8	30.3	39.0	54.9	60.8	63.2	60.3	56.2	45.8	28.6	17.6	14.2
14-15	14.9	22.5	34.4	48.6	54.7	58.4	57.5	50.8	38.0	21.6	11.8	9.8
15-16	9.6	12.7	27.1	41.0	44.6	49.7	47.8	37.8	27.6	12.7	5.8	
16-17		11.1	15.6	25.8	32.2	38.1	36.0	29.8	16.7	7.4		
17-18			11.4	14.6	19.9	25.5	24.6	17.1	9.7			
18-19				6.1	9.5	14.4	13.1	8.7	7.6			
19-20					3.4	4.9	5.1					
<b>dagsom</b>	<b>136.2</b>	<b>206.4</b>	<b>337.9</b>	<b>502.4</b>	<b>601.7</b>	<b>648.5</b>	<b>614.1</b>	<b>521.2</b>	<b>395.5</b>	<b>238.2</b>	<b>132.5</b>	<b>82.0</b>

Tabel XII

α - waarden voor 1959 te De Bilt												
tijdvak	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
4-5					0.14	0.46	0.23					
5-6				0.20	0.37	0.39	0.37	0.38	0.07			
6-7			0.08	0.27	0.35	0.41	0.29	0.45	0.28	0.11		
7-8		0.11	0.25	0.31	0.35	0.34	0.27	0.36	0.46	0.22		
8-9	0.18	0.24	0.39	0.34	0.36	0.38	0.30	0.37	0.49	0.33	0.31	
9-10	0.27	0.27	0.31	0.33	0.33	0.34	0.35	0.34	0.55	0.30	0.31	0.36
10-11	0.30	0.29	0.30	0.33	0.29	0.35	0.33	0.24	0.47	0.25	0.37	0.34
11-12	0.26	0.29	0.25	0.33	0.34	0.30	0.33	0.32	0.42	0.27	0.37	0.26
12-13	0.25	0.27	0.23	0.29	0.38	0.27	0.32	0.26	0.41	0.25	0.38	0.25
13-14	0.21	0.29	0.28	0.27	0.43	0.27	0.26	0.32	0.36	0.26	0.35	0.27
14-15	0.24	0.26	0.25	0.33	0.41	0.31	0.32	0.35	0.37	0.25	0.32	0.22
15-16	0.19	0.27	0.28	0.29	0.35	0.29	0.27	0.38	0.39	0.22	0.24	
16-17		0.12	0.34	0.38	0.45	0.27	0.24	0.40	0.43	0.10		
17-18			0.12	0.30	0.35	0.30	0.26	0.41	0.18			
18-19				0.17	0.33	0.33	0.28	0.35	0.05			
19-20					0.18	0.46	0.30					
<b>gew. gemidd.</b>	<b>0.25</b>	<b>0.26</b>	<b>0.27</b>	<b>0.31</b>	<b>0.36</b>	<b>0.32</b>	<b>0.30</b>	<b>0.33</b>	<b>0.41</b>	<b>0.25</b>	<b>0.35</b>	<b>0.28</b>

Tabel XIII

Berekende $Q_0$ -waarden te De Bilt gemiddeld over de jaren 1954 tot en met 1958												
Middelbare zonne-tijd 5° O.L. Tijdvak	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
4-5					12.3	8.3	9.4					
5-6				10.5	14.4	16.0	13.6	9.0				
6-7			12.5	16.8	24.6	27.5	24.6	17.5	14.9			
7-8		5.8	16.0	27.7	36.5	36.7	35.5	28.6	21.2	17.2	14.2	
8-9	5.3	11.3	25.0	39.6	47.1	49.3	46.4	39.7	31.0	23.5	12.4	6.6
9-10	11.6	21.6	33.6	48.3	56.1	57.8	54.1	48.5	39.4	29.6	18.8	10.9
10-11	19.0	29.0	40.9	55.1	61.0	63.5	57.4	53.7	45.4	35.6	23.7	16.1
11-12	22.8	34.4	45.8	57.1	64.3	65.0	60.5	55.7	48.6	37.4	24.5	18.9
12-13	23.4	34.2	45.1	56.8	64.8	64.7	61.5	56.0	47.3	35.1	25.7	18.9
13-14	20.5	32.1	42.0	54.7	61.1	62.3	59.2	52.9	42.9	32.7	19.4	14.8
14-15	15.6	25.1	35.7	48.5	54.1	56.6	54.0	47.7	38.0	25.9	12.6	8.9
15-16	9.9	18.4	26.9	39.3	45.7	48.9	46.6	39.1	28.8	16.4	5.4	3.1
16-17		15.7	17.1	27.8	34.8	38.8	36.6	28.6	18.0	8.8		
17-18			13.8	14.9	22.4	26.1	24.3	16.9	10.5			
18-19				6.3	11.3	13.8	12.4	9.4				
19-20					5.7	6.0	6.6	5.5				
gem. dagsom	128.1	227.6	354.4	503.4	616.2	641.3	602.7	508.8	386.0	262.2	156.7	98.2

Tabel XIV

Berekende $\alpha$ -waarden te De Bilt gemiddeld over de jaren 1954 t/m 1958												
Middelbare zonnentijd 5° O.L. Tijdvak	jan.	feb.	mart.	apr.	mei	jun.	jul.	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.
4-5					0.14	0.28	0.16					
5-6				0.15	0.33	0.35	0.31	0.21				
6-7			0.10	0.30	0.36	0.34	0.32	0.37	0.24			
7-8		0.14	0.31	0.32	0.35	0.34	0.32	0.36	0.36	0.20	0.05	
8-9	0.19	0.36	0.35	0.34	0.36	0.37	0.31	0.34	0.36	0.28	0.25	0.15
9-10	0.27	0.34	0.35	0.34	0.35	0.34	0.32	0.37	0.34	0.34	0.33	0.25
10-11	0.24	0.33	0.36	0.32	0.34	0.34	0.33	0.37	0.31	0.31	0.32	0.28
11-12	0.26	0.34	0.35	0.34	0.36	0.36	0.35	0.40	0.32	0.32	0.35	0.29
12-13	0.26	0.33	0.35	0.33	0.32	0.34	0.33	0.37	0.30	0.32	0.32	0.27
13-14	0.24	0.32	0.36	0.32	0.32	0.34	0.35	0.35	0.32	0.29	0.32	0.27
14-15	0.22	0.33	0.35	0.31	0.34	0.35	0.33	0.33	0.30	0.27	0.31	0.26
15-16	0.18	0.30	0.35	0.33	0.35	0.32	0.29	0.36	0.31	0.26	0.28	0.18
16-17		0.16	0.34	0.32	0.35	0.31	0.31	0.35	0.31	0.15		
17-18			0.18	0.34	0.33	0.30	0.35	0.36	0.22			
18-19				0.27	0.33	0.33	0.41	0.27				
19-20					0.17	0.30	0.24	0.05				
gew. gemidd.	0.24	0.31	0.33	0.32	0.34	0.34	0.32	0.35	0.31	0.29	0.29	0.26



Tabel XV

Zonshoogte voor De Bilt												
Ware Zonnetijd 50 O.L. Tijdvak	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
4-5					1° 46'	5° 19'	3° 48'					
5-6				3° 4'	10 15	13 36	12 10	6° 18'				
6-7			3° 5'	12 13	19 15	22 30	21 7	15 24	6° 58'			
7-8		3° 2'	12 2	21 22	28 27	31 41	30 19	24 35	16 1	6° 34'		
8-9	4° 0'	10 51	20 20	30 5	37 27	40 46	39 22	33 26	24 30	14 34	6° 11'	2° 4'
9-10	10 8	17 24	27 26	37 49	45 40	49 14	47 44	41 23	31 52	21 20	12 26	8 5
10-11	14 32	22 9	32 45	43 48	52 18	56 13	54 34	47 38	37 27	26 18	16 56	12 23
11-12	16 50	24 41	35 37	47 8	56 10	60 23	58 35	51 11	40 30	28 57	19 19	14 38
12-13	16 50	24 41	35 37	47 8	56 10	60 23	58 35	51 11	40 30	28 57	19 19	14 38
13-14	14 32	22 9	32 45	43 48	52 18	56 13	54 34	47 38	37 27	26 18	16 56	12 23
14-15	10 8	17 24	27 26	37 49	45 40	49 14	47 44	41 23	31 52	21 20	12 26	8 5
15-16	4 0	10 51	20 20	30 5	37 27	40 46	39 22	33 26	24 30	14 34	6 11	2 4
16-17		3 2	12 2	21 22	28 27	31 41	30 19	24 35	16 1	6 34		
17-18		3	3 5	12 13	19 15	22 30	21 7	15 24	6 58			
18-19				3 4	10 15	13 36	12 19	6 18				
19-20				1 46	1 46	5 19	3 48					

Tabel XVI

De gemeten globale straling Q per uurvak te De Bilt (1954 tot en met 1958)												
Ware zonne- tijd 5° O.L. Tijvak	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
4-5					1.6	2.8	1.5					
5-6				2.0	6.8	8.4	5.9	3.1	0.2			
6-7			1.4	8.0	15.0	15.9	12.5	9.3	4.3	0.2		
7-8		1.1	6.4	17.0	23.3	23.9	19.6	17.0	11.2	4.4	0.6	
8-9	1.4	5.2	13.7	25.7	31.5	31.9	27.4	24.5	18.3	10.0	4.2	1.1
9-10	5.2	11.2	20.8	33.0	39.1	36.9	32.2	31.6	24.6	15.2	8.4	4.1
10-11	8.8	15.9	26.1	37.9	43.1	41.4	35.7	35.9	28.4	18.9	12.1	6.8
11-12	11.4	19.0	30.6	40.8	44.5	43.7	39.3	37.9	30.5	21.3	13.3	8.0
12-13	11.3	19.4	30.8	39.7	42.9	43.2	38.6	38.0	29.1	18.5	13.4	7.7
13-14	9.7	17.5	28.1	38.6	40.4	41.8	38.4	35.6	25.7	16.8	10.3	6.3
14-15	6.8	13.6	22.9	34.3	36.3	38.1	33.3	30.0	22.0	12.2	6.0	3.4
15-16	2.6	8.0	16.2	27.7	30.6	30.8	27.7	24.9	16.1	7.0	1.9	0.6
16-17		2.6	8.9	19.4	23.2	24.3	21.4	16.9	8.9	2.1	0.0	
17-18			2.4	9.3	14.3	16.1	14.0	9.4	3.0	0.0		
18-19				2.3	6.3	8.5	7.2	3.3	0.2			
19-20					1.2	2.6	2.0	0.2				
gemidd. dagsom in cal cm <sup>-2</sup>	57.2	113.5	208.3	335.7	400.1	410.3	356.7	317.6	222.5	126.6	70.2	38.0
ber. 1	54.2	114.4	195.3	318.6	376.3	392.6	332.2	293.8	207.6	122.6	72.1	36.4 <sup>*</sup>
ber. 2	57.0	117.7	211.9	342.5	404.7	412.7	356.8	320.3	220.9	128.2	72.1	37.9 <sup>**</sup>

<sup>\*</sup> s<sub>1</sub> = 15.9

<sup>\*\*</sup> s<sub>2</sub> = 3.3

Tabel XVII

Relatieve zonneshijnduur $s/s_0$ te De Bilt (1954 tot en met 1958)												
Middelbare zonnentijd 5° O.L. Tijdvak	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
4-5					0.00	0.10	0.02					
5-6				0.06	0.22	0.28	0.20	0.10				
6-7			0.00	0.26	0.40	0.38	0.30	0.28	0.08			
7-8		0.06	0.16	0.46	0.44	0.42	0.32	0.34	0.28	0.12		
8-9	0.10	0.18	0.30	0.50	0.48	0.46	0.42	0.44	0.36	0.22	0.14	0.02
9-10	0.22	0.28	0.44	0.54	0.54	0.44	0.38	0.46	0.40	0.26	0.20	0.18
10-11	0.30	0.36	0.44	0.56	0.54	0.46	0.42	0.46	0.44	0.32	0.30	0.20
11-12	0.32	0.34	0.50	0.56	0.54	0.50	0.48	0.48	0.46	0.30	0.30	0.18
12-13	0.28	0.38	0.52	0.58	0.48	0.50	0.46	0.52	0.42	0.30	0.32	0.18
13-14	0.30	0.38	0.48	0.58	0.52	0.50	0.46	0.54	0.40	0.34	0.32	0.22
14-15	0.28	0.32	0.44	0.60	0.52	0.50	0.42	0.46	0.42	0.32	0.26	0.18
15-16	0.12	0.24	0.40	0.58	0.50	0.46	0.42	0.44	0.36	0.24	0.12	0.06
16-17		0.04	0.28	0.54	0.48	0.46	0.40	0.36	0.28	0.10		
17-18			0.02	0.42	0.48	0.46	0.36	0.32	0.10			
18-19				0.16	0.38	0.40	0.30	0.10				
19-20					0.08	0.20	0.08	0.00				
gem. per dag	0.24	0.26	0.33	0.46	0.41	0.41	0.34	0.35	0.33	0.25	0.24	0.15
gew. gemidd.	0.27	0.30	0.40	0.53	0.48	0.46	0.40	0.43	0.38	0.28	0.24	0.17

Tabel XVIII

De waargenomen hoeveelheid globale straling $Q_0$ (s/s <sub>0</sub> ) te De Bilt (1954 tot en met 1958)												
Ware zonne- tijd 50°O.L. Tijdvak	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
4-5					-	-	-					
5-6				-	14.3	14.5	12.0	8.7				
6-7			-	15.8	24.9	26.2	24.1	16.5	13.2			
7-8		-	17.0	27.9	35.8	38.1	35.6	27.5	20.8	16.3		
8-9	-	13.8	22.3	39.7	47.5	48.9	46.8	39.3	29.9	22.1	12.5	
9-10	12.0	20.4	33.1	47.9	56.2	58.3	56.1	48.6	39.3	29.5	18.2	9.6
10-11	19.0	29.6	41.0	55.0	62.8	64.2	59.9	54.4	45.1	34.8	22.6	15.6
11-12	23.4	34.6	45.6	56.8	66.2	65.3	63.9	58.2	49.3	36.8	24.4	18.0
12-13	23.0	35.2	46.2	58.0	65.5	65.5	62.6	57.2	49.0	36.6	23.2	18.5
13-14	19.9	33.6	42.3	55.9	61.7	62.5	60.0	53.7	45.1	33.2	18.1	15.1
14-15	14.9	25.8	35.1	48.9	55.1	57.9	55.4	48.2	38.8	26.5	11.7	8.3
15-16	9.8	18.4	25.9	39.7	46.0	48.1	46.6	37.9	28.0	15.1	6.9	-
16-17		-	15.9	27.8	34.6	37.9	35.6	29.1	18.2	7.3		
17-18			8.0	14.7	22.1	25.6	23.7	16.3	9.8			
18-19				-	11.1	13.7	11.8	8.4				
19-20					-	-	-	-				