

18 APR. 1960

KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT

Wetenschappelijk Rapport W.R. 59-006 (RIII 239-1959)

Dr. H.J. de Boer

De hoeveelheid ultraviolet licht in
de globale straling te De Bilt

De Bilt, 1959

Kon. Ned. Meteor. Inst.
De Bilt

All Rights Reserved.

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

I n h o u d

	blz.
Samenvatting	1
1. Inleiding	2
2. Het ultraviolet in de directe zonnestraling als functie van de zonshoogte	3
3. De verhouding tussen de diffuse en de directe zonnestraling in het ultraviolet als functie van de zonshoogte	7
4. De globale straling in het ultraviolet als functie van de zonshoogte bij een wolkenloze hemel	8
5. De gemiddelde zonshoogte en het quotiënt van de gemiddelde globale straling met bewolking en van die zonder bewolking te De Bilt in de uurvakken van een gemiddelde dag van elk der 12 maanden	10
6. Uurvaksummen, dagsommen en maandsommen van de globale straling in het ultraviolet van een gemiddelde dag van elk der 12 maanden te De Bilt	12
Summary	18
Literatuur	20

Dr. H.J. de Boer

De hoeveelheid ultraviolet licht in
de globale straling te De Bilt

Samenvatting

Voor elk van de drie golflengtegebieden, waarin het directe zonlicht kan worden verdeeld, nl. $3 \mu < \lambda < 0,625 \mu$; $0,625 \mu < \lambda < 0,525 \mu$; $0,525 \mu < \lambda < 0,280 \mu$, heeft Schüepp een formule ontwikkeld, welke aangeeft met welke intensiteit bij onbewolkte hemel het directe zonlicht gesommeerd over λ in deze drie gebieden op het oppervlak van de aarde aankomt. In die formule komen drie vertroebelingscoëfficiënten voor, welke de doorlaatbaarheid van de atmosfeer bepalen. Behalve de veranderlijke factoren, welke door de drie vertroebelingscoëfficiënten worden gekarakteriseerd, komen nog andere lichtverzwakkende factoren voor, welke gedurende het gehele jaar of gedurende een maand constant zijn. Met behulp van deze formules heeft Schüepp voor verschillende waarden van de vertroebelingscoëfficiënten en voor verschillende zonshoogten de intensiteit aan het aardoppervlak berekend van de directe zonnestraling loodrecht op de stralingsrichting en wel geïntegreerd in een groot aantal delen van het solaire spectrum.

Voor gemiddelde waarden van de vertroebelingscoëfficiënten voor het jaar 1958 te De Bilt zijn nu door interpolatie uit de tabellen van Schüepp de hoeveelheden energie per tijdseenheid van de directe zonnestraling loodrecht op de stralingsrichting berekend voor verschillende zonshoogten in de twee spectrale gebieden van $0,32 \mu$ tot $0,40 \mu$ en van $0,28 \mu$ tot $0,32 \mu$, genaamd UV-A en UV-B. Deze waarden zijn gemakkelijk om te zetten in energiewaarden, waarbij het zonlicht op een horizontaal vlak van 1 cm^2 (S) valt.

Uit een groot aantal metingen over vele jaren, door verschillende auteurs verricht, is een tabel samengesteld welke aangeeft de ver-

houding tussen de intensiteiten van de diffuse straling bij wolkenloze hemel en de directe zonnestraling op een horizontaal vlak in de gebieden UV-A en UV-B voor verschillende zonshoogten, dus $(D : S)_{UV-A}$ en $(D : S)_{UV-B}$.

Hiermede zijn de waarden van de globale straling in de gebieden UV-A en UV-B voor verschillende zonshoogten berekend bij een wolkenloze hemel.

Uit metingen van Schulze is gebleken dat de verhouding van de globale straling, die in de gebieden UV-A en UV-B ligt, tot die in het gehele gebied van 0,28 - 3,00 μ dezelfde is voor een bewolgingsgraad tussen 0 en 0,7. Bij een grotere bewolgingsgraad werd de intensiteit in de gebieden UV-A en UV-B te klein om een gerechtvaardigde uitspraak te doen. Wij hebben echter gemeend te mogen aannemen, dat het percentage hetzelfde blijft bij een bewolgingsgraad van 0,8 en groter.

Vervolgens is de hoeveelheid globale straling bij wolkenloze hemel in elk van de gebieden UV-A en UV-B bepaald voor alle uurvakken van een gemiddelde dag in elk van de 12 maanden. Met de onderstelling dat de spectrale verdeling van de globale straling bij een bepaalde zonshoogte voor elke willekeurige bewolgingsgraad dezelfde is, is dan berekend hoeveel van de werkelijk waargenomen globale straling per uurvak van een gemiddelde dag in elk van de 12 maanden te De Bilt in het gebied UV-A en in UV-B ligt.

Men moet niet uit het oog verliezen, dat de berekende waarden voor een gemiddelde atmosferische toestand gelden, waargenomen te De Bilt. Deze gemiddelde atmosferische toestand zal voor grote delen van Nederland wel dezelfde zijn; echter niet in streken met een sterk ontwikkelde industrie.

1. Inleiding

Uit het bedrijfsleven bereikten het K.N.M.I. herhaaldelijk vragen over de hoeveelheid ultraviolet licht in het daglicht. Deze vragen werden dan gesteld naar aanleiding van veranderingen aan in de open lucht opgeslagen materialen.

Vanaf januari 1954 wordt op dit instituut de globale straling gemeten; d.w.z. de hoeveelheid directe zonnestraling plus de hoeveelheid straling van de hemel op een horizontaal vlak in het golflengtegebied van 0,3 tot 3,0 μ , zonder de golflengte-afhankelijkheid in acht te nemen.

De bovengenoemde vragen konden dus niet zonder nadere studie worden beantwoord. Daarom is een onderzoek in de literatuur ingesteld om langs een omweg toch een goede schatting te kunnen maken van de hoeveelheid ultraviolet in de globale straling voor de verschillende uurvakken van een gemiddelde dag in elk van de 12 maanden van het jaar.

2. Het ultraviolet in de directe zonnestraling als functie van de zonshoogte

Als $I_0(\lambda) d\lambda$ de intensiteit van de extraterrestrische zonnestraling in het golflengtegebied tussen λ en $\lambda + d\lambda$ is en wel gereduceerd op de gemiddelde afstand zon - aarde en als $I(\lambda) d\lambda$ de intensiteit van de zonnestraling op het aardoppervlak is in hetzelfde golflengtegebied, dan kan het verband, dat tussen deze twee grootheden bestaat, aangegeven worden door

$$S I(\lambda) d\lambda = I_0(\lambda) \cdot 10^{-k(\lambda)} d\lambda, \quad (1)$$

waarbij S de factor is waarmee $I(\lambda)$ op de gemiddelde zonsafstand wordt gereduceerd en $k(\lambda)$ de verzwakkingscoëfficiënt is, betrekking hebbende op de gehele weg van de extraterrestrische straling door de dampkring.

De verzwakking, welke de straling in de aardatmosfeer ondervindt, heeft de volgende oorzaken:

- (1) Verstrooiing van licht door gasmoleculen, welke Rayleighverstrooiing wordt genoemd. Deze verstrooiing geeft een verzwakking, waarvan de verzwakkingscoëfficiënt k_1 kan worden voorgesteld door:

$$k_1 = m \cdot 0,00386 \lambda^{-4,05}, \quad (2)$$

waarbij λ in μ wordt gemeten en m de absolute luchtmassa is. De eenheid van m is per definitie de massa van een verticale luchtkolom van 1 cm^2 doorsnede van een station op zeeniveau met een luchtdruk van 1013 mb. Men vindt voor een willekeurig station m aldus. Stel dat de druk op een zeker moment aldaar p mb is en de zonshoogte h is, dan is de relatieve luchtmassa m_h , het aantal aldaar doorstraalde atmosferen, bij hoge bena-

dering gelijk aan cosec h. Hieruit wordt m bepaald volgens de definitie $m = m_h p/1013$.

- (2) Verstrooiing van licht door aerosolen. Deze verstrooiing geeft een verzwakking van de lichtbundel, terwijl de verzwakkingscoëfficiënt k_2 volgens Schüepp (1, p. 268) kan worden voorgesteld door:

$$k_2 = m_h B (2\lambda)^{-\alpha} \quad (3)$$

In formule (3) zijn α en B vertroebelingscoëfficiënten. α is de exponent van de golflengte afhankelijkheid van de vertroebeling en is een maat voor de grootte van de aerosolen. B is een maat voor de concentratie van de deeltjes. α kan slechts waarden tussen 0 en 4 aannemen; we weten immers, dat bij Rayleighverstrooiing $\alpha = 4$ is en dat voor mistdeeltjes, daar mist wit is, $\alpha = 0$ is. De waarde van α hangt verder af van de golflengte van het opvallende licht en van de brekingsindex van het deeltje. Uit de praktijk blijkt, dat B waarden tussen 0,002 en 0,200 kan aannemen. De waarde van B hangt eveneens af van de brekingsindex van het deeltje en van de golflengte van het opvallende licht.

- (3) Selectieve absorptie door de samenstellende delen van de dampkring. De verzwakkingscoëfficiënt k_3 kan geschreven worden als:

$$k_3 = k_3(\lambda, w, O_2, O_3, CO_2, m_h, T, p) \quad (4)$$

In formule (4) zijn λ , m_h en p reeds bekende grootheden. Ook is T, de temperatuur van de uitdovende en absorberende media, bekend verondersteld. De hoeveelheid O_2 en die van CO_2 in de dampkring zijn constant aangenomen voor onze berekeningen. Daar de selectieve absorptie van beide gassen bekend is, kan steeds een vaste correctie worden aangebracht om die in rekening te brengen. Alhoewel de hoeveelheid O_3 variaties vertoont, is in onze berekeningen eveneens een constante waarde aangenomen. De hoeveelheid waterdamp, w in de vorm van cm neerslag, is de enig onbekende variabele.

De lichtverzwakking is dus, behalve van een aantal bekende en vaste factoren, afhankelijk van de drie onbekende vertroebelingscoëfficiënten α , B en w.

Na bovenstaande beschouwingen kan formule (1) als volgt worden geschreven

$$\int I(\lambda) d\lambda = I_0(\lambda) \cdot 10^{-(k_1 + k_2 + k_3)} d\lambda \quad (5)$$

In formule (5) komen nu 3 onafhankelijke variabelen voor. Om in principe 3 variabelen op te lossen heeft men 3 vergelijkingen nodig. Deze drie vergelijkingen worden verkregen door $I(\lambda) d\lambda$ te meten in 3 spectrale gebieden: Met twee filters OG 1 en RG 2 en zonder filter wordt $I(\lambda) d\lambda$ gemeten. Filter OG 1 laat straling door voor $\lambda \geq 0,525 \mu$ en filter RG 2 voor $\lambda \geq 0,625 \mu$. Zo meet men dus I_r , waarbij $\lambda \geq 0,625 \mu$, I_g , waarbij $0,525 \mu \geq \lambda \geq 0,625 \mu$, en I_b , waarbij $\lambda \leq 0,525 \mu$.

In elk van deze drie gebieden wordt het golflengtegebied verdeeld in respectievelijk n_1 , n_2 en n_3 stukjes $\Delta\lambda$ en op deze wijze worden drie vergelijkingen verkregen in de drie onbekende variabelen α , B en w:

$$\int I_r = \sum_{i=1}^{n_1} I_0(\lambda_i) \cdot 10^{-(k_1 + k_2 + k_3)} \Delta\lambda_i \quad (6)$$

$$\int I_g = \sum_{i=1}^{n_2} I_0(\lambda_i) \cdot 10^{-(k_1 + k_2 + k_3)} \Delta\lambda_i \quad (7)$$

$$\int I_b = \sum_{i=1}^{n_3} I_0(\lambda_i) \cdot 10^{-(k_1 + k_2 + k_3)} \Delta\lambda_i \quad (8)$$

In bovenstaande vergelijkingen is eenvoudigheidshalve de absorptie in en de reflectie tegen de voor- en achterzijde van de gebruikte filters nul verondersteld.

Zijn nu I_r , I_g en I_b gemeten, dan kunnen in principe α , B en w worden opgelost.

Het probleem, waarmede wij hier hebben te maken is iets anders gesteld. Wij willen de gemiddelde hoeveelheid ultraviolet kennen voor verschillende uurvakken van een meteorologisch gemiddelde dag in elk van de 12 maanden van het jaar. Nu heeft Schüepp (1, p. 295-305) het gehele spectrum in een aantal delen $\Delta\lambda$ verdeeld en voor een aantal waarden van α , m , B en w de integraal van de intensiteit $I(\lambda)$ in elk van de delen berekend. Daar m afhangt van de zonshoogte h , mag ook gezegd worden, dat $I(\lambda)$

berekend is tussen λ en $\lambda + \Delta\lambda$, waarbij λ variëert van $0,30 \mu$ tot $4,50 \mu$, voor bepaalde waarden van α , B en w en voor verschillende zonshoogten. Schüepp heeft zijn bovengenoemde tabellen opgezet voor waarden van $\alpha = 1,5$ en $3,0$; voor waarden van $m_h B = 0,01; 0,03; 0,05; 0,10; 0,30$ en $0,50$; voor de waarde van $w = 1,4$ cm; voor een dikte van de O_3 laag van $0,20$ cm en voor waarden van $m = 0,7; 2,0$ en $4,0$. Uiteraard zijn ook de absorptiecoëfficiënten van O_2 , O_3 , CO_2 en H_2O in de verschillende delen van het spectrum bekend.

Uit metingen te De Bilt, welke in het kader van het Internationale Geophysische Jaar waren begonnen om over een zo groot mogelijk aantal dagen de drie vertroebelingscoëfficiënten α , B en w te bepalen, bleek dat in het jaar 1958 α , B en w gemiddeld een waarde gehad hebben van respectievelijk $1,48; 0,120$ en $1,9$ cm. Zodoende is ten behoeve van onze berekeningen over intensiteiten in het ultraviolet deel van het globale spectrum voor $\bar{\alpha}$ de waarde $1,5$ gekozen en voor \bar{B} de waarde $0,120$. Hoewel voor De Bilt over 1958 voor \bar{w} de waarde $1,9$ was gevonden, is voor \bar{w} de waarde $1,4$ aangehouden. Zo is ook in de berekeningen voor de hoeveelheid O_3 de waarde $0,20$ cm aangehouden, terwijl deze boven De Bilt gemiddeld over het jaar $0,25$ cm bedraagt (5, tabel XII en 1, tabel 10). De fout, welke door beide verwaarlozingen ontstaat, bestaat hierin, dat de te berekenen intensiteiten te hoog uitvallen en wel als een functie van m , de absolute lucht-massa. In tabel I is voor enkele waarden van m aangegeven de overeen-

Tabel I

m	h	te hoog in %
15	$3^{\circ}1$	5,7
10	$5^{\circ}2$	5,0
5	$11^{\circ}3$	3,9
4	$14^{\circ}3$	3,6
3	$19^{\circ}3$	3,1
2	$30^{\circ}0$	2,4
1,5	$41^{\circ}2$	1,8
1,2	$56^{\circ}4$	1,4
1,0	90°	1,0

Fout in de berekende intensiteiten als functie van m door verwaarlozing ontstaan.

komstige zonshoogte h en de daarmee corresponderende fout in %. Als deze tabel nu wordt vergeleken met de intensiteiten in tabel II en de daarbij te maken fouten bij interpolatie en extrapolatie, dan liggen de fouten, aangegeven in tabel I, meestal ver binnen de foutengrenzen in de intensiteiten.

Eventuele variaties in de hoeveelheid ozon gedurende het jaar behoeften niet in acht genomen te worden daar deze eveneens binnen de genoemde foutengrenzen vallen.

In tabel II zijn de uit de bovengenoemde tabellen van Schläpp geïnterpoleerde en geëxtrapoleerde waarden der intensiteit van het directe zonlicht op het aardoppervlak in $\text{mcal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ verzameld. In de kolom onder m staan de absoluut doorstraalde luchtmassa's; in de kolom onder h zijn aangegeven de overeenkomstige zonshoogten; in de daarop volgende 6 kolommen is de intensiteit van het direct zonlicht loodrecht op de straalrichting aan het aardoppervlak onder de reeds bovengenoemde voorwaarden vermeld in het boven elke kolom aangegeven golflengtegebied van het ultraviolet. In de twee laatste kolommen zijn aangegeven de gesommeerde intensiteiten in $\text{mcal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ in de gebieden $0,28 - 0,32 \mu$ (UV-B) en $0,32 - 0,40 \mu$ (UV-A).

Tabel II

m	h							UV-B	UV-A
		$\lambda_{0,28/0,30}$	$0,30/0,32$	$0,32/0,34$	$0,34/0,36$	$0,36/0,38$	$0,38/0,40$	$0,28-0,32 \mu$	$0,32-0,40 \mu$
15	$3,1^\circ$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2
10	$5,2^\circ$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.3
5	$11,3^\circ$	0.0	0.0	0.1	0.2	0.5	0.9	0.0	1.7
4	$14,3^\circ$	0.0	0.0	0.1	0.4	0.9	1.7	0.0	3.1
3	$19,3^\circ$	0.0	0.0	0.6	1.5	2.6	3.6	0.0	8.3
2	$30,0^\circ$	0.0	0.1	1.9	3.8	6.1	7.6	0.1	19.4
1.5	$41,2^\circ$	0.0	0.3	3.0	5.7	9.4	11.0	0.3	29.1
1.2	$56,4^\circ$	0.0	0.6	4.4	7.8	12.0	13.8	0.6	38.0
1	90°	0.1	0.9	5.7	10.1	14.2	16.0	1.0	46.0

Gesommeerde intensiteiten in $\text{mcal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ over verschillende golflengtegebieden in het ultraviolet.

3. De verhouding tussen de diffuse en de directe zonnestraling in het ultraviolet als functie van de zonshoogte

Uit metingen van Dorno (1919), Eckel (1932 en 1938) en Leistner (1952) over o.a. de diffuse hemelstraling D en directe zon-

nestraling S op een horizontaal vlak voor het ultraviolet UV-A en UV-B is door Möller (2, pag. 206) een tabel samengesteld, waarin voor enkele zonshoogten de verhoudingen D/S in het UV-A gebied en in het UV-B gebied zijn aangegeven. Deze waarden zijn in tabel III overgenomen.

Tabel III

h	60°	50°	48°	45°	40°	30°	20°	10°
(D:S) _{UV-A}			1,12	1,17	1,24	1,9	4,0	
(D:S) _{UV-B}	1,15	1,3		1,42	1,6	2,4	6,5	6,5

Verhouding diffuse hemelstraling tot directe zonnestraling in het UV-A en UV-B gebied als functie van de zonshoogte.

In tabel III ontbreken, zoals men ziet, de verhoudingsgetallen voor hoge en voor lage waarden van h. Indien men deze verhoudingsgetallen in een logaritmische schaal uitzet tegen h (zie fig. 1), dan ziet men, dat door de uitgezette punten gemakkelijk een vloeiende lijn kan worden getrokken. Deze vloeiende lijn kan zelfs gemakkelijk voor hoge waarden van h worden geëxtrapoleerd. De extrapolatie voor kleine waarden van h is op deze wijze niet gemakkelijk uit te voeren. Als nu de verhoudingsgetallen voor UV-A en UV-B gedeeld worden door de bijbehorende waarden van m en als deze quotiënten op een logaritmische schaal tegen h worden uitgezet (zie fig. 2) dan valt het niet moeilijk de door de uitgezette punten getrokken vloeiende lijn door te trekken naar h = 0. Uit deze figuur worden voor enkele lage waarden van h de bijbehorende ordinaten afgelezen, waaruit de corresponderende verhoudingsgetallen D:S worden bepaald. Deze waarden worden in fig. 1 ingevuld en de vloeiende lijnen worden dan voor lagere h-waarden doorgetrokken.

4. De globale straling in het ultraviolet als functie van de zonshoogte bij een wolkenloze hemel

In de laatste twee kolommen van tabel II zijn voor 9 waarden van h de intensiteit van het zonlicht aan het aardoppervlak bij een gemiddelde toestand van turbiditeit van de atmosfeer in $\text{mcal cm}^{-2} \text{min}^{-1}$ loodrecht op de zonnestrallen gegeven voor twee golflengtegebieden, nl. UV-A en UV-B. Hierbij is natuurlijk de hemel onbewolkt verondersteld. Daar het de bedoeling is om de globale straling in deze

gebieden te berekenen, moeten de waarden van de intensiteiten vermenigvuldigd worden met de sinus van de corresponderende h-waarden. Daar de intensiteiten nogal klein zijn, gaan we deze eerst van $\text{mcal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ omrekenen in $\text{mcal cm}^{-2} \text{ uur}^{-1}$ door de eerstgenoemde waarden met 60 te vermenigvuldigen. Daarna worden deze intensiteiten loodrecht op de zonnestralen omgerekend tot intensiteiten op een horizontaal vlak door vermenigvuldiging met $\sin h$. Het resultaat van deze berekening staat vermeld in kolom 3 en kolom 4 van tabel IV. Deze grootheden kunnen, zoals dit reeds in de vorige paragraaf werd

Tabel IV

m	h	UV-B in		UV-A in		UV-B	UV-A	glob.str. UV-B in		glob.str. UV-A in	
		$\text{mcal cm}^{-2} \text{ uur}^{-1}$	$\text{mcal cm}^{-2} \text{ uur}^{-1}$	$\text{mcal cm}^{-2} \text{ uur}^{-1}$	$\text{mcal cm}^{-2} \text{ uur}^{-1}$	diffuus	diffuus	$\text{mcal cm}^{-2} \text{ uur}^{-1}$	$\text{mcal cm}^{-2} \text{ uur}^{-1}$	$\text{mcal cm}^{-2} \text{ uur}^{-1}$	$\text{mcal cm}^{-2} \text{ uur}^{-1}$
15	3 ^o 1	0.0	0.8	0.0	56	0.0	56	0.0	0.0	56.8	56.8
10	5 ^o 2	0.0	1.8	0.0	85	0.0	85	0.0	0.0	86.8	86.8
5	11 ^o 3	0.0	20.4	0.0	263	0.0	263	0.0	0.0	283	283
4	14 ^o 3	0.0	46.5	0.0	377	0.0	377	0.0	0.0	424	424
3	19 ^o 3	2.0	166.0	2.5	717	2.5	717	4.5	4.5	883	883
2	30 ^o 0	3.0	582	7.2	1100	7.2	1100	10.2	10.2	1682	1682
1.5	41 ^o 2	12.0	1169	18.6	1496	18.6	1496	30.6	30.6	2665	2665
1.2	56 ^o 4	30.0	1900	36.0	2033	36.0	2033	66.0	66.0	3933	3933
1.0	90 ^o	60.0	2761	61.8	2706	61.8	2706	121.8	121.8	5467	5467

Over het UV-A en UV-B gebied gesommeerde intensiteiten van het directe zonlicht, van de diffuse hemelstraling en van de globale straling bij wolkenloze hemel als functie van de zonshoogte.

gedaan, aangeduid worden resp. door S_{UV-A} en S_{UV-B} voor de verschillende waarden van h.

Uit fig. 1 kunnen nu voor de 9 waarden van h de bijbehorende verhoudingsgetallen $(D:S)_{UV-B}$ en $(D:S)_{UV-A}$ worden afgelezen. Deze verhoudingsgetallen worden vermenigvuldigd met de corresponderende intensiteiten vermeld in kolom 3 en kolom 4. De resultaten van deze vermenigvuldiging zijn in de kolommen 5 en 6 verzameld, welke dus de intensiteiten aangeven van de diffuse hemelstraling op een horizontaal vlak in $\text{mcal cm}^{-2} \text{ uur}^{-1}$, resp. in de gebieden UV-B en UV-A. Een optelling van de corresponderende getallen in kolom 3 en kolom 5

geeft de globale straling in het UV-B gebied. Deze staat in kolom 7 vermeld. Hetzelfde wordt uitgevoerd voor kolom 4 en kolom 6, terwijl het resultaat van de optelling als globale straling in het UV-A gebied in kolom 8 is aangegeven. De laatste twee kolommen van tabel IV geven dus de globale straling UV-B en UV-A in $\text{mcal cm}^{-2} \text{uur}^{-1}$ bij wolkenloze hemel en verder bij gemiddelde vertroebelingsstoestand van de atmosfeer.

Uit het berekeningsproces is het wel duidelijk geworden, dat invoering van de in paragraaf 2 besproken extra correctie voor ozon en waterdamp geen zin gehad zou hebben door de plaatsgevonden interpolaties en extrapolaties. De waarde van de globale straling in het UV-B gebied is op grafiekpapier uitgezet tegen de zonshoogte h ; door de uitgezette punten is een vloeiende kromme getrokken. Dit is weergegeven in fig. 3, waar de globale straling in het UV-B gebied is aangeduid door $G_{\text{UV-B}}$. De waarden van de globale straling in het UV-A gebied zijn eveneens op grafiekpapier tegen de zonshoogte h uitgezet; door de uitgezette punten is ook een vloeiende kromme getrokken. Fig. 4 geeft dan weer de globale straling in het UV-A gebied, welke aldaar is aangeduid door $G_{\text{UV-A}}$.

5. De gemiddelde zonshoogte en het quotiënt van de gemiddelde globale straling met bewolking en van die zonder bewolking te De Bilt in de uurvakken van een gemiddelde dag van elk der 12 maanden

Daar het in de bedoeling ligt intensiteiten te berekenen over uurvakken van een gemiddelde dag in elk van de 12 maanden van het jaar dient de gemiddelde zonshoogte in elk van die uurvakken bekend te zijn. Het verband tussen die grootheden wordt uitgedrukt door de volgende betrekking:

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t. \quad (9)$$

In formule (9) is h de zonshoogte, δ = declinatie van de zon, φ = breedte van de plaats van waarneming = 52° N.B. en t de uurhoek van de zon, welke per definitie bij culminatie de waarde nul heeft. Om de declinatie δ van de zon van een gemiddelde dag in een maand te berekenen worden de declinaties van alle dagen van die maand bij elkaar opgeteld en gedeeld door het aantal. Voor t worden dan genomen de

tijdstippen 11^h30; 10^h30; 9^h30; enz. in Amsterdamse tijd.

Tabel V

L.A.T.	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°38'	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'

Gemiddelde zonshoogten te De Bilt

De aldus berekende gemiddelde zonshoogten in graden en minuten zijn in tabel V verzameld. Uiteraard zijn deze waarden slechts voor de voormiddag vermeld, daar de zon om 12 uur culmineert en de waarden voor de namiddaguren dezelfde zijn.

Een andere grootte, welke eveneens nodig is in de volgende paragraaf, is \bar{Q}/\bar{Q}_0 . Hierin is \bar{Q} de hoeveelheid te De Bilt waargenomen globale straling (S + D) in het golflengtegebied van 0,3 - 3,0 μ voor een bepaald uurvak van een gemiddelde dag in één der 12 maanden, gemiddeld over de 5-jarige periode 1954-1958. \bar{Q}_0 is hetzelfde als \bar{Q} , indien de hemel gedurende die 5-jarige periode geheel wolkenloos zou zijn geweest. Zonder hierop tot in details in te gaan, daar deze waarden ten behoeve van een ander aan het K.N.M.I. gesteld probleem zijn berekend, kunnen de \bar{Q}_0 -waarden voor elk uurvak van een gemiddelde dag voor elk van de 60 maanden uit het 5-jarig tijdvak worden berekend met behulp van de formule van Ångström.

Tabel VI

L.A.T.	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
4-5					0.130	0.337	0.160					
5-6				0.190	0.472	0.525	0.434	0.344				
6-7			0.112	0.476	0.610	0.578	0.508	0.531	0.289			
7-8		0.190	0.400	0.614	0.638	0.651	0.552	0.594	0.528	0.256	0.042	
8-9	0.264	0.460	0.548	0.649	0.669	0.647	0.591	0.617	0.590	0.426	0.339	0.167
9-10	0.448	0.519	0.619	0.683	0.697	0.638	0.595	0.652	0.624	0.514	0.447	0.376
10-11	0.463	0.548	0.638	0.688	0.707	0.652	0.622	0.669	0.626	0.531	0.511	0.422
11-12	0.500	0.552	0.668	0.715	0.692	0.672	0.650	0.680	0.628	0.570	0.543	0.423
12-13	0.483	0.567	0.683	0.699	0.662	0.668	0.628	0.679	0.615	0.527	0.521	0.407
13-14	0.473	0.545	0.669	0.706	0.661	0.671	0.649	0.673	0.599	0.514	0.531	0.426
14-15	0.436	0.542	0.641	0.707	0.671	0.673	0.617	0.629	0.579	0.471	0.476	0.382
15-16	0.263	0.435	0.602	0.705	0.670	0.630	0.594	0.637	0.559	0.427	0.352	0.194
16-17		0.166	0.520	0.698	0.667	0.626	0.585	0.591	0.494	0.239		
17-18			0.174	0.624	0.638	0.617	0.576	0.556	0.286			
18-19				0.365	0.558	0.616	0.581	0.351				
19-20					0.211	0.433	0.303	0.036				
gem. per dag	0.416	0.452	0.523	0.608	0.585	0.602	0.540	0.549	0.535	0.448	0.404	0.350

\bar{q}/\bar{q}_0 te De Bilt.

$$q = q_0 \left\{ \alpha + (1 - \alpha) s/s_0 \right\} \quad (10)$$

In formule (10) is α een constante en s/s_0 is de relatieve zonnenschijnduur. De grootheid \bar{q}/\bar{q}_0 is nu bepaald voor alle uurvakken van 8-20 uur van een gemiddelde dag in elk van de 12 maanden; de waarden van deze grootheid zijn in tabel VI bijeengebracht. Uit deze tabel blijkt, dat in april relatief de meeste en in december de minste hoeveelheid straling de aardbodem bereikt. Dit hangt natuurlijk direct samen met de relatieve zonnenschijnduur, welke in april de grootste en in december de kleinste waarde heeft.

6. Uurvaksummen, dagsommen en maandsommen van de globale straling in het ultraviolet van een gemiddelde dag van elk der 12 maanden te De Bilt

In de maanden juli, augustus en september 1950 heeft R. Schulze metingen verricht over de spectrale verdeling van de globale

straling als functie van de zonshoogte (3). Deze metingen werden verricht te Wyk op het eiland Föhr, dat is op ongeveer $54,7^{\circ}$ N.B. en $8,4^{\circ}$ O.L. De resultaten van dit onderzoek kunnen kort in twee punten worden samengevat.

1. De verandering in de spectrale verdeling relatief t.o.v. de intensiteit bij $0,510 \mu$ van de globale straling bedraagt tussen 20° en 50° zonshoogte ongeveer 10%; d.w.z. dat de verandering kleiner is, dan meestal werd aangenomen.
2. Bij constante zonshoogte is de veranderlijkheid van het spectrum van de globale straling tussen wolkenloos en een bewolgingsgraad tot en met 0,7 te verwaarlozen.

Voor ons is punt 2 het belangrijkste van de resultaten, daar voor UV-A en UV-B de intensiteitsverandering bij globale straling als functie van de zonshoogte reeds is berekend. Bovendien geldt punt 2 ook voor het ultraviolet.

Bij een bewolgingsgraad van 0,8 en hoger is de intensiteit van het ultraviolet te gering gebleken om een eventuele verandering bij toenemende bewolking vast te stellen. Daar de intensiteit bij een dergelijk zware bewolking toch gering is, is aangenomen dat ook dan geen verandering in de spectrale samenstelling van de globale straling optreedt.

Als dus bij een bepaalde zonshoogte de verhouding globale straling bij een zekere bewolgingsgraad tot de globale straling bij een wolkenloze hemel bekend is, dan is de hoeveelheid UV-A en UV-B in de eerstgenoemde globale straling te berekenen, daar bij die bepaalde zonshoogte G_{UV-A} en G_{UV-B} uit tabel IV of uit fig. 3 en 4 bekend zijn.

Als nu dus de verhouding van de gemiddelde hoeveelheid globale straling, \bar{Q} , tot de gemiddelde hoeveelheid globale straling bij wolkenloze hemel, \bar{Q}_0 , voor de verschillende uurvakken in plaatselijke tijd van een gemiddelde dag in elk van de 12 maanden bekend is, dan kan voor elk uurvak gemakkelijk de globale straling in het UV-A en in het UV-B gebied bepaald worden door de formule

$$Q_{UV-A} = G_{UV-A} \bar{Q}/\bar{Q}_0 \quad \text{en} \quad Q_{UV-B} = G_{UV-B} \bar{Q}/\bar{Q}_0 \quad (10)$$

Tabel VII

L.A.T.	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
4-5					30	87	58					
5-6				55	233	390	310	98				
6-7			56	311	800	1080	970	503	116			
7-8		53	302	980	1542	1843	1710	1092	550	106		
8-9	58	258	913	1707	2318	2620	2487	1990	1242	458	96	36
9-10	225	660	1464	2360	3030	3328	3212	2658	1856	984	286	156
10-11	452	1052	1940	2872	3592	3953	3790	3203	2320	1372	624	323
11-12	620	1256	2172	3170	3920	4280	4136	3500	2600	1605	812	453
gem. dagsom	2710	6558	13694	22910	30930	35162	33346	26106	17368	9050	3636	1936
in % van Q_0	2,1	2,9	3,9	4,6	5,0	5,5	5,5	5,1	4,5	3,5	2,3	2,0

Globale straling UV-A bij wolkenloze hemel in mcal cm^{-2}

Tabel IX

L.A.T.	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
4-5					4	29	9					
5-6				10	110	205	135	34				
6-7			6	148	488	624	493	267	34			
7-8		10	121	602	984	1200	944	649	290	27		
8-9	15	119	500	1108	1551	1695	1470	1228	733	195	33	6
9-10	101	343	906	1612	2112	2123	1911	1733	1158	506	128	59
10-11	209	576	1238	1976	2540	2577	2357	2143	1452	729	319	136
11-12	310	693	1451	2267	2713	2876	2688	2380	1633	915	441	192
12-13	299	712	1483	2216	2595	2859	2597	2376	1599	846	423	184
13-14	214	573	1298	2028	2374	2652	2460	2156	1390	705	331	138
14-15	104	358	938	1669	2033	2240	1982	1672	1075	463	136	60
15-16	15	112	550	1203	1553	1651	1477	1268	694	196	34	7
16-17		9	157	684	1029	1154	1000	645	272	25		
17-18			9	194	510	666	559	280	33			
18-19				20	130	240	180	34				
19-20					6	38	18					
gem. dagsom	1267	3505	8656	15737	20732	22829	20280	16865	10363	4607	1845	782
gem. maandsom	39,3	98,1	268,3	472,1	642,7	684,9	628,7	522,8	310,9	142,8	55,4	24,2
in % van Q_0	2,1	3,1	4,2	4,7	5,2	5,6	5,7	5,3	4,7	3,6	2,6	2,1

Globale straling UV-A per uurvak en dagsom in mcal cm^{-2} en per maandsom in cal cm^{-2}

Tabel VIII

L.A.T.	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
4-5					0	1	0					
5-6				0	2	3	2	1				
6-7			0	2	4	6	5	3	1			
7-8		0	2	5	9	12	10	7	3	1		
8-9	0	2	5	10	22	30	27	14	7	3	1	0
9-10	2	4	8	23	41	49	45	31	12	5	2	1
10-11	3	6	13	36	56	65	61	45	22	8	4	2
11-12	4	7	18	44	65	74	70	53	29	9	4	3
gem. dagsom	18	38	92	240	398	480	440	308	148	52	22	12
in % van Q_0 0,014	0,017	0,026	0,048	0,065	0,075	0,073	0,061	0,038	0,020	0,014	0,012	

Globale straling UV-B bij wolkenloze hemel in mcal cm⁻²

Tabel X

L.A.T.	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
4-5					0	0.3	0					
5-6				0	0.9	1.6	0.9	0.3				
6-7			0	1.0	2.4	3.5	2.5	1.6	0.3			
7-8		0	0.8	3.1	5.7	7.8	5.5	4.2	1.6	0.3		
8-9	0	0.9	2.7	6.5	14.7	19.4	16.0	8.6	4.1	1.3	0.3	0
9-10	0.5	2.1	5.0	15.7	28.6	31.3	26.8	20.2	7.5	2.6	0.9	0.4
10-11	1.3	3.3	8.3	24.8	39.6	42.4	37.9	30.1	13.8	4.2	2.0	0.8
11-12	2.0	3.9	12.0	31.5	45.0	49.7	45.5	36.0	18.2	5.1	2.2	1.3
12-13	1.9	4.0	12.3	30.8	43.0	49.4	44.0	36.0	17.8	4.7	2.1	1.2
13-14	1.4	3.3	8.7	25.4	37.0	43.6	39.6	30.3	13.2	4.1	2.1	0.9
14-15	0.9	2.2	5.1	16.3	27.5	33.0	27.8	19.5	6.9	2.4	1.0	0.4
15-16	0	0.9	3.0	7.0	14.7	18.9	16.0	8.9	3.9	1.3	0.4	0
16-17		0	1.0	3.5	6.0	7.5	5.8	4.1	1.5	0.2		
17-18			0	1.2	2.6	3.7	2.9	1.7	0.3			
18-19				0	1.1	1.8	1.2	0.4				
19-20					0	0.4	0					
gem. dagsom	8.0	20.6	58.9	166.8	268.8	314.3	272.4	201.9	89.1	26.2	11.0	5.0
gem. mndsom	0.25	0.58	1.83	5.00	8.33	9.43	8.44	6.26	2.67	0.81	0.33	0.15
in % van Q_0 0,014	0.018	0.028	0.050	0.067	0.077	0.076	0.064	0.040	0.021	0.016	0.013	

Globale straling UV-B per uurvak en dagsom in mcal cm⁻² en per maandsom in cal cm⁻²

De hoeveelheden G_{UV-A} en G_{UV-B} , dus de globale straling bij wolkenloze hemel in het golflengtegebied UV-A en UV-B, kunnen voor de verschillende uurvakken van een gemiddelde dag in elk van de 12 maanden eenvoudig worden bepaald door, bij de gemiddelde zonshoogten uit tabel V, de hoeveelheden G_{UV-A} en G_{UV-B} in tabel IV te interpoleren, of uit fig. 3 en 4 af te lezen. Dit behoeft slechts tot 12 uur L.A.T. te gebeuren, daar de zonshoogten in de namiddag dezelfde zijn als in de voormiddag. De aldus bepaalde waarden voor G_{UV-A} zijn in tabel VII verzameld en die voor G_{UV-B} in tabel VIII, beide uitgedrukt in $\text{mcal cm}^{-2} \text{uur}^{-1}$. De grootste waarde in een uurvak wordt uiteraard gevonden van 11-13 uur in juni. Ook zijn de gemiddelde dagsommen voor de verschillende maanden bepaald, welke in beide tabellen zijn ingevuld in de op één na laatste regel. Op de laatste regel staat het percentage, dat UV-A en UV-B uitmaakt van het gehele spectrum van een gemiddelde dagsom Q_0 in de 12 maanden van het jaar. In juni vindt men het hoogste en in december het laagste percentage voor UV-A, nl. 5,5% en 2,1%. Het hoogste percentage voor UV-B valt ook in juni nl. 0,075%, terwijl het laagste in december valt, nl. 0,012%.

Met behulp van formule (10) en tabel VI wordt uit tabel VII tabel IX samengesteld, welke tabel de uurvakwaarden in $\text{mcal cm}^{-2} \text{uur}^{-1}$ voor een gemiddelde dag in elk van de 12 maanden van de globale stralingen in het UV-A gebied bij een gemiddelde bewolking bevat. In de laatste drie regels van tabel IX staan vermeld: 1° de dagsom van een gemiddelde dag in elk van de 12 maanden in $\text{mcal cm}^{-2} \text{dag}^{-1}$; 2° de gemiddelde maandsom in $\text{cal cm}^{-2} \text{maand}^{-1}$ en 3° het procentuele aandeel in het UV-A gebied van het gehele spectrum van de globale straling Q . In de 1e en 2e regel blijken de energiehoeveelheden in juni het grootst en in december het kleinst. In de 3e regel blijkt het procentuele aandeel van de globale straling in het UV-A gebied het grootst te zijn in juli en het kleinst in december en januari. Er schijnt dus een kleine verschuiving van het maximum in de tijd te hebben plaatsgevonden ten opzichte van de percentages UV-A in de globale straling bij heldere hemel (zie laatste regel in tabel VII).

Een tweede interessant punt is, dat de percentages UV-A in de globale straling Q groter zijn dan de percentages UV-A in de globale straling Q_0 bij wolkenloze hemel (vgl. laatste regel tabel VII met die van tabel IX). De oorzaak van dit verschijnsel is, dat de

verhouding Q/Q_0 gedurende een gemiddelde dag niet constant is, maar midden overdag het grootst is en bij zonsopgang en zonsondergang het kleinst. De grootste waarden in tabel VII worden met de grootste gewichten overgebracht in tabel IX, terwijl tevens het percentage UV-A in de globale straling Q per uurvak bij hogere zonnestand groter is dan bij lage. Indien in tabel VII de uurvaksummen van UV-A gedeeld worden door de overeenkomstige uurvakwaarden van Q_0 , dan zijn deze percentages dezelfde als de overeenkomstige percentages, berekend uit tabel IX door de uurvakwaarden van UV-A te delen door de overeenkomstige uurvakwaarden van Q . Dit stemt natuurlijk geheel overeen met onze aanname vastgelegd in formule (10).

Met behulp van formule (10) en tabel VI wordt uit tabel VIII tabel X berekend, welke tabel de uurvakwaarden in $\text{mcal cm}^{-2}\text{uur}^{-1}$ voor een gemiddelde dag in elk van de 12 maanden van de globale straling in het UV-B gebied bij een gemiddelde bewolking bevat. In de laatste drie regels van tabel X staan vermeld 1^o de dagsom van een gemiddelde dag in elk van de 12 maanden in $\text{mcal cm}^{-2}\text{dag}^{-1}$; 2^o de gemiddelde maandsom in $\text{cal cm}^{-2}\text{maand}^{-1}$ en 3^o het procentuele aandeel in het UV-B gebied van het gehele spectrum van de globale straling Q . Evenals in het UV-A gebied blijken in de eerste en tweede regel de hoeveelheden UV-B in juni het grootst en in december het kleinst. Volgens de derde regel blijkt dat de hoeveelheden UV-B, uitgedrukt in percentages van Q , eveneens het grootst in juni en het kleinst in december zijn. Ook zijn de percentages UV-B van Q in tabel X groter dan de percentages UV-B van Q_0 in tabel VIII, evenals voor het UV-A gebied.

Nog enkele interessante gegevens kunnen uit het bovenstaande worden bepaald. Uit tabel 109 van Linke (4) kan worden berekend dat het extraterrestrische zonnenspectrum tussen $0,28 \mu$ en $3,0 \mu$ $6,56\%$ in het UV-A gebied ligt. De gemiddelde jaarsom aan globale straling in dit gebied wordt uit tabel IX berekend op $3890 \text{ cal cm}^{-2}\text{jaar}^{-1}$, terwijl de gemiddelde gemeten jaarsom aan globale straling in het spectrale gebied van $0,28 - 3,0 \mu$ $80978 \text{ cal cm}^{-2}\text{jaar}^{-1}$ bedraagt. Het aandeel UV-A is dus $4,80\%$. In het UV-A gebied gaat dus 27% meer verloren dan van de rest van het spectrum.

Extraterrestrisch bedraagt de hoeveelheid UV-B $0,74\%$ van het gehele spectrum tussen $0,28 \mu$ en $3,0 \mu$. De hoeveelheid UV-B

bedraagt volgens tabel X gemiddeld $44,1 \text{ cal cm}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$ of $0,054\%$ van de globale straling Q over een jaar. In het UV-B gebied gaat dus $92,7\%$ meer verloren dan van de rest van het spectrum.

Als er geen atmosfeer was zou op een horizontaal vlak te De Bilt in een jaar $207540 \text{ cal cm}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$ aan zonnestraling invallen. Als er een atmosfeer zou zijn met een gemiddelde vertroebeling maar zonder bewolking dan zou de hoeveelheid invallende energie $136683 \text{ cal cm}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$ bedragen (Q_0 voor een geheel jaar gemiddeld); in werkelijkheid bedraagt de hoeveelheid globale straling gemiddeld $80978 \text{ cal cm}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$. Door de atmosfeer zelf wordt dus gemiddeld 34% uit de zonnestraling over het gehele spectrum verwijderd, terwijl de bewolking nog een 27% wegneemt, zodat slechts 39% ons bereikt. Eenzelfde berekening kan voor het UV-A en UV-B gebied afzonderlijk worden gemaakt. De resultaten zijn verzameld in tabel XI.

Tabel XI

	$0,28 \mu - 3,0 \mu$	UV-A	UV-B	$0,28 \mu - 3,0 \mu$	UV-A	UV-B
extraterrestrisch	207540	13620	1536	100%	100%	100%
met atm. zonder bew.	136683	6207	68,7	66	46	4,5
met atm. met bew.	80978	3890	44,1	39	29	2,9

In de 2de, 3de en 4de kolom van tabel XI staan de hoeveelheden globale straling in $\text{cal cm}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$ op een horizontaal vlak te De Bilt onder de voorwaarden in de 1ste kolom genoemd en in 3 golflengtegebieden. In de 5de, 6de en 7de kolom staan deze hoeveelheden aangegeven in procenten als de extraterrestrische hoeveelheden op 100% worden gesteld. Hieruit ziet men, dat door de atmosfeer uit de korte golflengtegebieden zeer veel meer wordt weggenomen dan uit de lange golflengtegebieden. De bewolking doet dit blijkbaar praktisch niet.

Summary

Schüepp developed formulae for the intensity with which the extraterrestrial solar radiation in three wavelength intervals, namely $3 \mu \leq \lambda \leq 0,625 \mu$, $0,625 \mu \leq \lambda \leq 0,525 \mu$ and $0,525 \mu \leq \lambda \leq 0,280 \mu$, arrives at the surface of the earth on a plane perpendicular to the beam. Three turbidity coefficients determining the transmissivity of

the atmosphere enter these formulae. Beside the variable factors characterized by the three turbidity coefficients, other factors attenuating solar radiation occur which are constant during the whole year or during a month. With the aid of these formulae Schüepp computed the intensity at the surface of the earth of the direct solar radiation perpendicular to the beam in a large number of parts of the solar spectrum for several values of the turbidity coefficients and for various heights of the sun.

By means of interpolation in Schüepp's tables the intensity of the direct solar radiation perpendicular to the beam is calculated for average values of the turbidity coefficients during the year 1958 at De Bilt for various heights of the sun in the spectral intervals UV-A ($0,32/\mu - 0,40/\mu$) and UV-B ($0,28/\mu - 0,32/\mu$). These values of the intensity are easily transformed into values of the intensity on a horizontal plane of 1 cm^2 (S).

A table derived from a great number of measurements through many years by several authors, shows the ratio of diffuse and direct solar radiation on a horizontal plane in the spectral intervals UV-A and UV-B for various heights of the sun, or for short $(D/S)_{UV-A}$ and $(D/S)_{UV-B}$. In this way the values of global radiation in the intervals UV-A and UV-B are computed for various heights of the sun and perfectly clear sky.

Schulze has shown from his measurements that the spectral distribution of the global radiation does not change if the degree of cloudiness changes from zero up to 0,7 inclusive for constant height of the sun. The intensity of the global radiation in the intervals UV-A and UV-B is too small to allow a definite conclusion if the degree of cloudiness is 0,8 and more. Therefore the assumption is made that the spectral distribution does not change if the degree of cloudiness increases from zero up to overcast (from 0 up to 1).

Then the amounts of global radiation in the intervals UV-A and UV-B for cloudless sky are calculated for all one hour periods during an average day in each of the 12 months. On the assumption that the spectral distribution of the global radiation is the same at any arbitrary degree of cloudiness at constant height of the sun, the percentages of the global radiation in the intervals UV-A and UV-B with respect to the total global radiation have been

computed for every one hour period of an average day in each of the 12 months at De Bilt.

For the interval UV-A these percentages appear to reach their maximum values in June and July, namely 5,6 and 5,7. For the interval UV-B the greatest percentages amount to 0,077 in June and 0,076 in July. The minima occur in December, viz. 2,1 per cent for the UV-A interval and 0,013 per cent for the UV-B interval.

Literatuur

- (1) Schüepp, W.; "Die Bestimmung der Komponenten der atmosphärischen Trübung", Archiv f. Met., Geoph. u. Biokl., Serie B, Band 1 (1949), blz. 296-346.
- (2) Möller, F.; "Strahlung in der unteren Atmosphäre", Handbuch der Physik, Band XLIII (Geophysik II) (1957), blz. 155-253.
- (3) Schulze, R.; "Zur Abhängigkeit des Globalstrahlenspektrums von der Sonnenhöhe", Ann. d. Met., Band 4 (1951), blz. 176-183.
- (4) Linke, F.; "Meteorologisches Taschenbuch, Teil IV" (1939), tabel 109.
- (5) Schüepp, W.; "Measurement of atmospheric turbidity and precipitable water with actinometers", Belgian Congo Met. Serv., Leopoldville 1956.

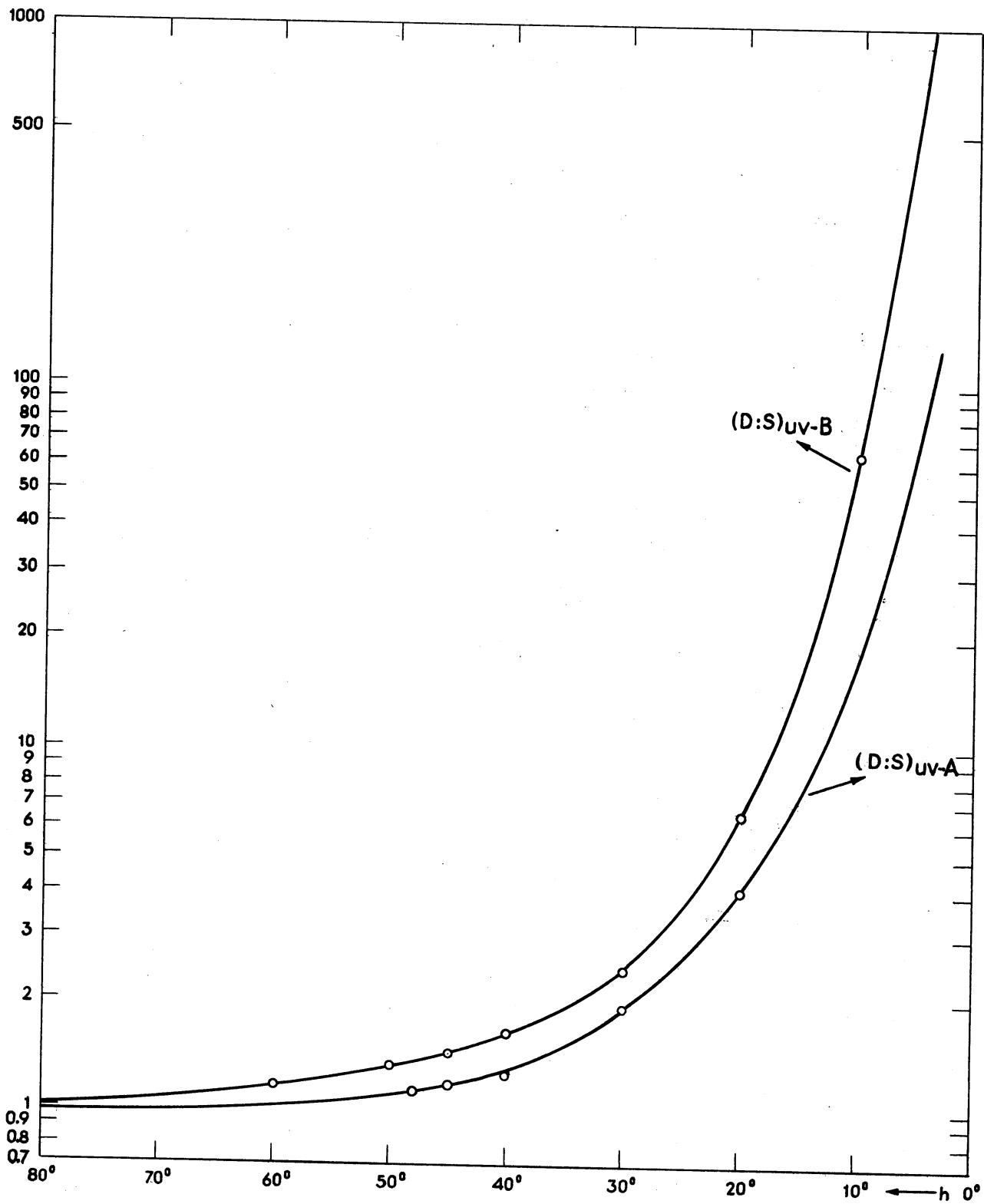


Fig. 1

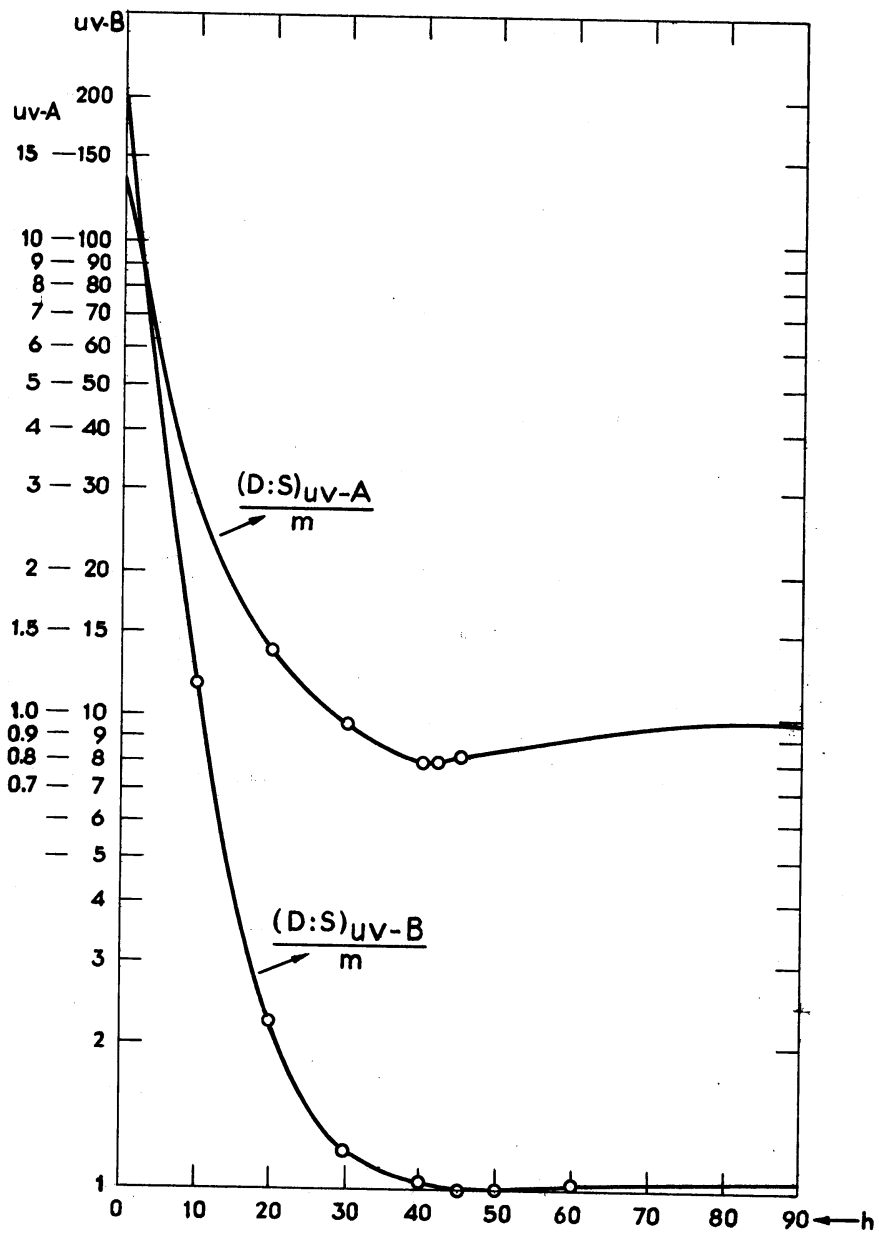


Fig. 2

G_{UV-B} in
 $\text{mcal cm}^{-2}\text{uur}^{-1}$

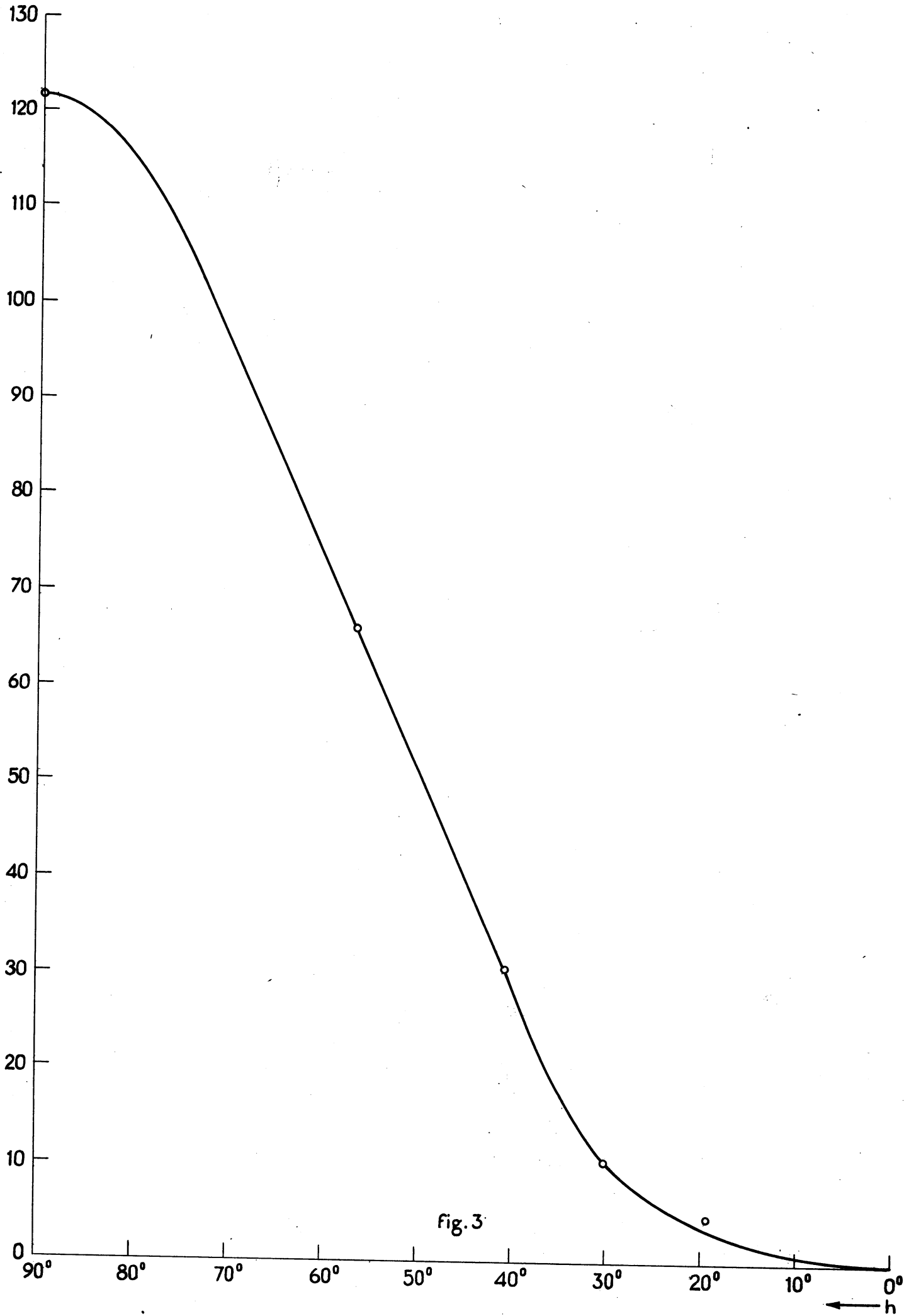


Fig. 3

G_{UV-A} in $\text{mcal cm}^{-2} \text{u} \ddot{\text{r}}^{-1}$

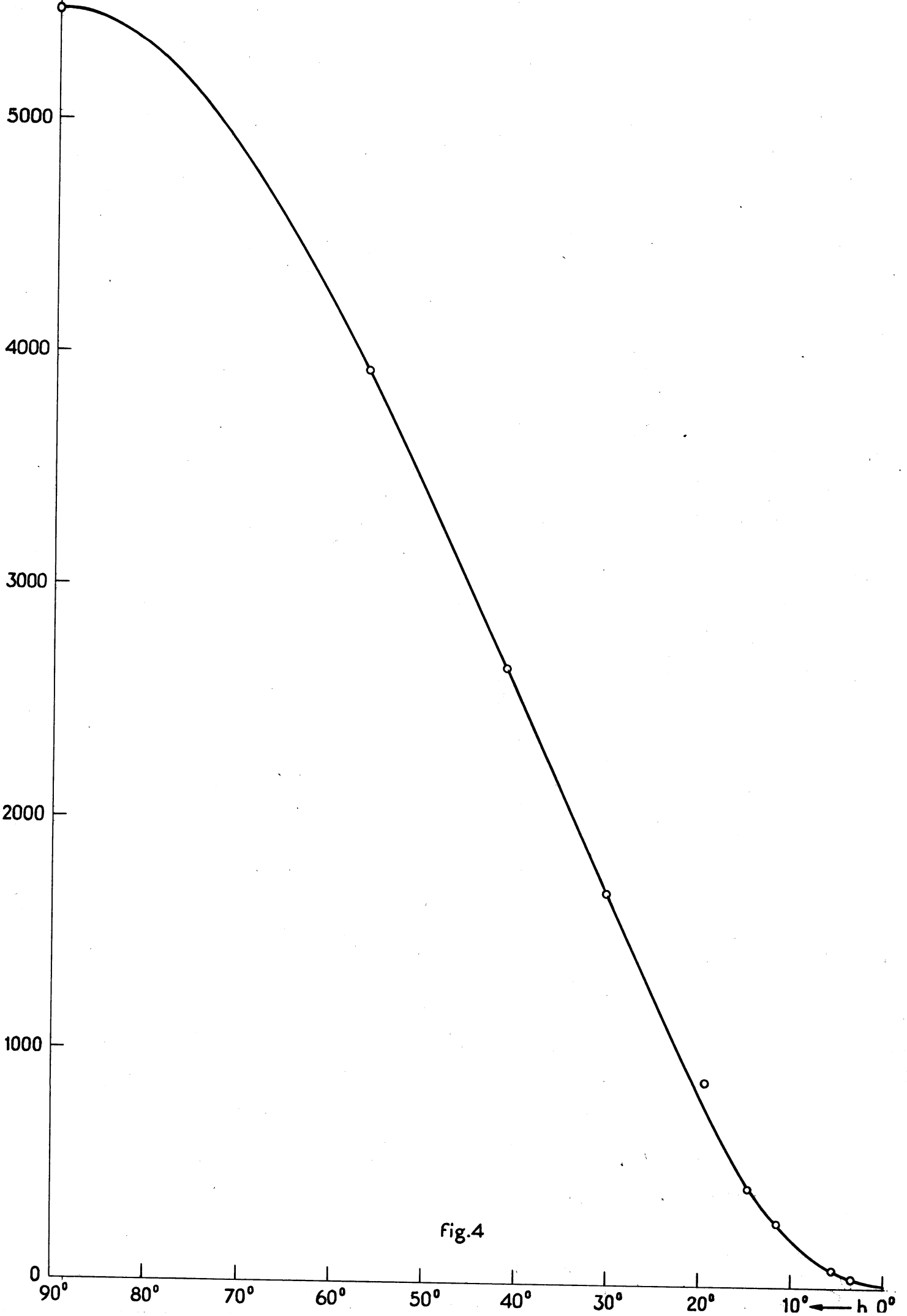


fig.4