

## STRALINGSMETINGEN TE BANDUNG

(WITH A SUMMARY)

door

R. W. R. DEE en J. J. M. REESINCK

*Meteorologische en Geophysische Dienst, Djakarta, Indonesië**(Ontvangen/Received 29.8.'51)*

Bij het vertrek van een der beide schrijvers (R) naar Bandung werd hem een solarimeter van het Laboratorium voor Natuur- en Weerkunde van de Landbouwhogeschool te Wageningen (MOLL-thermozuil met Cambridge-thread-recorder) in bruikleen afgestaan voor stralingsmetingen in Indonesië. Met dit instrument werden vanaf Augustus 1948 tot en met Februari 1951 registraties uitgevoerd van de totale globale straling (straling van zon en hemel op een horizontaal vlak in alle golfengten tezamen) te Bandung. Het instrument is hetzelfde, dat aanvankelijk te Wageningen werd gebruikt voor het meten van de photosynthetische straling (1) en later voor parallelregistraties met Wageningen, eerst te Den Helder (2) en later te De Bilt (3). Bij het transport van Wageningen naar Bandung is het glazen kapje van de thermozuil gebroken. Het is vervangen door een nieuw van gewoon glas. De doorlating van de glassoort, waaruit het nieuwe kapje bestaat, is in verschillende golfengtegebieden gemeten. De doorlating bleek in het nabije infra-rood 2 à 3 % kleiner te zijn dan in het zichtbare gebied. De invloed van deze geringe selectiviteit is te verwaarlozen. In verband met de grotere zonshoogten in Bandung werd extra weerstand voorgeschakeld. De totale voorgeschakelde weerstand bedroeg 838  $\Omega$  (in Nederland 520  $\Omega$  in de zomermaanden).

De verwerking der registrogrammen geschiedde op dezelfde manier als in Wageningen (1). Ook voor de ijkingen werd hetzelfde schema gevolgd; alleen werd niet geijkt met een compensatie-pyrheliometer van ÅNGSTRÖM, doch met een MOLL-pyrheliometer; deze pyrheliometer werd op zijn beurt weer vergeleken met de silver disk pyrheliometer van de Meteorologische en Geophysische Dienst te Djakarta (4). Er waren geen duidelijke aanwijzingen van een verandering van de ijkwaarde gedurende de meetreeks. Voor de gehele meetreeks is daarom dezelfde ijkwaarde aangenomen. De gevoeligheid (gereduceerd op dezelfde voorschakelweerstand) is 5 % lager dan bij de laatste ijking in Nederland; gezien het feit, dat het glazen kapje vervangen is, is dit niet verontrustend. Voor de nauwkeurigheid van de uitkomsten gelden de opmerkingen in een vorige publicatie (1).

De waarnemingsplaats ligt op 750 m boven zeeniveau. Bandung ligt op een hoogvlakte met afmetingen van de orde van 30 km, die aan bijna alle kanten omgeven is door bergen tot 2500 m hoogte. Als regel is er in de voormiddag

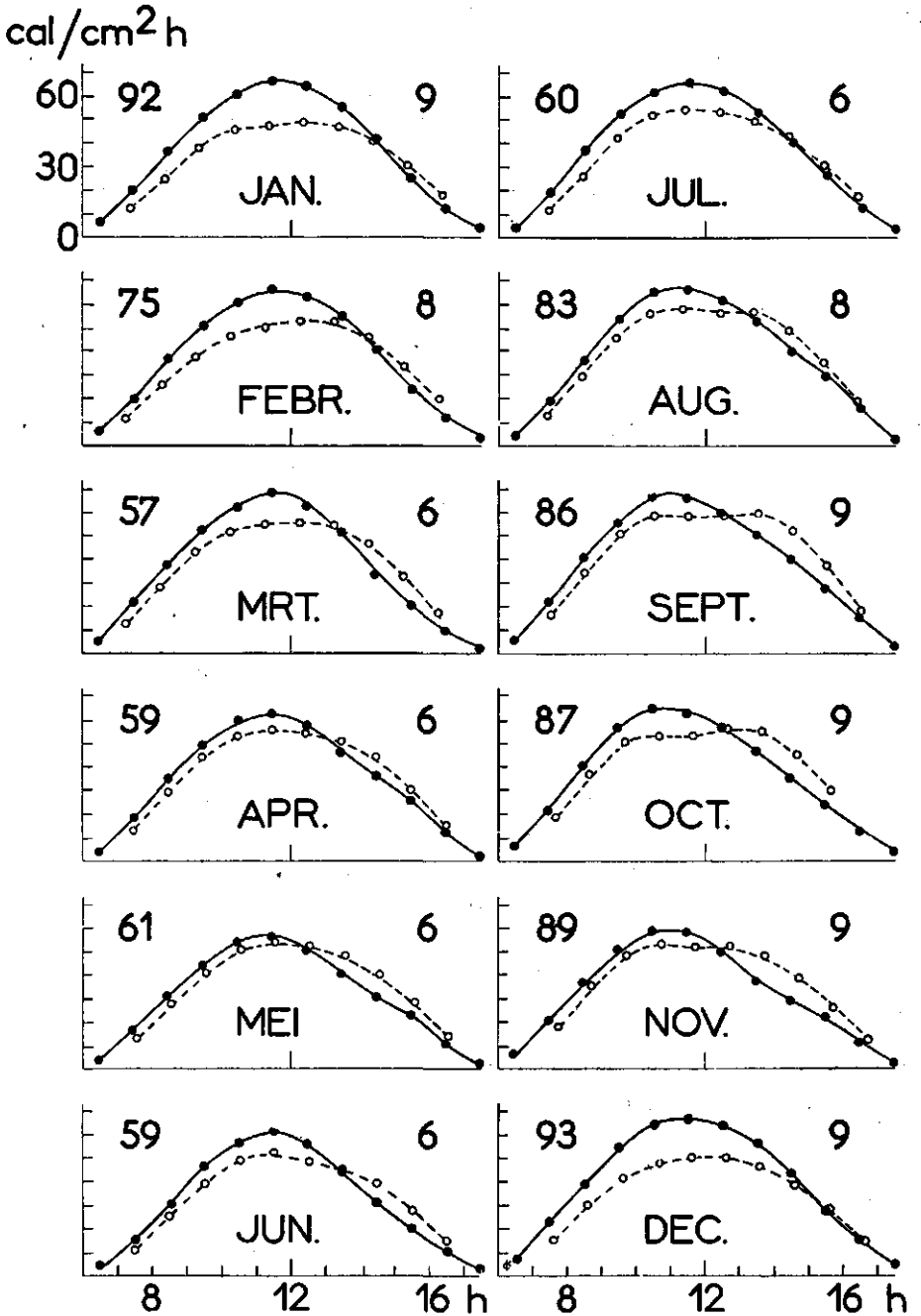


Fig. 1. Gemiddelde dagelijkse gang van de totale globale straling te Bandung (●—●) en Djakarta (o---o). De tijd is lokale ware tijd.

lichte bewolking, in de namiddag vormen zich cumuli, die tijdens de Westmoesson (October tot Mei) uitgroeien tot zware buien. Zelden is de hemel geheel vrij van cirrus; deze cirrus is meest afkomstig van de cumulonimbi. Voor verdere klimatologische gegevens zie men de publicaties van de Meteorologische en Geophysische Dienst te Djakarta.

In fig. 1 is voor alle maanden de gemiddelde dagelijkse gang van de totale globale straling aangegeven door een vol getrokken lijn; de gebroken lijn geeft hetzelfde voor Djakarta (7). Over het algemeen is in de voormiddag de straling in Bandung sterker tengevolge van de grotere hoogte boven zeeniveau, in de namiddag zwakker tengevolge van sterkere cumulusvorming. De getallen links en rechts bij de grafiek geven resp. het aantal dagen en het aantal decaden aan, waarop de grafiek berust. De afzonderlijke decadengegevens vertonen in vrij ver gaande details hetzelfde verloop als de gemiddelden. Het is niet doenlijk hier de decadengemiddelden te publiceren. Om echter een indruk te geven van de onderlinge afwijkingen geven wij in fig. 2 voor een willekeurig uitgekozen maand (Dec.) de afzonderlijke decadengemiddelden en het totale gemiddelde, benevens het gemiddelde voor Djakarta. Een denkbeeld van de spreiding, althans in de dagsommen, geeft ook tabel 2.

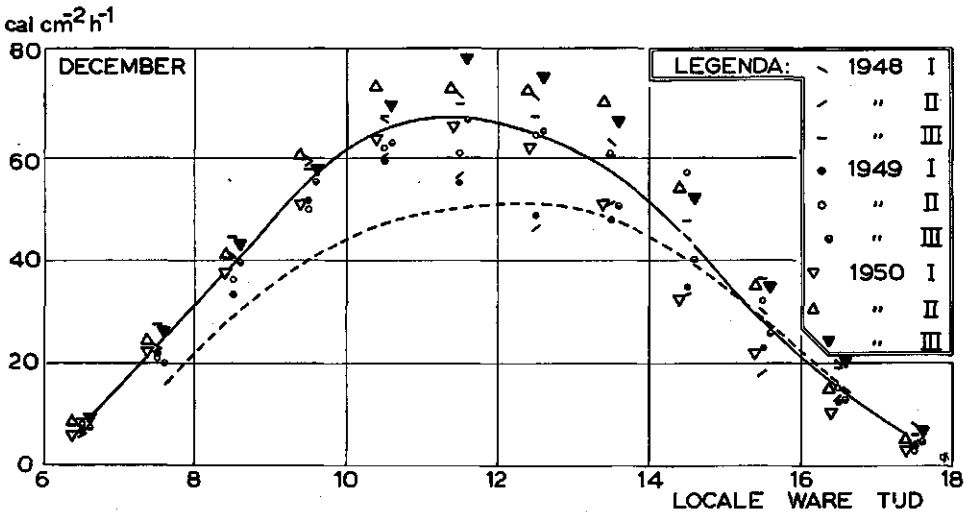


Fig. 2. Gemiddelde dagelijkse gang van de totale globale straling te Bandung voor verschillende decaden in December 1948, 1949 en 1950. De volgetrokken lijn geeft het Decemborgemiddelde voor Bandung, de gebroken lijn dat voor Djakarta.

Vanaf Nov. 1948 was er ook een zonneshijn-autograaf van CAMPBELL STOKES in gebruik. Daardoor zijn we in staat de constanten te bepalen in de formule van ÅNGSTRÖM (1)

$$I = Q \{ \alpha + (1 - \alpha) R \}$$

Hierin is  $I$  de dagsom van zonne- en hemelstraling en  $R$  de relatieve zonneshijnduur;  $Q$  en  $\alpha$  zijn constanten.  $Q$  heeft de betekenis van de dagsom geëxtrapoléerd tot een bewolking nul en  $\alpha$  is een soort maat voor de gemiddelde doorlating van de wolken. Voor  $R$  hebben we genomen het tiende deel van de

zonnenschijnduur in de uren tussen 7 en 17 uur ware zonnetijd. Om  $Q$  en  $\alpha$  te bepalen werd voor elke afzonderlijke maand  $I$  uitgezet tegen  $R$ . Door de verkregen punten werd een rechte lijn getrokken. De aldus verkregen waarden van  $\alpha$  zijn uitgezet in fig. 3d. Ze zijn vereffend door een sinusoid. Met de vereffende waarden van  $\alpha$  werd voor elk van de twaalf maanden van het jaar  $Q$  berekend met de methode van de kleinste kwadraten. Tabel 1 geeft voor elke maand van het jaar het aantal dagen  $n$ , waarop de berekening berust, de waarden van  $n$  en  $Q$  en de standaardafwijking  $\varepsilon$  van de waarden van  $I$  van de formule. Met de formule van ÅNGSTRÖM kan men uit  $R$  een schatting van  $I$  maken met een middelbare fout van 10 à 15 % (resp. in de O. en W. moesson).

TABEL 1

Constanten  $\alpha$  en  $Q$  in de formule van ÅNGSTRÖM, aantal dagsommen  $n$  voor elke maand en middelbare afwijking  $\varepsilon$  van de dagsommen van de formule.

	$n$	$\alpha$	$Q$ cal. cm <sup>-2</sup>	$\varepsilon$ cal. cm <sup>-2</sup>
Januari . . . . .	92	0,40	666	50
Februari . . . . .	75	0,40	658	65
Maart . . . . .	57	0,37	590	48
April . . . . .	59	0,34	581	39
Mei . . . . .	59	0,32	513	39
Juni . . . . .	59	0,29	515	33
Juli . . . . .	60	0,29	523	27
Augustus . . . . .	62	0,29	547	33
September . . . . .	59	0,32	586	34
October . . . . .	58	0,35	620	44
November . . . . .	78	0,38	607	49
December . . . . .	91	0,40	641	56

In fig. 3 zijn de waarden van  $Q$  uitgezet (b) en ter vergelijking het verloop van de dagsom  $I_0$  van de straling op een horizontaal vlak buiten de atmosfeer voor een zonneconstante  $1,940 \text{ cal. cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$  (a) en de dagsom  $I_3$  van de zonnestraling (dus zonder hemelstraling) op een horizontaal vlak bij een onbewolkte hemel en een waarde  $T = 3$  van de troebelingsfactor van LINKE (b). De jaarlijkse gang van  $Q$  weerspiegelt die van  $I_0$ . Opmerkelijk is dat de kromme  $Q$  in de maanden Juni en Juli hoger ligt dan  $I_3$ , terwijl toch de troebeling van de atmosfeer in die maanden zeker niet geringer is dan in de regentijd. Men dient echter het volgende te bedenken. Vooreerst is  $Q$  de geëxtrapoleerde dagsom van zonne- en hemelstraling samen. En verder mag men  $Q$  wel beschouwen als dagsom „geëxtrapoleerd tot een bewolking nul”, maar dan is onder „bewolking nul” te verstaan de afwezigheid van bewolking, die de zonnestraling zo verzwakt, dat de Campbell Stokes niet meer inbrandt (de grens ligt in de orde van  $0,3 \text{ cal. cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ ); de invloed van de in deze streek veel voorkomende Ci en dunne Cs is in  $Q$  dus niet geëlimineerd. De stijging van  $Q$  in Dec.-Jan. zal wel een gevolg zijn van het uitregenen van stofdeeltjes.

In fig. 3 (c) is voorgesteld het maandgemiddelde  $\bar{I}$  van de dagsom  $I$ . De afstand van de lijnen  $Q$  en  $I$  is een maat voor de mate van bewolking. Ter vergelijking is  $I$  ook aangegeven voor Djakarta volgens BERLAGE (4). Mede lettende op fig. 1 menen wij het verschil tussen Bandung en Djakarta aldus te mogen verklaren: Door de hogere ligging is de straling bij heldere hemel in Bandung

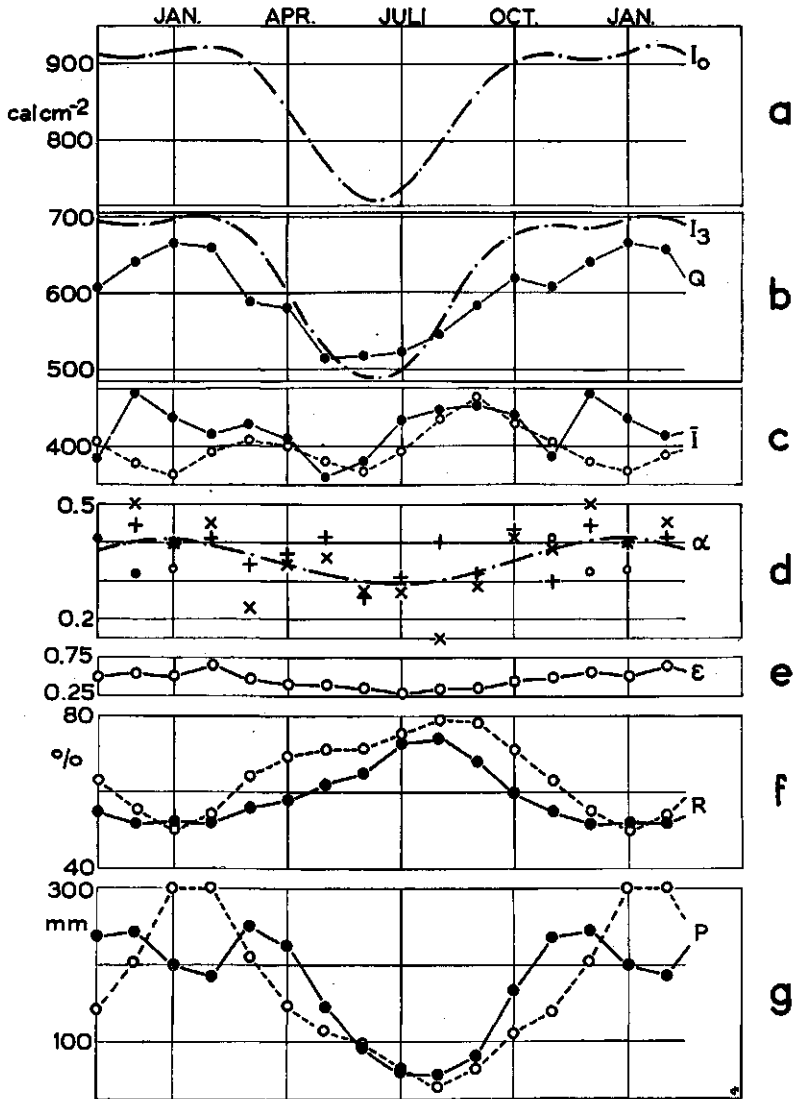


Fig. 3. Enige gegevens betreffende de jaarlijkse gang van zonnestraling en regenval.

- a. Zonnestraling, extraterrestrisch ( $I_0$ ).
- b. Zonnestraling voor troebelingsfactor 3 ( $I_3$ ),  $Q$  uit de formule van ÅNGSTRÖM.
- c. Gemiddelde straling ( $\bar{I}$ ) te Bandung (●—●) en Djakarta (o—o).
- d.  $\alpha$  uit de formule van ÅNGSTRÖM.
- e. Standaardafwijking  $\epsilon$  van de formule van ÅNGSTRÖM.
- f. Gemiddelde relatieve zonneshijnduur ( $R$ ), ●—● te Bandung (1912-41), o—o te Djakarta (1889-1941).
- g. Gemiddelde regenval ( $P$ ), ●—● te Bandung (Tjilentah) (1879-1941), o—o te Djakarta (1864-1941).

sterker. Dit komt vooral tot uiting in de voormiddag. Het effect op de dagsom wordt echter weer ongeveer opgeheven door de sterkere cumulusvorming in de namiddag te Bandung. Alleen in de maanden December en Januari is deze cumulusvorming in Djakarta aanmerkelijk groter. Dit alles wordt bevestigd door een beschouwing van het verloop van de relatieve zonneshijnduur (f) (6) en de regenval (g) (7) in Bandung en Djakarta. Zo is in de meeste maanden de relatieve zonneshijnduur in Djakarta groter dan in Bandung, maar de dagsom van de straling verschilt weinig.

Het materiaal is lang niet uitgebreid genoeg voor een uitvoerige statistische bewerking. In tabel 2 zijn aangegeven, voor tijdvakken van telkens drie maanden, de gemiddelde dagsom  $I$  de standaardafwijking  $\sigma$  van de dagsommen van hun gemiddelde, het quotiënt  $\sigma/I$  en de correlatiecoëfficiënt  $r$  tussen twee opeenvolgende dagsommen. Deze laatste grootte is gemiddeld 0,3, van dezelfde orde als in Nederland.

TABEL 2

Gemiddelde  $\bar{I}$  en spreiding  $\sigma$  van de dagsommen der totale globale straling en correlatiecoëfficiënt  $r$  tussen twee opeenvolgende dagsommen.

	$\bar{I}$ cal. cm-2	$\sigma$ cal. cm-2	$\sigma/\bar{I}$	$r$
Sept. Oct. Nov. '48 . . . . .	460	104	0,22	0,32
Dec. '48, Jan. Febr. '49 . . . . .	438	107	0,24	0,14
Mrt. Apr. Mei '49 . . . . .	395	101	0,26	0,33
Juni Juli Aug. '49 . . . . .	437	79	0,18	0,25
Sept. Oct. Nov. '49 . . . . .	418	97	0,23	0,77
Dec. '49, Jan. Febr. '50 . . . . .	456	94	0,21	0,47
Mrt. April Mei '50 . . . . .	387	99	0,26	0,39
Juni Juli Aug. '50 . . . . .	396	93	0,24	0,34
Sept. Oct. Nov. '50 . . . . .	398	99	0,25	0,30
Dec. '50, Jan. Feb. '51 . . . . .	430	114	0,30	0,32

Het ligt in de bedoeling van de Meteorologische en Geophysische Dienst van Indonesia het stralingsonderzoek zodanig uit te breiden, dat binnen enkele jaren een overzicht verkregen kan worden van het stralingsklimaat van de Archipel. Het programma zal omvatten registraties van de globale straling op enkele geschikt gekozen stations en daarnaast metingen van de zonneshijnduur op vele plaatsen. Metingen van de zonneshijnduur worden reeds geruime tijd uitgevoerd. Een discussie van deze waarnemingen is gegeven door SCHMIDT (8). Door de registraties van de totale globale straling krijgt men een overzicht van de dagelijkse gang en bepaalt men de constanten in de formules van ÅNGSTRÖM (of een dergelijke formule) onder verschillende omstandigheden, zodat men de uitkomsten over de zonneshijnduur kan omrekenen in gegevens over stralingsintensiteit. Verder zullen op enkele punten waarnemingen gedaan worden van de directe zonnestraling met pyrhelometers met filters.

Gaarne betuigen wij onze dank aan de Heren Curatoren van de Landbouwhogeschool te Wageningen en aan Prof. Dr W. R. VAN WIJK voor het in bruikleen afstaan van de solarimeter. Verder onze dank aan de Bandungse studenten, die bij het onderzoek hebben geholpen, aan Mevrouw M. A. REESINCK-DOPHEIDE, die een groot deel van de metingen en berekeningen uitvoerde en aan de Instrumentmaker, de Heer ENDJAM, voor zijn toewijding bij het verzorgen van de instrumenten.

## SUMMARY

Measurements of solar and sky radiation at Bandung (Java) during the period from Aug. 1948 till March 1951 are discussed and the constants in the ÅNGSTRÖM formula for Bandung are computed.

## LITERATUUR

1. G. ZUIDHOF en D. A. DE VRIES, Meded. Landbouwhogeschool Wageningen/Netherlands **44** (verh. 4) (1940).
2. J. A. PRINS, Meded. Landbouwhogeschool Wageningen/Netherlands **47** (verh. 5) (1944).
3. J. A. PRINS en J. J. M. REESINCK, Meded. Landbouwhogeschool Wageningen/Netherlands **49** (verh. 2) (1948).
4. J. BOEREMA en A. P. BERLAGE JR., Verh. Met. Dienst Djakarta **34** (1948).
5. Zie o.a. J. J. M. REESINCK, Meded. Landbouwhogeschool Wageningen/Netherlands **44** (verh. 5) (1940).
6. H. P. BERLAGE JR., Verh. Met. Dienst Djakarta, Observations made at secondary stations **49B** (1949).
7. H. P. BERLAGE JR., Verh. Met. Dienst Djakarta **37** (1949).
8. F. H. SCHMIDT, Verh. Met. Dienst (Djawatan Meteorologi dan Geofisik) Djakarta **40** (1950).