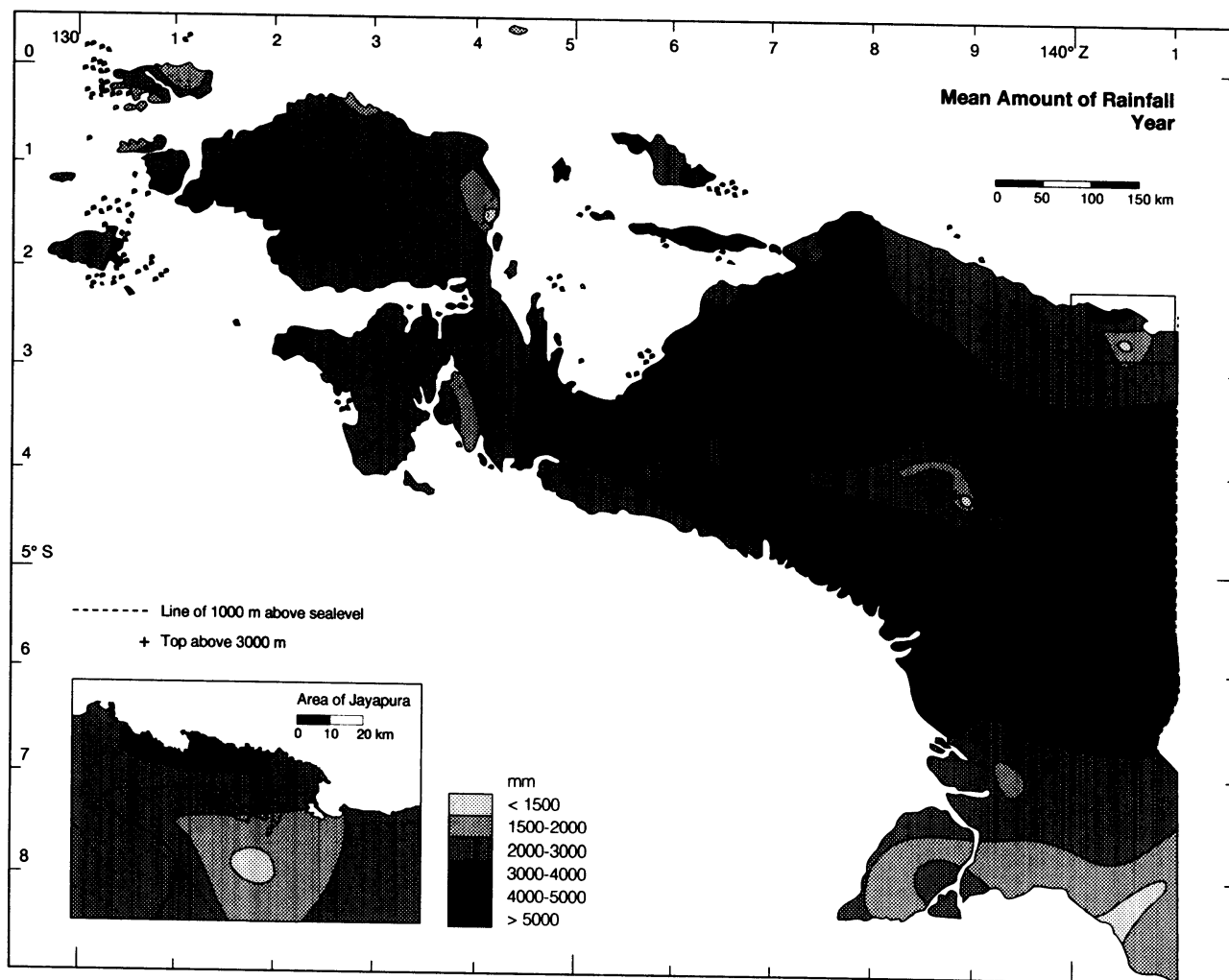


Verdamping in Nieuw-Guinea (Irian Jaya)

Vergelijking van gemeten hoeveelheden met
berekende hoeveelheden

T. B. Ridder



KNMI-publication 183-3

De Bilt 1995

Postbus 201
3730 AE De Bilt
Wilhelminalaan 10
Telefoon +31.30.2206 911
Telefax +31.30.2210 407

*Het kaartje op het omslag (met de gemiddelde hoeveelheid regen per jaar)
is overgenomen uit KNMI-publicatie 183-1, Rainfall in New Guinea (Irian Jaya)*

UDC: 551.573
551.501.771
(954)

ISBN: 90-369-2088-4

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

Inhoud

Voorwoord 5

Summary 7

1. Inleiding 9

2. Metingen 11

3. Theoretisch Onderzoek 13

3.1 Algemeen 13

3.2 De formules van Penman 13

3.3 Is de formules van Penman ook geschikt voor Nieuw-Guinea? 15

4. Gebruikte meteorologische variabelen 17

4.1 Temperatuur (t) 17

4.2 Relatieve vochtigheid (h) 18

4.3 Zonneschijn (p) 20

4.4 Windsnelheid (u) 20

5. Berekeningen 23

6. Enkele opmerkingen betreffende de verdampingswaarden 27

6.1 Merauke (Mopah) 27

6.2 Hollandia (Sentani) 27

6.3 Manokwari (Rendani) 27

6.4 Baliem (Wamena) 27

7. Samenvatting 31

Literatuur 33

Bijlage 1.1 Merauke (Mopah) 34

1.2 Hollandia (Sentani) 35

1.3 Manokwari (Rendani) 36

1.4 Baliem (Wamena) 37

Voorwoord

Het concept van deze publicatie met de bijbehorende berekeningen kwam in 1961 te Hollandia gereed.

De tekst werd later gedeeltelijk herschreven. Hoofdstuk 3.1 en 3.2 "Theoretisch onderzoek" is van de hand van Drs. W.R. Raaff, die tevens het gehele rapport kritisch bekeek.

Hoewel de metingen dateren van het tijdvak 1955-1959, wordt gemeend, dat het toch nog interessant is om deze verdampingsgegevens alsnog te publiceren.

Ik ben de heer J. Muijsert dankbaar voor het zorgvuldig doorlezen van het concept.

De Bilt, 1995

Summary

Evaporation in New-Guinea (Irian Jaya).

A comparison of measured and calculated amounts of evaporation.

At four locations in New-Guinea (Merauke/Mopah, Hollandia/Sentani, Manokwari/Rendani and Baliem/Wamena) evaporation has been measured over a period of at least one year, during the period 1955-1959.

The best results were obtained by the WMO Class A evaporationpan.

The results have been compared with the amounts calculated by the Penmanformula [2].

1. Inleiding

Met verdamping wordt hier bedoeld de overgang van water uit de vloeibare toestand naar waterdamp, zoals dit aan het oppervlak van de aarde plaatsvindt.

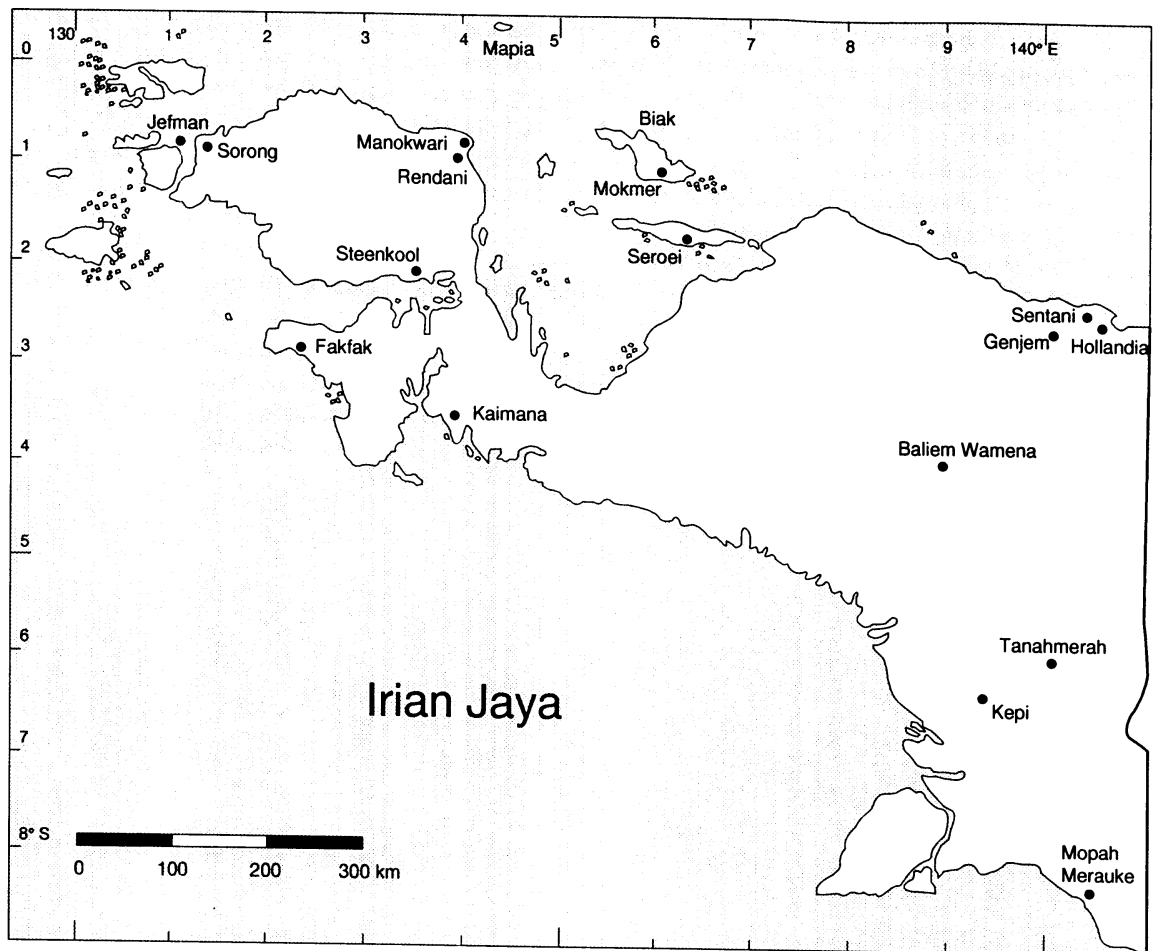
Verdamping geschiedt vanuit z.g. openwatervlakten (zeeën, meren, plassen enz.), maar ook vanuit de grond. Bij verdamping vanuit de grond kan men onderscheid maken tussen de rechtstreekse verdamping en verdamping via de planten (transpiratie).

Vanuit watervlakten kan het water ongehinderd in dampvorm overgaan en wordt de grootte van de omzetting uitsluitend bepaald door de beschikbare energie en de opneemcapaciteit van de atmosfeer.

Bij verdamping uit de grond, hetzij direct of via planten, wordt de verdamping begrensd door de door de grond of planten beschikbaar gestelde hoeveelheid water.

Het volgende heeft betrekking op verdamping vanuit een open wateroppervlak.

2. Metingen



Figuur A. Meetposten in Irian Jaya (Nieuw-Guinea).

Wegens de belangstelling van waterhuishoudkundige en landbouwkundige zijde tracht men op velerlei manieren de verdamping te meten. Het meten van de verdamping is echter niet eenvoudig. De optredende meetfouten zijn dikwijls van dezelfde orde van grootte als de verdamping zelf. Ook in Nieuw-Guinea waren er moeilijkheden met de apparatuur.

Aanvankelijk werd gedurende een aantal jaren op Manokwari (Rendani) en Merauke (Mopah) gemeten met de z.g. Piche-verdampingsmeter. Hierbij werd apparatuur en het bijbehorende voorschrift vanuit Nederland gebruikt. In vergelijking met andere apparatuur werden hiermee over het algemeen hogere meetresultaten verkregen. Daarnaast werd bij de Piche-meter veel hinder ondervonden van een verstopt toevoergatje voor het water. Dit leidde dan tot te lage waarden.

Vanaf 1957 kwamen enige door de WMO aanbevolen Class A verdampingspannen in gebruik. Deze apparaten waren in Nieuw-Guinea volgens WMO-voorschrift vervaardigd. Het prototype te Hollandia (Sentani) was van koper. De andere pannen te Merauke, Manokwari en Baliem waren van ijzer. De ijzeren apparaten werden weleens verdacht van lekkage. Dit zou dan tot te hoge verdampingswaarden leiden.

Voor het meten van de verdampte hoeveelheid werd het waterniveau in de verdampingspan dagelijks tot een bepaald niveau aangevuld. Daarbij moest de afgelezen hoeveelheid worden vermeerderd met de in hetzelfde tijdvak gevallen hoeveelheid neerslag. Vermoed wordt, dat nu en dan bij hevige regen wat water verloren ging door uitspatten over de rand van de bak. Ook dit zou weer leiden tot te hoge verdampingswaarden. Verder was de verdampingspan vrij moeilijk af te lezen voor minder ervaren waarnemers. Dit kon leiden tot zowel positieve als negatieve fouten. Met behulp van een doeltreffend formulier werd getracht om het maken van rekenfouten zoveel mogelijk te voorkomen.

Zowel de Piche-meter als de verdampingspan werden dagelijks tweemaal ('s morgens 06.30 en 's avonds 18.30 uur NGT *) afgelezen en zonodig bijgevuld. Daar de verdamping 's nachts betrekkelijk gering was, was op deze manier enige controle op de metingen mogelijk.

Parallel met de dagsom van de neerslag werd ook de dagsom van de verdamping na de meting van 06.30 uur NGT, in tienden van mm, berekend. De verdamping werd maandelijks per dag gemiddeld.

Voor meetresultaten van de posten Merauke (Mopah), Hollandia (Sentani), Manokwari (Rendani) en Baliem (Wamena) wordt verwezen naar de bijlagen 1.1 t/m 1.4 en de figuren B (p.18) en C (p. 19).

* NGT = Nieuw - Guinea- Tijd = GMT + 09.30 uur.

3. Theoretisch onderzoek

3.1 Algemeen.

Theoretisch onderzoek op het gebied van de verdamping werd o.m. verricht door Thornthwaite en Penman. Hierbij werd getracht om op fysische basis formules af te leiden voor het verband tussen de verdamping en meteorologische grootheden.

Thornthwaite gebruikte hierbij uitsluitend de breedtegraad en de luchttemperatuur [1].

Penman stelde een meer ingewikkelde formule op voor de berekening van de verdamping vanuit een vrij wateroppervlak [2].

Zoals reeds eerder gezegd zijn er twee factoren, die de grootte van de verdamping bepalen:

- a) beschikbare hoeveelheid energie
- b) capaciteit van de aangrenzende lucht voor het afvoeren en bergen van de waterdamp.

Het opnemend vermogen van de atmosfeer hangt af van de luchttemperatuur, de relatieve vochtigheid en de windsnelheid.

Voor het bepalen van de beschikbare energie gaat men uit van de aan de buitenkant van de atmosfeer invalende straling (afhankelijk van de breedtegraad en het jaargetijde). De nettostraling aan het aardoppervlak wordt geschat met behulp van de luchttemperatuur, het zonnenschijnpercentage en de relatieve vochtigheid.

De methode van Penman is een benaderingsmethode voor de over een maand gemiddelde dagelijkse verdamping. Voor Engeland en Nederland blijkt deze methode vrij goed te voldoen.

De methode is geschikt, als de uitkomsten overeenkomen met die van de verdampingspan, eventueel na modificatie van de formule.

3.2 De formule van Penman, zoals toegepast door Kramer [3].

De voor de verdamping gebruikte energie E_0 blijkt uit de energiebalans aan het oppervlak:

$$E_0 = R_n - K$$

waar R_n = netto stralingsenergie
 K = energie voor verwarming van de aangrenzende lucht.

Hierbij is de energie voor verwarming van het water (of de bodemwarmtestroom) verwaarloosd.

Gebruikmakende van de Bowen-verhouding K/E_0 wordt tenslotte de formule afgeleid:

$$E_0 = \frac{S \cdot R_n / L + \gamma \cdot E_a}{S + \gamma} \quad \text{mm/dag}$$

waar

L = verdampingswarmte van water = 597 cal/g
 $S = (de_s / dt)_{t_2}$ = de helling van de verzadigde dampdruklijn e_s ,
bij de luchttemperatuur in de thermometerhut, t_2
 $\gamma = 0,486 \text{ mm Hg} / ^\circ\text{C}$ = de psychrometerconstante
 E_a = "drogend vermogen van de atmosfeer" of
"isotherme verdamping":
 $E_a = 0,35 \cdot e_s \cdot (1-h)(0,5 + 0,54 u_2)$ mm/dag

met de windsnelheid op 2 m hoogte u_2 , in m/s en de relatieve vochtigheid h , als fractie.

De maximale dampdruk e_s is die bij de luchttemperatuur t_2 , in mm Hg.
De nettostraling R_n wordt geschat door

$$R_n = (1 - \alpha) \cdot G + R_u$$

waar

α = reflectiecoëfficiënt van het oppervlak;
voor water $\alpha \approx 0,06$

G = inkomende kortgolvlige straling, geschat met

$$G = Q \cdot (0,20 + 0,48 p)$$

waar

Q = zonnestraling aan de rand van de atmosfeer op een horizontaal vlak
 p = relatieve zonneschijnduur

Netto langgolvlige straling, R_u

$$R_u = (\epsilon - 1) \sigma T_2^4 f(p)$$

waar

σ = constante van Stefan-Boltzmann = $11,67 \times 10^{-8} \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dag}^{-1} \text{ K}^{-4}$

T_2 = luchttemperatuur in °K op 2 m. hoogte

ϵ = effectieve emissiviteit van de atmosfeer:

$$\epsilon = (0,53 + 0,077 \sqrt{e_2})$$

met e_2 = dampdruk = $h \cdot e_s(t)$ in mm Hg

en $f(p)$ = bewolkingsfaktor: $f(p) = 0,2 + 0,8 p$

Voor de berekening van E_o zijn dan alleen maandelijks gemiddelde waarden nodig van de luchttemperatuur, t_2 , de relatieve vochtigheid, h , de windsnelheid, u_2 en de fractie zonneschijn p .
In het nomogram van Rijkooft [4] is een en ander uitgewerkt, zodat

$$E_o = E_1 + E_2 + E_3 + E_4$$

waar

$$E_1 = -(1 + 4p) \cdot 183,82 \cdot 10^{-12} \cdot T^4 \cdot \frac{S}{S + \gamma}$$

$$E_2 = 0,00315 \frac{S}{S + \gamma} \cdot Q \cdot (1 + 2,4 p)$$

$$E_3 = 30,115 \cdot 10^{-12} \cdot T^4 \cdot \frac{S}{S + \gamma} \cdot \sqrt{e_s} \cdot (1 + 4p) \sqrt{h}$$

$$E_4 = 0,35 \frac{\gamma}{S + \gamma} \cdot e_s \cdot (1 - h) (0,5 + 0,54 u_2)$$

en Q is bepaald uit de Angot-getallen $\text{cal/cm}^2/\text{dag}$, zoals die b.v. te vinden zijn in Brunt's boek over Dynamical Meteorology.

3.3 Is de formule van Penman ook geschikt voor Nieuw-Guinea?

Dit wordt nu nagegaan.

Zoals gezegd komen in de formule van Penman naast de invallende straling de volgende meteorologische variabelen voor:

- a) luchttemperatuur
- b) relatieve vochtigheid
- c) zonneshijnpercentage
- d) windsnelheid

Op het eerste gezicht zijn dit meteorologische grootheden waarmee zeer eenvoudig gewerkt kan worden. Een moeilijkheid is echter de wijze waarop gemiddelden van de te gebruiken meteorologische variabelen worden bepaald. Voor het resultaat is het van belang of men voor b.v. de luchttemperatuur neemt het gemiddelde van het dagelijkse maximum en minimum dan wel het overdaggemiddelde of het etmaalgemiddelde. Iets dergelijks geldt voor de relatieve vochtigheid en de wind. Penman heeft de volgende gemiddelden gebruikt:

- Voor de temperatuur : het gemiddelde van het dagelijkse maximum en minimum
- Voor de relatieve vochtigheid : aanvankelijk eenmaal per dag (9 uur 's morgens) gemeten waarde, later het gemiddelde van vier zesuurlijkse waarnemingen
- Voor de windsnelheid : een over een etmaal gemiddelde waarde van de windsnelheid op 2 m boven de grond.

In principe geldt de formule van Penman uitsluitend voor een langere periode dan een dag (b.v. een maand). Dit tijdvak werd ook voor Nieuw-Guinea aangehouden.

4 Gebruikte meteorologische variabelen

4.1 Temperatuur (t)

Voor Nederland gebruikte Kramer [3] bij de berekening van de verdamping volgens Penman voor de temperatuur het z.g. overdaggemiddelde, d.i. het gemiddelde van de metingen van 8, 14 en 19 uur, welk gemiddelde blijkt een onderzoek door Kramer [3] maximaal 1,4° C afwijkt van het gemiddelde volgens Penman.

Voor Nieuw-Guinea is aan de hand van de meetresultaten van Merauke * nagegaan in hoeverre de op verschillende wijzen bepaalde gemiddelden van elkaar afwijken.

Hierbij werd uitgegaan van het tijdvak maart 1957 t/m feb. 1960, omdat van deze periode (zie tabel 1) zowel etmaalgemiddelden (a) als overdaggemiddelden (b), als gemiddelden van het dagelijks maximum en minimum (c) beschikbaar waren.

Tabel 1

Vergelijking van het etmaalgemiddelde, het overdaggemiddelde en het gemiddelde van het dagelijkse maximum en minimum van de temperatuur t te Merauke (° C).

maart 1957 t/m februari 1960							
	a	b	c	b-a	c-a	b-c	b1
januari	26.9	27.3	27.4	0.4	0.5	-0.1	27.1
februari	26.7	27.2	27.4	0.5	0.7	-0.2	26.9
maart	26.9	27.2	27.4	0.3	0.5	-0.2	27.2
april	26.6	26.8	27.2	0.2	0.6	-0.4	26.8
mei	26.1	26.4	26.7	0.3	0.6	-0.3	26.6
juni	25.0	25.4	25.6	0.4	0.6	-0.2	25.6
juli	24.4	24.7	24.8	0.3	0.4	-0.1	25.0
augustus	24.4	24.8	24.8	0.4	0.4	0.0	25.1
september	24.9	25.1	25.0	0.2	0.1	+0.1	25.4
oktober	26.1	26.4	26.3	0.3	0.2	+0.1	26.7
november	27.4	27.7	27.6	0.3	0.2	+0.1	27.4
december	27.5	28.0	27.8	0.5	0.3	+0.2	27.7

$$a = \text{etmaalgemiddelde d.i. } \frac{t_0 + t_3 + t_6 + t_9 + t_{12} + t_{15} + t_{18} + t_{21}}{8}$$

$$b = \text{overdaggemiddelde d.i. } \frac{t_6 + t_{12} + t_{18}}{3}$$

$$c = \frac{t_{\text{dagmax.}} + t_{\text{dagmin.}}}{2}$$

b1 = overdaggemiddelde over 5 jaren (1955-1959), ter vergelijking.

*In eerste instantie werd Merauke uitgekozen, omdat deze plaats landbouwkundig het meest interessant was.

Het blijkt, dat voor Merauke het (overdag)gemiddelde (b) van de drie "klimatologische" uren (6, 12 en 18 NGT) * minder dan 0,5° C afwijkt van het gemiddelde (c) van maximum en minimum (Penman). Ook verschilt het overdaggemiddelde (b) 0,5° C of minder van het etmaalgemiddelde (a). De verschillen tussen het gemiddelde van maximum en minimum (c) en het etmaalgemiddelde (a) zijn in sommige maanden iets groter dan 0,5° C. In het algemeen zijn de verschillen tussen genoemde grootheden betrekkelijk gering.

Mede in verband met het feit, dat overdaggemiddelden van de temperatuur van vele plaatsen vanaf het begin van de meetreeks bekend zijn, werd besloten om voor de berekening van de verdamping overdaggemiddelden te gebruiken. Ter vergelijking is in tabel 1 naast het overdaggemiddelde (b) van het tijdvak maart 1957 t/m februari 1960 tevens het overdaggemiddelde (b1) van het vijfjarig tijdvak 1955 t/m 1959 opgenomen. De verschillen zijn gering.

Voor de overige stations (Hollandia, Manokwari en Baliem) worden de verschillen van het overdaggemiddelde met de overige gemiddelden kort besproken in hoofdstuk 5 (Berekeningen).

4.2 Relatieve vochtigheid (h)

Voor Nederland gebruikte Kramer weer het overdaggemiddelde (8, 14 en 19 uur), dat soms bijna 8% afweek van het etmaalgemiddelde. De (verbeterde) methode van Penman

$$\frac{h_0 + h_6 + h_{12} + h_{18}}{4}$$

bleek voor De Bilt 0,5% of minder van het etmaalgemiddelde af te wijken. Toch gaf Kramer evenals bij de temperatuur weer de voorkeur aan het overdaggemiddelde, ook al omdat de verdamping hoofdzakelijk overdag plaats vindt.

Uit tabel 2 blijkt, dat voor Merauke het overdaggemiddelde van de relatieve vochtigheid (b) 3% of minder afwijkt van het etmaalgemiddelde (a).

* In feite zijn dit de meetresultaten van de synoptische uren van 21, 03 en 09 GMT. Deze komen overeen met 06.30, 12.30 en 18.30 NGT. Gemakshalve zijn de minutenwaarden weggelaten.

Tabel 2

Vergelijking van de verschillende karakteristieken van de relatieve vochtigheid (h) te Merauke (in procenten).

maart 1957 t/m februari 1960

maand	a	b	b-a	b'
januari	84	82	-2	82
februari	87	85	-2	84
maart	88	85	-3	84
april	87	85	-2	85
mei	86	84	-2	85
juni	85	84	-1	84
juli	84	83	-1	85
augustus	81	80	-1	81
september	79	80	+1	80
oktober	79	79	0	81
november	79	78	-1	80
december	82	80	-2	81

$$a = \text{etmaalgemiddelde} = \frac{h_0 + h_3 + h_6 + h_9 + h_{12} + h_{15} + h_{18} + h_{21}}{8}$$

$$b = \text{overdaggemiddelde} = \frac{h_6 + h_{12} + h_{18}}{3}$$

b' = overdaggemiddelde over 5 jaar (1955 - 1959, ter vergelijking)

Daar vermoed werd, dat het "werkelijk" overdaggemiddelde d.i.

$$\frac{h_6 + h_9 + h_{12} + h_{15} + h_{18}}{5} \quad (e)$$

een aanmerkelijk hogere waarde zou hebben dan het overdaggemiddelde

$$\text{d.i. } \frac{h_6 + h_{12} + h_{18}}{3} \quad (b'')$$

werd voor alle maanden van 1958 zowel de waarde van (e) als die van (b'') berekend (tabel 3).

Tabel 3

Vergelijking van het overdaggemiddelde van de relatieve vochtigheid (b'') met het "werkelijke" overdaggemiddelde (e) voor Merauke in 1958.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
e	79	82	82	82	83	82	79	78	77	75	76	76
b''	82	84	85	85	86	84	81	80	81	80	80	80
e - b''	-3	-2	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-4	-5	-4	-4

$$e = \text{"werkelijk" overdaggemiddelde} = \frac{h_6 + h_9 + h_{12} + h_{15} + h_{18}}{5}$$

$$b'' = \text{overdaggemiddelde} = \frac{h_6 + h_{12} + h_{18}}{3}$$

De verschillen tussen e en b'' blijken over het algemeen niet zo groot te zijn als werd vermoed. Toepassing van de relatieve vochtigheidswaarden e in plaats van b'' leverde geen noemenswaardige verschillen op bij de berekening van de verdamping voor het jaar 1958. In verband hiermee werd besloten om voor de berekening van de verdamping van Merauke het overdaggemiddelde van de relatieve vochtigheid te gebruiken.

4.3 Zonneschijn (p)

Penman en ook Kramer gebruiken het percentage zonneschijn tussen zonsopgang en zonsondergang. Deze gegevens werden voor Nieuw-Guinea (nog) niet berekend.

Voor de berekening van de verdamping voor Nieuw-Guinea werden gebruikt de percentages zonneschijn tussen 0800 - 1600 zonnetijd, zoals deze normaal voor elk zonneschijnstation aldaar werden bepaald.

Vermoedelijk liggen deze waarden iets hoger dan de percentages over de periode tussen zonsopgang en zonsondergang.

4.4 Windsnelheid (u)

Evenals voor de temperatuur en de relatieve vochtigheid werd ook voor de windsnelheid nagegaan in hoeverre de gemiddelde windsnelheid van de uren 06, 09, 12 en 18 NGT een bruikbare grootheid vormt.

Hiervoor werd voor Merauke in tabel 4 weer over de periode van maart 1957 t/m februari 1960 een vergelijking gemaakt voor de gemiddelde windsnelheid van 6, 12 en 18 NGT (b) en het etmaalgemiddelde (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 en 21 zonnetijd) (a) en het werkelijk overdaggemiddelde vastgesteld aan de hand van de waarnemingen van 06, 09, 12, 15 en 18 NGT (c).

Tabel 4

Vergelijking van verschillende karakteristieken van de windsnelheid te Merauke in knopen.

maart 1957 t/m februari 1960

	a	b	c	b-a	c-a	b-c	b ¹
januari	5.8	6.0	6.9	0.2	1.1	-0.9	4.7
februari	5.2	5.3	6.3	0.1	1.1	-1.0	5.1
maart	3.9	3.9	4.8	0.0	0.9	-0.9	4.1
april	4.0	4.1	5.1	0.1	1.1	-1.0	3.3
mei	4.6	4.5	5.8	-0.1	1.2	-1.3	3.8
juni	5.0	4.9	6.0	-0.1	1.0	-1.1	4.2
juli	5.2	5.2	6.5	0.0	1.3	-1.3	4.6
augustus	5.9	5.8	7.1	-0.1	1.2	-1.3	5.4
september	6.5	6.7	8.3	0.2	1.8	-1.5	6.2
oktober	5.9	6.4	7.7	0.5	1.8	-1.3	5.6
november	5.1	5.7	6.8	0.6	1.7	-1.1	4.7
december	4.4	4.7	5.6	0.3	1.2	-0.9	4.3

$$a = \text{etmaalgemiddelde d.i. } \frac{u_0 + u_3 + u_6 + u_9 + u_{12} + u_{15} + u_{18} + u_{21}}{8}$$

$$b = \text{overdaggemiddelde d.i. } \frac{u_6 + u_{12} + u_{18}}{3}$$

$$c = \text{werkelijke overdaggemiddelde d.i. } \frac{u_6 + u_9 + u_{12} + u_{15} + u_{18}}{5}$$

b¹ = overdaggemiddelde over 5 jaren (1955-1959, ter vergelijking).

Het overdaggemiddelde (b) blijkt opvallend goed overeen te komen met het etmaalgemiddelde (a). In verband hiermee werd besloten om voor Merauke dit overdaggemiddelde van de windsnelheid te gebruiken voor het berekenen van de verdamping.

Daar de formule van Penman de windsnelheid in m/s bevat voor de hoogte van 2 meter boven de grond was het noodzakelijk om de gegevens van Merauke van knopen om te zetten in m/s en van 10 meter te reduceren tot 2 meter boven de grond.

Hiervoor werd gebruik gemaakt van de aanname van Kramer, dat er een logaritmisch windprofiel bestaat in de onderste 10 meter.

Reductie geschiedde volgens de formule:

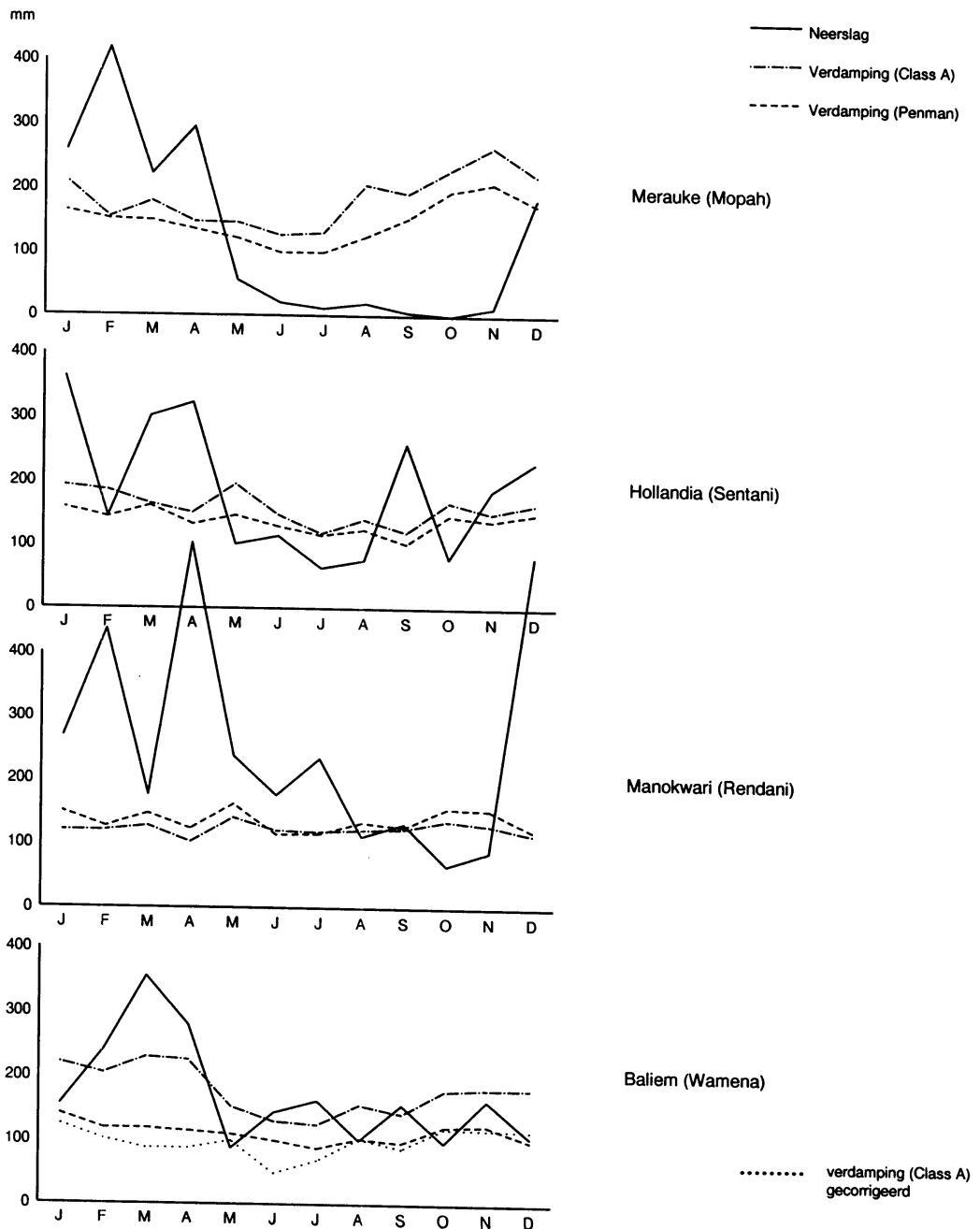
$$\frac{V_{2m}}{V_{10m}} = \frac{\ln \frac{200 + z_0}{z_0}}{\ln \frac{1000 + z_0}{z_0}} = \frac{\ln 101}{\ln 501} = 0,74$$

Hierbij werd aangenomen, dat de ruwheidsfactor z_0 voor Merauke gelijk is aan de factor in Nederland (2 cm). Gezien het vlakke land rondom Merauke lijkt dit wel aanvaardbaar.

Voor de overige posten in Nieuw Guinea is dit verband - gezien de veelal bergachtige omgeving - vermoedelijk minder eenvoudig. Gemakshalve werd echter voorlopig met dezelfde formule gewerkt.

5. Berekeningen

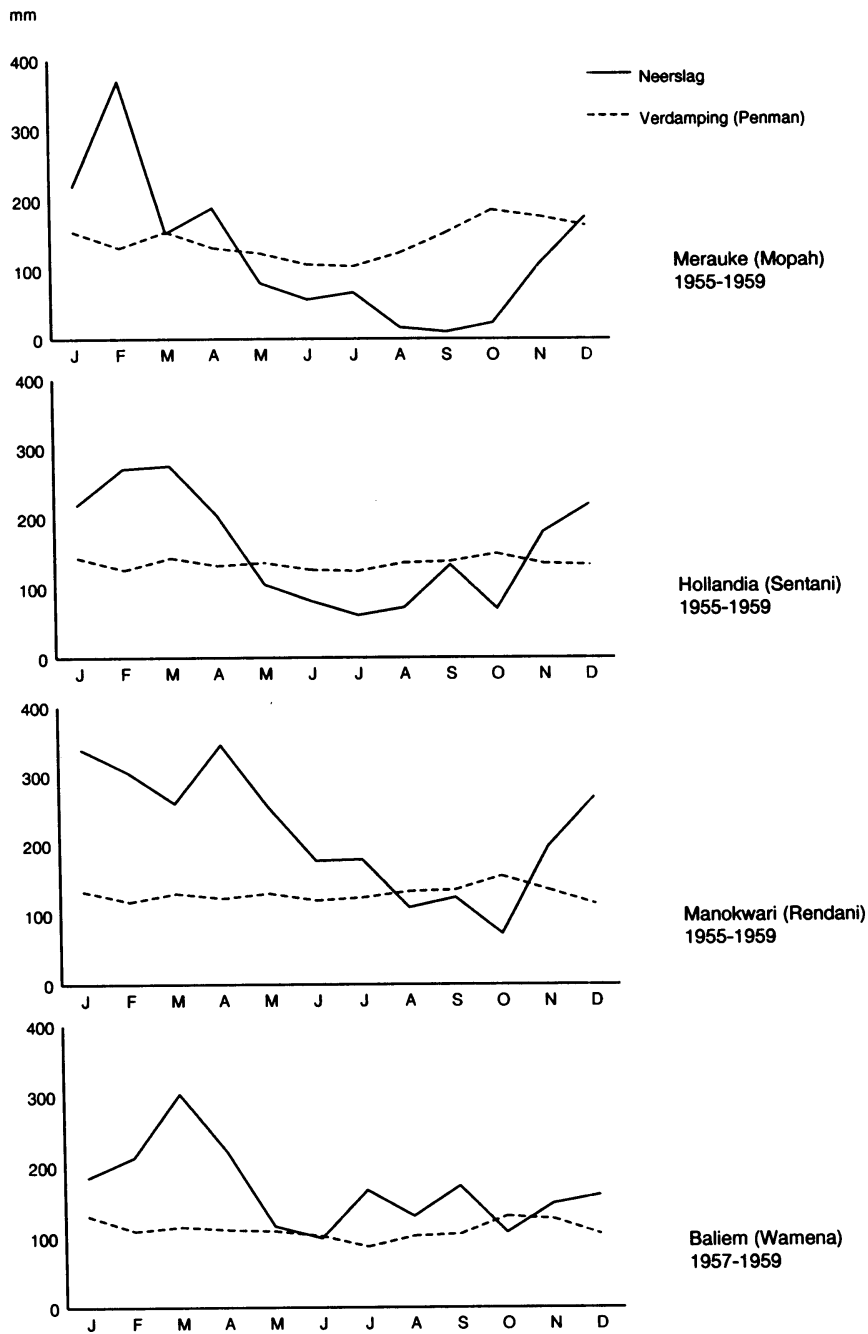
Aan de hand van de op bovengenoemde wijze vastgestelde gegevens werd volgens de methode van Penman de gemiddelde maandelijkse verdamping bepaald voor de vliegvelden Merauke (Mopah), Hollandia (Sentani), Manokwari (Rendani) en Baliem (Wamena) (bijlagen 1.1 t/m 1.4 en de figuren B en C). Zoals in hoofdstuk 3.2 werd aangegeven, werd hiervoor het door Rijkooit [4] ontworpen nomogram gebruikt.



Figuur B. Verdamping en neerslag in 1959 (mm/maand)

Voor een voorbeeld van de berekening van de waarden van de verdamping volgens Penman wordt verwezen naar tabel 5. Hierbij zijn gebruikt de betrokken maandwaarden van Merauke van 1955.

In feite dient nog te worden nagegaan of het gebruik van het overdaggemiddelde voor de temperatuur, relatieve vochtigheid en wind t.b.v. de formule van Penman voor andere plaatsen dan Merauke geoorloofd is.



Figuur C. Gemiddelde waarden van verdamping en neerslag (mm/maand)

Tabel 5

Voorbeeld van de berekening van de verdamping volgens Penman

Merauke (Mopah), 140°23' O, 08°28' Z, 1955

	t °C	h %	Q cal/cm ²	p %	u ₁₀ kn.	u ₂ m/s	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	verdamping mm/dag
jan.	26,4	85	920	49	2,7	1,0	-3,3	4,8	2,5	0,3	4,3
febr.	27,0	85	920	42	3,9	1,5	-3,1	4,5	2,3	0,4	4,1
mrt.	27,4	81	890	76	3,9	1,5	-4,6	6,1	3,6	0,6	5,7
april	26,6	84	820	57	1,6	0,6	-3,7	4,7	2,8	0,3	4,1
mei	26,7	85	750	62	2,3	0,9	-3,9	4,5	3,0	0,3	3,9
juni	25,6	84	710	61	2,6	1,0	-3,8	4,1	2,8	0,4	3,5
juli	25,1	88	720	39	3,2	1,3	-2,8	3,3	2,1	0,3	2,9
aug.	25,6	80	785	73	4,6	1,8	-4,3	5,1	3,1	0,6	4,5
sep.	25,9	80	860	64	5,0	1,9	-3,9	5,1	2,9	0,7	4,8
okt.	27,0	80	910	88	5,2	2,0	-5,1	6,8	3,9	0,7	6,3
nov.	26,9	83	920	62	3,0	1,1	-4,0	5,5	3,0	0,4	4,9
dec.	27,4	81	920	77	3,1	1,2	-4,7	6,3	3,6	0,5	5,7

Toelichting:

De grootheden t, p, u₁₀ en u₂ zijn gemiddelde waarden van de klimatologische uren 6, 12 en 18 NGT, waarbij

- t - luchttemperatuur in °C
- h - relatieve vochtigheid in %
- u₁₀ - windsnelheid op 10 m, in knopen
- u₂ - windsnelheid gereduceerd op 2 m, in m/s.

Verder is

- Q - invallende straling in cal/cm² per dag
- p - percentage zonneschijn tussen 0800 en 1600 zonnetijd

en E₁, E₂, E₃ en E₄ zijn tussenwaarden bepaald met het nomogram van Rijkooft.

Nadat alle berekeningen (in 1961) gereed waren, kwam in 1962 Publicatie no. 13 [5] beschikbaar. In tabel 2 van die publicatie is voor de temperatuur o.a. voor de plaatsen Merauke (Mopah), Hollandia (Sentani), Manokwari (Rendani), Baliem (Wamena) (opnieuw) het verschil berekend tussen het overdaggemiddelde en het etmaalgemiddelde en wel over het tijdvak 1960 en 1961.

Deze verschillen blijken bij de andere plaatsen van maand tot maand soms wat groter (0,4 tot 0,8° C) te zijn dan bij Merauke (0,3 tot 0,5°C). In verband hiermee werden de E₀-waarden van Merauke (Mopah) en Hollandia (Sentani) voor de maanden januari en juli 1955 - bij wijze van proef - opnieuw berekend en nu met temperaturen, die respectievelijk 0,5°C hoger en 0,5°C lager waren dan bij de oorspronkelijke berekening. De uitkomsten vielen binnen de meetnauwkeurigheid van het nomogram (verschil kleiner dan 0,2 mm).

Een ander probleem is of in het gehele land - waarbinnen vrij grote tijdsverschillen bestaan - gewerkt mag worden met dezelfde (synoptische) uren als klimatologische uren. Uit dezelfde tabel 2 van bovengenoemde publicatie no. 13 krijgt men de indruk, dat het gemiddeld verschil tussen het etmaalgemiddelde en het overdaggemiddelde van de temperatuur vanaf de oostgrens (Hollandia-Haven met positie 02°32' Z, 140°43' O) tot in het Westen (Sorong-Jefman met, positie 00°56' Z, 131°01' O), geleidelijk afneemt van 0,6°C naar 0,3°C. Dit zou verband kunnen houden met het tijdsverschil. Het is niet waarschijnlijk, dat dit betrekkelijk geringe verschil invloed heeft op de berekening van E_o .

Uit latere publicaties [6], [7] en [8] blijkt, dat het gebruik van overdaggemiddelden in gematigde streken E_o -waarden oplevert, die ongeveer 10% hoger zijn dan gemeten waarden. Uit figuur B blijkt, dat dit in Nieuw-Guinea in het algemeen niet het geval is. Zoals hierboven gezegd, kan dit verband houden met de keuze van klimatologische uren. De gemeten en berekende waarden lopen in Nieuw-Guinea in elk geval goed parallel.

Verder blijft het aantrekkelijk om bij de berekening de gegevens van de klimatologische uren te gebruiken, daar deze waarnemingen tesamen met de zonneshijmetingen reeds gedurende een aantal jaren op vele plaatsen werden verricht.

6. Enkele opmerkingen betreffende de verdampingswaarden

Enkele opmerkingen betreffende de verdampingswaarden van Merauke (Mopah), Hollandia (Sentani), Manokwari (Rendani) en Baliem (Wamena) (zie ook bijlagen 1.1, 1.2, 1.3 en 1.4 en figuren B en C)

6.1. Merauke (Mopah)

De maanden met de grootste volgens Penman berekende verdamping zijn oktober en november, terwijl juni en juli gemiddeld de minste verdamping hebben. Verder is het opvallend dat er ook in de regenmaanden december, januari en februari vrij veel verdampt. Dit hangt samen met het feit, dat de inkomende straling in die maanden een maximum bereikt (zie tabel 5).

Gemiddeld verdampt er (zo mogelijk) per jaar 1716 mm, hetgeen meer is dan de jaarlijkse regenval. Uit vergelijking met de metingen met de verdampingspan blijkt, dat deze metingen in 1959 hogere waarden geven dan de berekende waarden. De mogelijkheid bestaat echter, dat de gemeten waarden worden beïnvloed door meetfouten. De meetreeksen zijn ook betrekkelijk kort. De jaarlijkse gang met maximumwaarden omstreeks oktober/november en minimumwaarden omstreeks juni/juli vindt men zowel bij de berekende als bij de gemeten waarden

De metingen met de Piche-verdampingsmeter geven een onbetrouwbare indruk.

6.2. Hollandia (Sentani)

Volgens de berekeningen (Penman) treedt de maximumverdamping op omstreeks oktober en de minimumverdamping omstreeks juli. Er zijn minder grote verschillen tussen de onderlinge maanden dan te Merauke. Gemiddeld is de berekende jaarlijkse verdamping te Hollandia 1620 mm, hetgeen - in tegenstelling met wat te Merauke het geval is - minder is dan de gemiddelde jaarlijkse regenval. Evenals te Merauke hebben de metingen met de verdampingspan in 1958 en 1959 hogere waarden dan de berekende waarden. In Hollandia gebruikt men een verdampingspan van een iets ander model.

6.3. Manokwari (Rendani)

De maand met de grootste verdamping volgens Penman is oktober, terwijl december gemiddeld de minste verdamping heeft. Dit laatste wordt bevestigd door de metingen met de verdampingspan (1958 en 1959) en het houdt vermoedelijk verband met het lage zonneshijnpercentage.

Gemiddeld verdampt er (volgens Penman) 1551 mm per jaar, hetgeen aanzienlijk minder is dan de jaarlijkse hoeveelheid neerslag. Opvallend is dat in 1959 de berekende waarden van de verdamping wat hoger zijn dan de gemeten waarden, hetgeen op de andere posten niet het geval is. De gemeten reeks is echter kort. De jaarlijkse gang is volgens beide methoden dezelfde.

De waarden van de Piche-verdampingsmeter zien er weer vrij onbetrouwbaar uit, hoewel de maximale en minimale waarden toch weer in dezelfde maanden vallen als bij de andere methoden.

6.4. Baliem (Wamena), zie figuur D.

De grootste volgens Penman berekende gemiddelde verdamping treedt op in de maanden oktober, november en januari * en de kleinste in juli. De gemiddelde verdamping per jaar bedraagt 1332 mm, hetgeen aanzienlijk minder is dan de jaarlijkse regenval.

De jaarlijkse gang van de gemeten waarden gaat vrijwel parallel met die van de berekende waarden.

* De meetreeksen van waarden heeft echter slechts betrekking op 3 jaar, terwijl bij de overige posten reeksen van 5 jaar beschikbaar waren.

Metingen met de verdampingspan geven duidelijk hogere waarden dan de berekende waarden. Door dit grote verschil rees het vermoeden, dat hier iets bijzonders aan de hand was. Nu zijn van deze meetpost voor het jaar 1959 behalve totale waarden tevens afzonderlijke maandwaarden voor dag en nacht bewaard gebleven (zie opmerking bijlage 1.4). Hieruit blijkt, dat de nachtwaarden een betrekkelijk groot deel (gemiddeld 24%) van het totaal uitmaken.

Jammer genoeg zijn de overeenkomstige waarden van de overige drie posten niet (meer) ter vergelijking beschikbaar.

Wel zijn van Merauke en Manokwari afzonderlijk dag- en nachtwaarden van de Piche-verdampingsmeter aanwezig. De onbetrouwbaarheid van dit apparaat wegens het "verstopte afvoergaatje" is vermoedelijk gelijk verdeeld over de dag- en nachtwaarden. Op deze wijze kan een schatting gemaakt worden van de verdeling van de Piche-verdampingswaarden over dag en nacht.



Fig. D Weerstation Baliem (Wamena)

Rechts op de voorgrond Class A-verdampingspan met duidelijke deuk (mogelijke oorzaak van vermoedelijk lekkage, zie p.18)

Hoeveelheid verdamping (Piche) in de nacht, in verhouding tot het totaal, in %.

plaats	1955	1956	1957	1958	gemiddeld
Manokwari	3	6	4	5	4
Merauke	8	8	11	-	9

Het duidelijke verschil in waarden bij Manokwari en Merauke kan wellicht verklaard worden door de aanzienlijk hogere gemiddelde windsnelheid te Merauke, in de avond.

Nu is het niet bekend of de Class A verdampingspan geheel vergeleken kan worden met de Piche-verdampingsmeter, maar de verschillen tussen de hierboven genoemde percentages zijn (4, 9 en 24) zijn wel heel groot.

In verband hiermee wordt vermoed, dat de gemeten waarden van Baliem niet reëel zijn. Vermoedelijk was er sprake van lekkage. Dit is wel meer geconstateerd met de gebruikte apparatuur. Deze lekkage levert dan te hoge verdampingswaarden.

Indien deze lekkage aanzienlijk is, bestaat de nachtmeting van Baliem - bij relatief weinig verdamping - grotendeels uit lekkage. Uit de meetwaarden van bijlage 1.4 kan men wellicht de conclusie trekken, dat deze lekkage in de eerste vier maanden van 1959 gemiddeld ongeveer 2 mm per nacht en nadien gemiddeld ongeveer 1 mm bedroeg. Wellicht is het aanvankelijke lek later gedeeltelijk dichtgeslibt. Daar de tijdsduren van de beide meetperioden (dag D en nacht N) gelijk waren en er verder ook geen reden is om te veronderstellen, dat de lekkage overdag en 's nachts verschillend zou zijn, is het mogelijk om een schatting te maken van reële verdamping.

Schatting reële verdamping, Baliem, in mm/dag.
1959

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	jaar
totaal D+N	7,1	7,3	7,4	7,5	4,9	4,3	4,0	5,0	4,7	5,7	6,0	5,8	5,8
D	5,4	5,3	5,0	5,1	3,9	2,9	3,0	4,0	3,7	4,6	4,8	4,6	4,4
Lekkage N	1,7	2,0	2,4	2,4	1,0	1,4	1,0	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2	1,4
Lekkage D+N	3,4	4,0	4,8	4,8	2,0	2,8	2,0	2,0	2,0	2,2	2,4	2,4	2,8
Totaal D+N													
-Lekkage	3,7	3,3	2,6	2,7	2,9	1,5	2,0	3,0	2,7	3,5	3,6	3,4	3,0
D + N= D													

Voor de totale verdamping dienen deze hoeveelheden nog te worden vermeerderd met de verdamping voor de nacht. Daar het windklimaat 's avonds te Baliem het meest overeenkomt met dat van Merauke worden bovengenoemde hoeveelheden vermeerderd met 9%.

T = D + 9% 4,0 3,6 2,8 2,9 3,2 1,6 2,2 3,3 2,9 3,8 3,9 3,7 3,3 (1)
Uiteraard blijven de waarden (1), geschatte waarden, die echter zoals uit figuur B blijkt, beter passen bij de berekende Penmanwaarden.

In tabel 6 zijn de gemiddelden van de Penmanwaarden en de met de Class A gemeten waarden in mm/dag nogmaals opgesomd.

7. Samenvatting

Tabel 6

Verdampingswaarden van 4 meetposten in mm/dag

Tijdvak Meetpost	1955 t/m 1959 Baliem 1957 t/m 1959	1959 jaarwaarden		G/P
	Gem. Penmanwaarden	Penman (P)	Gemeten (G)	%
Merauke, Mopah	4,7	4,9	6,0	122
Hollandia, Sentani	4,4	4,5	5,2	116
Manokwari, Rendani	4,2	4,4	4,1	93
Baliem, Wamena	3,6	3,6	5,8 (3,3)	161 (92)

Zoals te verwachten was - gezien de klimatologische omstandigheden - bestaat er betrekkelijk weinig verschil in de berekende Penmanwaarden van de kuststations Merauke, Hollandia en Manokwari. Van het hooggelegen Baliem (Wamena) zijn de Penmanwaarden duidelijk lager. Bij Merauke met een uitgesproken droge en natte tijd is een jaarlijkse gang bij de Penmanwaarden duidelijk zichtbaar (bijlage 1.1). De gemeten waarden te Merauke en Hollandia zijn duidelijk hoger dan de berekende Penmanwaarden. Dit is bij Manokwari en bij de gecorrigeerde waarden van Baliem niet het geval. Gezien de korte meetreeks zijn geen verdere conclusies mogelijk.

Literatuur

- [1] C.W. Thornthwaite & J.R. Mather, Instructions and tables for computing the potential evapotranspiration and the water balances; Publ. in Climatology, Drex Inst. of Techn., vol. 10, no. 3., 1957.
- [2] H.L. Penman, Natural evaporation from open water, bare soil and grass; Proc. Roy. Soc. London, a 193: 120-145, 1948.
- [3] C. Kramer, Berekening van de gemiddelde grootte van de verdamping voor verschillende delen van Nederland volgens de methode van Penman; Med. en Verh., no. 70, K.N.M.I., 1957.
- [4] P.J. Rijkooft; Een nomogram voor de bepaling van de potentiële evapotranspiratie volgens de formule van Penman, K.N.M.I. R III-143, 1954.
- [5] Anonymus; Klimatologische waarnemingen, 1956-1960, Publicatie no. 13, Meteorologisch en Geofysisch Bureau, Hollandia, Nieuw-Guinea.
- [6] H.A.R. de Bruin; Neerslag, openwaterverdamping en potentieel neerslag-overschot in Nederland. Frequentieverdelingen in het groeiseizoen, K.N.M.I. W.R. 79-4, (2e gewijzigde druk in 1981).
- [7] P.E. Rijtema & A.H. Ryhiner; De lysimeters in Nederland (III). Aspecten van verdamping en resultaten van verdampingsonderzoek, I.C.W. Meded. 108, 1968.
- [8] P.J.M. van Boheemen; Verschillen tussen drie berekeningswijzen van de openwaterverdamping, I.C.W. Nota 956, Wageningen, 1977.

Bijlage 1.1

MERAUKE (Mopah)

3m boven zeeniveau

140°23 O, 08°28'Z

Gemiddelde verdamping in mm/dag

Berekening volgens Penman

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jaar
1955	4,3	4,1	5,7	4,1	3,9	3,5	2,9	4,5	4,8	6,3	4,9	5,7	4,6
1956	4,5	4,9	4,8	4,5	3,9	3,7	3,7	3,5	4,6	5,3	5,5	4,9	4,5
1957	5,4	4,2	4,8	4,3	4,2	3,9	3,2	4,1	5,7	6,2	6,7	4,8	4,8
1958	5,4	4,8	4,9	4,6	4,0	3,8	3,8	4,1	5,2	5,8	5,5	5,7	4,8
1959	5,3	5,4	4,8	4,5	3,9	3,3	3,2	4,0	5,1	6,3	6,9	5,6	4,9
gem.	5,0	4,7	5,0	4,4	4,0	3,6	3,4	4,0	5,1	6,0	5,0	5,3	4,7

Ter vergelijking met hoeveelheid neerslag werden gemiddelde totale maandsom men (1955-1959) berekend voor zowel de verdamping als de neerslag.

Verdamping en neerslag (1955-1959), in mm/maand en mm/jaar

Verd.	155	132	155	132	124	108	105	124	153	186	177	164	1716
Neersl.	220	369	153	189	81	57	67	16	10	23	108	176	1469

Meting met Piche-verdampingsmeter

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jaar
1955									15,6	16,8	12,5	11,4	—
1956	10,6	12,8	7,4	9,8	4,8	4,4	4,4	1,4	7,1	1,3	2,4	3,0	—
1957	—	—	—	10,2	13,4	12,2	6,7	9,8	—				—
1958													
1959													

Meting met Class A-verdampingspan

1955													
1956													
1957													
1958												7,2	—
1959	6,8	5,5	5,7	4,9	4,7	4,2	4,2	6,6	6,4	7,4	8,8	7,1	6,0

Opmerking

Soms zijn de Piche-metingen onbetrouwbaar wegens een verstopt toevoergaatje. De metingen van jan/feb/maart 1957 zijn geschrapt wegens volledige onbetrouwbaarheid; ook de metingen van okt/nov/dec 1956 zijn verdacht. Vermoedelijk is in april 1957 nieuwe apparatuur in gebruik genomen.

Bijlage 1.2

Hollandia (Sentani)

98 m boven zeeniveau

140°29'O; 02°34'Z

Gemiddelde verdamping in mm/dag

Berekening volgens Penman

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jaar
1955	4,6	4,5	4,0	4,1	4,0	3,6	4,3	5,2	5,7	4,6	4,4	4,4	4,5
1956	4,4	4,5	4,5	4,2	4,6	4,8	4,3	4,1	5,2	4,9	4,4	3,6	4,5
1957	4,4	4,2	4,1	4,1	4,3	4,1	3,6	3,9	4,1	4,9	4,7	4,2	4,2
1958	4,7	4,1	4,3	5,1	4,6	4,4	3,9	4,6	4,8	4,7	4,3	4,5	4,5
1959	5,1	5,1	5,2	4,4	4,7	4,3	3,7	4,0	3,4	4,7	4,6	4,8	4,5
gem.	4,6	4,5	4,6	4,4	4,4	4,2	4,0	4,4	4,6	4,8	4,5	4,3	4,4

Ter vergelijking met de hoeveelheid neerslag werden de gemiddelde totale maandsommen (1955-1959) berekend voor zowel de verdamping als de neerslag.

Verdamping en neerslag (1955-1959), in mm/maand en mm/jaar

Verd.	143	126	143	132	136	126	124	136	138	149	135	133	1620
Neersl.	219	271	275	204	105	81	61	72	133	70	180	220	1891

Meting met Piche-verdampingsmeter

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jaar
1955	—												
1956	—												
1957	—												
1958	—												
1959	—												

Meting met Class A-verdampingspan

1955	—												
1956	—												
1957	—							4,6	4,8	4,7	5,8	5,1	5,3
1958	5,1	4,0	5,1	5,9	5,1	4,8	4,2	5,3	5,3	5,3	5,3	4,4	5,1
1959	6,2	6,6	5,3	5,0	6,3	4,9	3,8	4,5	4,0	5,4	5,0	5,3	5,2

Opmerkingen:

- Op 30 juni 1957 werd het weerstation over een afstand van ongeveer 300 m in eenzelfde soort omgeving verplaatst.
- De waarde van de zonneshijn van Sentani van februari 1957 ontbreekt. In plaats hiervan werd gebruik gemaakt van de betrokken waarde van het zonneshijnstation Kota-Nica (ongeveer 3 km ten oosten van Sentani).

Bijlage 1.3

Manokwari (Rendani)

3 m boven zeeniveau

134°03', 00°53'Z

Gemiddelde verdamping in mm/dag

Berekening volgens Penman

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jaar
1955	4,2	4,1	4,4	3,9	4,0	4,0	4,3	4,6	4,6	5,2	3,8	3,9	4,3
1956	3,9	4,6	4,6	3,9	4,0	4,3	3,9	4,0	4,4	4,7	4,3	3,3	4,2
1957	4,0	3,9	3,4	4,1	3,9	3,6	4,0	4,4	4,5	5,3	4,6	3,7	4,1
1958	4,4	4,0	3,8	4,4	3,9	4,4	4,0	4,3	4,7	4,7	4,7	3,8	4,3
1959	4,8	4,5	4,7	4,1	5,2	3,8	3,7	4,3	4,2	5,0	5,1	3,9	4,4
gem.	4,3	4,2	4,2	4,1	4,2	4,0	4,0	4,3	4,5	4,0	4,5	3,7	4,2

Ter vergelijking met de hoeveelheid neerslag werden de gemiddelde totale maandsommen (1955-1959) berekend voor zowel de verdamping als de neerslag. Verdamping en neerslag (1955-1959), in mm/maand en mm/jaar

Verd.	133	118	130	123	130	120	124	133	135	155	135	115	1551
Neersl.	338	305	260	345	254	177	179	110	124	72	197	269	2630

Meting met Piche-verdampingsmeter

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jaar
1955	—	—	—	—	—	—	—	—	11,6	13,0	9,1	8,4	—
1956	—	10,0	10,2	—	—	10,2	9,5	9,6	10,2	11,0	9,3	6,7	—
1957	7,9	8,8	5,8	8,5	8,0	8,3	8,6	10,6	10,6	11,4	6,6	7,8	—
1958	11,9	10,2	6,6	7,0	8,9	10,8	6,4	3,0	5,6	7,7	6,5	3,3	—
1959	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Meting met Class A-verdampingspan

1955	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1956	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1957	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1958	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,2	3,1	—
1959	4,5	4,3	4,1	3,4	4,5	4,0	3,8	3,9	4,1	4,4	4,3	3,7	4,1

Opmerkingen

- Op 9 november 1955 werd het weerstation verplaatst van Manokwari (stad) naar Manokwari (vliegveld Rendani) over een afstand van ongeveer 10 km.
- Opvallend is, dat in vrijwel alle maanden (van 1959) de gemeten verdamping kleiner is dan de berekende verdamping, hetgeen bij de andere twee meetposten Merauke en Hollandia, niet het geval is (Baliem is een apart geval).

Bijlage 1.4

Baliem (Wamena)

1660 m boven zeeniveau

138°57'O, 04°04' Z

Gemiddelde verdamping in mm/dag

Berekening volgens Penman

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jaar
1955													
1956													
1957	4,0	3,8	3,5	3,5	3,6	3,3	2,7	3,0	3,6	4,7	4,5	3,4	3,6
1958	4,0	3,6	3,8	3,8	3,4	3,5	2,9	3,5	3,6	4,0	4,1	3,7	3,6
1959	4,5	4,2	3,8	3,8	3,5	3,3	2,8	3,3	3,2	3,9	4,1	3,2	3,6
gem.	4,2	3,9	3,7	3,7	3,5	3,4	2,8	3,3	3,5	4,2	4,2	3,4	3,6

Ter vergelijking met de hoeveelheid neerslag werden gemiddelde totale maandsommen (1957-1959) berekend voor zowel de verdamping als de neerslag.

Verdamping en neerslag (1957-1959), in mm/maand en mm/jaar

Verd.	130	109	115	111	109	102	87	102	105	130	126	105	1332
Neersl.	185	213	303	222	116	99	167	130	173	107	148	160	2023

Meting met Piche-verdampingsmeter

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jaar
1955	—												
1956	—												
1957	—												
1958	—												
1959	—												

Meting met Class A-verdampingspan

1955	—												
1956	—												
1957	—												
1958	—												
1959	7,1	7,3	7,4	7,5	4,9	4,3	4,0	5,0	4,7	5,7	6,0	5,8	5,8

Opmerking:

Van het meetjaar 1959 zijn van Baliem (Wamena) toevallig de afzonderlijke overdagwaarden van de Class A-verdampingspan bewaard gebleven.

Overdagwaarden (1959)

5,4 5,3 5,0 5,1 3,9 2,9 3,0 4,0 3,7 4,6 4,8 4,6 4,4

Hieruit blijkt dat de verdamping gedurende de nacht (1830-0630 NGT) gemiddeld groter was dan 1 mm (of lekte de pan?, zie p. 23).

KNMI- publication 183

Publication 183 is a series of 5 reports about the Climate of New Guinea:

- 183-1 Rainfall in New Guinea (Irian Jaya)
- 183-2 Vergelijking zware regens te Hollandia (Nieuw-Guinea), thans Jayapura (Irian Jaya) met zware regens te De Bilt.
(Comparison of heavy rains at Hollandia (New Guinea) with heavy rains at De Bilt (The Netherlands), in Dutch with English summary.)
- 183-3 Verdamping in Nieuw-Guinea (Irian Jaya).
(Evaporation in New Guinea, in Dutch with English summary.)
- 183-4 Beschrijving van het klimaat van Merauke, Nieuw-Guinea (Irian Jaya) in verband met de eventuele vestiging van een zoutwinningsbedrijf aldaar.
(Description of the climate of Merauke (New Guinea), to investigate the opportunities for a salt-extraction enterprise in that area, in Dutch with English summary.)
- 183-5 Overzicht van Klimatologische en Geofysische Publikaties betreffende Nieuw-Guinea (Irian Jaya).
(Review of Climatological and Geophysical Publications concerning New Guinea, in Dutch.)