

1 OCT. 1958

Metingen van de verdamping in Nederland met Piche-evaporimeters
in vrije opstelling; vergelijking van waarnemingen op
verschillende hoogte en aansluiting bij in
West-Duitsland verkregen resultaten.

Dr. H.P. Berlage

551.573

Gedurende de jaren 1953, 1954 en 1955 werd onder leiding van Dr. C. Kramer in een over het gehele land verbreid netwerk van stations de verdamping gemeten met Piche-evaporimeters in vrije opstelling op 30 cm hoogte [1, 2].

Tabel 1 bevat de uit deze reeks van waarnemingen afgeleide, voor de maanden maart tot en met november provinciegewijs gemiddelde, jaartotalen (9 maanden) der verdamping in procentuële afwijking van het landsgemiddelde.

Tabel 1

	1953	1954	1955
Groningen	-14	-20	-15
Friesland	-15	+ 9	+ 1
Drente	- 4	- 7	0
Overijssel	+ 5	- 6	-10
Gelderland	+ 3	- 7	- 2
Utrecht	- 1	+10	- 6
Noord-Holland	0	0	-20
Zuid-Holland	+15	+22	+27
Zeeland	+12	+18	+12
Noord Brabant	+ 3	+ 8	0
Limburg	+24	+26	+12

Wanneer we ons voor ogen stellen, dat nogal wat verschil heeft bestaan in de voor de afleiding van het provinciegemiddelde in de verschillende jaren gebezigde stations, en hoe gebrekkig vaak de uitvoering der metingen was, blijkt uit deze drie jaren toch een vrij duidelijk beeld met opvallende trekken te voorschijn te komen. (Fig. 1)

Op de keper beschouwd, zou het patroon natuurlijk veel ingewikkelder blijken, maar we mogen toch, naar mijn mening, wel enige algemene conclusies trekken. Noordwestwaarts zullen de iso-krommen naar breedtecirkels toe buigen; hetzelfde geldt zuidoostwaarts, enerzijds naar maritiem anderzijds naar continentaal klimaat.

We treffen echter een door Nederland van het zuidwesten door het IJsselmeer naar het noordoosten gerichte strook aan, waarin de verdamping verhoudingsgewijs hoog is. De strook maakt sterk de indruk van de vrije baan van geringste weerstand voor de Zuidwesten-winden over ons land te zijn. Het lijkt wel, of de beschuttende werking van de Noordhollandse duinstrook nog over het gehele noordelijk deel van ons land merkbaar is. Dr. Kramer stelde in zijn rapport naast de in 1953 gemeten verdampingswaarden de berekende maandelijkse cijfers der evapotranspiratie volgens Penman voor datzelfde jaar. Wij zullen hier hetzelfde doen met het uitgebreidere materiaal over de drie jaren 1953, 1954 en 1955. Hiervoor is gebruik gemaakt van de temperatuur, de relatieve vochtigheid en de duur van de zonneschijn, gemeten op de stations Den Helder, Joure, Eelde, Hoorn, Witteveen, Naaldwijk, De Bilt, Winterswijk, Vlissingen, Oudenbosch, Gemert en Zuid-Limburg en van de op enkele dezer stations gemeten, op andere geschatte windsnelheid. Het voor deze berekeninggebezigde nomogram werd door P.J. Rijkooft ontwikkeld en beschreven [3].

De tabellen 2, 3 en 4 bevatten de genoemde Penman-cijfers evenals de procentuele afwijkingen daarvan van het landsgemiddelde.

Tabel 2

Penman-cijfers 1953

	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	oct	nov	jaar
Den Helder	34.1	85.8	110.4	121.2	139.5	114.4	76.5	32.9	16.5	
	- 6	+ 4	- 2	+ 8	+15	+ 7	+ 5	+30	+45	+17
Joure	32.9	75.3	103.4	113.2	120.3	97.6	67.5	21.4	8.4	
	-10	- 9	- 8	+ 1	- 1	- 9	- 8	-16	-26	-10
Eelde	36.3	81.0	110.4	113.7	122.8	100.1	67.8	24.8	9.9	
	- 0	- 2	- 2	+ 1	+ 1	- 7	- 7	- 2	-13	- 3
Hoorn	30.1	77.1	106.0	107.7	124.6	101.1	66.9	22.6	10.8	
	-17	- 6	- 6	- 0	+ 3	- 6	- 8	-11	- 5	- 6
Witteveen	36.0	82.8	113.8	110.7	116.6	104.8	69.9	22.9	10.2	
	- 1	+ 0	+ 1	- 1	- 4	- 2	- 4	-10	-11	- 4
Naaldwijk	36.9	84.3	114.1	122.7	136.7	122.8	85.5	29.4	14.1	
	+ 1	+ 2	+ 2	+ 9	+13	+15	+17	+16	+24	+11
De Bilt	38.8	84.0	115.9	111.6	121.2	105.1	67.8	23.9	10.8	
	+ 7	+ 2	+ 3	- 1	- 0	- 2	- 7	- 6	- 5	- 1
Winterswijk	36.9	83.1	113.8	110.4	108.2	99.8	67.5	24.5	11.1	
	+ 1	+ 1	+ 1	- 2	-11	- 7	- 8	- 4	- 3	- 4
Vlissingen	39.4	84.9	113.8	105.0	121.8	116.6	82.5	28.8	14.1	
	+ 8	+ 3	+ 1	- 6	+ 0	+ 9	+13	+13	+24	+ 7
Oudenbosch	38.8	83.7	120.9	113.4	121.5	109.4	73.2	25.1	9.6	
	+ 7	+ 2	+ 8	+ 1	0	+ 2	+ 0	- 1	-16	0
Gemert	39.7	85.5	116.2	110.4	116.2	105.4	68.7	23.6	11.7	
	+ 9	+ 4	+ 3	- 2	- 4	- 1	- 6	- 7	+ 3	0
Zd-Limburg	36.3	81.6	110.0	106.5	109.1	107.0	81.6	25.4	10.2	
	-10	- 1	- 2	- 5	-10	0	+12	0	-11	- 2
Land	36.4	82.4	112.4	112.2	121.5	107.0	73.0	25.4	11.4	

Tabel 3

Penman-cijfers 1954

	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	jaar
Den Helder	29.5	75.9	117.2	120.6	109.7	92.4	86.7	40.9	26.1	
	-19	- 5	- 3	+ 7	+10	+ 9	+36	+32	+75	+16
Joure	31.0	71.7	119.0	117.9	105.4	82.5	62.1	27.6	10.8	
	-14	-10	- 2	+ 4	+ 6	- 2	- 3	-11	-28	- 7
Eelde	30.4	76.2	119.7	108.6	96.4	77.5	58.8	27.9	11.7	
	-16	- 5	- 1	- 4	- 3	- 8	- 8	-10	-21	- 8
Hoorn	29.5	78.6	116.6	118.8	107.6	84.6	66.3	26.7	11.1	
	-19	- 2	- 4	+ 5	+ 8	+ 0	+ 4	-14	-26	- 5
Witteveen	33.8	78.6	123.1	106.5	95.8	76.0	58.2	25.4	10.2	
	- 7	- 2	+ 2	- 6	- 5	-10	- 9	-18	-32	-10
Naaldwijk	37.2	84.0	126.5	117.6	110.7	91.5	76.5	35.7	21.3	
	+ 3	+ 5	+ 5	+ 4	+11	+ 8	+20	+15	+43	+13
De Bilt	38.8	86.4	124.0	113.4	98.3	84.6	57.6	30.4	15.6	
	+ 7	+ 8	+ 2	+ 0	- 1	+ 0	-10	- 2	+ 5	+ 1
Winterswijk	40.9	82.8	125.6	106.2	86.5	79.7	57.6	30.1	12.3	
	+13	+ 3	+ 4	- 6	-13	- 6	-10	- 3	-17	- 4
Vlissingen	37.2	79.2	115.0	108.9	103.5	85.3	64.8	33.8	18.3	
	+ 3	- 1	- 5	- 4	+ 4	+ 1	+ 1	+ 9	+23	+ 3
Oudenbosch	36.0	81.6	115.9	113.4	96.4	87.4	61.5	30.4	12.9	
	- 1	+ 2	- 4	+ 0	- 3	+ 3	- 4	- 2	-13	- 2
Gemert	44.3	88.8	128.3	116.4	96.1	88.0	60.3	32.2	13.8	
	+22	+11	+ 6	+ 3	- 4	+ 4	- 6	+ 4	- 7	+ 4
Zd-Limburg	46.2	77.4	120.6	107.1	89.3	84.0	57.6	30.7	14.4	
	+28	- 3	- 0	- 5	-13	- 1	-10	- 1	- 3	- 1
Land	36.2	80.1	121.0	113.0	99.6	84.5	64.0	31.0	14.9	

Tabel 4

Penman-cijfers 1955

	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	oct	nov	jaar
Den Helder	47.7	68.4	107.6	117.6	123.7	113.8	78.9	42.2	13.5	
	+27	- 7	+ 2	- 3	+ 2	+10	+24	+47	+69	+18
Joure	36.9	68.4	102.9	115.8	121.8	103.2	65.7	25.7	6.3	
	- 2	- 7	- 2	- 5	+ 1	- 0	+ 3	-11	-21	- 5
Eelde	20.2	68.7	100.1	110.1	119.4	102.9	57.6	22.6	5.4	
	-46	- 7	- 5	- 9	- 1	+ 0	- 9	-22	-32	-15
Hoorn	34.7	68.7	102.3	119.7	130.2	105.1	63.9	25.4	6.9	
	- 7	- 7	- 3	- 1	+ 8	+ 2	+ 0	-12	-14	- 4
Witteveen	35.7	72.6	104.8	111.6	120.3	97.3	55.8	23.3	4.5	
	- 5	- 2	- 0	- 8	- 1	- 6	-12	-19	-44	-11
Naaldwijk	41.5	73.5	105.4	130.2	122.5	112.5	74.1	39.1	12.9	
	+11	- 1	+ 0	+ 7	+ 1	+ 9	+17	+35	+61	+16
De Bilt	38.4	79.8	103.2	123.0	124.3	102.6	60.0	25.4	7.8	
	+ 2	+ 8	- 2	+ 1	+ 3	- 1	- 6	-12	- 2	- 1
Winterswijk	36.0	75.0	104.8	126.3	122.5	99.8	58.8	24.2	6.3	
	- 4	+ 1	- 0	+ 4	+ 1	- 3	- 8	-16	-21	- 5
Vlissingen	40.6	74.1	113.8	124.5	115.6	106.0	69.9	34.4	9.6	
	+ 8	- 0	+ 8	+ 3	- 5	+ 3	+10	+19	+20	+ 7
Oudenbosch	40.0	80.4	110.4	128.7	121.2	102.3	61.5	27.9	6.9	
	+ 7	+ 8	+ 5	+ 6	+ 0	- 1	- 3	- 3	-14	+ 1
Gemert	40.6	84.6	102.6	125.4	124.9	101.7	58.5	28.5	7.5	
	+ 8	+14	- 2	+ 3	+ 3	- 2	- 8	- 1	- 6	+ 1
Zd-Limburg	38.1	76.5	103.8	122.7	107.3	93.6	58.5	27.6	7.8	
	+ 2	+ 3	- 1	+ 1	-11	- 9	- 8	- 4	- 2	- 3
Land	37.5	74.2	105.1	121.3	121.1	103.4	63.6	28.9	8.0	

Brengen we de procentuële afwijkingen der Penman-cijfers van het landsgemiddelde in kaart, dan ontstaat Fig. 2.

We vinden in Fig. 2 een fletse afspiegeling van Fig. 1 terug, al zijn de verschillen over het grootste deel van Nederland zo weinig significant, dat het reeds bezwaarlijk wordt lijnen van gelijke evapotranspiratie volgens Penman te trekken. Toch is dit lijnen-verloop minder twijfelachtig dan het zou zijn, als geen bijzondere opmerking bij Fig 1 met betrekking tot de provincie Limburg had gemaakt kunnen worden. De Penman-cijfers zijn berekend naar gegevens van het vliegveld Zuid-Limburg, noordoostelijk van Maastricht. De Piche-metingen betroffen drie stations in Noord-Limburg, Stramproy, Weert en IJsselsteijn. Men mag deze Piche-waarden enerzijds en Penman-waarden anderzijds kennelijk niet vereenzelvigen. Er bestaat, zoals we nu zien, geen reden de hoge Piche-waarden uit Noord-Limburg als irreëel te beschouwen en dit geeft aanleiding een duidelijke scheiding tussen de beide O-krommen in Fig. 2 over Noord-Limburg te maken.

Het blijft in beginsel van betekenis, dat zelfs in deze over drie jaren gemiddelde patronen de Penman-cijfers lokale afwijkingen van het landage-

middelste vertonen, die slechts ongeveer de helft bedragen van de afwijkingen der Piche-cijfers. De variabiliteit der Penman-waarden is kennelijk minder groot dan de variabiliteit der Piche-waarden. Blijkbaar hebben de factoren, waar de verdamping van afhangt, de invallende straling, de temperatuur, het verzadigingstekort en met name de wind grotere invloed op de waarnemingen met Piche-evaporimeters dan op de resultaten der globale berekeningen volgens de formule van Penman. De gronden, waarop deze reeds door Kramer aangeroerde veranderlijkheid van de verhouding tussen de Piche- en Penman-cijfers [4] berust, zullen in een afzonderlijk rapport worden behandeld.

Het is hier op zijn plaats een vergelijking te maken tussen de Piche-metingen, die in West-Duitsland en Nederland in de maanden augustus en september 1954 parallel werden uitgevoerd. De verschillen tussen de daartoe gebruikte toestellen en de opstelling daarvan in beide landen komen neer op:

	Nederland	Duitsland
filtreerpapier ϕ	35 mm	30 mm
kleur	groen	wit
hoogte van opstelling	30 cm	200 cm

De grotere doorsnede van het filtreerpapier en de groene kleur daarvan hebben de verdampingswaarden in Nederland zonder twijfel hoger doen uitvallen dan die in Duitsland. Daar staat echter de hogere opstelling van de evaporimeters in Duitsland tegenover en het is niet waarschijnlijk dat de drie factoren tegen elkaar wegvallen. Het grote verschil in opstellingshoogte doet verwachten dat de Duitse metingen tegenover de Nederlandse aan de hoge kant zullen liggen. Dit blijkt ook wel uit de cijfers. Die voor West-Duitsland werden aan [5] ontleend.

Als gemiddelden over 19 stations in West-Duitsland werden in augustus en september 1954 gevonden 129 en 117 cm³ als gemiddelden over 39 stations gedurende augustus en 41 stations gedurende september in Nederland werden gevonden 116 en 99 cm³. De verhoudingscijfers zijn als volgt:

1954	augustus	september
Duitsland/Nederland	1.11	1.18

Nu beschikken we over de resultaten van Piche-metingen op 3 verschillende niveau's, namelijk 120 cm, 30 cm en 5 cm, die door Kramer te De Bilt boven zwarte grond werden uitgevoerd van 28 april tot en met 10 juni 1954. Ze zijn samengevat in tabel 5. Lichten we daaruit de verhouding der verdampingswaarden gemeten op 120 cm en 30 cm, dan blijkt deze betrekkelijk

constant te zijn en een gemiddelde waarde van 1.10 te bereiken.

Teneinde de resultaten der in Duitsland op 200 cm hoogte uitgevoerde metingen op de in Nederland op 120 cm uitgevoerde metingen te herleiden, kan waarschijnlijk worden volstaan met het in rekening brengen der windafhankelijkheid door middel van de factor $1 + 0.5 u$, waarin de windsnelheid u in m/sec wordt uitgedrukt. Deze factor werd door Uhlig (6, formule [2]) afgeleid voor de grootte, die door hem "Verdunstungsanspruch" wordt genoemd en geschikt bevonden om op de Piche-evaporimeters te worden toegepast. Op grond hiervan bedraagt de gezochte verhouding der Piche-cijfers voor 2 m en 1,20 m

$$\frac{P_{i_2}}{P_{i_{1,2}}} = \frac{1 + 0,5 u_2}{1 + 0,5 u_{1,2}}$$

waarin u_2 en $u_{1,2}$ de windsnelheden op 2 m en 1,20 m hoogte voorstellen.

Volgens het logarithmisch windprofiel is

$$\frac{u_{1,2}}{u_2} = \frac{\ln \frac{120 + Z_0}{Z_0}}{\ln \frac{200 + Z_0}{Z_0}}$$

terwijl volgens [4] p. 40 $Z_0 = 2$ cm gesteld mag worden. Hieruit volgt

$$\frac{u_{1,2}}{u_2} = \frac{4,8 - 0,69}{5,3 - 0,69} = \frac{4,11}{4,61} = 0,89$$

en

$$\frac{P_{i_2}}{P_{i_{1,2}}} = \frac{1 + 0,5 u_2}{1 + 0,45 u_2}$$

Nu werd voor 5 stations in Nederland gemiddeld vastgesteld

1954	augustus	september
u_2	3,9	4,5

waaruit voor de gezochte reductiefactor volgt

1954	augustus	september
$\frac{P_{i_2}}{P_{i_{1,2}}}$	1,07	1,07

Er is geen verschil tussen deze beide waarden. We stellen derhalve de gezochte factor op 1,07 en komen daarmee op een totale reductiefactor

$$\frac{P_{i_2}}{P_{i_{0,3}}} = 1,10 \times 1,07 = 1,18$$

Tabel 5

Waarnemingen met Piche-evaporimeters op verschillende hoogte
De Bilt 1954

1954 datum	hoogte cm		
	120	30	5
28-4	9,05	8,50	7,90
29-4	7,95	6,90	6,50
30-4	5,60	5,95	6,25
1-5	9,00	8,75	8,85
2-5	17,50	16,30	13,80
3-5	10,85	9,80	8,05
4-5	0,45	0,05	0,00
5-5	5,45	4,60	4,15
6-5	7,60	6,55	5,40
7-5	9,80	8,85	7,10
8-5	8,80	7,70	7,80
9-5	15,55	13,35	13,35
10-5	18,55	17,00	16,10
11-5			
12-5	19,45	16,00	15,10
13-5	19,95	17,40	16,65
14-5			
15-5	22,10	21,15	20,55
16-5	12,70	12,40	12,50
17-5	9,55	8,95	9,15
18-5	8,60	6,45	6,95
19-5	7,60	6,25	5,65
20-5	8,00	7,70	7,70
21-5	4,75	4,70	4,65
22-5	3,10	3,30	2,50
23-5	1,25	1,45	0,95
24-5	5,10	4,70	4,05
25-5	9,55	8,70	8,05
26-5	19,15	17,65	16,30
27-5	16,95	16,00	15,10
28-5			
29-5			
30-5			
31-5	4,45	3,95	3,25
1-6	0,20	0,10	0,05
2-6	4,25	3,80	3,30
3-6	3,85	2,80	3,20
4-6	8,65	8,40	7,50
5-6	17,60	15,15	14,30
6-6	13,70	11,80	12,00
7-6	5,65	5,00	3,40
8-6	10,90	10,80	8,85
9-6	7,60	6,50	5,85
10-6	10,40	8,20	6,50
Totaal	381,25	343,60	319,30

Bij vergelijking der Duitse en Nederlandse metingen moet echter, zoals reeds werd opgemerkt, nog in aanmerking genomen worden, dat de Nederlandse metingen ten opzichte van de Duitse naar verhouding te hoog zijn uitgevallen als gevolg van het gebruik van groene schijfjes filtreerpapier van grotere doorsnede, zodat het verhoudingscijfer Duitsland/Nederland uiteindelijk op kleiner dan 1,18 zal moeten worden gesteld.

De voor beide maanden proefondervindelijk benaderde cijfers waren 1,11 en 1,18. Deze berusten op metingen die in beide landen zowel op stations nabij de zee kust als ver in het binnenland zijn uitgevoerd en het is daarom moeilijk, in de landsgemiddelden nog klimatologisch bepaalde verschillen te gaan onderscheiden. Alle overwegingen bijeengenomen, komt het mij redelijk voor het verhoudingscijfer Duitsland/Nederland bij de in augustus en september 1954 uitgevoerde verdampingsmetingen te begroten op 1,15.

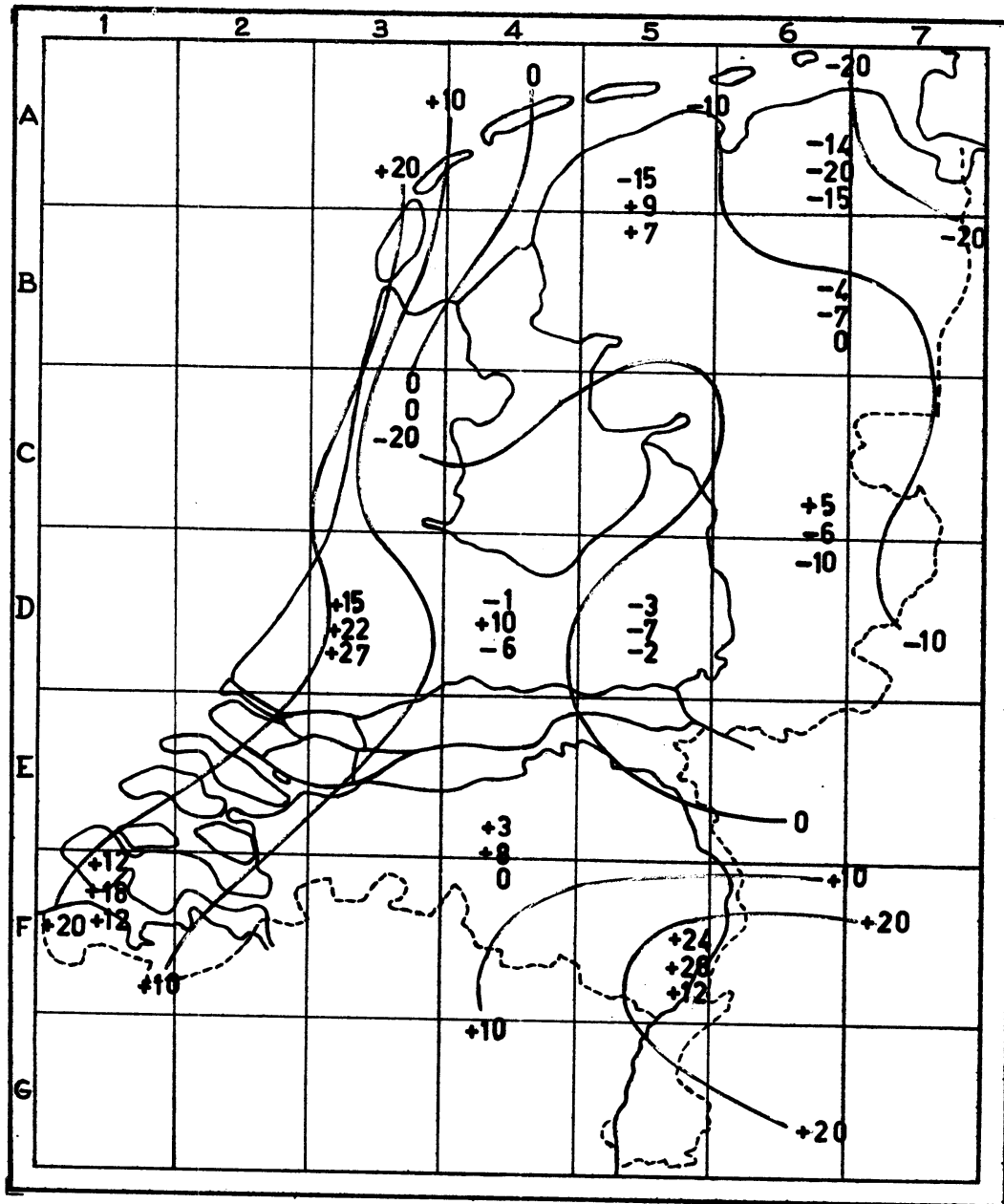
De Nederlandse Piche-cijfers werden voor deze maanden met 15 % verhoogd en met de Duitse tezamen in kaart gebracht (Fig. 3 en 4). In de voortreffelijke aansluiting die de verdampingspatronen beider landen vertonen mag wel een bevestiging van de juistheid der toegepaste herleidingsfactor gezien worden.

Uit de aard der zaak zijn deze patronen zeer ruw. De plaatselijke variaties in de Piche-metingen zijn eigenlijk te groot om de tekening van iso-krommen te verantwoorden, in het bijzonder in het geaccidenteerde West-Duitsland. Anderzijds ligt er niets gewrongens in en zijn de algemene karaktertrekken dezer typische zomerpatronen logisch en verhelderend.

Het is bovendien interessant, aan de hand dezer figuren terug te komen op de ogenschijnlijk abnormaal sterke verdamping die in het oostelijk deel van Noord Brabant en het noordelijk deel van Limburg werd waargenomen. Overzien we het nu goed, dan is er, zoals we reeds meenden te mogen vaststellen, geen reden aan de juistheid dezer hoge verdampingswaarden te twijfelen. Het ligt in feite voor de hand ze in verband te brengen met een strook van hoge verdampingsgraad, die langs de Rijn tot in Zuid Duitsland omhoog uitgestrekt ligt.

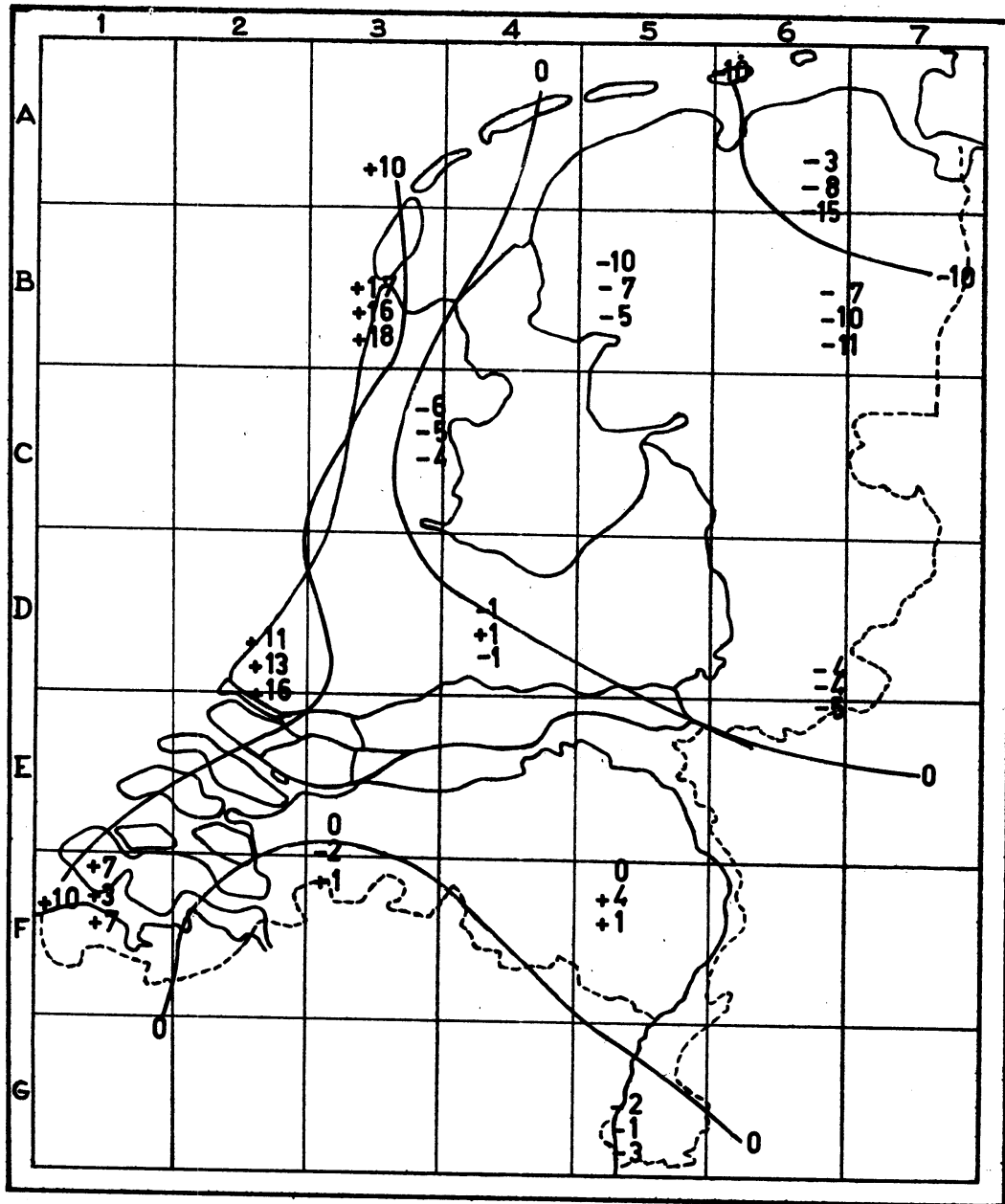
Literatuur

1. Kramer, C. Onderzoek naar de invloed van neerslag en verdamping op de dagelijkse fluctuaties van de grondwaterstand. K.N.M.I. W.R. 54-002 (III-135), 1954
2. Berlage, H.P. Gegevens betreffende de neerslag, de verdamping en de grondwaterstand op een aantal plaatsen in Nederland. K.N.M.I. W.R. 57-004 (III-200), 1957
3. Rijkooft, P.J. Een nomogram voor de bepaling van de potentiële evapotranspiratie volgens de formule van Penman. K.N.M.I. R III-143-1954
4. Kramer, C. Berekening van de gemiddelde grootte van de verdamping voor verschillende delen van Nederland volgens de methode van Penman. K.N.M.I. Med. en Verh. 70, 1957
5. Messungen mit dem Piche-Evaporimeter in einem Sondernetz von 20 Stationen. Zentralstelle des Deutschen Wetterdienstes Abteilung Agrarmeteorologie 1955
6. Uhlig, S. Bestimmung des Verdunstungsanspruchs der Luft mit Hilfe von Piche-Evaporimetern. Mitt.d. Deutschen Wetterdienstes Nr. 13, 1955



VERDAMPING VOLGENS PICHE IN PERCENTUËLE
 AFWIJKING VAN HET LANDSGEMIDDELDE VOOR DE JAREN
 1953-1954-1955 (MRT - NOV)

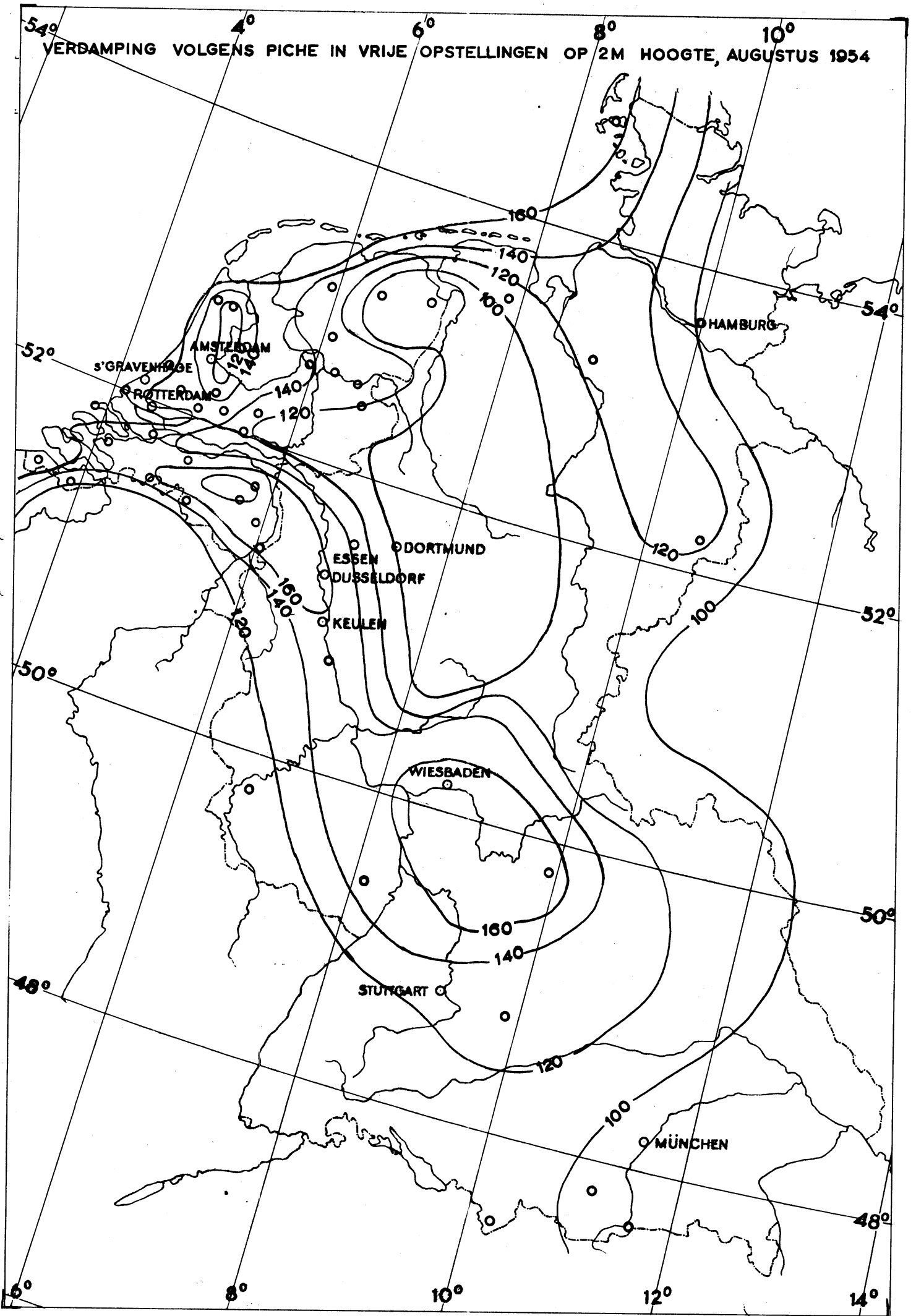
FIG.1



VERDAMPING VOLGENS PENMAN IN PERCENTUËLE
 AFWIJKING VAN HET LANDSGEMIDDELDE VOOR DE JAREN
 1953-1954-1955 (MRT-NOV)

FIG. 2

VERDAMPING VOLGENS PICHE IN VRIJE OPSTELLINGEN OP 2M HOOGTE, AUGUSTUS 1954



54° VERDAMPING VOLGENS PICHE IN VRIJE OPSTELLING OP 2M HOOGTE, SEPTEMBER 1954

