

**KONINKLIJK NEDERLANDS  
METEOROLOGISCH INSTITUUT**

**VERSLAGEN**

**V - 357**

**H.A.R. de Bruin en W.N. Lablans**

**Een test van een nieuwe berekeningswijze van de open-water  
verdamping volgens Penman ten behoeve van snelle voor-  
lichting omtrent de verdamping.**

**De Bilt 1980**

Publikatienummer: K. N. M. I. V-357 (F. M.)

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut,  
Fysisch Meteorologisch Onderzoek,  
Postbus 201,  
3730 AE De Bilt,  
Nederland.

U. D. C. : 551.573

Een test van een nieuwe berekeningswijze van de open-water verdamping  
volgens Penman ten behoeve van snelle voorlichting omtrent de verdamping.

door

H.A.R. de Bruin en W.N. Lablans

INHOUD

1. Inleiding	2
2. Vergelijking van de rekenwijzen	2
2.1. De Penman-formule	2
2.2. De berekeningswijze van de open-water verdamping op het K.N.M.I. ten behoeve van het Maandelijks Overzicht der Weersgesteldheid.	3
2.3. De nieuwe berekeningswijze, met behulp van de bedekkings- graad en de globale straling.	3
3. Vergelijking van berekende waarden over het tijdvak 1971-1977	4
3.1. Inleiding	4
3.2. Het resultaat van de vergelijking	5
4. Samenvatting	6
Slotopmerking	6
Literatuur	7

Een test van een nieuwe berekeningswijze van de open-water verdamping volgens Penman ten behoeve van snelle voorlichting omtrent de verdamping.

## 1. Inleiding

Door het K.N.M.I. worden in het "Maandelijk Overzicht der Weersgesteldheid" (M.O.W.) dekadesommen van de open-water verdamping volgens Penman gepubliceerd, voor 15 stations.

Deze gegevens hebben klimatologische betekenis, maar wegens het tijdstip waarop zij beschikbaar komen, geen actuele betekenis. Aan meer actuele verdampingsgegevens is wel behoefte, bijvoorbeeld in verband met het toenemen van de kunstmatige beregening in land- en tuinbouw, met bemestingsproblemen en met problemen van waterbeheer.

In verband hiermee is onderzocht of door het K.N.M.I. verdampingsgetallen kunnen worden berekend die op de behoeften bij de landbouwpraktijk zijn afgestemd, d.w.z. verdampingsgetallen die betrekking hebben op perioden van ongeveer een week die beschikbaar komen onmiddellijk na het verstrijken van de periode waarop zij betrekking hebben. Hiertoe kan de voor de "M.O.W." verdampingscijfers gebruikte rekenwijze niet ongewijzigd worden toegepast, omdat de relatieve zonschijnduur, die voor deze berekening een invoergegeven is, niet tot het pakket van actueel beschikbare meteorologische gegevens behoort. De open-water verdamping kan evenwel ook berekend worden met behulp van de bewolkingsgraad en de globale straling, welke gegevens voor de stations De Kooy, De Bilt, Eelde, Vlissingen en Beek dagelijks beschikbaar komen voor machinale verwerking.

Op verschillende wijze berekende waarden voor de open-water verdamping zullen uiteraard niet exact gelijk zijn. Om na te gaan wat de invloed is van de verandering van rekenwijze werden met behulp van de nieuwe rekenwijze over het tijdvak 1971-1977 voor het station De Bilt de dekadesommen berekend en deze werden vergeleken met de overeenkomstige dekadesommen uit het Maandelijks Overzicht der Weersgesteldheid.

## 2. Vergelijking van de rekenwijzen

### 2.1. De Penman-formule

De open-water verdamping wordt door het K.N.M.I. ten behoeve van het Maandelijks Overzicht berekend volgens de formule van Penman (1948, 1956). Deze luidt:

$$E_o = \frac{sQ^*/L_v + \gamma E_a}{s + \gamma} \quad *) \quad (1)$$

Hierin is:  $E_o$  de open-water verdamping,  
 $L_v$  de specifieke verdampingswarmte van water,  
 $Q^*$  de netto straling,  
 $s$  de afgeleide van de verzadigingsdampspanningscurve naar de temperatuur op 2 m hoogte,  $T_2$ , ( $\text{mbar K}^{-1}$ ) en  
 $\gamma$  een constante ( $0,65 \text{ mbar K}^{-1}$ ).

Voor  $E_a$  geldt:

$$E_a = f(u) (e_s(T_2) - e_2), \text{ waarin} \quad (2)$$

$e_s(T_2)$  de verzadigingsdampspanning bij  $T_2$ .  
 $e_2$  de dampspanning op 2 m hoogte en  
 $f(u)$  een functie van de gemiddelde windsnelheid  $u$  eveneens op 2 m hoogte.

Drukken we  $E_o$  en  $E_a$  uit in  $\text{mm dag}^{-1}$  en  $e_s(T_s)$  en  $e_2$  in mbar, dan is  $f(u)$  gelijk aan (Penman, 1956; Kramer, 1957):

$$f(u) = 0.26 (0,54 + 0,5 u) \text{ mm dag}^{-1} \text{ mbar}^{-1} \quad (3)$$

De nettostraling is te schrijven als

$$Q^* = (1-r) K^\downarrow + L^* \quad (4)$$

In deze uitdrukking is  $r$  de reflectiecoëfficiënt van het aardoppervlak (in dit geval, omdat we water beschouwen, is  $r \approx 0,06$ ),  $K^\downarrow$  de globale straling en  $L^*$  de netto langgolvlige straling.

Voor nadere informatie omtrent de achtergronden van de Penmanformule wordt verwezen naar Penman (1948, 1956), Kramer (1957) en de Bruin en Kohsiek (1979).

\*) In dit verslag zijn niet voor alle grootheden de ~~S-I~~ eenheden gebruikt. Voor zover nodig zijn daarom de gebruikte eenheden in de tekst vermeld.

## 2.2. De berekeningswijze van de open-water verdamping op het K.N.M.I. ten behoeve van het Maandelijks Overzicht der Weersgesteldheid

Bij de berekeningswijze ten behoeve van het M.O.W. worden  $K^\downarrow$  en  $L^*$  geschat met (Kramer, 1957):

$$K^\downarrow = R_A (0,2 + 0,48 n/N) \text{ en} \quad (5)$$

$$L^* = -\sigma T_2^4 (0,47 - 0,067 \sqrt{e_2}) \cdot (0,2 + 0,8 n/N). \quad (6)$$

Hierin is  $R_A$  de inkomende zonnestraling op een horizontaal oppervlak bij afwezigheid van de atmosfeer en  $n/N$  de relatieve zonneschijnduur ( $n$  = het aantal uren zonneschijn,  $N$  maximaal het mogelijke aantal uren zonneschijn).

In vgl. (6) wordt de luchttemperatuur uitgedrukt in (graden) Kelvin en  $e_2$  in mbar.  $\sigma$  is de constante van Stefan-Boltzmann ( $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ ).

De "K.N.M.I.-M.O.W." cijfers voor de open-water verdamping worden verkregen volgens:

$$E_0^{\text{MOW}} = E_0 + \Delta E_0 \quad (7)$$

Hierbij wordt  $E_0$  berekend met de vgl. (1) t/m (6), uit etmaal gemiddelden van de invoergegevens;  $\Delta E_0$  is een toeslag die in 1971 is ingevoerd. Voor 1971 werd  $E_0$  berekend uit overdaggemiddelden van temperatuur en zonneschijn die uit de zogenaamde termijnwaarnemingen van 8<sup>h</sup>, 14<sup>h</sup> en 19<sup>h</sup> werden opgemaakt. Sindsdien worden uit continue registraties etmaalgemiddelden bepaald en zijn de overdaggemiddelden niet meer beschikbaar. Om een inhomogeniteit in de reeks van verdampingsgegevens te vermijden werd de toeslag  $\Delta E_0$  ingevoerd, waarvan de waarde (per decade) voor verschillende stations is gegeven in De Bruin (1979).

## 2.3. De nieuwe berekeningswijze, met behulp van de bedekkingsgraad en de globale straling.

Zoals reeds werd vermeld kan de berekening volgens de in de vorige paragraaf gegeven rekenwijze eerst plaats vinden als het gegeven omtrent de zonneschijnduur beschikbaar is. Hierdoor ontstaat een vertraging van enkele weken, welke evenwel kan worden vermeden voor stations waar dagelijks de globale straling wordt bepaald (De Kooy, De Bilt, Eelde, Vlissingen en Beek). Door de gemeten globale straling  $K^\downarrow$  in te voeren in vgl. (4).

kan het gebruik van vgl. (5) waarin het zonneshijngegeven voorkomt worden vermeden. In vgl. (6) kan het niet beschikbaar zijn van het gegeven omtrent de zonneshijnduur worden ondervangen door gebruik te maken van de betrekking:

$$m = 1 - n/N \quad (8)$$

waarin  $m$  de bewolgingsgraad is die op vele stations, waaronder de genoemde hoofdstations, uurlijks wordt bepaald. Opgemerkt moet worden dat deze relatie slechts bij benadering geldt.

De nieuwe berekeningswijze komt er op neer dat de nettostraling  $Q^*$  in plaats van met de vgl. (4) t/m (7) nu wordt berekend volgens

$$Q^* = (1 - 0,06) K^\downarrow - \sigma T_2^4 (0,47 - 0,067\sqrt{e_2}) (1 - 0,8 m), \quad (9)$$

waarin  $K^\downarrow$  de gemeten waarde van de globale straling is. We merken op dat de toeslag  $\Delta E_0$  hierbij niet meer wordt toegekend. Dit wordt gerechtvaardigd door het feit dat met recent onderzoek is aangetoond dat  $K^\downarrow$  met formule (5) te laag wordt geschat, zodat als de gemeten waarden van  $K$  worden gebruikt men reeds wat hogere waarden verkrijgt dan bij berekening met vgl. (5) en (6) het geval is. (Frantzen en Raaff, 1980).

### 3. Vergelijking van berekende waarden over het tijdvak 1971-1977.

#### 3.1. Inleiding

Het doel van deze vergelijking is na te gaan of met de versnelde rekenwijze van par. 2.3. waarden voor de open-watervedamping kunnen worden verkregen die vergelijkbaar zijn met de verdampingscijfers uit de Maandelijkse Overzichten der Weersgesteldheid.

Hiertoe werden met de rekenwijze van par. 2.3. daggetallen van de open-water verdamping berekend. De daaruit afgeleide decade-getallen werden vergeleken met de overeenkomstige decade-getallen uit de Maandelijkse Overzichten over de maanden april-september van de jaren 1971-1977. De vergelijking werd beperkt tot deze maanden omdat toepassing van de versnelde rekenwijze in het algemeen op het groeiseizoen in de landbouw betrekking zal hebben. Mocht blijken dat ook in het winterhalfjaar behoefte aan actuele verdampingsgegevens bestaat dan dient aanvullend onderzoek plaats te vinden.

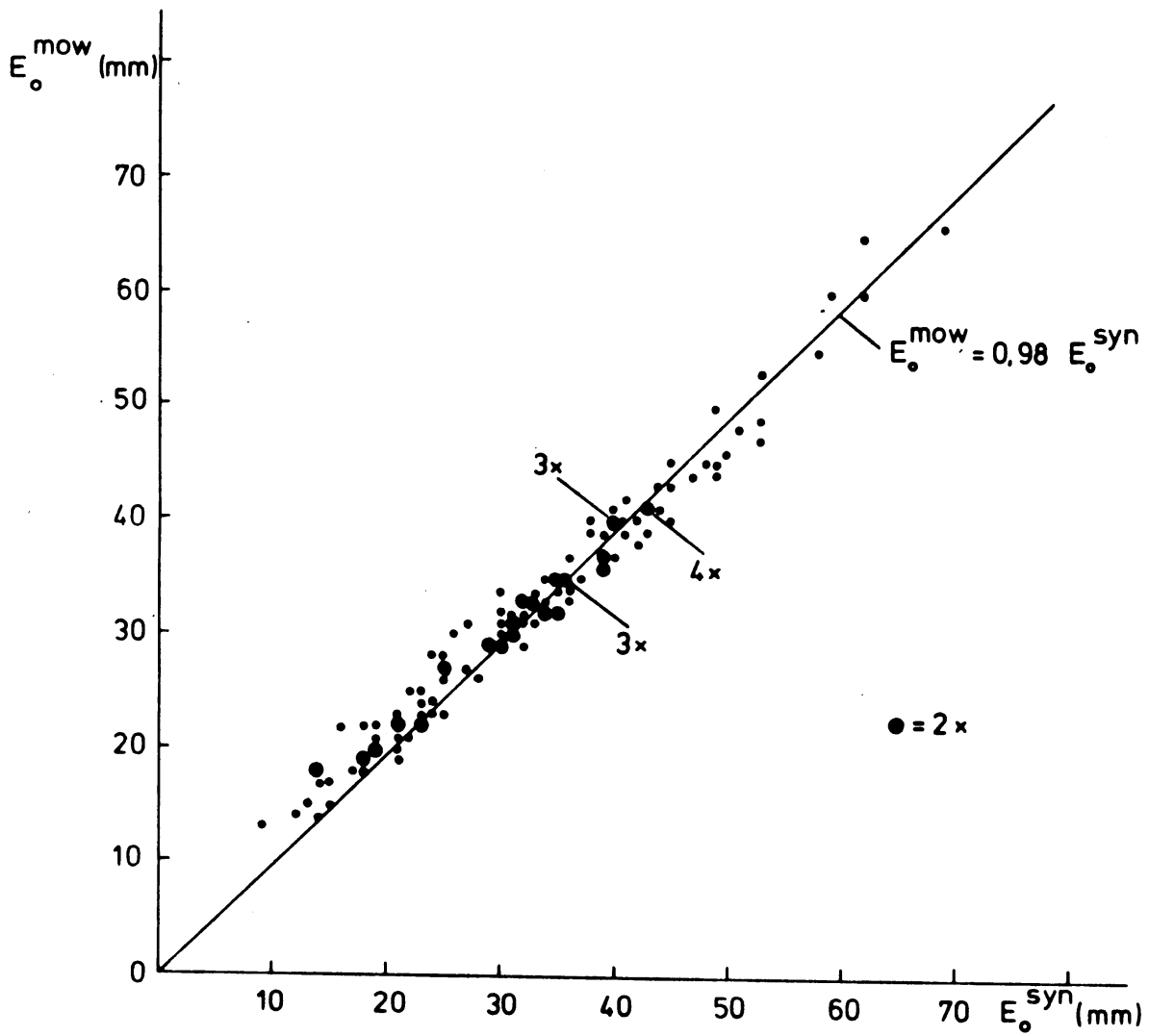


Fig. 1. Vergelijking van decadesommen van de open-water verdamping berekend volgens de nieuwe rekenwijze ( $E_o^{SYN}$ ) en de oorspronkelijke rekenwijze ( $E_o^{MOW}$ ).



### 3.2. Het resultaat van de vergelijking

In figuur 1 zijn de decadesommen voor de open-water verdamping, berekend volgens de beide rekenwijzen, tegen elkaar uitgezet. We zien dat, behoudens enkele uitschieters, de overeenkomst goed is. Om de mate van overeenkomst te kwantificeren werd een regressieberekening uitgevoerd. Noemen we de gegevens uit het Maandelijks Overzicht  $E_o^{MOW}$  en de gegevens verkregen met behulp van "synoptische waarnemingen"  $E_o^{SYN}$  dan vinden we voor het gemiddelde van de 126 berekende decadesommen:

$$\overline{E_o^{MOW}} = 32,6 \text{ mm}$$

$$\overline{E_o^{SYN}} = 32,9 \text{ mm}$$

Tussen  $E_o^{MOW}$  en  $E_o^{SYN}$  werd een correlatiecoëfficiënt gevonden van 0,986.

De regressieconstante werd berekend met een lineaire regressie berekening, waarbij de regressielijn door de oorsprong werd gedwongen. Gevonden werd:

$$E_o^{MOW} = 0,98 E_o^{SYN} \quad (10)$$

Een maat voor het gemiddelde verschil tussen de waarden gevonden met de verschillende rekenwijzen is het "middelbare verschil":

$$F = \sqrt{(E_o^{MOW} - E_o^{SYN})^2} \quad (11)$$

het blijkt dat  $F = 2,3 \text{ mm}$ .

Als men in de nieuwe rekenwijze de regressieconstante van 0,98 opneemt dan wordt het middelbare verschil tussen de waarden gevonden met de twee rekenwijzen nog iets kleiner:

$$F' = \sqrt{(E_o^{MOW} + 0,98 E_o^{SYN})^2} = 2,1 \text{ mm} \quad (12)$$

Betrekken we  $F'$  op de gemiddelde waarde van  $E_o^{MOW}$  dan zien we dat

$$\frac{F'}{E_o^{MOW}} = \frac{2,1}{32,6} \approx 6\% \quad (13)$$

Gezien de onnauwkeurigheden die aan de bepaling van  $E_o$  kleven, zowel theoretisch als praktisch (De Bruin, 1979) kan dit "gemiddeld verschil" van 6% als acceptabel worden beschouwd.

#### 4. Samenvatting

Dit verslag handelt over een nieuwe berekeningswijze van de openwaterverdamping volgens Penman. Deze is ontwikkeld om een snelle berichtgeving (b.v. via de radio) omtrent de verdamping mogelijk te maken.

De nieuwe berekeningswijze ziet er als volgt uit:

$$E_o^{SYN} = \frac{s \cdot Q^* / 28,6 + 0,17(0,54 + 0,54) \{e_s(T_2) - e_2\}}{s + 0,65} \text{ (mm.dag}^{-1}\text{)} \quad (14)$$

waarin:

$$Q^* = (1 - 0,06)K^\downarrow - \sigma T_2^4 (0,47 - 0,067 e_2) (1 - 0,8 m) \text{ (Wm}^{-2}\text{)} \quad (15)$$

De basisgegevens worden als etmaalgemiddelden ingevoerd, verder wordt

s uitgedrukt in mbar.K<sup>-1</sup>

e<sub>s</sub>(T) en e<sub>2</sub> in mbar

K<sup>↓</sup> (= de gemeten globale straling gemiddeld over 24 uur) in Wm<sup>-2</sup>

u in ms<sup>-1</sup>

en T<sub>2</sub> in K;

m is dimensieloos, 0 < m < 1.

De nieuwe berekeningswijze werd vergeleken met die welke wordt toegepast voor klimatologische doeleinden. Gevonden werd dat de uitkomsten van beide berekeningswijzen weinig van elkaar verschillen.

#### Slotopmerking

De auteurs zijn dank verschuldigd aan de heer G. Yperlaan van het Statistisch Bureau, die behulpzaam was bij het voorbereiden van de in par. 3 beschreven berekeningen.

Literatuur

De Bruin (1979): Neerslag, open-water verdamping en potentieel neerslagoverschot in Nederland. Frequentieverdelingen in het groeiseizoen. KNMI, W.R. 79-4.

De Bruin, H.A.R. en W. Kohsiek (1979): Toepassingen van de Penman formule. KNMI, W.R. 79-3.

Frantzen, A.J. en Raaff W.R. (1980): Pers. Mededeling.

Kramer, C. (1957): Berekening van de gemiddelde grootte van de verdamping voor verschillende delen van Nederland volgens de methode van Penman. KNMI, Med. en Verh. Nr. 70.

Penman, H.L. (1948): Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. Roy. Soc. A., 193, 120-146.

Penman, H.L. (1956): Evaporation: an introductory survey. Proceedings of the informal meeting on physics in agriculture. Neth. J. Agr. Sci., Vol. 4, No. 1, 9-29.