

NN31545.1752

BIBLIOTHEEK  
STARINGGEBOUW

ICW nota 1752

december 1986



nota

instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding, wageningen

BEREGENING VAN GRASLAND

IV. Berekening van de open waterverdamping en de potentiële evapotranspiratie op het proefveld Aver-Heino

ir. P.J.M. van Boheemen, ing. H. Humbert  
en B.J. van den Broek, B.Sc.

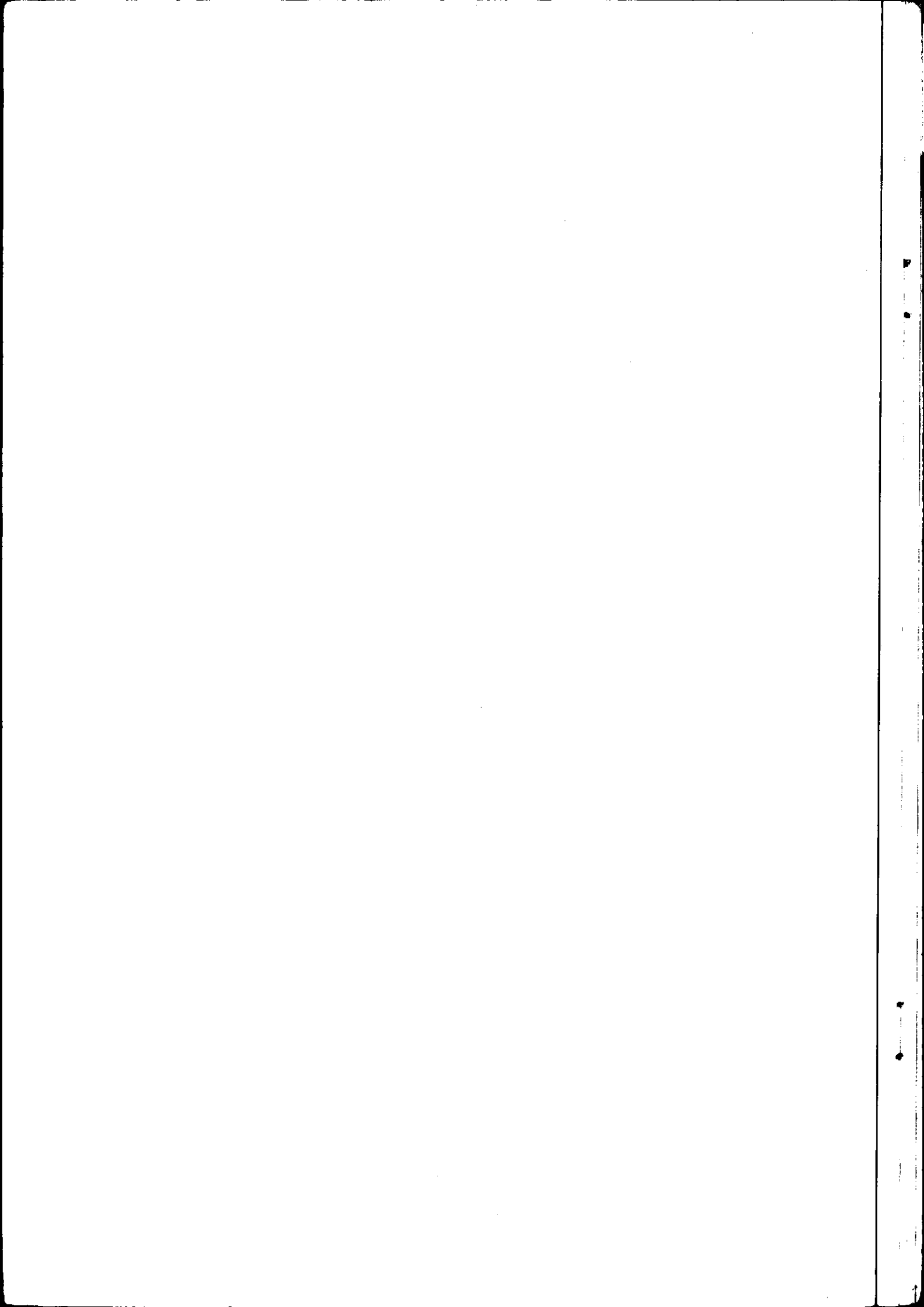
199205

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties. Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten. Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

5 FEB. 1987

ISBN 202916 \*

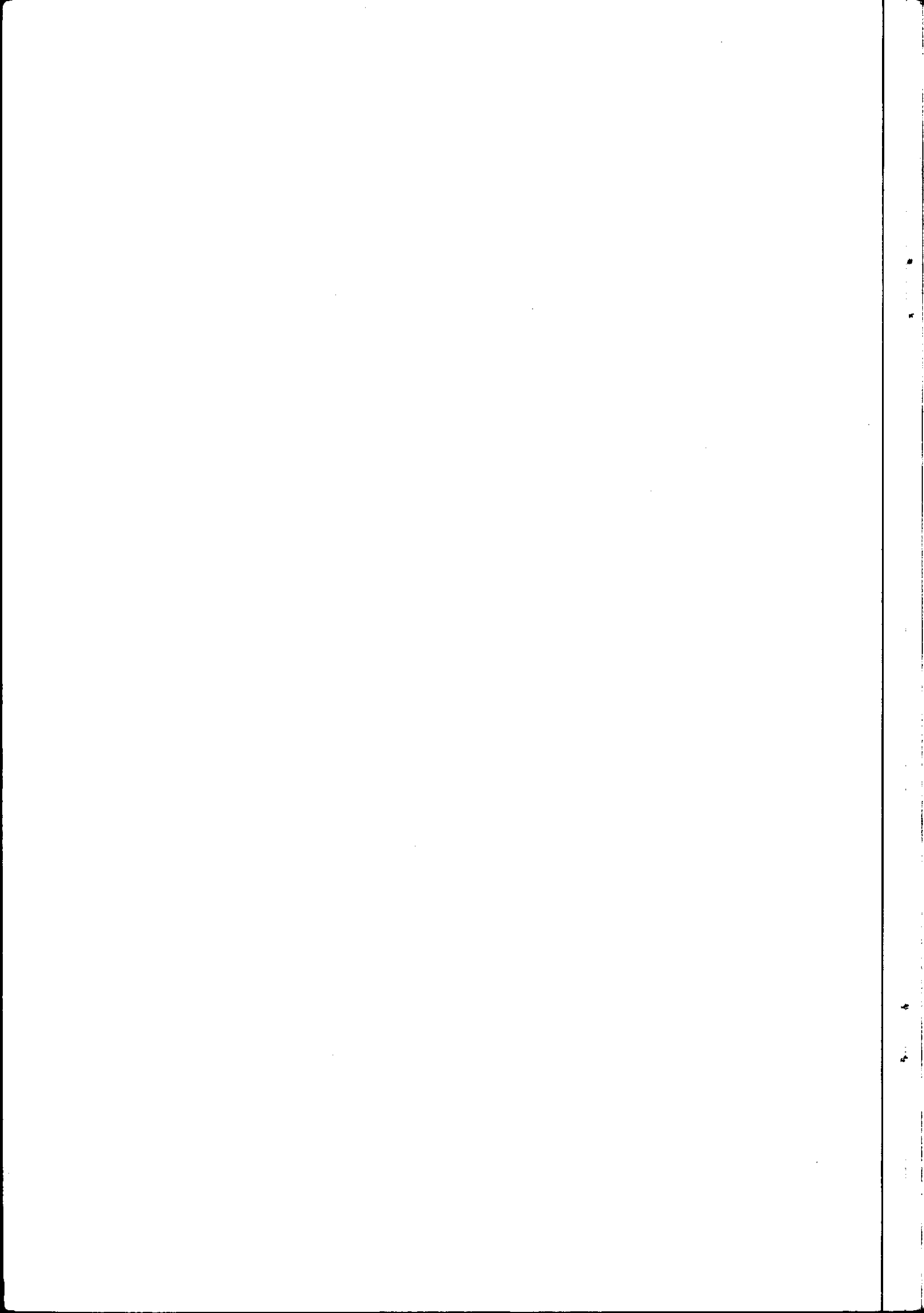




# INHOUD

blz

1	INLEIDING . . . . .	1
2	GESELECTEERDE BEREKENINGSMETHODEN . . . . .	2
2.1	Algemeen . . . . .	2
2.2	Open Waterverdamping . . . . .	2
2.2.1	Berekenings Methode Voor Eo(MOW) . . . . .	2
2.2.2	Berekenings Methode Voor Eo(SYN) . . . . .	3
2.3	Potentiele Evapotranspiratie Van Gras . . . . .	3
3	COMPUTER PROGRAMMA EVAPOT . . . . .	4
3.1	Algemeen . . . . .	4
3.2	Vormgeving Van De Invoer . . . . .	4
3.3	Werkvolgorde . . . . .	5
3.4	Vormgeving Van De Uitvoer. . . . .	6
4	BEREKENING VOOR 1982 . . . . .	7
4.1	Algemeen . . . . .	7
4.2	Open Waterverdamping. . . . .	8
4.3	Gewasfactor . . . . .	8
5	SAMENVATTING . . . . .	9
6	LITERATUUR . . . . .	10



## 1 INLEIDING

In 1981 werd gestart met een proefveldonderzoek naar het watergebruik en de groei van gras bij verschillende niveaus in de water- en stikstof voorziening. De veldmetingen vonden plaats op het Regionaal Onderzoekscentrum voor de Rundveehouderij 'Aver-Heino' te Heino (Overijssel) en werden beëindigd in 1984.

De opzet van het veldonderzoek werd reeds eerder vastgelegd (VAN BOHEEMEN en HUMBERT, 1983). Ook werd al aangegeven welke differentiaalvergelijking uitgangspunt zal zijn bij de berekeningen van de waterbewegingen in de bodem en welke waarden zullen worden aangehouden voor de in die vergelijking voorkomende bodemparameters ( bodemwaterkarakteristiek en hydraulische doorlatendheid) (VAN BOHEEMEN en HUMBERT, 1985).

In deze nota wordt besproken op welke wijze voor de proefveldsituatie de berekening van een tweetal afgeleide meteorologische grootheden is geformuleerd. Het betreft hier de bepaling van de open waterverdamping en de potentiële evapotranspiratie van gras (10 cm lang). Metingen van die grootheden hebben niet plaatsgevonden op het proefveld, ook niet in de nabije omgeving.

Tot het formuleren van methoden voor de berekening van de potentiële evapotranspiratie is overgegaan, omdat in een later stadium van het onderzoek zich een behoefte zal voordoen aan gegevens over de potentiële evapotranspiratie. In dit verband wordt gedacht aan de mogelijkheid om via een confrontatie van gegevens over de actuele evapotranspiratie met gegevens over de potentiële, inzicht te krijgen in de werkelijk opgetreden vochttekorten.

De potentiële evapotranspiratie van gras is in sterke mate gecorreleerd met de open waterverdamping en de laatst genoemde grootheid wordt daarom vaak als referentie voor de eerstgenoemde gebruikt. In verband hiermede is ook geformuleerd op welke wijze de open waterverdamping kan worden berekend.

In hoofdstuk II wordt aangegeven welke methoden zijn geselecteerd voor het berekenen van de open waterverdamping en de potentiële evapotranspiratie. In hoofdstuk III wordt een beschrijving gegeven van het computerprogramma EVAPOT waarin de methoden zijn verwerkt, ten einde een geautomatiseerde toepassing mogelijk te maken. In hoofdstuk IV wordt een toepassing van de eerder besproken methoden getoond. In het afsluitende hoofdstuk V wordt een samenvatting gegeven.

## 2 GESELECTEERDE BEREKENINGSMETHODEN

### 2.1 Algemeen

Zowel voor het berekenen van de open waterverdamping als voor het berekenen van de potentiële evapotranspiratie van gras zijn diverse methoden ontwikkeld. In dit hoofdstuk worden de voor toepassing geschikt geachte methoden genoemd. Daarbij wordt vrijwel alleen gesproken over de oorsprong van die methoden. Voor de preciese formulering wordt verwezen naar de desbetreffende literatuur en naar de tekst van het later ter sprake komende computerprogramma EVAPOT (verkrijgbaar bij de auteurs).

### 2.2 Open Waterverdamping

In totaal zijn twee berekeningsmethoden geselecteerd welke beide in Nederland gangbaar zijn:

#### 2.2.1 Berekenings Methode Voor Eo(MOW) -

Het betreft hier een toepassing van de Penman-formule. De betreffende methode ligt ten grondslag aan de waarden van de open waterverdamping die door het KNMI worden gepubliceerd in de afleveringen van het Maandelijks Overzicht der Weergesteldheid (MOW).

De methode is oorspronkelijk ontwikkeld voor het berekenen van de open waterverdamping op basis van de overdaggemiddelden van de luchttemperatuur en de relatieve luchtvochtigheid, het etmaalgemiddelde van de windsnelheid en de waarde van de relatieve zonschijnduur op de betreffende dag (KRAMER, 1957). Volgens dit concept is tot 1971 door het KNMI gewerkt. Daarna is, zonder bijstelling van de diverse coëfficiënten in de Penman-formule, overgestapt op het gebruik van de etmaalgemiddelden van de luchttemperatuur en de relatieve luchtvochtigheid. Ter compensatie worden de aldus verkregen uitkomsten (die circa 10% lager liggen in vergelijking tot de periode voor 1971) daarna verhoogd door, afhankelijk van het station en de betreffende decade, een toeslag in rekening te brengen.

De Eo(MOW) waarden, zoals die in het Maandelijks Overzicht der Weergesteldheid worden gepubliceerd, zijn berekend voor decaden. Deze berekening geschiedt op basis van eerst middelen van de meteorologische gegevens over een periode van 10-dagen en vervolgens invoer van de verkregen gemiddelden in de Penman-formule. De verkregen uitkomst wordt daarna verhoogd met een toeslag waarde. Voor toepassing op de proefveldsituatie is de berekeningwijze gekozen die sinds 1971 door het KNMI wordt gevolgd. Daarbij zijn de toeslagwaarden gebruikt die voor het dichtsbijzijnde KNMI-station (Dedemsvaart) gelden.

### 2.2.2 Berekenings Methode Voor Eo(SYN) -

Ook hier betreft het een gebruik van de Penman-formule. De methode vormt de grondslag voor de waarden van de open waterverdamping, welke via de radio onder de naam 'referentie-verdamping' worden verspreid (DE BRUIN en LABLANS, 1980; DE GRAAF, 1983). De Eo(SYN)-waarden worden voorts verspreid door het Consultantschap in Algemene Dienst voor Bodem-, Water- en Bemestingszaken in de Akker- en Tuinbouw te Wageningen.

Een verschil met de berekenings methoden voor Eo(MOW) is dat nu in de Penman-formule geen term voorkomt voor het berekenen van de globale straling. Op de plaats van die term dienen gemeten waarden voor de globale straling te worden ingevuld. Door dit verschilpunt worden hogere waarden voor de open waterverdamping verkregen. De benaderingswijze van de globale straling zoals die wordt gevolgd bij de berekening van Eo(MOW), levert namelijk een onderschatting van de werkelijkheid.

Een tweede verschilpunt is dat in de eindfase van de berekeningen geen toeslag in rekening wordt gebracht zoals bij de vaststelling van Eo(MOW) plaats vindt. Hierdoor wordt de uitwerking van het eerstgenoemde verschilpunt vrijwel geneutraliseerd (DE BRUIN en LABLANS, 1980).

Een derde verschilpunt ligt bij de term voor de bepaling van de netto langgolvlige straling. Bij de berekeningsmethode voor Eo(MOW) is deze term zo geformuleerd dat de bepaling daarvan alleen kan plaats vinden indien onder meer de relatieve zonschijnduur als gemeten waarde voorhanden is. Bij de berekeningswijze voor Eo(SYN) is in de betreffende term voor de relatieve zonschijnduur gesubstitueerd:  $1-M$ , waarbij  $M$  staat voor de gemiddelde bewolgingsgraad op de betreffende dag. Op de uitkomsten van de berekeningen zou de substitutie nauwelijks invloed hebben (DE GRAAF, 1983). In de formulering van de Eo(SYN)-berekeningsmethode die op de proefveld situatie wordt toegepast, is het laatstgenoemde verschilpunt niet overgenomen. Met andere woorden, in de term met de netto langgolvlige straling is in afwijking van de originele methode, voor  $1-M$  de relatieve zonschijnduur ingevuld.

Als vierde verschilpunt kan worden genoemd dat nu een invoer plaats vindt van etmaalgemiddelden van de meteorologische gegevens in de Penman-formule en dat decade-waarden worden verkregen door de dagwaarden op te tellen (niet door invoer van decadegemiddelden van de meteorologische gegevens).

### 2.3 Potentiele Evapotranspiratie Van Gras

De verdamping van gras kan niet direct met de Penman-formule worden berekend omdat er met verschillen in de oppervlakte-eigenschappen rekening moet worden gehouden. Deze zijn gewasweerstand, aerodynamische weerstand, reflectiecoëfficiënt en interceptie. Monteith(1965) en Rijtema (1965) hebben de Penman-formule zodanig aange-

past dat met de bovengenoemde karakteristieken rekening kan worden gehouden. Recent is de methode Monteith/Rijtema geactualiseerd (AD HOC GROEP VERDAMPING.1984).

### 3 COMPUTER PROGRAMMA EVAPOT

#### 3.1 Algemeen

Om een geautomatiseerde toepassing mogelijk te maken van de berekenings methoden die in het voorgaande hoofdstuk werden opgesomd, is een bestaand computer programma aangepast. Dit programma dat de naam EVAPOT draagt, is geschreven in Fortran en is geïmplementeerd op de STAVAX (VAX 11/750).

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de vormgeving van de in- en uitvoer, alsmede op de volgorde van de werkzaamheden die door het programma in gang worden gezet.

#### 3.2 Vormgeving Van De Invoer

Met het ontwikkelde programma kan worden gewerkt indien op dag-basis gegevens beschikbaar zijn over de volgende vijf meteorologische grootheden: neerslag (mm), gemiddelde luchttemperatuur op 2m+mv (°C), gemiddelde relatieve luchtvochtigheid op 2m+mv (%), gemiddelde windsnelheid op 10m+mv (m.s-1) en relatieve zonschijnduur (%).

De invoer van deze gegevens dient vergezeld te gaan van de nummers van de dagen waarop de gegevens betrekking hebben. De nummering dient zo te zijn dat 1 januari dag 1 vormt en 31 december dag 365. Op een jaar met 366 dagen (schrikkeljaar) is het programma niet ingesteld.

De meteorologische gegevens dienen aanwezig te zijn op een data file. Het programma veronderstelt dat deze file dezelfde opbouw heeft als de datafiles waarop de voor het proefveldonderzoek relevante meteorologische gegevens zijn bijeengebracht (VAN BOHEEMEN en HUMBERT, 1985; hfdst.9).

Tot slot wordt vermeld dat het programma aanneemt dat de berekeningen dienen plaats te vinden voor een locatie op 52,4 graad noorderbreedte. Het proefveld in Heino ligt op deze breedtegraad. Indien een locatie elders wordt beschouwd, dient het betreffende DATA-statement te worden gewijzigd.



### 3.3 Werkvolgorde

Het programma bestaat uit twee loops

1. De eerste loop berekend op dagbasis:-
  - de open waterverdamping volgens de Eo(SYN)-methode
  - de potentiële verdamping van gras volgens de Monteith/Rijtema methode

Deze loop werkt de dagen binnen de door te rekenen periode één voor één af. Wanneer een volgende dag aan de beurt is, wordt eerst overgegaan tot het lezen van de meteorologische gegevens die voor de betreffende dag zijn opgenomen in de data-file. Voor die dag worden dan alle bewerkingen uitgevoerd.

Allereerst wordt berekend hoeveel straling op de betreffende dag optreedt aan de rand van de atmosfeer (Angot). Hierbij wordt een bij het KNMI ontwikkeld rekenschema gevolgd (DE BRUIN, 1977).

Vervolgens wordt uitgaande van de waarde die is toegeleverd voor de windsnelheid op 10m+mv de windsnelheid op 2m+mv afgeleid (KNMI-station te Diepenveen). Ook op het proefveld is de windsnelheid gemeten op 2m+mv. Van wege de beschutte ligging van het proefveld en een minimale aanloopsnelheid (1.0 m.s-1) voor de windwegmeter (Negretti en Zambra, cup-anemometer) is met behulp van de windsnelheid (2m+mv) gemeten te Diepenveen een passende windfunctie berekend.

Het programma zorgt daarna voor het berekenen van waarden voor de helling van de verzadigde dampspanningscurve, de verzadigde dampspanning en het dampspanningsdeficit (corresponderend met de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid op de betreffende dag).

In aansluiting hierop vindt een berekening plaats van de netto langgolvlige straling volgens een standaardbenadering van het KNMI.

Het programma is vervolgens toe aan het bepalen van de netto kortgolvlige straling. Hierbij wordt op twee verschillende wijzen te werk gegaan. De eerste is gericht op het gewas gras en de andere is van toepassing op open water.

In de volgende programmafase worden de berekeningsmethoden voor de open waterverdamping en de potentiële evapotranspiratie tot uitvoering gebracht. Alle daarbij benodigde parameterwaarden zijn dan namelijk beschikbaar. Eerst wordt de berekeningsmethode voor Eo(SYN) toegepast, en daarna de berekeningsmethode voor de potentiële evapotranspiratie zoals die is ontwikkeld door Monteith/Rijtema.

Het laatste programmagedeelte van deze loop leidt tot het overbrengen van de resultaten naar de uitvoerfile POTEVA.

2. De tweede loop berekend als decade gemiddelde:-

- de open waterverdamping  $E_o(MOW)$  volgens de KNMI-methode.
- de gewasfactoren.

Binnen deze loop worden dezelfde meteorologische invoergegevens gebruikt als binnen de eerste loop. Met de berekening van  $E_o(MOW)$  wordt met eerder genoemde verschilpunten tussen  $E_o(SYN)$  rekening gehouden.

Met de verkregen uitkomsten voor de open waterverdampings termen  $E_o(SYN)$  en  $E_o(MOW)$  en de potentiële gewasverdamping (PETMRD) worden de gewasfactoren (FSYN) en (FMOW) berekend.

Het laatste programmagedeelte van deze loop leidt tot het overbrengen van de resultaten naar de uitvoerfile FACTOR.

### 3.4 Vormgeving Van De Uitvoer.

De eindresultaten worden overgebracht naar de uitvoerfiles POTEVA en FACTOR. Beide uitvoerfiles beginnen met een tekstgedeelte betreffende een toelichting over de uitvoer.

#### Uitvoerfile POTEVA

In de tabel na het tekstgedeelte is voor elke doorgerekende dag een regel gereserveerd. Zo'n regel begint met het betreffende jaar, daarna volgt het nummer van die dag gerekend vanaf 1 januari, de vijf meteorologische invoergegevens, de potentiële gewasverdamping (PETMR) en de open waterverdamping (EOSYN).

#### Uitvoerfile FACTOR

Na het tekstgedeelte begint de tabel waarin voor elke doorgerekende decade een regel is gereserveerd. Zo'n regel begint met het decade nummer, daarna de vijf meteorologische invoergegevens, twee open waterverdampingstermen (EOMOW en EOSYND), de potentiële gewasverdamping (PETMRD) en de gewasfactoren (FMOW en FSYN). Voor de open waterverdamping en de potentiële gewasverdamping is ook het maandtotaal weergegeven en voor de gewasfactoren het maandgemiddelde.

## 4 BEREKENING VOOR 1982

## 4.1 Algemeen

In dit hoofdstuk wordt een toepassing besproken van het computer programma EVAPOT. Daarbij is uitgegaan van de meteorologische omstandigheden in het proefjaar 1982, zoals vastgelegd op de datafile METE082.DAT. De uitkomsten die, op maandbasis gezien, werden verkregen voor de open waterverdamping en de potentiële evapotranspiratie, staan vermeld in Tabel 1. In de navolgende paragrafen wordt hierop een toelichting gegeven. Daarbij wordt ook stil gestaan bij de verhouding tussen enerzijds de potentiële evapotranspiratie en anderzijds de open waterverdamping, oftewel de gewasfactor.

Tabel 1. Maandelijks waarden van de open waterverdamping en de potentiële evapotranspiratie voor Heino, corresponderend met de meteorologische omstandigheden. (Neerslag en windsnelheid respectievelijk afkomstig van de KNMI-stations te Heino en Diepenveen en de overige gegevens: temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en relatieve zonschijnduur zijn afkomstig van het KNMI-station Dedemsvaart)

Periode	Open waterverdamping (mm)		Potentiele evapotranspiratie
	Eo (MOW)	Eo (SYN) *	Ep (Monteith/Rijtema) * met interceptie
januari	2	6	6
februari	8	13	11
maart	32	36	30
april	72	67	49
mei	99	100	74
juni	106	103	77
juli	121	117	90
augustus	88	93	72
september	54	60	45
oktober	20	26	21
november	7	13	17
december	0	6	10
groeiseizoen totaal	530	540	407

\* Voor de berekening van Eo(SYN) en Ep wordt de gemeten globale straling gebruikt afkomstig van het KNMI-station te Eelde.

#### 4.2 Open Waterverdamping.

Uit Tabel 1 blijkt dat de twee toegepaste methoden voor de berekening van de open waterverdamping slechts weinig verschillen opleveren voor het groeiseizoen (april tot en met september). Dit kleine verschil tussen  $E_o$  (MOW) en  $E_o$ (SYN) wordt veroorzaakt door de verschilpunten drie en vier reeds eerder genoemd.

#### 4.3 Gewasfactor

De verhouding tussen de potentiële evapotranspiratie  $E_p$  van een gewas en de open waterverdamping  $E_o$  wordt ook wel gewasfactor  $f$  genoemd,  $f = E_p/E_o$ . In Tabel 2 is vermeld welke waarden voor de gewasfactor  $f$  zijn afgeleid uit de in Tabel 1 opgenomen gegevens.

Tabel 2. Waarden voor de gewasfactor  $f$  ( $=E_p/E_o$ ), verkregen voor gras van 10 cm hoogte in het jaar 1982. Afgeleid uit de in Tabel 1 vermelde waarden voor  $E_p$  en  $E_o$ .

Periode	Berekening potentiële evapotranspiratie ( $E_p$ )	
	f-MOW waarden	f-SYN waarden
april	0.79	0.74
mei	0.75	0.74
juni	0.73	0.75
juli	0.75	0.77
augustus	0.82	0.78
september	0.85	0.77
gemiddelde	0.78	0.76

Uit Tabel 2 blijkt dat de gemiddelde f-MOW en f-SYN waarden (respectievelijk 0.78 en 0.76) ca. 0.8 bedragen. Uit Tabel 2 is ook af te leiden dat de f-waarden voor augustus en september hoger liggen dan de rest van het groeiseizoen. Omdat de netto straling in het najaar afneemt, krijgt open waterverdamping ook een lagere waarde. De potentiële verdamping daarentegen kan vanwege de grotere ruwheid van het gewas nog betrekkelijk groot zijn. (THOM en OLIVER, 1977).

## 5 SAMENVATTING

In het kader van een proefveldonderzoek naar de relatie tussen het watergebruik en de groei van gras zijn diverse methoden bijeengebracht voor de berekening van de open waterverdamping (een tweetal KNMI-methoden) en de potentiële evapotranspiratie van gras volgens Monteith/Rijtema.

Deze methoden zijn verwerkt in het computerprogramma EVAPOT. De werkwijze van dit programma is toegelicht. Tot slot wordt een toepassing van dit programma beschreven, waarbij wordt uitgegaan van meteorologische gegevens voor het jaar 1982.

Uit de voorafgaande beschouwing kan de conclusie getrokken worden dat de f-waarde berekend voor het groeiseizoen dient te worden gesteld op ca. 0.8.

### Nawoord.

Eo- ( en Ep-waarden) voor het proefveld zijn in vergelijking met de Eo- waarden voor de omliggende KNMI-stations betrekkelijk laag vanwege de bijzondere lage windsnelheid op 2m+mv. Het proefterrein heeft namelijk een betrekkelijk beschutte ligging.

## 6 LITERATUUR

1. AD HOC GROEP VERDAMPING., Herziening van de berekening van de gewasverdamping in het hydrologisch model GELGAM. Dienst Waterbeheer Gelderland/Rijkswaterstaat Dienst Informatieverwerking [1984] 92 p.
2. BOHEEMEN, P.J.M. VAN en H. HUMBERT, Sprinkling of grasland. I. Layout of the experimental field. Nota ICW 1501 [1983] 17 p.
3. BOHEEMEN, P.J.M. VAN en H. HUMBERT, Sprinkling of grasland. II. Fundamentals of soil water flow at the experimental field. Nota ICW 1540 [1984] 50 p.
4. BOHEEMEN, P.J.M. VAN en H. HUMBERT, Sprinkling of grasland. III. Meteorologische omstandigheden op het proefveld (voorlopig verslag). Nota ICW 1676 (in druk) [1985].
5. BRUIN, H.A.R. DE. Een computerprogramma voor het berekenen van de inkomende straling aan de rand van de atmosfeer per dag door een horizontaal oppervlak. KNMI Verslagen V-294 [1977].
6. BRUIN, H.A.R. DE en W.N. LABLANS. Een test van een nieuwe berekeningswijze van de open waterverdamping volgens Penman ten behoeve van snelle voorlichting. KNMI Verslagen V-357 [1980].
7. GRAAF, M. DE. Beschouwing over de berekeningswijze die door het KNMI worden gehanteerd ter berekening van de open waterverdamping. Nota ICW 1410 [1983] 13 p.
8. KRAMER, C. Berekeningen van de gemiddelde grootte van de verdamping voor verschillende delen van Nederland volgens de methode van Penman. KNMI med. en Verh. 70 [1957].
9. MONTEITH, J.L. Evaporation and environment. Proc. Symp. Soc. Exp. Biol. [1965] 19:205-234.
10. RIJTEMA, P.E. An analysis of actual evapotranspiration, PUDOC, Wageningen. [1965].
11. THOM, A.S. en H.R. OLIVER. On Penman's equation for estimating regional evaporation. Quart. J. Roy. Met. Soc., [1977] 103:345-357.