

NN31545.1211

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
WageningenSEIZOEN- EN PIEKBEHOEFTE AAN KUNSTMATIGE WATERVOORZIENING
BIJ GRAS, AARDAPPELEN EN TUINBOUWGEWASSEN

ir. P.J.M. van Boheemen

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

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.



CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS

0000 0006 9282

130 108700.01

I N H O U D

	blz.
1. ALGEMEEN	1
2. INLEIDING	2
3. VARIATIES IN METEOROLOGISCHE OMSTANDIGHEDEN	4
3.1. Variaties in de potentiële evapotranspiratie	4
3.2. Variaties in de neerslag	10
3.3. Variaties in het neerslagtekort	14
4. SEIZOENBEHOEFTE AAN KUNSTMATIGE WATERVOORZIENING	20
4.1. Gras en aardappelen	20
4.2. Tuinbouwgewassen	25
4.2.1. Tuinbouwgewassen in de vollegrond	25
4.2.2. Tuinbouwgewassen onder glas	28
4.3. Optredende verliezen	30
5. PIEKBEHOEFTE AAN KUNSTMATIGE WATERVOORZIENING	34
5.1. Wijze van kunstmatige watertoediening	34
5.2. Gras en aardappelen	37
5.3. Tuinbouwgewassen	43
5.3.1. Tuinbouwgewassen in de vollegrond	43
5.3.2. Tuinbouwgewassen onder glas	43
SAMENVATTING	44
LITERATUUR	46
Bijlage I	48
Bijlage II	50

1. ALGEMEEN

In de loop van de zeventiger jaren is binnen de land- en tuinbouw de zorg voor de watervoorziening sterk toegenomen. Deze gang van zaken en met name de problemen, die zich in de zeer droge zomer van 1976 hebben voorgedaan bij de watervoorziening van de land- en tuinbouw, hebben er toe geleid dat de Minister van Landbouw en Visserij en die van Verkeer en Waterstaat de Tweede Kamer de toezegging hebben gedaan om een studiec commissie in te stellen. In deze commissie, de Studiec ommissie Waterbehoefte in de Land- en Tuinbouw (SWLT), is zitting genomen door vertegenwoordigers van de Landinrichtingsdienst, het ICW, de Rijkswaterstaat, het Interprovinciaal Overleg (IPO), de Unie van Waterschappen, het Landbouwschap en de Directie Bedrijfsstructurele Aangelegenheden van het Ministerie van Landbouw en Visserij.

De SWLT heeft tot taak gekregen om de behoefte vast te stellen aan kunstmatige watervoorziening, die de land- en tuinbouw in de verschillende regio's kent. In het bijzonder diende daarbij de aandacht te worden gericht op de ontwikkelingen, die zich voordoen met betrekking tot het gebruik van beregenings- en bevoeiingsinstallaties, en op de gevolgen van het eventueel doorzetten van deze ontwikkelingen. De commissie is in mei 1977 met haar werkzaamheden begonnen.

Van verschillende kanten zijn nota's opgesteld ten behoeve van het overleg binnen de SWLT. Deze nota's zullen later de grondslag vormen voor het eindrapport van de studiec ommissie. In dat kader is ook deze nota tot stand gekomen. De hoofdpunten uit deze nota zullen te zijner tijd worden samengevat en dan worden verwerkt in het eindrapport van de SWLT.

Voor de goede orde wordt opgemerkt, dat bij de opstelling van deze nota een aantal uitgangspunten is aangehouden, die tijdens het

overleg binnen de SWLT zijn geformuleerd.

2. INLEIDING

In Tabel 1 is een overzicht opgenomen van gewasgroepen, die in Nederland worden verbouwd. Tevens is vermeld welke oppervlakten door de onderscheiden gewasgroepen in beslag worden genomen.

Tabel 1. Verdeling van de oppervlakte cultuurgrond in Nederland over een aantal gewasgroepen volgens de CBS-landbouwteiling van mei 1977 (in ha gemeten maat en in procenten)

Akkerbouwgewassen		
granen	235 300 ha	11,4 %
aardappelen	170 300 ha	8,3 %
bieten en wortelen	132 500 ha	6,4 %
handelsgewassen en landbouwzaden	40 300 ha	2,0 %
peulvruchten	7 700 ha	0,4 %
groenvoeders en -bemesters	112 400 ha	5,4 %
	698 500 ha	33,9 %
Gras	1 239 000 ha	60,1 %
Tuinbouwgewassen		
in de vollegrond	110 000 ha	5,4 %
onder glas	8 000 ha	0,4 %
Braakland	4 800 ha	0,2 %
Totaal	2 060 300 ha	100,0 %

Voor de gewasgroepen, die momenteel op betrekkelijk grote schaal kunstmatig van water worden voorzien, wordt in deze nota aangegeven welke waarden de aanvullende waterbehoefte kan bereiken. Tot de zojuist bedoelde gewasgroepen worden gerekend: aardappelen, gras en de tuinbouwgewassen.

Regelmatig zal worden gesproken over de behoefte aan kunstmatige watervoorziening van een bepaald gewas, ook wel aangeduid met de aanvullende waterbehoefte van dat gewas. Hieronder wordt verstaan: het

verschil tussen enerzijds de potentiële evapotranspiratie (verdamping) van het betreffende gewas en anderzijds de som van de neerslag en het vochtleverend vermogen van de bodem. (In bepaalde gevallen moet dit verschil met toeslagen worden vermeerderd.)

De potentiële evapotranspiratie en de neerslag kennen betrekkelijk grote variaties naar regio en tijd en deze variaties kunnen leiden tot belangrijke verschillen in de aanvullende waterbehoefte. In hoofdstuk 3 zal dit nader worden toegelicht aan de hand van een reeks seizoenwaarden van de potentiële evapotranspiratie, de neerslag en het neerslagtekort (dit is het verschil tussen de waarden van de potentiële evapotranspiratie en de neerslag). Deze seizoenwaarden vormen een belangrijk deel van het cijfermateriaal, dat in hoofdstuk 4 is gebruikt bij de vaststelling van seizoenwaarden voor de aanvullende waterbehoefte. In hoofdstuk 5 wordt besproken welke pieken in de aanvullende waterbehoefte kunnen optreden tijdens het groeiseizoen.

Teneinde inzicht te verschaffen in de orde van grootte van de betrekkelijk hoge (respectievelijk lage) waarden, die de verschillende grootheden kunnen bereiken, zal steeds worden vermeld welke waarden in 10 van een reeks van 100 jaren kunnen worden bereikt of overschreden (respectievelijk onderschreden). Het gebruikte uitgangsmateriaal liet veelal niet toe om betrouwbaar geachte uitspraken te doen over waarden, die met een lagere frequentie dan 10 keer in de 100 jaar kunnen worden bereikt of overschreden (respectievelijk onderschreden). Om een vergelijking mogelijk te maken van de eerdergenoemde hoge (respectievelijk lage) waarden met minder extreme waarden zullen vaak ook waarden worden genoemd die in meer dan 10 van een reeks van 100 jaren kunnen worden bereikt of overschreden (respectievelijk onderschreden). De grootte van de overschrijdingskans, die de waarde van een bepaalde grootheid kenmerkt, zal steeds worden uitgedrukt in een waarde van P. Zo betekent $P = 20\%$: de waarde van de betreffende grootheid zal in 20 van een reeks van 100 jaren worden bereikt of overschreden. De aanduiding Q wordt gebruikt wanneer het een onderschrijdingskans in plaats van een overschrijdingskans betreft.

3. VARIATIES IN METEOROLOGISCHE OMSTANDIGHEDEN

Zoals in de Inleiding reeds is opgemerkt, treden er variaties op in de seizoenwaarden van de aanvullende waterbehoefte, welke het gevolg kunnen zijn van verschillen naar plaats en tijd van de potentiële evapotranspiratie en de neerslag. In dit hoofdstuk zal het laatstgenoemde verschijnsel nader worden toegelicht aan de hand van cijfermateriaal, dat betrekking heeft op de gewassen gras en aardappelen.

3.1. Variaties in de potentiële evapotranspiratie

Uit de resultaten van de berekeningen, die het KNMI heeft gemaakt van de open waterverdamping (KRAMER, 1957; VAN BOHEEMEN, 1977), kunnen waarden worden afgeleid voor de potentiële evapotranspiratie. Hierbij kan als volgt te werk worden gegaan:

$$E_p = f \cdot E_o$$

waarbij: E_p = potentiële evapotranspiratie in mm

f = gewasfactor

E_o = open waterverdamping in mm

Onder potentiële evapotranspiratie wordt verstaan de verdamping door een gewas (transpiratie), dat optimaal van water wordt voorzien, plus de verdamping vanaf de kale grond en vanaf eventueel nat geworden gewasoppervlakken (evaporatie).

Voor de gewassen gras en aardappelen zijn in Tabel 2 waarden opgenomen, die bij deze studie zijn aangehouden voor de gewasfactor f .

Tabel 2. Waarden van de gewasfactor f bij gras en aardappelen

	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September
Gras (10 cm)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Aardappelen	-	0,5	0,8	0,9	0,8	-

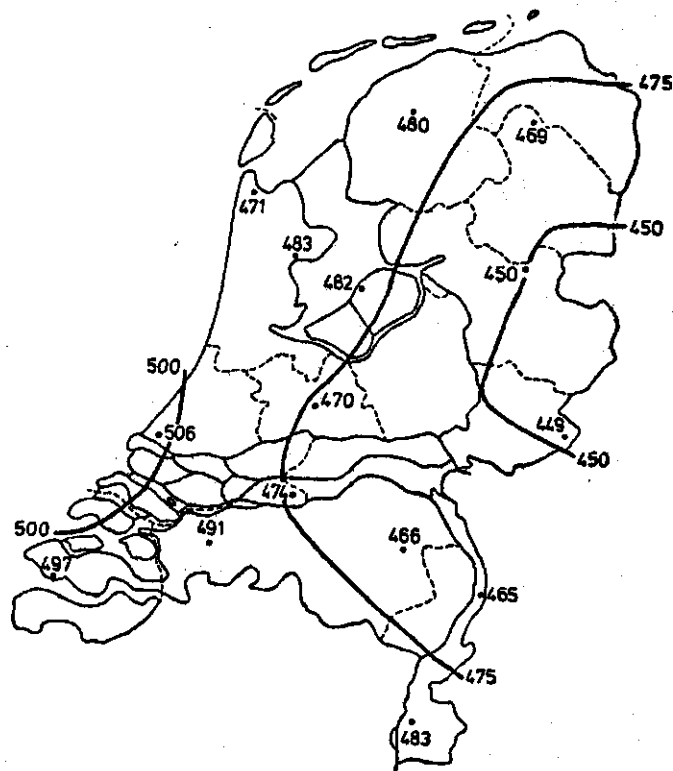


Fig. 1. Gemiddelde seizoenwaarde van de potentiële evapotranspiratie bij gras in de periode 1931 tot en met 1960 (in mm)

In Tabel 3 worden voor 15 plaatsen in Nederland gemiddelde maandwaarden gegeven voor de potentiële evapotranspiratie van gras en aardappelen. Deze gemiddelden zijn afgeleid uit gemiddelde maandwaarden van de open waterverdamping, welke het KNMI heeft berekend voor de periode 1931 tot en met 1960.

De gemiddelde seizoenwaarden van de potentiële evapotranspiratie zijn gesteld op de sommen van de gemiddelde maandwaarden. Voor gras zijn de aldus verkregen seizoenwaarden weergegeven in Fig. 1. Deze figuur toont dat er regionale verschillen voorkomen. Zo is in het zuidwesten van Nederland de gemiddelde potentiële evapotranspiratie van gras ongeveer 50 mm hoger dan in het oosten van Overijssel. Voor aardappelen is een gelijksoortig patroon vastgesteld. In het zuidwesten bedraagt bij dit gewas de gemiddelde seizoenwaarde van de potentiële evapotranspiratie ongeveer 350 mm, terwijl voor het oosten van Overijssel een gemiddelde van ongeveer 320 mm is berekend.

De regionale verschillen houden verband met de volgende omstandigheden (KNMI, 1972):

Tabel 3. Gemiddelde maand- en seizoenwaarden van de potentiële evapotranspiratie van gras en aardappelen in de periode 1931 tot en met 1960 (in mm)

Station	Gewas	Maandwaarde						Seizoenwaarde
		april	mei	juni	juli	aug.	sept.	
De Kooy	gras	58	83	100	97	82	51	471
	aard.	-	52	100	109	82	-	321
Leeuwarden	gras	62	87	102	98	79	52	483
	aard.	-	55	102	111	79	-	360
Eelde	gras	62	89	98	92	78	50	469
	aard.	-	56	98	104	78	-	336
Hoorn	gras	61	89	103	98	81	51	483
	aard.	-	56	103	110	81	-	360
Lelystad	gras	62	87	103	96	82	52	482
	aard.	-	54	103	108	82	-	347
Dedemsvaart	gras	58	86	96	90	74	46	450
	aard.	-	54	96	102	74	-	326
Naaldwijk	gras	65	90	106	102	86	57	506
	aard.	-	56	106	114	86	-	362
De Bilt	gras	62	87	101	94	77	49	470
	aard.	-	54	101	106	77	-	338
Winterswijk	gras	58	85	96	90	74	46	449
	aard.	-	53	96	101	74	-	324
Andel	gras	62	88	102	94	78	50	474
	aard.	-	55	102	106	78	-	341
Vlissingen	gras	62	90	104	99	85	57	497
	aard.	-	56	104	112	85	-	357
Oudembosch	gras	64	90	103	98	85	51	491
	aard.	-	56	103	110	85	-	354
Gemert	gras	62	86	99	94	77	48	466
	aard.	-	54	99	105	77	-	335
Venlo	gras	62	86	99	93	78	47	465
	aard.	-	54	99	104	78	-	335
Beek	gras	62	87	103	96	82	52	482
	aard.	-	54	103	108	82	-	347

- de windsnelheid neemt landinwaarts af;
- de temperatuur neemt gedurende de maanden april tot en met juli toe in de richting noord-zuid;
- in augustus en september ontstaat een verloop, waarbij de temperatuur landinwaarts afneemt;
- het aantal uren zonneshijn per dag en de relatieve vochtigheid nemen af in de richting noordwest-zuidoost.

Met name de eerstgenoemde twee factoren bepalen de gesignaleerde verschillen in de potentiële evapotranspiratie.

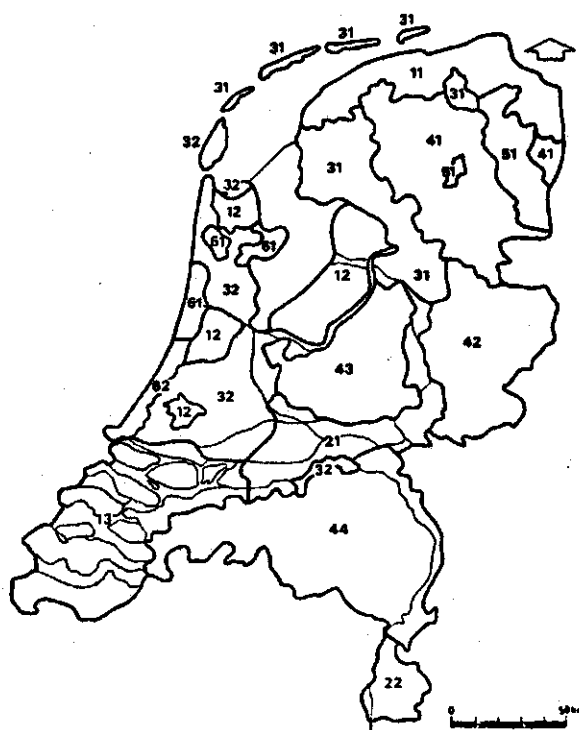
Naast regionale verschillen doen zich ook variaties in de tijd voor. Deze variaties komen duidelijk tot uiting in frequentieverdelingen, waarvan een aantal is opgenomen in Tabel 4. Enkele van deze verdelingen hebben betrekking op de stations Eelde (voorheen Groningen) en Vlissingen en zijn opgesteld met behulp van maandwaarden van de open waterverdamping, die het KNMI voor deze stations heeft berekend. In dezelfde tabel zijn ook frequentieverdelingen vermeld, die zijn afgeleid uit de resultaten van een onderzoek van DE BRUIN (1979). In het kader van dat onderzoek zijn namelijk frequentieverdelingen gemaakt van de seizoenwaarden van de open waterverdamping op de stations Den Helder (nu De Kooy), De Bilt, Winterswijk, Oudenbosch, Gemert en Avereest (nu Dedemsvaart).

Opgemerkt wordt dat de waarden van de potentiële evapotranspiratie, die in Tabel 4 voor $P = 50\%$ worden genoemd, redelijk overeenstemmen met de waarden die in Tabel 3 zijn opgenomen voor de gemiddelde seizoenwaarden in de periode 1931 tot en met 1960. De verschillen zijn kleiner dan 3% (circa 10 mm). De cijfers, die op het station Oudenbosch betrekking hebben, vormen in dit verband een uitzondering. Voorts wordt opgemerkt dat de gegevens, die betrekking hebben op de stations Den Helder en De Kooy, niet vergelijkbaar zijn in verband met grote verschillen tussen deze twee stations in de omgevingskenmerken.

Op basis van de genoemde frequentieverdelingen is geconcludeerd dat de seizoenwaarden van de potentiële evapotranspiratie, welke behoren bij $P = 10\%$, ongeveer 10% hoger zijn dan die, welke corresponderen met $P = 50\%$. In mm's uitgedrukt bedraagt het landelijk gemiddelde van het verschil bij gras ongeveer 40 mm en bij aardappelen ongeveer 35 mm.

Tabel 4. Frequentieverdelingen van seizoenwaarden van de potentiële evapotranspiratie van gras en aardappelen, alsmede enkele seizoenwaarden voor de jaren 1947, 1959 en 1976 (in mm)

Station	Vlissingen	Eelde	Den Helder	De Bilt	Winterswijk	Oudenbosch	Gemert	Avereest
Periode	1933 t/m 1976		1911 t/m 1975					
Gewas	gras	aard.	gras	aard.	gras			
Groei seizoen	1/4-1/10	1/5-1/9	1/4-1/10	1/5-1/9	1/4-1/10			
Overschrijdings- kans P	potentiële evapotranspiratie							
5 %	-	-	561	515	496	524	510	510
10 %	540	395	532	498	483	507	492	483
20 %	515	375	521	484	466	495	482	472
50 %	490	350	498	460	443	469	455	443
75 %	470	335	477	440	427	447	438	426
90 %	445	320	458	419	408	426	416	404
Jaren met een zeer hoge potentiële evapotranspiratie (mm)								
1947	591	429	-	-	-	-	-	-
1959	585	420	-	-	-	-	-	-
1976	584	442	-	-	-	-	-	-



- | | |
|--|-------------------------|
| 11 Noordelijk zeeleigebied | |
| 12 Hollandse droogmakerijen en IJsselmeerpolders | |
| 13 Zuidwestelijk zeeleigebied | |
| 21 Rivierkleigebied | |
| 22 Lössgebied | 43 Centraal zandgebied |
| 31 Noordelijk weidegebied | 44 Zuidelijk zandgebied |
| 32 Westelijk weidegebied | 51 Veenkoloniën |
| 41 Noordelijk zandgebied | 61 Overig Noord-Holland |
| 42 Oostelijk zandgebied | 62 Overig Zuid-Holland |

Fig. 2. Indeling van Nederland in groepen van landbouwgebieden (naar CBS)

Ter illustratie zijn in Tabel 4 ook nog enkele waarden vermeld die zijn berekend voor jaren met een zeer hoge potentiële evapotranspiratie.

Door het Centraal Bureau voor de Statistiek is Nederland ingedeeld in een aantal landbouwgebieden, die vervolgens tot groepen zijn samengevoegd (Fig. 2). Hierdoor zijn groepen van aan elkaar grenzende gemeenten verkregen, waarbinnen overeenkomsten in bedrijfsstructuur voorkomen. Gemeenten of kleine groepen hiervan, waarbinnen de bedrijfsstructuur anders is dan in de omliggende gebieden, zijn uit een oog-

punt van vereenvoudiging bij de omliggende grotere gebieden gevoegd. Bij studies van ontwikkelingen in het gebruik van beregenings- en bevoeiingsinstallaties, waarbij bedrijfsstructurele aspecten worden meegenomen, wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van deze indeling, aangegeven in Fig. 2 (REINDS en VAN HEMERT, 1978; SLOT, TON en VAN BOHEEMEN, 1978). Omdat bij de hierbij bedoelde studies ook behoefte bestaat aan enig inzicht in de optredende meteorologische omstandigheden, is een tabel opgesteld, waarin voor elke groep van landbouwgebieden seizoenwaarden zijn opgenomen voor de potentiële evapotranspiratie van gras en aardappelen, welke behoren bij $P = 50\%$ en $P = 10\%$ (Tabel 5). Deze waarden zijn geschat, uitgaande van het cijfermateriaal, dat eerder in deze paragraaf is gepresenteerd.

3.2. V a r i a t i e s i n d e n e e r s l a g

Het KNMI hanteert een indeling waarbij Nederland is opgesplitst in 15 districten (Fig. 3). Voor elk van deze districten zijn maandgemiddelden beschikbaar voor de hoeveelheid neerslag (KNMI). Deze zijn gebaseerd op neerslaggegevens over 1931 tot en met 1960. Door sommatie van die maandgemiddelden zijn gemiddelden vastgesteld voor de hoeveelheden neerslag, die tijdens de groeiseizoenen van gras (april tot en met september) en aardappelen (mei tot en met augustus) optreden (Tabel 6). De aldus verkregen waarden voor gras zijn verwerkt in Fig. 3. Uit deze figuur blijkt dat het zuidwesten van Nederland, het Waddengebied en het noorden van Limburg de geringste seizoenneerslag (355 mm) kennen. De hoogste seizoenneerslag (405 mm) komt voor in het oostelijk deel van Overijssel en in het zuiden van Limburg.

De genoemde regionale verschillen komen ongeveer op dezelfde wijze terug bij de waarden voor aardappelen. De geringste seizoenneerslag bedraagt in dit geval 240 mm en de hoogste 285 mm.

Wanneer de regionale verschillen in de neerslag worden vergeleken met de regionale verschillen in de potentiële evapotranspiratie, dan blijkt dat in de gebieden, die een betrekkelijk grote potentiële evapotranspiratie kennen, ook een relatief kleine neerslag voorkomt. Het zuidelijk deel van Limburg vormt hierop een uitzondering.

Tabel 5. Seizoenwaarden van de potentiële evapotranspiratie, de neerslag en het neerslagtekort bij gras en aardappelen (in mm), welke behoren bij overschrijdingskans P, respectievelijk onderschrijdingskans Q van 10 en 5 %

Groep van landbouwgebieden	Gras										Aardappelen									
	pot. evapotranspiratie P=50 %					neerslag Q=50 %					pot. evapotranspiratie P=10 %					neerslag Q=10 %				
	pot. evapotranspiratie P=50 %	neerslag Q=50 %	neerslagtekort P=50 %	pot. evapotranspiratie P=10 %	neerslag Q=10 %	neerslagtekort P=10 %	pot. evapotranspiratie P=50 %	neerslag Q=50 %	neerslagtekort P=50 %	pot. evapotranspiratie P=10 %	neerslag Q=10 %	neerslagtekort P=10 %	pot. evapotranspiratie P=50 %	neerslag Q=50 %	neerslagtekort P=50 %	pot. evapotranspiratie P=10 %	neerslag Q=10 %	neerslagtekort P=10 %		
Noordelijk zeekeige gebied	480	380	145	525	275	240	350	260	110	385	180	195								
Holl. droogmakerijen en IJsselmeerpolders	470	375	150	510	270	230	340	255	110	375	175	195								
Zuidwestelijk zeekeige gebied	480	355	160	525	245	270	350	240	120	385	160	210								
Rivierkeige gebied	455	395	130	495	290	200	330	275	100	365	195	180								
Lössgebied	475	400	130	520	295	215	345	280	100	380	200	180								
Noordelijk weidegebied	470	385	135	510	280	220	345	265	105	380	185	190								
Westelijk weidegebied	475	375	150	520	270	240	345	255	115	380	175	200								
Noordelijk zandgebied	460	400	125	500	295	200	330	275	95	365	195	175								
Oostelijk zandgebied	445	410	110	485	305	180	320	285	85	355	205	160								
Centraal zandgebied	445	410	120	495	305	190	330	285	90	365	205	170								
Zuidelijk zandgebied	460	360	145	500	255	235	330	255	105	365	175	190								
Veenkoloniën	455	400	120	495	295	195	330	280	90	365	200	170								
Overig Noord-Holland	485	365	160	530	260	255	345	245	120	380	165	205								
Overig Zuid-Holland	490	375	160	535	270	255	350	255	120	385	175	205								
Landelijk gemiddelde	460	385	135	505	280	215	340	265	105	375	185	185								

Tabel 6. Gemiddelde maand- en seizoenwaarden van de hoeveelheid neerslag in de periode 1931 tot en met 1960 (in mm)

District	Inliggend station	Maandwaarde					Seizoenwaarde		
		apr.	mei	juni	juli	aug.	sept.	apr. t/m sept.	mei t/m aug.
1	De Kooy	39	40	42	69	76	76	342	227
2	Leeuwarden	45	46	54	84	87	74	390	271
3	Eelde	46	52	55	87	87	69	396	281
4	Hoorn	42	44	48	72	83	83	372	247
5	Lelystad	42	46	50	83	88	72	381	267
6	Dedemsvaart	49	54	61	90	89	69	412	294
7	Naaldwijk	44	46	51	74	84	80	379	255
8	De Bilt	50	54	59	85	93	72	413	291
9	Winterswijk	48	52	61	86	83	66	396	282
10	Andel	47	51	54	77	82	64	375	264
11	Vlissingen	42	45	51	69	71	73	351	236
12	Oudenbosch	46	52	57	75	80	70	380	264
13	Gemert	45	51	56	72	76	63	363	255
14	Venlo	45	50	59	67	70	60	351	246
15	Beek	55	58	69	72	80	68	402	279

Tabel 7. Frequentieverdelingen voor seizoenwaarden van de neerslag, alsmede enkele seizoenwaarden voor de jaren 1959 en 1976 (in mm)

Station	District 11 (Vlissingen e.o.)		District 3 (Eelde e.o.)		Den Helder	De Bilt	Winterswijk	Oudenbosch	Gemert	Averceest							
	1931 t/m 1976	1911 t/m 1975															
Periode	1931 t/m 1976				1911 t/m 1975												
Seizoen	1/4-1/10	1/5-1/9	1/4-1/10	1/5-1/9	1/4-1/10	1/5-1/9	1/4-1/10	1/5-1/9	1/4-1/10	1/5-1/9	1/4-1/10	1/5-1/9					
Underschiidings- kans Q	neerslag																
5 x	-	-	-	-	145	113	248	158	227	171	235	176	178	116	234	163	
10 x	235	150	300	200	229	141	294	192	304	194	281	187	274	172	324	206	
20 x	310	180	320	230	274	162	330	215	336	233	336	219	313	218	359	235	
50 x	360	245	390	270	338	205	412	271	401	268	382	262	356	254	423	296	
75 x	415	290	445	330	382	255	456	343	460	329	422	312	417	300	469	339	
90 x	465	345	490	360	430	301	540	376	504	380	503	364	449	349	517	372	
Jaren met een zeer lage neerslagson (mm)																	
1959	202	85	191	138	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1976	188	130	216	153	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

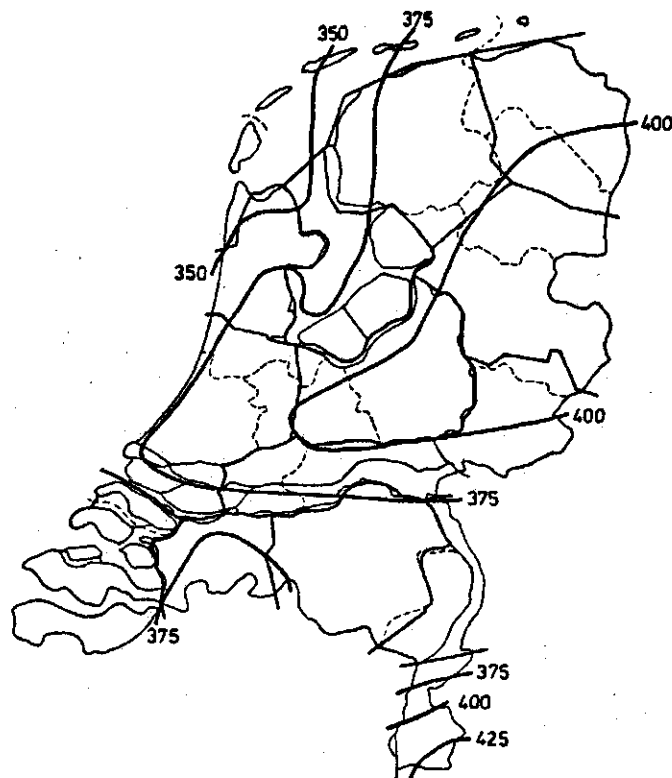


Fig. 3. Gemiddelde waarde van de neerslag tijdens het groeiseizoen van gras in de periode 1931 tot en met 1960 (in mm)

Om een indruk te krijgen van de variaties in de tijd is een analyse gemaakt van een aantal frequentieverdelingen (Tabel 7). Hierbij zijn enkele verdelingen in beschouwing genomen, welke zijn opgesteld aan de hand van gegevens over de hoeveelheden neerslag in de districten, waarbinnen de stations Vlissingen en Eelde voorkomen. Daarnaast zijn ook enkele verdelingen meegenomen, die door DE BRUIN (1979) zijn opgesteld op basis van de resultaten van neerslagmetingen op de stations Den Helder (nu De Kooy), De Bilt, Winterswijk, Oudenbosch, Gemert en Avereest (nu Dedemsvaart).

Vastgesteld is dat de seizoenwaarden, welke volgens Tabel 7 behoren bij een onderschrijdingskans $Q = 50\%$, passen bij de seizoengemiddelden welke voor de diverse districten zijn genoemd in Tabel 6. Hierbij wordt opgemerkt dat enkele stations, die in Tabel 6 worden genoemd, een excentrische ligging hebben binnen de betreffende districten en in verband hiermede niet representatief mogen worden gesteld voor die districten.

Uit de frequentieverdelingen is afgeleid dat de seizoenwaarden, behorende bij een onderschrijdingskans $Q = 10\%$, ongeveer 30% lager zijn dan die behorende bij $Q = 50\%$. Wanneer het seizoen april tot en met september wordt bekeken, dan is het verschil ongeveer 105 mm. Voor het seizoen mei tot en met augustus bedraagt het verschil ongeveer 80 mm.

Om een indruk te geven van de seizoenwaarden, die zijn bepaald voor zomers met zeer weinig regen, zijn in Tabel 7 ook enkele waarden opgenomen voor de jaren 1959 en 1976.

Op grond van het besproken cijfermateriaal zijn voor elke groep van landbouwgebieden seizoenwaarden vastgesteld, behorend bij $Q = 50\%$ en $Q = 10\%$. Voor het verkregen resultaat wordt verwezen naar Tabel 5.

3.3. V a r i a t i e s i n h e t n e e r s l a g t e k o r t

Zoals reeds eerder is aangegeven wordt onder het neerslagtekort verstaan: het verschil tussen de potentiële evapotranspiratie en de neerslag. In Tabel 8 zijn voor een vijftiental plaatsen in Nederland gemiddelde maandwaarden opgenomen voor het neerslagtekort bij gras en aardappelen. Bij de opstelling van dit overzicht is uitgegaan van de gemiddelde maandwaarden van de potentiële evapotranspiratie, die voor de betreffende plaatsen in Tabel 3 zijn vermeld, en van de gemiddelde maandwaarden van de neerslag, die in Tabel 6 zijn opgenomen voor de districten waarbinnen de eerderbedoelde plaatsen zijn gelegen. In de laatste kolom van Tabel 8 zijn waarden vermeld, die kunnen worden gezien als benaderingen voor de gemiddelde seizoenwaarde van het neerslagtekort. Elke van deze waarden is verkregen door bepaling van het maximum, die de som van gemiddelde maandwaarden behorende bij een aaneengesloten reeks van maanden bereikt. Ter illustratie zijn in Tabel 9 voor De Bilt alle mogelijke reeksen genoemd met de daarbij behorende sommen van gemiddelde maandwaarden van het neerslagtekort bij gras. Zoals uit deze tabel is af te lezen, levert de beschreven benadering tot een waarde van 96 mm voor het seizoengemiddelde van het neerslagtekort bij gras.

Tabel 8. Gemiddelde maand- en seizoenwaarden van het neerslagtekort bij gras en aardappelen, gebaseerd op gemiddelde maandwaarden van de potentiële evapotranspiratie en de neerslag in de periode 1931 tot en met 1966 (in mm)

Station	District	Gewas	Maandwaarde						Seizoenwaarde
			apr.	mei	juni	juli	aug.	sept.	
De Kooy	1	gras	19	43	58	28	6	-25	154
		aard.	-	12	58	40	6	-	116
Leeuwarden	2	gras	17	41	48	14	- 8	-22	120
		aard.	-	9	48	27	- 8	-	84
Eelde	3	gras	16	37	43	5	- 9	-19	101
		aard.	-	4	43	17	- 9	-	64
Hoorn	4	gras	19	45	55	26	- 2	-32	145
		aard.	-	12	55	38	- 2	-	105
Lelystad	5	gras	20	41	53	13	- 6	-20	127
		aard.	-	8	53	25	- 6	-	86
Dedemsvaart	6	gras	9	32	35	0	-15	-23	76
		aard.	-	0	35	12	-15	-	47
Naaldwijk	7	gras	21	44	55	28	2	-23	150
		aard.	-	10	55	40	2	-	107
De Bilt	8	gras	12	33	42	9	-16	-23	96
		aard.	-	0	42	-21	-16	-	63
Winterswijk	9	gras	10	33	35	4	- 9	-20	82
		aard.	-	1	35	15	- 9	-	51
Andel	10	gras	15	37	48	17	- 4	-14	117
		aard.	-	4	48	29	- 4	-	81
Vlissingen	11	gras	20	45	53	30	14	-16	162
		aard.	-	11	53	43	14	-	121
Oudenbosch	12	gras	18	38	46	23	5	-19	130
		aard.	-	4	46	35	5	-	90
Gemert	13	gras	17	35	43	22	1	-15	118
		aard.	-	3	43	33	1	-	80
Venlo	14	gras	17	36	40	26	8	-13	127
		aard.	-	4	40	37	8	-	89
Beek	15	gras	7	31	34	24	2	-16	98
		aard.	-	- 4	34	36	2	-	72

Tabel 9. Waarden van de sommen van gemiddelde maandwaarden van het neerslagtekort van gras in De Bilt, behorende bij diverse aaneengesloten reeksen van maanden

april	12 mm	juni	42 mm
april - mei	45 mm	juni - juli	51 mm
april - juni	87 mm	juni - augustus	35 mm
<u>april - juli</u>	<u>96 mm</u>	juni - september	12 mm
april - augustus	80 mm		
april - september	57 mm	juli	9 mm
		juli - augustus	- 7 mm
		juli - september	-30 mm
mei	33 mm		
mei - juni	75 mm	augustus	-16 mm
mei - juli	84 mm	augustus - september	-49 mm
mei - augustus	68 mm		
mei - september	45 mm	september	-23 mm

Bovenstaand is uitgegaan van gemiddelde maandwaarden. Er had echter ook kunnen worden uitgegaan van gemiddelde decadewaarden. In dat geval hadden de maxima kunnen worden bepaald, die de sommen van gemiddelde decadewaarden, behorende bij aaneengesloten reeksen van decaden, bereiken. Dit zou hebben geleid tot hogere gemiddelden voor de seizoenwaarde van het neerslagtekort. Immers, op diverse plaatsen is in verschillende decaden, die aan het begin van april en het einde van augustus voorkomen, het gemiddelde van het neerslagtekort negatief, terwijl voor de maanden waarvan deze decaden deel uitmaken het gemiddelde van het neerslagtekort positief is.

Voorts wordt opgemerkt dat het begin en het einde van de periode met de grootste som van gemiddelde (maand- of) decadewaarden geen vast gegeven is voor een bepaalde plaats, maar van jaar tot jaar varieert. Voor een bepaald station kan bijvoorbeeld voor elk jaar, dat deel uitmaakt van een zeker tijdvak, het maximum worden bepaald, die de som van decadewaarden van het neerslagtekort (behorende bij een aaneengesloten reeks van decaden) bereikt. Van de aldus verkregen maxima kan

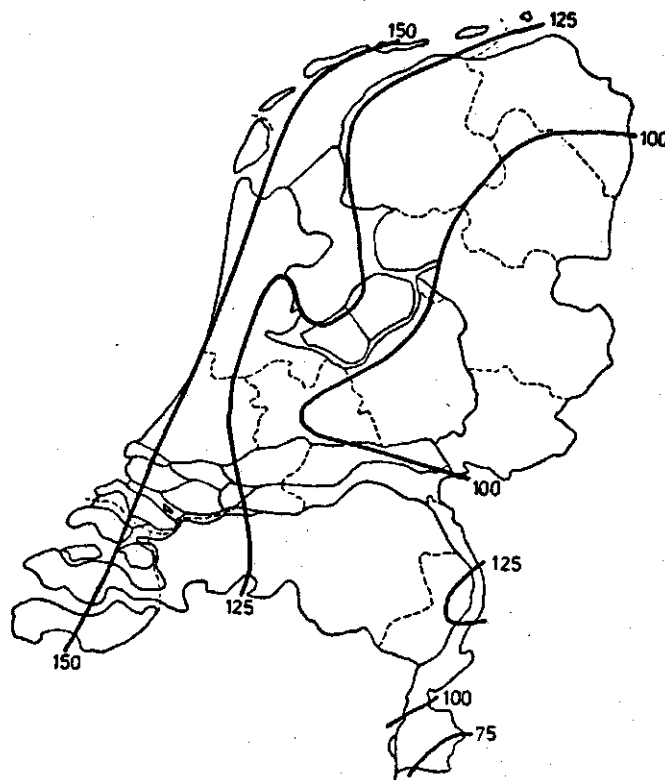


Fig. 4. Gemiddelde seizoenwaarde van het neerslagtekort bij gras, gebaseerd op gemiddelde maandwaarden van de potentiële evapotranspiratie en de neerslag in de periode 1931 tot en met 1960 (in mm)

vervolgens het gemiddelde worden bepaald. In feite is dit gemiddelde voor het betreffende station een betere benadering voor de gemiddelde seizoenwaarde van het neerslagtekort dan de uitkomst, die wordt verkregen bij het volgen van de werkwijze, die aan het begin van deze paragraaf is beschreven.

Ondanks de aangegeven beperkingen van de werkwijze, die ten grondslag ligt aan de in Tabel 8 vermelde seizoenwaarden, vormen deze waarden een goede indicatie voor de seizoengemiddelden van het neerslagtekort.

De seizoengemiddelden, die voor gras zijn vastgesteld, zijn verwerkt in Fig. 4. Uit deze figuur komt naar voren, dat in het zuidwesten het grootste neerslagtekort optreedt en in het oosten van Overijssel het kleinste. Bij aardappelen komen vergelijkbare verschillen voor in de seizoengemiddelden voor het neerslagtekort.

De maanden, waarin onder gemiddelde omstandigheden overal in Nederland het neerslagtekort een positieve waarde heeft, zijn april, mei, juni en juli (Tabel 8). In het zuiden en in het westen is dit ook in augustus het geval.

Tabel 10. Frequentieverdelingen voor seizoenwaarden van het neerslagtekort, alsmede enkele seizoenwaarden voor de jaren 1947, 1959 en 1976 (in mm)

Station	Vlissingen e.o.		Zelde e.o.		Den Helder	De Bilt	Winteravijk	Oudenbosch	Gemert	Avereent
	1933 t/m 1976				1911 t/m 1975					
Periode	gras	aardappelen	gras	aardappelen	gras	gras	gras	gras	gras	gras
Gewaas	gras	aardappelen	gras	aardappelen	gras	gras	gras	gras	gras	gras
Overbeschrijdingskans P	Neerslagtekort									
5 %	-	-	-	-	358	274	288	291	314	233
10 %	285	220	215	175	290	200	175	241	250	167
20 %	240	190	190	135	245	155	136	173	159	134
50 %	170	130	130	95	180	96	74	113	110	71
75 %	140	80	95	55	132	58	42	74	70	53
90 %	80	50	50	40	87	24	31	47	52	13
Jaren met een zeer groot neerslagtekort										
1947	378	293	282	214	-	-	-	-	-	-
1959	386	290	311	182	-	-	-	-	-	-
1976	438	357	306	230	-	-	-	-	-	-

In Tabel 10 zijn frequentieverdelingen voor het neerslagtekort opgenomen. Twee hiervan zijn opgesteld voor de omgeving van de stations Eelde en Vlissingen. Daarbij is uitgegaan van decadecijfers voor de neerslag in de twee districten, waarin de genoemde stations zijn gelegen. Voorts is uitgegaan van maandwaarden voor de open waterverdamping, die door het KNMI zijn berekend. Aan de hand van deze maandwaarden zijn berekeningen gemaakt van corresponderende maandwaarden van de potentiële evapotranspiratie bij gras en aardappelen. De laatstgenoemde maandwaarden zijn vervolgens in gelijke delen over de drie decaden van de betreffende maanden verdeeld. De aldus verkregen decadewaarden en de eerdergenoemde decadewaarden voor de neerslag zijn daarna gecombineerd tot decadewaarden voor het neerslagtekort. Uitgaande van de uitkomsten, die hierbij zijn verkregen, zijn voor de geanalyseerde jaren seizoenwaarden vastgesteld voor het neerslagtekort, die vervolgens het uitgangsmateriaal hebben gevormd voor de opgestelde frequentie-

verdelingen. (De seizoenwaarden van het neerslagtekort zijn gesteld op de maxima, die de sommen van decadewaarden van het neerslagtekort, behorende bij aaneengesloten reeksen van decaden, in de onderscheiden jaren bereikten.)

In Tabel 9 zijn ook frequentieverdelingen opgenomen, welke zijn afgeleid uit de frequentieverdelingen van DE BRUIN (1979), welke in Bijlage 1 zijn vermeld. De verdelingen van De Bruin zijn echter op een andere wijze vastgesteld dan die, welke hier voor de omgeving van Vlissingen en Eelde zijn bepaald. Een van de verschillen is, dat De Bruin heeft gewerkt met gegevens over de neerslag op het betreffende station (en dus niet met districtsgemiddelden). Een ander verschil is, dat De Bruin is uitgegaan van maandwaarden van het neerslagtekort en niet van decadewaarden (of benaderingen hiervoor). Voorts wordt opgemerkt, dat De Bruin steeds heeft gekeken naar de sommen van maandwaarden van het neerslagtekort, behorende bij aaneengesloten reeksen van maanden, waarvan één bepaalde maand steeds de eerste vormde. Zo zijn bijvoorbeeld de waarden, die voor $P = 10\%$ zijn overgenomen van De Bruin, gebaseerd op reeksen die alle de maand april als start kennen. Door steeds de maand april als begin van de reeksen te kiezen, zijn voor $P = 10\%$ lagere maxima vastgesteld dan die, welke zouden zijn verkregen wanneer dit uitgangspunt niet zou zijn aangehouden. Immers, in enkele droge jaren heeft het neerslagtekort in de maand april een negatieve waarde.

De genoemde verschillen, en met name de laatste, zijn er de oorzaak van dat de werkwijze van De Bruin voor de seizoenwaarden van het neerslagtekort, behorende bij overschrijdingskansen van 50% en hoger, lager zijn dan die welke zouden zijn verkregen bij het volgen van de eerder beschreven werkwijze.

In het kader van deze studie wordt uiteindelijk de aandacht gericht op de seizoenbehoefte aan kunstmatige watervoorziening. In verband hiermede wordt voortgebouwd op de frequentieverdelingen die de door ons gevolgde methode heeft opgeleverd. Deze verdelingen geven namelijk aan welke waarden het neerslagtekort kan bereiken in relatief droge perioden zonder rekening te houden met het feit, dat er mogelijk eerst een relatief natte periode aan is voorafgegaan.

Aan de hand van de frequentieverdelingen voor Vlissingen en om-

geving en Eelde en omgeving is afgeleid dat, landelijk gezien, de seizoenwaarden voor $P = 10\%$ ongeveer 80 mm hoger zijn dan de seizoenwaarden, die corresponderen met $P = 50\%$.

Uitgaande van het besproken cijfermateriaal is Tabel 5 aangevuld met schattingen voor de seizoenwaarden van het neerslagtekort in de verschillende landbouwgebieden, die zijn weergegeven in Fig. 2.

Tenslotte moeten nog twee kanttekeningen worden geplaatst. De eerste heeft betrekking op de verschillen tussen enerzijds de gemiddelde seizoenwaarden van het neerslagtekort te Vlissingen e.o. en Eelde e.o., die in Tabel 8 zijn vermeld, en anderzijds de seizoenwaarden, die voor deze locaties zijn opgenomen in Tabel 10 voor $P = 50\%$. Voor een verklaring van deze verschillen wordt verwezen naar het begin van deze paragraaf, waar de beperkingen zijn opgegeven die gelden voor de vaststelling van de eerstgenoemde waarden.

Als tweede kanttekening wordt opgemerkt dat de frequentieverdelingen, welke betrekking hebben op de seizoenwaarden van de neerslag en de potentiële evapotranspiratie, in verband zijn gebracht met de frequentieverdelingen voor de seizoenwaarden van het neerslagtekort. Dit heeft tot de conclusie geleid dat een hoge seizoenwaarde van de potentiële evapotranspiratie veelal niet vergezeld gaat met een lage seizoenwaarde van de neerslag, behalve in jaren met een zeer hoog neerslagtekort (seizoenwaarde behorende bij $P = 10\%$ of lager).

4. SEIZOENBEHOEFTE AAN KUNSTMATIGE WATERVOORZIENING

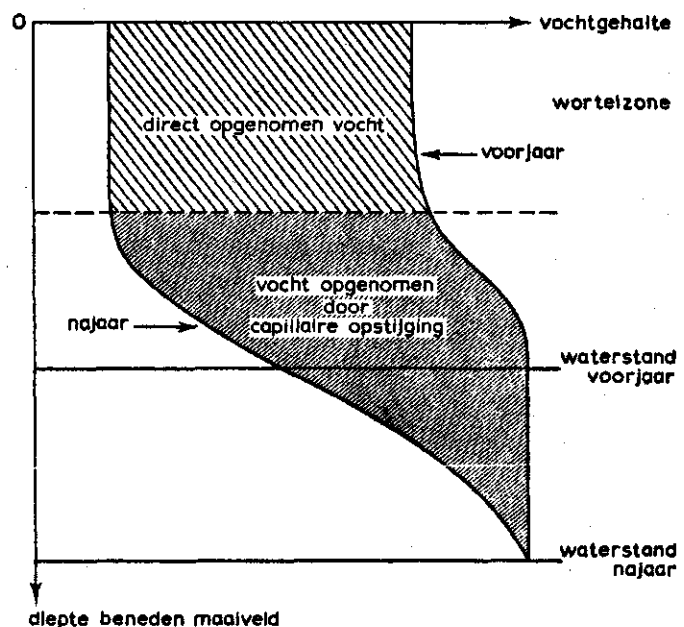
De gewassen, die op betrekkelijk grote schaal kunstmatig van water worden voorzien, zijn gras, aardappelen en een groot deel van de tuinbouwgewassen. In dit hoofdstuk zal voor deze gewassen worden aangegeven welke seizoenwaarden de aanvullende waterbehoefte kan bereiken.

4.1. G r a s e n a a r d a p p e l e n

De behoefte aan kunstmatige watervoorziening hangt onder meer samen met de vochtleverantie door de bodem. Deze vochtleverantie komt als volgt tot stand.

Tijdens de wintermaanden is de neerslag groter dan de potentiële evapotranspiratie. Het overschot aan neerslag komt in de regel via het ontwateringssysteem tot afvoer. In het voorjaar zal dit afvoerproces worden afgebouwd en tenslotte zal, wanneer het grondwaterpeil het lokale ontwateringsniveau heeft bereikt, de afstroming van grondwater geheel stoppen. Is er echter sprake van een afstroming naar verder gelegen, diepere ontwateringsmiddelen, dan zal het afvoerproces zich, zij het in lager tempo, voortzetten. Er kan ook een voortdurende ondergrondse toestroming aanwezig zijn, die ervoor zorgt dat het grondwaterpeil boven het lokale ontwateringsniveau blijft. Het eerstgenoemde verschijnsel wordt vaak aangetroffen op hoge zandruggen tussen twee beekdalen. Het laatstgenoemde verschijnsel treedt op in vele beekdalen en polders.

Fig. 5. Schematische weergave van de uitdroging van de bodem als gevolg van vochtopname door het gewas tijdens een droog zomerseizoen



Bij afwezigheid van een ondergrondse toe- of afvoer zal veelal in de eerste helft van april de grondwaterstand overeenkomen met het lokale ontwateringsniveau. In de evenwichtssituatie die zich dan voordoet, bevindt zich in de onverzadigde zone boven het grondwaterniveau een zekere hoeveelheid vocht (Fig. 5), die wordt vastgehouden door capillaire krachten. Vindt er nu in de bovengrond een onttrekking plaats als gevolg van vochtopname door een gewas, dan zal een toestroming van water uit dieper gelegen lagen optreden. De intensiteit van deze capillaire opstijging en de daarmee gepaard gaande daling van de

grondwaterstand worden echter geringer naarmate de grondwaterstand dieper wordt. Dit heeft tot gevolg dat tijdens een droog seizoen bij een voortdurende onttrekking van vocht aan de bovengrond uiteindelijk de toestroming vanuit de ondergrond zal stoppen.

Na een droog zomerseizoen zal de wortelzone voor een belangrijk deel zijn uitgedroogd. Beneden de wortelzone wordt dan, net als in het voorjaar, een vochtgehalte aangetroffen dat vanaf de onderkant van de wortelzone geleidelijk toeneemt tot verzadiging ter hoogte van het optredende grondwaterstandsniveau. De hoeveelheid bodemvocht die het verschil in vochtinhoud vormt tussen de profielen in de voorjaars- en de najaarssituatie (Fig. 5), is door de bodem in de loop van het seizoen beschikbaar gesteld voor opname door het gewas.

Wanneer er toe- en afstroming van grondwater optreedt, zal de grondwaterstand langzamer respectievelijk sneller dalen. Bij het optreden van toestroming levert de bodem buiten het genoemde verschil in vochtinhoud tussen de voorjaars- en najaarssituatie een extra hoeveelheid die gelijk is aan de toegestroomde hoeveelheid. Doet zich een afstromingsproces voor, dan vormt de afgestroomde hoeveelheid een aftrekpost.

De factoren, die de grootte van de bodemvochtleverantie bepalen, zijn:

- vocht karakteristiek (of pF-curve) van de grond. Een vocht karakteristiek geeft het verband weer tussen het vochtgehalte van de grond en de vochtspanning (onderdruk van het bodemvocht);
- dikte van de wortelzone. Hier wordt de zone bedoeld, waarbinnen het wortelstelsel en de vochtonttrekking door het gewas is geconcentreerd. Voor gras kan de dikte van de wortelzone op 30 cm en voor aardappelen op 40 cm gesteld worden;
- voorjaarsgrondwaterstand;
- capillair geleidingsvermogen van de ondergrond. Hier wordt het verband bedoeld tussen de onverzadigde doorlatendheid van de ondergrond en de optredende vochtspanning;
- eventueel optreden van toe- en afstromingsprocessen;

- gevoeligheid van het gewas voor hoge vochtspanningen. Bij veel gewassen, waaronder gras en aardappelen, wordt de vochtopname bemoeilijkt, wanneer in de wortelzone een hogere vochtspanning optreedt dan $pF_{2,7}$ (≈ 50 kPa)*. De mogelijkheden tot vochtopname kunnen dan achterblijven bij de behoefte. Bereikt de vochtspanning $pF_{4.2}$ (≈ 1600 kPa), dan is de vochtopname in de regel tot nul gereduceerd;
- seizoenwaarde van het neerslagtekort. Naarmate het neerslagtekort groter is, zal de bodemvochtvoorraad sterker worden aangesproken (totdat als gevolg hiervan de vochtspanning oploopt tot waarden, die een grotere vochtopname door het gewas onmogelijk maken);
- lengte van de droge periode. Wanneer een droge periode langer duurt, kan vaak meer profijt worden getrokken van het vocht dat in de ondergrond voorradig is of ondergronds toestroomt. Opgemerkt wordt dat een periode met een neerslagtekort, dat correspondeert met een overschrijdingskans van 50% respectievelijk 10%, ongeveer 100 respectievelijk 150 dagen duurt.

De grondwaterstand, die uiteindelijk in het najaar wordt gerealiseerd, vormt de resultante van de zojuist opgesomde factoren.

Geschat is in welke mate tijdens een droge periode door gras en aardappelen gebruik wordt gemaakt van de hoeveelheid vocht, die aan het begin van een dergelijke periode beschikbaar is in de bodem of tijdens die periode ondergronds toestroomt. Hierbij wordt het volgende aangetekend. In diverse gebieden wordt oppervlaktewater van elders aangevoerd. Dit water kan in bepaalde situaties het grondwater aanvullen (infiltratie) en zodoende bijdragen in de vochtvoorziening van de gewassen. Op de waarden, die zoals eerder gesteld voor de bodemvochtonttrekkingen zijn vastgesteld, zijn de bijdragen van het extern aangevoerde water steeds in mindering gebracht.

De vastgestelde schattingsuitkomsten hebben betrekking op perioden, waarin het neerslagtekort waarden bereikt, die corresponderen

*In het internationale stelsel van eenheden (ISU) wordt de druk weergegeven in Pa (Pascals) in plaats van in de tot nu toe vaak gebruikte eenheid atmosfeer. 1 at komt overeen met ongeveer 100 kPa (kilo Pascal)

Tabel 11. Seizoenwaarden voor het neerslagtekort, de bodemvochtleverantie en het bodemvochttekort bij gras en aardappelen in de diverse groepen van landbouwgebieden, die behoren bij overschrijdingskansen P van 50 en 10% (in mm)

	Gras						Aardappelen					
	P = 50 %			P = 10 %			P = 50 %			P = 10 %		
	neerslagtekort	bodemvochtlev.	vochttekort	neerslagtekort	bodemvochtlev.	vochttekort	neerslagtekort	bodemvochtlev.	vochttekort	neerslagtekort	bodemvochtlev.	vochttekort
Noordelijk Zeekleigebied	145	100	45	240	115	125	110	110	0	195	150	45
Holl. droogmak. en IJsselmeerp.	150	110	40	230	125	105	110	110	0	195	165	30
Zuidwestelijk Zeekleigebied	160	100	60	270	115	155	120	120	0	210	150	60
Rivierkleigebied	130	85	45	200	95	105	100	100	0	180	150	30
Lössgebied	130	85	45	215	100	115	100	100	0	180	120	60
Noordelijk Weidegebied	115	130	5	220	150	70	105	105	0	190	150	40
Westelijk Weidegebied	150	130	20	240	150	90	115	115	0	200	150	50
Noordelijk Zandgebied	125	80	40	200	90	110	95	95	0	175	115	60
Oostelijk Zandgebied	110	80	30	180	90	90	85	85	0	160	115	55
Centraal Zandgebied	120	75	45	190	85	105	90	90	0	170	110	60
Zuidelijk Zandgebied	145	75	70	235	85	150	105	90	15	190	110	80
Veenkoloniën	120	100	20	195	120	75	90	90	0	170	140	30
Overig Noord-Holland	160	-	-	255	-	-	120	-	-	205	-	-
Overig Zuid-Holland	160	-	-	255	-	-	120	-	-	205	-	-
Landelijk gemiddelde	135	95	40	215	110	105	105	105	0	185	140	45

met overschrijdingskansen van 50 en 10%. Zoals uit Tabel 11 is af te lezen zijn voor elke groep van landbouwgebieden schattingen gedaan. Daarbij is uitgegaan van bodemkundige en hydrologische omstandigheden, die representatief worden geacht voor deze gebieden. Hierbij is ervan uitgegaan dat gebreken, die momenteel in de profielopbouw voorkomen, voor zover mogelijk door grondverbetering worden opgelost. In Tabel 11 zijn ook de verschillen vermeld tussen de corresponderende waarden voor het neerslagtekort en de bodemvochtleverantie. Deze verschillen kunnen worden gezien als benaderingen voor de tekorten aan bodemvocht in situaties, waarbij geen kunstmatige watervoorziening wordt toegepast. De hoogste waarden voor het bodemvochttekort zijn vastgesteld voor het Zuidelijk zandgebied.

Opgemerkt wordt dat het voorgaande alleen correct is gesteld, wanneer alle neerslag, die tijdens een droge periode valt, geborgen kan worden in de bodem en beschikbaar blijft voor opname door het gewas. Aan het eind van dit hoofdstuk wordt op dit aspect nader ingegaan.

Bij een onvoldoende beschikbaarheid van opneembaar vocht kan de vochtspanning in de wortelzone oplopen tot boven pF 2.7. Er treedt dan,

zoals reeds eerder is gesteld, bij diverse gewassen een reductie op in de opnamemogelijkheden. De werkelijk optredende evapotranspiratie zal dan veelal achterblijven bij de potentiële. Ook de gewasproductie, die in dat geval optreedt, zal lager zijn dan de potentiële. In verband hiermede moet ter voorkoming van opbrengstdepressies reeds tot aanvullende watervoorziening worden overgegaan op een moment waarbij nog niet de gehele beschikbare hoeveelheid bodemvocht is opgenomen. Dit betekent, dat meer vocht moet worden toegediend dan de in Tabel 11 vermelde waarden voor het bodemvochttekort. Dit extra water leidt echter niet tot een hoger waterverbruik, omdat het na afloop van de droge periode weer als overtollig bodemvocht (in de vorm van grond- of oppervlaktewater) beschikbaar komt. Ruwweg gesteld zal het hier bedoelde extra watergebruik overeenkomen met 40% van de waarden, die voor de bodemvochtlevrantie zijn vastgesteld. Wanneer de grootte van de aanvullende waterbehoefte in eerste instantie op nihil is uitgekomen, behoeft geen toeslag in rekening te worden gebracht.

Aan aardappelen worden ook watergiften toegediend ten behoeve van de schriftbestrijding en ter verbetering van de sortering en van de rooi-omstandigheden. Deze giften kunnen op de eerder genoemde posten in mindering worden gebracht, voor zover ze een bijdrage vormen in de verbetering van de vochtvoorziening van het gewas. Hetzelfde geldt voor de watergiften op grasland, die alleen bedoeld zijn om bemestingsgiften in de grond te regenen.

4.2. T u i n b o u w g e w a s s e n

In deze paragraaf is een onderscheid gemaakt tussen de vollegrondstuinbouw en de glastuinbouw. Onderstaand komen deze twee sectoren achtereenvolgens aan de orde.

4.2.1. Tuinbouwgewassen in de vollegrond

Vanwege het voorkomen van een groot aantal vollegrondstuinbouwgewassen, waarvan vele slechts een geringe oppervlakte beslaan, is overgegaan tot het groeperen van deze gewassen. Gekozen is voor de volgende 5 groepen:

- groep 1: groentegewassen (46 400 ha), tuinbouwzaden (2200 ha) en bloemkwekerijgewassen (1000 ha)
- groep 2: zaai-uien (13 100 ha)
- groep 3: fruitgewassen (29 000 ha)
- groep 4: boomkwekerijgewassen en vaste planten (5400 ha)
- groep 5: bloembollen (12 900 ha)

De vermelde oppervlaktegegevens zijn gebaseerd op de uitkomsten van de CBS-landbouwtelling van mei 1977. Voor een meer gedetailleerd overzicht, waarin de oppervlaktegegevens voor alle gewassen afzonderlijk zijn opgenomen, wordt verwezen naar Bijlage II.

Voor de verschillende gewasgroepen zijn waarden vastgesteld voor het neerslagtekort en de bodemvochtleverantie. Hierbij zijn de waarden, die dienaangaande voor gras en aardappelen zijn bepaald, als richtinggevend beschouwd. Vervolgens is voor de verschillende gewasgroepen een schatting gemaakt voor de optredende behoeften aan kunstmatige watervoorziening.

Groep 1 (groentegewassen c.s.)

Op percelen, waar gewassen uit groep 1 worden geteeld, is de gewasontwikkeling tijdens het zomerseizoen niet altijd zodanig dat de grond volledig is bedekt. Wordt er slechts één gewas per jaar geteeld, dan ligt de grond in de regel enige tijd braak en na de opkomst van het betreffende gewas is enige tijd geen volledige bodembedekking aanwezig. Op percelen, waar zeer intensief wordt geteeld en meerdere teelten per jaar voorkomen (dubbelteelten e.d.), ligt de grond slechts betrekkelijk korte tijd braak. Ook hier heeft men echter te maken met perioden met een onvolledige bodembedekking na zaaien of poten.

De potentiële evapotranspiratie en het neerslagtekort, die op de betrekkelijk extensief beteelde gronden optreden, komen ruwweg gesteld overeen met die welke voor aardappelen zijn bepaald. Met betrekking tot de dikte van de wortelzone en de gronden, waarop ze worden verbouwd, hebben de extensief geteelde groentegewassen veel overeenkomsten met aardappelen. In verband hiermede worden de waarden voor de aanvullende waterbehoeften, die voor aardappelen zijn vastgesteld, ook van toepassing geacht op de extensief geteelde groentegewassen (alsmede op de

tuinbouwzaden en de bloemkwekerijgewassen).

De intensief geteelde groentegewassen bezitten een grotere vochtgehoefte. Naast het genoemde verschil met betrekking tot het braak liggen speelt ook mee dat bij de intensief geteelde gewassen ter voorkoming van aanzienlijke opbrengstdepressies (hoog investeringsniveau) de bovengrond in droge perioden zeer frequent moet worden beregend, hetgeen leidt tot een grote potentiële evapotranspiratie. De vochtleverantie door de bodem aan de intensief geteelde groentegewassen is vanwege de betrekkelijk ondiep gaande beworteling en de grote gevoeligheid voor hoge vochtspanningen in de wortelzone enigszins kleiner dan die welke bij gras voorkomt. Gezien de genoemde factoren wordt de aanvullende waterbehoefte van de intensieve groenteteelt ongeveer gelijk geacht aan de waarden, die dienaangaande voor grasland zijn vastgesteld.

Opgemerkt wordt, dat het realiseren van een aanvullende watervoorziening niet alleen plaatsvindt met het oog op voorkomen van fysieke opbrengstreducties, maar ook met het oog op voorkomen van kwaliteitsverslechtering van het oogstbare produkt.

Groep 2 (zaai-uien)

De groeiperiode en het groeiverloop van zaai-uien zijn enigszins vergelijkbaar met die van aardappelen. De potentiële evapotranspiratie en het neerslagtekort, waarmee zaai-uien worden geconfronteerd, worden minder groot geacht dan die, welke bij aardappelen optreden. De bodemvochtleverantie, die zaai-uien kennen, is ook enigszins kleiner dan die bij aardappelen. Op grond van het voorgaande wordt gesteld dat de aanvullende waterbehoefte van zaai-uien overeenkomt met die van aardappelen.

Groep 3 (fruitgewassen)

De potentiële evapotranspiratie en het neerslagtekort van fruitgewassen zijn enigszins groter dan de waarden, die dienaangaande voor gras zijn vastgesteld. De bodemvochtleverantie bij fruitgewassen is vanwege een diepergaand wortelstelsel aanzienlijk groter dan bij gras en aardappelen. Hierop voortbouwend wordt gesteld, dat de aanvullende waterbehoefte van fruitgewassen vergelijkbaar is met de waarden, die

op dit punt voor aardappelen zijn bepaald.

Binnen de fruitteelt vindt ook kunstmatige watervoorziening plaats ter voorkoming van nachtvorstschade (twee beregeningsgiften van 30 mm). Het hierbij toegediende water zal veelal niet bijdragen tot een verbetering van de vochtvoorziening van de betreffende gewassen, omdat deze giften zeer vroeg in het voorjaar worden gegeven.

Groep 4 (boomkwekerijgewassen c.s.)

De potentiële evapotranspiratie, het neerslagtekort en de aanvullende waterbehoefte, die bij de gewassen uit deze groep voorkomen, worden gelijk geacht aan die, welke voor gras zijn vastgesteld.

Groep 5 (bloembollen c.s.)

Het merendeel van de (bloem)bolgewassen kent een groeiperiode, die reeds vroeg in het voorjaar begint en die ruwweg gesteld op 1 juli afloopt. De potentiële evapotranspiratie en het neerslagtekort van deze gewassen zijn ongeveer gelijk aan de waarden, die gras in de overeenkomstige periode kent. Het neerslagtekort is voor de gebieden Overig Noord-Holland en Overig Zuid-Holland geschat op 125 mm met een bijbehorende P van 50% en op 150 mm voor P = 10%. De bodemvochtleverantie bij bolgewassen is ook vergelijkbaar met die, welke gras onder de betreffende omstandigheden kent. Voor de gronden, waarop in de genoemde gebieden de bollenteelt is geconcentreerd, bedraagt de bodemvochtleverantie circa 90 mm (exclusief infiltratie). Wanneer geen kunstmatige watervoorziening wordt toegepast, bedraagt het bodemvochttekort 35 mm voor P = 50% en 60 mm voor P = 10%.

Wanneer ter voorkoming van opbrengstreducties de vochtspanning in de wortelzone niet hoger mag worden dan pF 2.7, moet een toeslag in rekening worden gebracht op een wijze zoals eerder voor gras en aardappelen is aangegeven (par. 4.1).

4.2.2. Tuinbouwgewassen onder glas

Binnen de glastuinbouw wordt nauwelijks een intering op de bodemvochtvoorraad toegestaan. Doordat de gewassen afgeschermd zijn van natuurlijke neerslag, betekent dit, dat op kunstmatige wijze steeds de-

zelfde hoeveelheden water moeten worden toegediend als door evapotranspiratie verloren gaan (tenzij er sprake is van diepe ondergrondse toe- of afstroming).

Hamaker heeft op grond van resultaten van onderzoeken bij paprika (HAMAKER en DE GRAAF, 1978), tomaat (DE GRAAF, 1978) en komkommer (DE GRAAF, 1979) een vergelijking opgesteld, waarmee de relatie wordt beschreven tussen de potentiële evapotranspiratie van een volgroeid groentegewas en de boven het glasdek optredende globale straling. Deze vergelijking, die door Hamaker ook van toepassing wordt geacht op sier- teeltgewassen, ziet er als volgt uit (ICW, 1979):

$$E_p = 1,7 \cdot 10^{-3} H + 0,6t$$

waarbij: E_p = potentiële evapotranspiratie in mm.decade⁻¹
 H = hoeveelheid globale straling in Joule.cm⁻².decade⁻¹
 t = aantal dagen in betreffende decade

Voor de glastuinbouw in gebieden, waar de hoeveelheid globale straling overeenkomt met die op het station Naaldwijk, zijn seizoenwaarden (1 april - 1 oktober) beschikbaar voor de potentiële evapotranspiratie (ICW, 1979). Deze gelden voor situaties, waarbij gedurende het gehele seizoen een volgroeid gewas aanwezig is.

Van de beschikbare seizoenwaarden, welke betrekking hebben op de periode 1911 tot en met 1978, is een frequentieverdeling gemaakt. Het resultaat hiervan is weergegeven in Tabel 12. De behoefte aan aanvullende watervoorziening, welke correspondeert met $P = 50\%$, is vastgesteld op 605 mm. De behoefte, die behoort bij $P = 10\%$, bedraagt 630 mm. Voor 1959 en 1976, waarin de aanvullende behoefte erg groot was, zijn waarden vastgesteld van 662 mm.

De regionale verschillen in de aanvullende waterbehoefte worden, relatief gezien, gelijk geacht aan die, welke zijn vastgesteld voor de seizoenwaarden van de potentiële evapotranspiratie bij gras.

Binnen de glastuinbouw wordt ook water toegediend ter voorkoming van hoge zoutconcentraties in de wortelzone. De hiervoor benodigde hoeveelheden water worden direct weer geloosd en zijn daarom niet in de berekeningen betrokken.

Opgemerkt wordt dat door een aantal glastuinbouwbedrijven de neer-

Tabel 12. Frequentieverdeling van seizoenwaarden van de potentiële evapotranspiratie van een volgroeid glastuinbouwgewas, alsmede enkele seizoenwaarden voor de jaren 1947, 1959 en 1976 (in mm)

Station		Naaldwijk	
Periode		1911 t/m 1978	
Seizoen		1/4 - 1/10	
overschrijdings- kans P	seizoenwaarde	jaar	seizoenwaarde
10 %	630	1947	658
20 %	625	1959	662
50 %	605	1976	662
75 %	580		
90 %	570		

slag, die van het glasdek tot afvoer komt, in waterbassins wordt opgevangen. Volgens gegevens van het Proefstation te Naaldwijk vindt dit plaats bij ongeveer 7% van de oppervlakte aan kassen in het Westland en de aangrenzende glastuinbouwgebieden. Bij de aanwezigheid van een bassin blijft niet alleen het merendeel van de zomerneerslag beschikbaar, maar kan tijdens het zomerseizoen ook beschikt worden over een voorraad, die bestaat uit opgeslagen winterneerslag.

4.3. O p t r e d e n d e v e r l i e z e n

In deze paragraaf wordt nader ingegaan op de verliezen, die optreden bij het kunstmatig toedienen van water aan gewassen. De grootte van deze verliezen is sterk afhankelijk van de wijze, waarop de aanvullende watervoorziening tot stand komt. Het laatste kan op de volgende manieren gebeuren:

- door middel van infiltratie. Wanneer er vocht vanuit de ondergrond naar de wortelzone wordt getransporteerd, zal de grondwaterstand dalen. De grondwaterstand kan op een bepaald moment beneden de slootwaterstand zakken. Dit heeft dan tot gevolg, dat vanuit de sloot wa-

ter in de grond dringt. Doordat de intensiteit van dit infiltratieproces groter is naarmate de grondwaterspiegel dieper is, kan uiteindelijk een verdere daling van de grondwaterstand worden voorkomen. De grondwaterstand daalt namelijk tot een niveau, waarbij de aanvulling van de grondwatervoorraad door infiltratie gelijk is aan de capillaire opstijging van grondwater naar de wortelzone (eventueel vermeerderd met de via de diepe ondergrond naar elders afstromende hoeveelheid, respectievelijk verminderd met de van elders toestromende hoeveelheid). De capillaire opstijging blijft dan op een bepaald niveau en daalt dus niet tot nul zoals dat het geval is op plaatsen, waar de infiltratie-intensiteit en de ondergrondse toestroming beide niet van betekenis zijn en de grondwaterstand uiteindelijk te diep komt te liggen om een capillaire opstijging van grondwater mogelijk te maken.

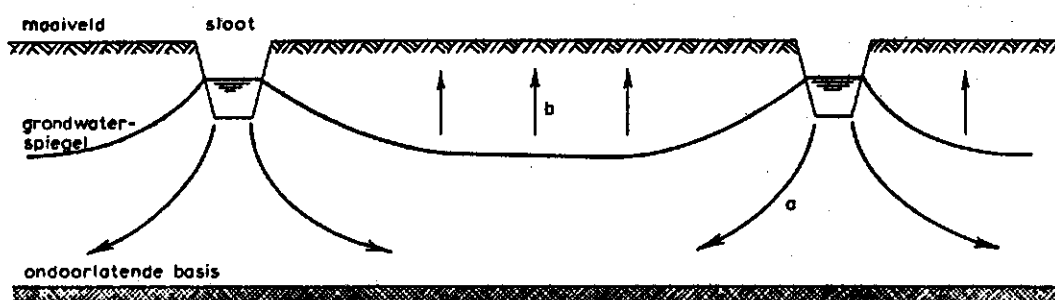


Fig. 6. Schema van de stroming bij infiltratie in poldergebieden.
a, infiltratiestroming; b, capillaire opstijging

In poldergebieden, waar op een betrekkelijk eenvoudige wijze water kan worden aangevoerd, worden onder meer ten behoeve van de infiltratie vanouds de waterlopen op peil gehouden. In de hellende gebieden in het oosten en zuiden van Nederland is het niet zo eenvoudig om de peilen in de open watergangen door wateraanvoer te handhaven. Slechts een beperkt deel beschikt namelijk over aanvoermogelijkheden (VAN BOHEEMEN en DE WILDE, 1979). Er doen zich in bepaalde delen van de hellende gebieden aan het begin van een droge periode wel mogelijkheden voor om middels afleiding van water, dat op relatief hoog gelegen gronden tot afvoer is gekomen, infiltratie op lager gelegen gronden te bewerkstelligen.

Het is niet altijd mogelijk om ondanks het op peil houden van de slo-

ten de vochtvoorziening van de gewassen optimaal te maken. Bepalend voor de intensiteit van de infiltratie zijn onder andere de volgende factoren: afstand tussen de sloten, slootwaterstand ten opzichte van maaiveld, doorlatendheid en dikte van de watervoerende ondergrond en weerstand van de slootwand. Gebleken is dat de infiltratie-intensiteit op veel plaatsen aanzienlijk wordt beperkt door afzettingen van slib en organische stoffen op de bodem en de wanden van een sloot. Water, dat infiltreert en wegzijgt naar de diepe ondergrond, komt niet rechtstreeks ten goede aan de watervoorziening van de gewassen. Dit water, dat mogelijk naar diepe ontwateringsmiddelen of naar waterwinplaatsen beweegt, kan wel op een indirecte wijze een bijdrage leveren. Dit gebeurt wanneer als gevolg van de genoemde afstroming elders kwel optreedt, die voor de gewassen aldaar een verbetering van de vochtvoorziening betekent. Het weggezakte water kan ook worden opgepompt voor beregenings- en bevoeiingsdoeleinden en dan alsnog beschikbaar komen voor opname door de gewassen. Gelet op het voorgaande is het niet altijd noodzakelijk om bij de vaststelling van de aanvoerbehoefte voor een groot gebied het weggezakte infiltratiewater als verliespost te beschouwen. De grootte van de wegzijging verschilt van gebied tot gebied. Voor de grootte van deze post is geen algemeen geldende richtlijn beschikbaar.

Worden in een bepaald gebied de waterlopen kunstmatig op peil gehouden, dan brengt dit met zich mee, dat niet een beperkt aantal gewassen, maar alle gewassen alsmede de natuurlijke vegetatie en dergelijke in zekere mate van water worden voorzien. In die gevallen, waarbij alleen een aanvullende watervoorziening van een beperkt aantal gewassen wordt nagestreefd, kan dit tot een inefficiënt gebruik van het beschikbare water aanleiding geven;

- door beregening en bevoeiing. Bij beregening en bevoeiing wordt de vochtvoorraad in de wortelzone aangevuld met water dat kunstmatig op het maaiveld is gebracht. Beregening onderscheidt zich van bevoeiing doordat hierbij het water in de vorm van kunstmatige regen op het maaiveld terecht komt. Bij bevoeiing daarentegen wordt het toegevoerde water direct op het maaiveld gebracht.

Wanneer beregening wordt toegepast, moet volgens BAARS (1972) een toeslag van 18% in rekening worden gebracht in verband met het optre-

den van verliezen. Van deze verliezen vormen de directe verdampingsverliezen ongeveer een vijfde deel. De rest van de verliezen hangt voornamelijk samen met onregelmatigheden in de waterverdeling door de sproeiërs. Dit water zal grotendeels percoleren en zich bij het grondwater voegen. De percolatieverliezen behoeven niet geheel als verloren te worden beschouwd voor de vochtvoorziening van de gewassen. Hier geldt namelijk hetzelfde als eerder is opgemerkt met betrekking tot de wegzijgingsverliezen.

Bij bevoeiing treden dezelfde verschijnselen op als bij beregening. Voor de grootte van de bevoeiingsverliezen ontbreken normen, die min of meer algemeen gelden.

Het is niet altijd mogelijk om de neerslag, die tijdens een betrekkelijk droge periode valt, zodanig in de grond te bergen, dat deze beschikbaar blijft voor opname door het gewas. De waarden voor de aanvullende waterbehoeften, die tot nu toe zijn opgegeven, gelden voor situaties waarbij die bergingsmogelijkheden wel aanwezig zijn. Door VAN DER SLULJS (1977) is vastgesteld dat in een zomer met een neerslagtekort, dat correspondeert met $P = 10\%$, vrijwel alle neerslag beschikbaar zal blijven voor opname door het gewas. Voor zomerperioden met een neerslagtekort dat behoort bij $P = 50\%$, moet rekening worden gehouden met de situatie, dat gedurende de betrekkelijk droge periode op gronden zonder kunstmatige watervoorziening ongeveer 40 mm van de optredende neerslag niet in de bovenste 20 à 40 cm van het profiel kan worden geborgen. Afhankelijk van de omstandigheden (dikte van de wortelzone, capillair geleidingsvermogen, grondwaterstand en dergelijke) zal dit aspect in zekere zin een verhoging van de aanvullende waterbehoefte met zich meebrengen.

Bij diverse teelten wordt ter voorkoming van hoge vochtspanningen in de wortelzone, de bovengrond door beregening vochtig gehouden. Hierdoor worden de bergingsmogelijkheden verkleind. In dergelijke situaties zal het regelmatig voorkomen dat toegediende watergiften achteraf gezien overbodig blijken, omdat vlak na de watertoediening natuurlijke neerslag optreedt. In verband hiermede moet voor de matig droge en de natte zomerperioden rekening worden gehouden met één overbodige beregeningsgift (van 25 mm). Bij bepaalde teelten (intensieve groenteteelt,

bollenteelt en dergelijke) moet worden gerekend met twee overbodige beregeningsgiften (van 15 mm elk).

In dit kader wordt ook gewezen op het verschijnsel 'kortsluiting' bij komkleigraslanden (BOUMA en DEKKER, 1979). Hier wordt bedoeld op het verschijnsel dat water, dat als natuurlijke of kunstmatige neerslag op het maaiveld valt, via de grote poriën en scheuren naar beneden stroomt en waarbij de tussenliggende grond niet of nauwelijks wordt bevochtigd. Naarmate de grond droger is, treedt dit verschijnsel in sterkere mate op. Dit betekent dat voor komkleigraslanden en voor vergelijkbare omstandigheden rekening moet worden gehouden met een grote percolatie, wanneer op één dag meer dan 5 mm aan natuurlijke of kunstmatige neerslag optreedt.

5. PIEKBEHOEFTE AAN KUNSTMATIGE WATERVOORZIENING

In het voorgaande hoofdstuk is aangegeven welke seizoenwaarden de aanvullende waterbehoefte kan bereiken. Aangezien er een zekere ongelijkmatigheid voorkomt in de opbouw van deze seizoenwaarden, is nagegaan met welke pieken in de intensiteit van de aanvullende waterbehoefte rekening moet worden gehouden.

De intensiteit van de aanvullende waterbehoefte is sterk afhankelijk van de werkwijze, die wordt gevolgd bij het aanvullen van de bodemvochtvoorraad. In de eerstvolgende paragraaf wordt hierop nader ingegaan. Daarna worden de uitkomsten besproken van de berekeningen die zijn gemaakt van de piekbehoeften bij gras en aardappelen en van die bij tuinbouwgewassen.

5.1. W i j z e v a n k u n s t m a t i g e w a t e r t o e d i e - n i n g

Met het starten van de kunstmatige watertoediening kan worden gewacht tot het tijdstip, waarop de hoeveelheid vocht die een gewas aan de bodem mag onttrekken geheel is opgenomen. De aanvullende waterbehoefte, die na het genoemde tijdstip optreedt, is per definitie gelijk aan het optredende neerslagtekort. De intensiteit van de aanvullende waterbehoefte kent in dat geval dezelfde schommelingen als de

intensiteit van het neerslagtekort.

Het is echter ook mogelijk om reeds te beginnen met het aanvullen van de bodemvochtvoorraad op een moment, waarop slechts een deel van de beschikbare hoeveelheid bodemvocht is opgenomen. In dat geval kan een bepaalde hoeveelheid bodemvocht worden gereserveerd voor een periode, waarin de intensiteit van het neerslagtekort een hoge waarde bereikt. De intensiteit van de aanvullende waterbehoefte zal bij een dergelijke werkwijze een lagere maximumwaarde bereiken dan bij de eerstgenoemde werkwijze.

Binnen de glastuinbouw wordt nauwelijks een aanspraak op de bodemvochtvoorraad toegestaan en wordt de aanvulling van die voorraad door natuurlijke neerslag onmogelijk gemaakt. Dit betekent dat in deze sector de intensiteit van de aanvullende waterbehoefte overeenkomt met de intensiteit van de potentiële evapotranspiratie van de gewassen.

Onderstaand worden een aantal factoren genoemd, die van invloed zijn op de werkwijze, die wordt gekozen bij de aanvullende watervoorziening en die van invloed zijn op de piekbehoeften:

- Mogelijkheden om neerslag te bergen en beschikbaar te houden voor opname door het gewas

Het vroegtijdig starten met een aanvullende watervoorziening verkleint de mogelijkheden tot het bergen van de neerslag in de bovengrond en hierdoor kan een geringer profijt van de neerslag ontstaan. Naarmate vroeger wordt begonnen, blijkt een toenemend aantal watergiften geheel of gedeeltelijk overbodig te zijn. Dit aspect veroorzaakt een terughoudendheid ten aanzien van een vroege aanvang met een kunstmatige watervoorziening.

- Grootte van het vochtleverend vermogen van de bodem

Wanneer een bodem een gering vochtleverend vermogen bezit, is er nauwelijks een mogelijkheid aanwezig voor het aanleggen van een buffervoorraad. Het aanleggen van een buffervoorraad brengt dan als bezwaar met zich mee dat de watertoediening zeer frequent moet plaatsvinden.

- Mogelijkheden tot combineren met andere werkzaamheden

Bij grasland zal beregening vaak plaatsvinden na maaien of toediening van kunstmest, terwijl bij aardappelen beregening wordt toegepast na afloop van bepaalde verplegingsmaatregelen als aanaarden. Ook komt het voor dat beregening nodig is bijvoorbeeld in de tuinbouw ten behoeve van aanslag na het planten ondanks het feit dat de bodemvoorraad dan niet is uitgeput. Het vroegtijdig starten met beregening kan bijvoorbeeld ook samenhangen met het streven naar kwaliteitsverbetering van het oogstbare produkt.

- Capaciteit van de beschikbare beregeningsinstallatie

De capaciteit van een beregenings- (of bevoeiingsinstallatie) kan zo zijn gekozen, dat het toedienen van een watergift van 30 mm op de te beregenen oppervlakte in een tijdsbestek van 10 dagen kan plaatsvinden. Om dan het optreden van een hoge vochtspanning in de wortelzone voor te zijn, is het noodzakelijk om een deel van de te behandelen oppervlakte reeds te beregenen, voordat de maximaal toelaatbare uitdrogingsgraad van de bodem is bereikt. Een deel van de oppervlakte moet dan in een vroeg stadium van uitdroging worden beregend en dit schept de mogelijkheid tot het aanleggen van een buffervoorraad op een deel van de te behandelen oppervlakte, maar ook het scheppen van de kans op extra verliezen (onnodige beregening) door een grotere kans op natuurlijke neerslag.

- Beperkte capaciteit van het wateraanvoersysteem

Wanneer vroegtijdig wordt begonnen met een aanvullende watervoorziening, zal de intensiteit van de aanvoerbehoefte lagere maximumwaarden bereiken dan bij een late start met wateraanvoer. In gebieden, waar het aanvoersysteem een kleine transportcapaciteit bezit, kan daardoor bij een vroeg begin met wateraanvoer op een grotere oppervlakte het optreden van vochttekorten worden voorkomen dan bij een laat begin.

- Geringere beschikbaarheid van water aan het einde van een droge periode

Aan het einde van een droge periode kan te weinig water beschikbaar zijn om aan alle behoeften te voldoen. De hoeveelheid water, die aan het begin van een droge periode beschikbaar is, wordt niet altijd

volledig gebruikt of opgeslagen. In een dergelijke situatie kan door het vroeg starten met een aanvullende watervoorziening op een grotere schaal het optreden van vochttekorten worden voorkomen dan bij een late start.

5.2. G r a s e n a a r d a p p e l e n

De pieken in de intensiteit van de aanvullende waterbehoefte kunnen worden vastgesteld met behulp van frequentie-overzichten voor het k-daagse neerslagtekort (VAN EIJDEN, 1960). Dergelijke frequentie-overzichten verschaffen een inzicht in de kansen van overschrijding van bepaalde waarden van het neerslagtekort in een aaneengesloten periode van k dagen. Het afleiden van de piekbehoefte uit de genoemde overzichten (en aan de hand van gegevens over de grootte van de aangelegde buffervoorraad) verloopt op dezelfde wijze als de vaststelling van de maatgevende afvoerintensiteit met behulp van een regenduurlijn (en gegevens over de mogelijkheden tot het bergen van overtollig water in het betreffende gebied).

Voor de omgeving van de stations Eelde en Vlissingen zijn enkele frequentie-overzichten opgesteld met k-daagse neerslagtekorten bij gras en aardappelen. Hierbij is uitgegaan van de decadewaarden voor de potentiële evapotranspiratie en de neerslag, welke ook ten grondslag liggen aan de frequentie-overzichten met seizoenwaarden van het neerslagtekort op de twee genoemde stations (zie par. 4.1).

Het opstellen van de frequentie-overzichten van k-daagse neerslagtekorten bij gras is als volgt gedaan. Allereerst zijn voor alle 18 decaden van elke zomerperiode, die deel uitmaakt van de beschouwde reeks (1933 tot en met 1976), de verschillen bepaald tussen de waarden voor de potentiële evapotranspiratie en de neerslag. Vervolgens is voor elke zomerperiode het maximum bepaald van de aldus verkregen decadewaarden voor het neerslagtekort. Voor elke zomerperiode zijn ook de decadewaarden voor het neerslagtekort, die behoren bij twee aansluitende decaden, gesommeerd en is van de 17 waarden, die deze somming voor elke zomerperiode opleverde, het maximum bepaald. Op dezelfde wijze is voor elke zomerperiode het maximum bepaald van de sommen van decadewaarden voor het neerslagtekort, die corresponderen met 3, 4, ... en 18 aansluitende decaden. Daarna is voor elke reeks

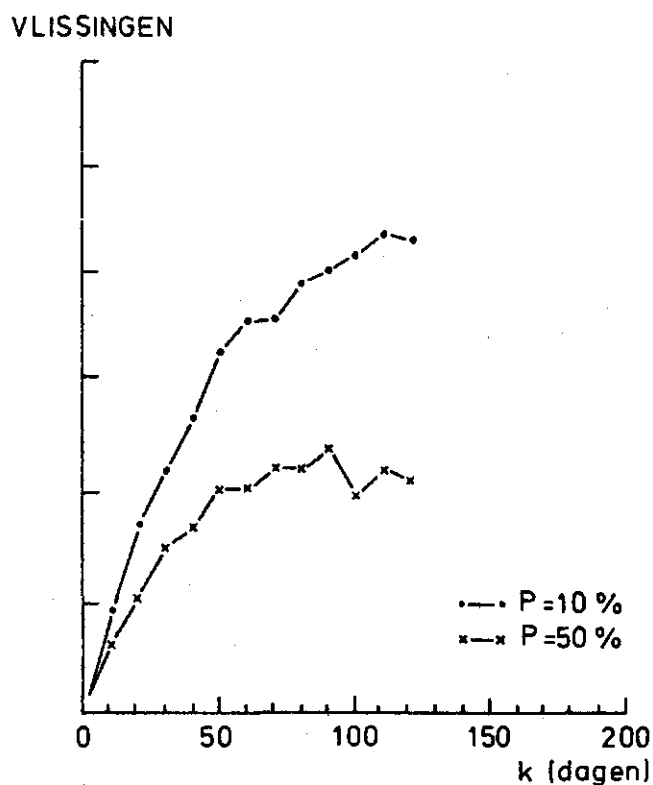
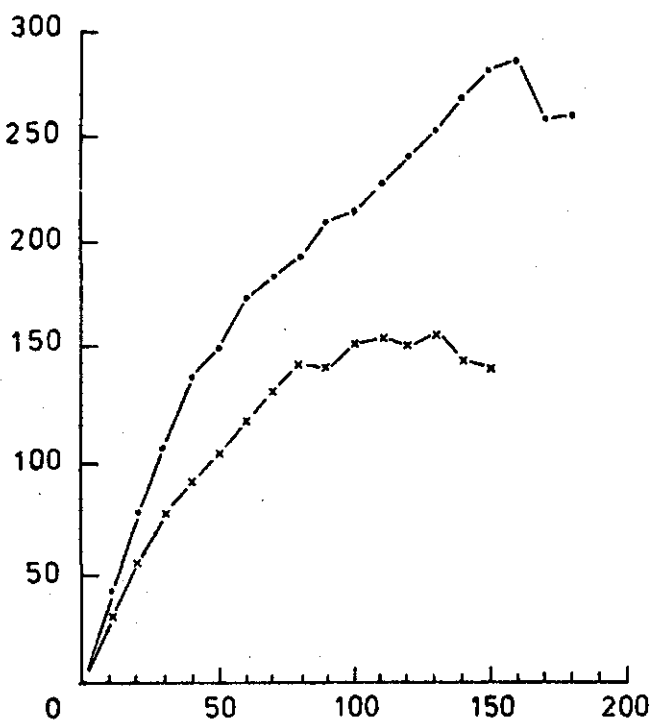
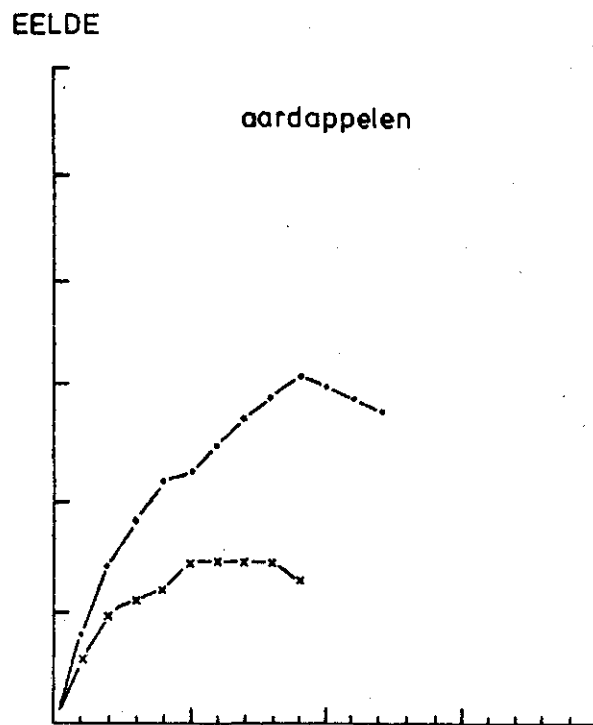
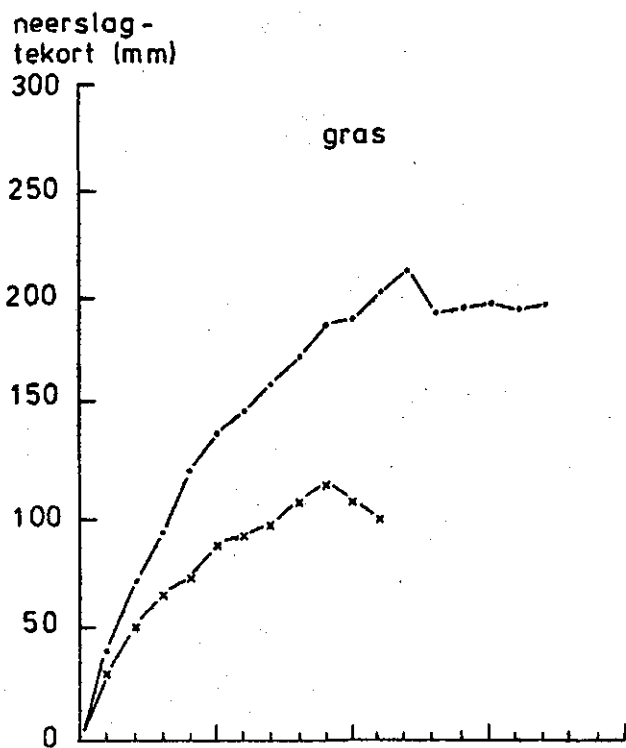


Fig. 7. k-daagse neerslagtekorten bij gras en aardappelen te Eelde e.o. en Vlissingen e.o. voor overschrijdingskansen van 50% en 10%

van maximumwaarden, die behoort bij een bepaald aantal aansluitende decaden, een frequentieverdeling gemaakt. Het resultaat hiervan is weergegeven in Fig. 7. Uit deze figuur kan bijvoorbeeld worden afgelezen dat in Vlissingen in 50 van de 100 jaren ($P = 50\%$) een periode van 60 dagen (6 aansluitende decaden) voorkomt, waarin het neerslagtekort een waarde van 120 mm bereikt of overschrijdt.

Op vrijwel dezelfde wijze zijn ook voor aardappelen frequentie-overzichten samengesteld. Voor de verkregen uitkomsten wordt eveneens verwezen naar Fig. 7.

De toppen van de curven in Fig. 7 geven enigszins (10 mm) lagere waarden aan dan de seizoenwaarden voor het neerslagtekort, die voor overeenkomstige overschrijdingskansen en gewassen in Tabel 10 zijn vermeld. Alleen de curven voor Vlissingen e.o., die corresponderen met $P = 10\%$, vormen hierop een uitzondering. De gesignaleerde verschillen houden verband met het feit dat verschillen voorkomen in de lengten van de droge perioden in zomers met dezelfde seizoenwaarde voor het neerslagtekort.

Uit de curve voor het k-daagse neerslagtekort, die in Fig. 8 is weergegeven, is af te lezen dat onder de betreffende omstandigheden in 10 van de 100 jaren een decade voorkomt met een neerslagtekort van 41 mm of meer. Dit betekent dat in de situatie, waarbij tijdens zeer droge perioden geen bodemvocht voor opname beschikbaar is, in 10 van de 100 jaren de aanvullende waterbehoefte een waarde van 41 mm.decade⁻¹ bereikt of overschrijdt.

Wanneer bodemvocht wordt gereserveerd voor perioden met een zeer groot neerslagtekort, treedt een minder grote piekbehoefte op. Dit kan aan de hand van Fig. 8 worden toegelicht. Wanneer de grootte van de aangelegde buffervoorraad wordt uitgezet op de verticale as, dan is de piekbehoefte onder de betreffende omstandigheden gelijk aan of groter dan de helling van de raaklijn, die vanuit het uitgezette punt op de verticale as aan de curve wordt getrokken. Het is mogelijk om voor verschillende waarden van de buffervoorraad de bijbehorende piekbehoeften vast te stellen. In Fig. 9 is het resultaat weergegeven van dergelijke bewerkingen, die voor gras en aardappelen te Eelde e.o. en Vlissingen e.o. zijn uitgevoerd.

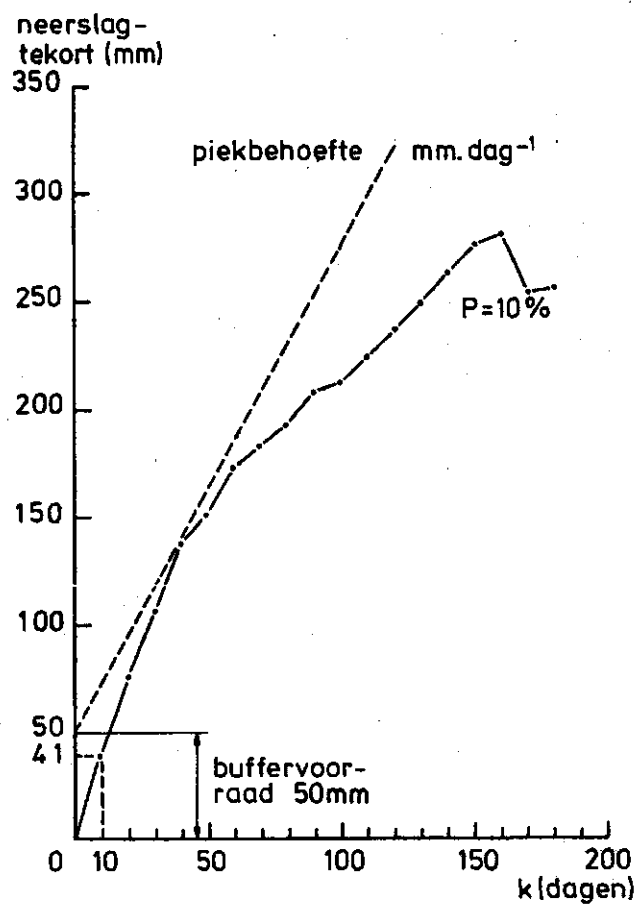


Fig. 8. Bepaling van de piekbehoefte aan kunstmatige watervoorziening, die behoort bij een overschrijdingskans van 10% en bij buffervoorraden van 0 en 50 mm

Tabel 13. Waarden voor de piekbehoefte aan kunstmatige watervoorziening bij gras en aardappelen voor een overschrijdingskans van 10% en voor verschillende waarden van de buffervoorraad (in mm.dag⁻¹)

Groep van landbouwgebieden	Buffer- voorraad mm	Piekbehoefte	
		gras	aard- appelen
Noordelijk Zeekleigebied	0-25	4,0-2,7	4,1-2,7
Holl. droogmak. en IJsselmeerp.	0-25	4,0-2,6	4,1-2,7
Zuidwestelijk Zeekleigebied	0-25	4,1-2,8	4,3-2,8
Rivierkleigebied	0-20	4,0-2,5	4,0-2,7
Lössgebied	0-20	4,0-2,6	4,0-2,7
Noordelijk Weidegebied	0-30	4,0-2,3	4,1-2,4
Westelijk weidegebied	0-30	4,0-2,5	4,2-2,5
Noordelijk Zandgebied	0-20	4,0-2,5	3,9-2,7
Oostelijk Zandgebied	0-20	3,9-2,3	3,8-2,5
Centraal Zandgebied	0-20	4,0-2,4	3,9-2,6
Zuidelijk Zandgebied	0-20	4,0-2,8	4,1-2,8
Veenkoloniën	0-25	4,0-2,3	3,9-2,4
Overig Noord-Holland	0-25	4,1-2,8	4,3-2,8
Overig Zuid-Holland	0-25	4,1-2,8	4,3-2,8

Aan de hand van Fig. 9 zijn voor de verschillende groepen van landbouwgebieden waarden vastgesteld voor de piekbehoeften, die in 10 van de 100 jaren worden bereikt of overschreden. Deze waarden corresponderen met waarden van de buffervoorraad, die ongeveer overeenkomen met 0 en 20% van de waarden, die in Tabel 11 zijn vermeld voor de bodemvochtleverantie bij $P = 10\%$.

De piekbehoeften, die voor gras zijn vastgesteld, blijken nauwelijks af te wijken van die, welke voor aardappelen zijn bepaald. Regionale verschillen blijken ook niet van betekenis te zijn.

Wanneer geen buffervoorraad wordt aangehouden, zal volgens Tabel 13 in 10 van de 100 jaren een decade optreden met een behoefte van 4,0 mm.dag⁻¹ of meer. Wanneer een buffervoorraad van 25 mm aanwezig is,

Tabel 14. Waarden voor pieken in de aanvullende waterbehoefte bij tuinbouwgewassen onder glas te Naaldwijk e.o., die in 10 respectievelijk 50 van de 100 jaren worden bereikt of overschreden, alsmede enkele waarden voor de jaren 1939, 1959 en 1976 (in mm.dag⁻¹)

Station	Naaldwijk	
	1911 t/m 1978	
	Aanvullende behoefte gedurende	
Overschrijdingskans	1 decade	3 decaden
P = 10 %	4,9	4,5
P = 50 %	4,5	4,1
Jaren met hoge piekbehoefte		
1939	5,2	4,6
1959	5,1	4,6
1976	5,0	4,7

van de vastgestelde maximumwaarden een frequentieverdeling gemaakt, waarvan enkele uitkomsten zijn vermeld in Tabel 14.

SAMENVATTING

De uitgevoerde studie heeft betrekking op de behoefte aan kunstmatige watervoorziening, welke in een droog jaar voorkomt bij gras, aardappelen en tuinbouwgewassen. Zowel de seizoenbehoefte als de piekbehoefte zijn onderwerp van studie geweest.

In de nota is voorafgaand aan de bespreking van de aanvullende waterbehoefte, aandacht besteed aan de variaties naar plaats en tijd, die kenmerkend zijn voor seizoenwaarden van de potentiële evapotranspiratie, de neerslag en het neerslagtekort.

Vastgesteld is, dat in het zuidwesten van Nederland de potentiële evapotranspiratie van gras (480 mm) ongeveer 35 mm hoger is dan in het oosten (445 mm). Bij aardappelen bedraagt dit verschil ongeveer 30 mm.

De seizoenwaarden, waarvan de overschrijdingskans $P = 10\%$ bedraagt, zijn circa 10% hoger dan de seizoenwaarden, die behoren bij $P = 50\%$.

Gebieden, die worden gekenmerkt door een relatief grote potentiële evapotranspiratie, kennen ook een betrekkelijk geringe neerslag. De hoeveelheid neerslag, die gemiddeld in het seizoen april tot en met september valt, is in het zuidwesten (355 mm) ongeveer 55 mm lager dan die, welke in het oosten (410 mm) optreedt. De seizoenwaarden, die corresponderen met een onderschrijdingskans Q van 50% , zijn ongeveer 30% lager dan die welke corresponderen met $Q = 10\%$.

De hoogste seizoenwaarden voor het neerslagtekort zijn vastgesteld voor het westen van Nederland (bij gras gemiddeld 160 mm en bij aardappelen gemiddeld 120 mm) en de laagste voor het oosten (bij gras gemiddeld 110 mm en bij aardappelen gemiddeld 85 mm). In 10 van de 100 jaren worden seizoenwaarden bereikt of overschreden, die ongeveer 80 mm hoger zijn dan de gemiddelde seizoenwaarden.

De seizoenwaarde van de aanvullende waterbehoefte is gesteld op het verschil tussen de seizoenwaarde van het neerslagtekort en die van het vochtleverend vermogen van de bodem. Dit leverde voor het Zuidwestelijk Zeekleigebied en het Zuidelijk Zandgebied de hoogste waarden op. De gemiddelde seizoenbehoefte in deze twee gebieden bedragen bij gras 60 à 70 mm en bij aardappelen 0 à 15 mm. In 10 van de 100 jaren worden waarden bereikt of overschreden van 150 mm bij gras en 60 à 80 mm bij aardappelen.

Voor de diverse sectoren van de vollegrondstuinbouw zijn ook seizoenbehoefte aangegeven. De behoeften, die bij intensief geteelde groenten en bij boomkwekerijgewassen voorkomen, worden gelijk geacht aan die bij gras. De behoeften bij de extensief geteelde groenten, de zaai-uien en de fruitgewassen worden gelijk geacht aan die van aardappelen.

Met betrekking tot de glastuinbouw is vastgesteld dat in 10 van de 100 jaren in deze sector de seizoenbehoefte 630 mm of meer bedraagt.

In de studie is ook aandacht besteed aan de verliezen, waarmee bij het kunstmatig toedienen van water rekening moet worden gehouden. Deze verliezen leiden tot toeslagen op de eerder genoemde seizoenbehoefte.

Toegelicht is dat de piekbehoefte, die bij de aanvullende water-voorziening optreedt, mede wordt bepaald door de werkwijze bij de w-tertoediening. Wanneer wordt overgegaan tot het toedienen van water op het moment, dat de bodem geen vocht meer beschikbaar kan stellen, dan wordt in 10 van de 100 jaren bij gras, aardappelen en tuinbouwgewassen een behoefte bereikt van ongeveer $4,0 \text{ mm.dag}^{-1}$. Wordt tijdens matig droge perioden ongeveer 25 mm gespaard voor perioden met zeer hoge intensiteiten van het neerslagtekort, dan is de genoemde piekbehoefte ongeveer $1,5 \text{ mm.dag}^{-1}$ geringer.

Voor het glastuinbouwgebied rondom Naaldwijk is bepaald dat daar in 10 van de 100 jaren een piekbehoefte optreedt van circa $4,9 \text{ mm.dag}^{-1}$.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- BAARS, C. 1972. Ontwerpen van regeninstallaties. Collegedictaat. Landbouwhogeschool.
- BOHEEMEN, P.J.M. VAN. 1977. Verschillen tussen drie berekeningswijzen van de open waterverdamping. Nota ICW 956.
- BOHEEMEN, P.J.M. VAN en J.G.S. DE WILDE. 1979. De watervoorziening van land- en tuinbouw in het droge jaar 1976. Regionale Studies ICW 15.
- BOUMA, J. en L.W. DEKKER. 1978. Infiltratiepatronen van water bij het beregenen van komkleigrasland. Cultuurt. Tijdschr. 18.2.
- BRUIN, H.A.R. DE. 1979. Neerslag, open waterverdamping en potentiëel neerslagoverschot in Nederland. Frequentieverdelingen in het groeiseizoen. KNMI Wetenschappelijk Rapport 79-4.
- EIJDEN, W.A.A. VAN. 1960. Onderzoekingen betreffende de waterbehoefte als functie van neerslag en de verdamping, alsmede van het verbruik en gebruik van de vochtvoorraad in de bodem. Versl. en Meded. Comm. Hydrol. Onderz. TNO nr. 4.
- GRAAF, R. DE. 1978. Onderzoek naar de waterhuishouding in het bijzonder het waterverbruik bij een teelt van stooktomaten in 1977. Intern verslag nr. 36 Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt onder Glas.

- GRAAF, R. DE. 1979. Onderzoek naar de waterhuishouding in het bijzonder het waterverbruik bij een teelt van komkommers in 1978. Intern verslag Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt onder Glas (in voorbereiding).
- HAMAKER, Ph. en R. DE GRAAF. 1978. Onderzoek naar de waterhuishouding bij de teelt van paprika's en komkommers in het najaar. Nota ICW 1030.
- ICW. 1979. Kwantitatieve waterbehoefte van de hoogheemraadschappen Delfland en Schieland. Nota ICW 1115.
- KNMI. 1972. Klimaatatlas van Nederland.
- KRAMER, C. 1957. Berekening van de gemiddelde grootte van de verdamping voor verschillende delen van Nederland volgens de methode van Penman. KNMI Meded. en Verh. nr. 70.
- REINDS, G.H. en A.K. VAN HEMERT. 1978. Berekening en bevoeiing in relatie tot de bedrijfsstructuur. Nota ICW 1035.
- SLOT, P., H. TON en P.J.M. VAN BOHEEMEN. 1977. De behoeftebepaling bezien vanuit het landbouwbedrijf. Interne nota CD/ICW.
- SLUIJS, P. VAN DER. 1977. Discussiepunten bepaling vochtleverend vermogen en vochttekort (niet gepubliceerd).

Bijlage I

Afleiding van frequentieverdelingen van het neerslagtekort uit onderzoeksresultaten van DE BRUIN

Zoals in par. 3.3. is vermeld, zijn in Tabel 10 enkele frequentieverdelingen met seizoenwaarden voor het neerslagtekort opgenomen, die zijn afgeleid uit onderzoeksresultaten van DE BRUIN (1979). Bij dit afleiden is een methode gevolgd, die aan de hand van een voorbeeld zal worden toegelicht.

In Tabel A zijn waarden voor het neerslagtekort bij gras vermeld, welke door De Bruin voor het station Winterswijk zijn vastgesteld. Het betreft hier neerslagtekorten, die in 10, respectievelijk 50 en 90, van de 100 jaren optreden of worden overschreden. Zo is bijvoorbeeld uit de tabel af te lezen dat in 10 van de 100 jaren in de periode 1 mei - 1 augustus het neerslagtekort bij gras 157 mm of meer bedraagt.

Tabel A. Waarden van het neerslagtekort bij gras in diverse perioden en voor overschrijdingskansen van 10%, 50% en 90%

	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10
Overschrijdingskans 10%						
Periode 1/4 tot	44	86	145	163	174	167
Periode 1/5 tot		67	125	157	175	152
Periode 1/6 tot			71	108	130	110
Periode 1/7 tot				65	82	81
Overschrijdingskans 50%						
Periode 1/4 tot	10	39	71	70	74	50
Periode 1/5 tot		38	68	66	60	33
Periode 1/6 tot			30	44	30	12
Periode 1/7 tot				7	-1	-25
Overschrijdingskans 90%						
Periode 1/4 tot	-41	-37	-10	-33	-61	-85
Periode 1/5 tot		-8	2	-22	-63	-98
Periode 1/6 tot			-22	-37	-72	-103
Periode 1/7 tot				-44	-82	-124

Binnen de vier reeksen, die voor een bepaalde overschrijdingskans in Tabel A zijn opgenomen, is allereerst de hoogste waarde binnen elke reeks bepaald. Voor de reeksen, die corresponderen met $P = 10\%$, leverde dit waarden op van 174, 175, 130 en 82 mm.

Bij die reeksen, waarbij binnen de reeks voor de hoogste waarde een negatieve waarde voorkomt, is de hoogste waarde verminderd met de laagste waarde, die eerder in de reeks is vermeld. Dit leidde bijvoorbeeld bij de reeksen, die in Tabel A corresponderen met $P = 90\%$, tot waarden van 31 ($= -10 + 41$), 10 ($= 2 + 8$), -22 en -44 mm.

Vervolgens is voor elke vier waarden, die bij een bepaalde overschrijdingskans behoren, het maximum bepaald. Voor de overschrijdingskansen die in Tabel A zijn genoemd, leverde dit de volgende maximumwaarden op:

$P = 10\%$	174 mm
$P = 50\%$	74 mm
$P = 90\%$	31 mm

Deze maximumwaarden en andere, die volgens dezelfde procedure zijn bepaald, zijn verwerkt in de frequentieverdelingen die in Tabel 10 zijn opgenomen. Aangenomen is namelijk dat dergelijke maximumwaarden de seizoenwaarden voor het neerslagtekort benaderen. Echter voor $P \geq 50\%$ is deze benadering betrekkelijk grof.

Bijlage II

Oppervlakte van diverse vollegrondstuinbouwgewassen volgens CBS-landbouwtelling van mei 1977 en tussen haakjes volgens CBS-steekproef van augustus/september 1977 (in ha gemeten maat)

GROENTEGEWASSEN

Aardbeien	1902	(-)
Asperges	2398	(-)
Rabarber	288	(-)
Schorseneren	254	(-)
Poot- en plantuien	2550	(-)
Sjalotten	199	(-)
Zilveruitjes	1191	(-)
Radijs	50	(-)
Kropsla	701	(1207)
Spinazie	1236	(1662)
Krotten	630	(683)
Andijvie	275	(624)
Bos- en waspeen	1840	(2296)
Erwten (groen te oogsten)	5233	(-)
Tuinbonen	2192	(-)
Stamsperziebonen	4681	(6094)
Stoksperziebonen	487	(277)
Spekbonen	-	(81)
Snijbonen	-	(192)
Augurken	750	(765)
Prei	1637	(1917)
Vroege sluitkool	612	(-)
Spitskool	170	(-)
Bloemkool	2052	(2454)
Knolselderij	1829	(2012)
Witlofwortel	2659	(2940)
Winterpeen	2010	(2193)
Spruitkool	5138	(5417)
Herfst- en bewaarsluitkool	2756	(3033)
Wintersluitkool	-	(198)
Boerenkool	-	(520)
Overig	689	(-)
Totaal	46406	(-)

TUINBOUWZADEN

2185

BLOEMKEKERIJGEWASSEN

1018

ZAAI-UIEN

13100

FRUITGEWASSEN

Appelen	20 050
Peren	6 340
Pruimen	903
Morellen	387
Kersen	650
Overige pit- en steenvruchten	54
Frambozen	93
Zwarte bessen	38
Rodde bessen	202
Overig klein fruit	216
	<hr/>
Totaal	28 934

BOOMKWEKERIJGEWASSEN EN VASTE PLANTEN

Bos- en haagplantsoen	1 346
Laan-, park- en vruchtbomen	1 270
Rozenstruiken	576
Sierconiferen	903
Overige sierheesters en klimplanten	1 154
Vaste planten	217
	<hr/>
Totaal	5 467

BLOEMBOLLEN EN -KNOLLEN

Hyacinten	879
Tulpen	5 319
Narcissen	1 493
Gladiolen	2 186
Lelies	1 028
Overig bijgoed	2 022
	<hr/>
Totaal	12 927