

bsi.67 = 626.045

S-

SEPARAAT
No, ...30.502...



PROEFSTATION voor de AKKERBOUW

Lelystad



Lifo

Het effect van beregening op enkele akkerbouwgewassen in de IJsselmeerpolders

P. van Woerden
Ir. P. K. Cevaal

doctoraalstudie L.H.
P.A.

oktober 1976

E-269422

Het effect van beregening op enkele
akkerbouwgewassen in de IJsselmeerpolders

P. van Woerden doctoraalstudie L.H.
ir. P.K. Cevaal P.A.

oktober 1976

INHOUDSOPGAVE.

	<u>blz.</u>
1. Probleem en doel, werkwijze.....	1
1.1. Probleem en doel.....	1
1.2. Werkwijze.....	1
2. Vochtbalans in de grond.....	4
2.1. Neerslag en verdamping.....	4
2.2. Capillaire opstijging.....	8
2.3. Vochtbalans in de loop van het groeiseizoen.....	11
3. Berekening van de gemiddelde meeropbrengsten.....	14
3.1. Aardappelen.....	14
3.2. Uien.....	17
3.3. Suikerbieten.....	18
3.4. Wintertarwe.....	19
3.5. Gemiddelde opbrengstverhoging afhankelijk van de grondsoort....	20
4. Effect van berekening op het bedrijfsresultaat.....	21
4.1. Beregeningscapaciteit en gevolgen voor de arbeidsbehoefte.....	21
4.2. Kosten van berekening.....	22
4.3. Saldooverhoging door berekening.....	24
5. Samenvatting en slotbeschouwing.....	25
5.1. Samenvatting.....	25
5.2. Slotbeschouwing.....	25
Literatuur.....	28
Bijlagen 1 en 2	

VOORWOORD

Deze studie, gericht op de IJsselmeerpoldergronden en de daar meest voorkomende gewassen, heeft tot doel voor deze gebieden het effect van berekening op het bedrijfsresultaat na te gaan.

Er is een aantal factoren, zoals ook in het begin van dit rapport genoemd, dat er op wijst dat het toepassen van berekening op akkerbouwbedrijven steeds meer tot de normale cultuurmaatregelen zal gaan behoren.

De resultaten van dit onderzoek vormen wederom een aanwijzing in die richting. In overleg met de Contactgroep Berekening, waarin ook deze studie uitvoerig werd besproken, zal nu ook voor andere akkerbouwgebieden de bedrijfseconomische effecten worden nagegaan.

De opzet, werkwijze en uitvoering van deze studie berustte bij P. van Woerden, kand.l.i., met begeleiding van ir. P.K.Cevaal. Aan dr. R.A.Feddes (I.C.W.) en ir. A.J.Hellings (P.G.V.) dank voor de spontane medewerking vanuit hun vakgebied.

Hoofd Afdeling Bedrijfssynthese

drs. J.Kamminga

1. PROBLEEM EN DOEL, WERKWIJZE.

1.1. Probleem en doel.

De bedrijfsgruottestructuur van de akkerbouwbedrijven in ons land is zodanig dat deze bedrijven in het algemeen zeer intensief gevoerd moeten worden om een voldoende inkomen te realiseren.

De voortdurende kostenstijgingen noodzaken deze bedrijven bovendien het opbrengstniveau, zowel wat de opbrengsthoeveelheden betreft als de kwaliteit hiervan, steeds verder op te voeren.

Het doel van deze studie is na te gaan in hoeverre berekening hieraan een bijdrage kan leveren.

In de praktijk is de belangstelling voor berekening sterk toegenomen vanwege het voorkomen van enkele droge zomers en het op de markt komen van arbeidsbesparende en arbeidsverlichtende beregeningsapparatuur zoals de haspelautomaat.

Het effect van berekening op het bedrijfsresultaat zal worden nagegaan voor een bedrijfsopzet die qua bedrijfsvoering en bedrijfsorganisatie kenmerkend is voor een bepaalde bedrijfsgruotte-klasse in de IJssel-meerpolders. Bij het bepalen van het effect van berekening wordt uitsluitend rekening gehouden met de eventuele verhoging van de kg-opbrengst. Aan kwaliteitsaspecten, zoals schurftbestrijding d.m.v. berekening wordt in deze studie geen aandacht geschonken.

1.2. Werkwijze.

Om voor een bepaalde bedrijfsopzet het effect van berekening op het bedrijfsresultaat te kunnen bepalen, zullen eerst de gemiddelde meeropbrengsten van afzonderlijke gewassen moeten worden vastgesteld.

Het is hierbij noodzakelijk onderscheid te maken tussen twee soorten profielen: grond- en hangwaterprofielen. In tegenstelling tot hangwaterprofielen krijgen grondwaterprofielen vocht toegeleverd uit het grondwater, de zgn. capillaire opstijging. Deze capillaire opstijging, die per grondsoort en met de grondwaterstand varieert, is eveneens vastgesteld. Op grondwaterprofielen, zoals klei- en zavelgronden is echter weinig bekend over een gemiddelde opbrengstverhoging die verwacht mag worden. Voor hangwaterprofielen, vaak zandgronden, is in het verleden wel veel onderzoek verricht. Voor een deel is in dit onderzoek hierbij aansluiting gezocht. Om voor een gewas de gemiddelde

meeropbrengst door berekening te kunnen bepalen, is de volgende werkwijze toegepast: In de eerste plaats is de periodieke neerslag bepaald, per halve maand gedurende een lange periode. Vervolgens is het waterverbruik per gewas vastgesteld eveneens per halve maand en gedurende eenzelfde periode.

Dit waterverbruik wordt verkregen door de openwaterverdamping te vermenigvuldigen met reductiefactoren, die per gewas bepaald zijn. Onder openwaterverdamping wordt verstaan de verdamping aan een open wateroppervlakte. Deze kan worden bepaald door berekening uit meteorologische factoren (methode Penman) of door meting m.b.v. verdampingsspannen of evaporimeters. De reductiefactoren geven de relatie weer van de openwaterverdamping en de gewasverdamping gedurende het groeiseizoen. De neerslaghoeveelheden verminderd met het waterverbruik geeft het verdampingsoverschot (= verdamping - neerslag).

We zien vaak, dat in droge tijden bij grondwaterprofielen, vooral bij ondiep wortelende gewassen, in hoofdzaak de onderkant van de wortelzone door de capillaire opstijging vochtig wordt gehouden. Daar dan wel de capillaire opstijging (in mm) voldoende is, maar niet de stijghoogte kan toch schade aan het gewas ontstaan door uitdroging in de bovenlaag (slapende bieten).

Daarom is de capillaire opstijging in de wortelzone per laag bepaald. Om praktische redenen zijn lagen van 10 cm gekozen. Voor het bepalen van het neerslagtekort (= verdampingsoverschot - capillaire opstijging) is het noodzakelijk dat ook het verdampingsoverschot per laag van 10 cm wordt vastgesteld.

Om nu te komen tot de vochtbalans moet naast het neerslagtekort tevens de hoeveelheid opneembaar vocht aan het begin van het groeiseizoen bekend zijn. Deze wordt afgeleid uit de zgn. pF-curve (zuigspanningscurve) per grondsoort, waarbij het aantal volumepercenten vocht tussen pF 2 en pF 4,2 gelijk is aan het aantal mm beschikbaar vocht per laag van 10 cm.

Aangenomen is verder dat er van droogteschade sprake is als er in de middelste laag van de wortelzone een bepaalde pF-waarde wordt overschreden. Deze kritieke pF-waarde varieert per gewas.

Is deze kritieke pF-waarde bereikt, dan is tevens het moment aangebroken om een eerste berekening toe te passen. Eventuele volgende berekeningstijdstippen worden bepaald door vast te stellen wanneer het bij de kritieke pF-waarde behorende totale vochttekort wordt bereikt. Het totale vochttekort per gewas per halve maand is bepaald

door voor de gehele wortelzone het gehalte aan beschikbaar vocht aan het begin van het groeiseizoen achtereenvolgens te verminderen met de neerslagtekorten per halve maand.

Door uit te gaan van een bepaalde pF-waarde in de middelste laag van de wortelzone en op basis hiervan het eerste berekeningstijdstip te kiezen, kan verondersteld worden dat per eenheid berekening het effect op de opbrengst voor zowel grond- als hangwaterprofielen gelijk is.

Dit betekent dat de regressieformules die door onderzoek bepaald zijn op hangwaterprofielen (zandgronden) ook voor grondwaterprofielen (klei- en zavelgrond) gebruikt kunnen worden. De regressieformules geven het verband aan tussen meeropbrengst en noodzakelijke effectieve regengiften in verschillende perioden van het groeiseizoen. Na de bepaling van de gemiddelde meeropbrengsten per gewas is voor de beoordeling van het effect van de berekening op het bedrijfsresultaat tevens aandacht geschonken aan de daarmee verbonden kosten.

2. VOCHTBALANS IN DE GROND.

2.1. Neerslag en verdamping.

Neerslag en verdamping lopen van jaar tot jaar sterk uiteen. Dit is vooral het geval bij de neerslag, zowel wat betreft de hoeveelheid als de verdeling in tijd. Bij het berekenen van de invloed van berekening is het mogelijk om periodieke neerslagcijfers te gebruiken die zijn afgeleid uit tabellen met k-daagse neerslagsommen (Rijtema, 1971).

We nemen hierbij aan dat de neerslag regelmatig verdeeld over een bepaalde periode valt, in dit geval een halve maand, hoewel hierdoor een te gunstige verdeling wordt voorgesteld.

Periodieke weergave van de neerslaghoeveelheden gedurende een lange periode is mogelijk door zgn. onderschrijdingskansen aan te geven, waardoor niet voor elk jaar afzonderlijk k-daagse neerslagsommen weergegeven behoeven te worden (Rijtema, 1971).

De onderschrijdingskans van een bepaalde neerslaghoeveelheid in een periode is een goed criterium om een bepaalde droogtegraad weer te geven van deze periode.

De verschillende onderschrijdingskansen die gekozen zijn, zijn resp. 90%, 50%, 20%, 10% en 1%. In tabel 1 is vervolgens de periodieke neerslag per halve maand weergegeven met de bijbehorende onderschrijdingskansen. Het getal 22 in de periode 15/4 - 1/5 betekent bijvoorbeeld dat er een kans van 20% (éénmaal in de vijf jaar) bestaat dat er in deze periode minder dan 22 mm neerslag valt.

Tabel 1. Neerslag in mm per halve maand en de daarbij behorende onderschrijdingskansen (naar Rijtema, 1971).¹⁾

onderschrijdings- kans (%) (waarnemingspe- riode van 100 jaar)	groeiseizoenen in halfmaandelijke perioden										
	15/4	1/5	15/5	1/6	15/6	1/7	15/7	1/8	15/8	1/9	15/9
90	32	42	37	46	46	47	44	38	49	38	
50	30	40	29	39	33	34	28	22	42	31	
20	22	32	28	39	27	24	17	13	35	23	
10	21	31	20	32	24	27	17	10	32	23	
1	18	19	14	17	17	17	13	5	27	22	

¹⁾ Deze gegevens zijn ontleend aan waarnemingen van het weerstation Winterswijk. Vastgesteld is dat deze cijfers ongeveer overeenkomen met die voor de IJsselmeerpolders.

Eveneens kan een dergelijke tabel met de openwaterverdamping worden gemaakt. Deze cijfers worden voor een aantal stations door het KNMI volgens de methode van Penman bepaald. De maximale verdamping vertoont veel minder variatie dan de neerslag. Doorgaans zal de variatie van groeiseizoen tot groeiseizoen niet veel meer bedragen dan 10%. Op grond hiervan is met de in tabel 2 gegeven verdampingscijfers gewerkt die gebaseerd zijn op de berekende openwaterverdamping. Hierbij is aangenomen dat deze verdampingshoeveelheden optreden bij de in tabel 1 weergegeven neerslagverdelingen. Het getal 51 in de periode 15/4 - 1/5 betekent dat er een kans van 1% (éénmaal in de honderd jaar) bestaat dat er in deze periode meer dan 51 mm verdamping plaats vindt.

Tabel 2. De openwaterverdamping in mm per halve maand en de daarbij behorende overschrijdingskans (naar Rijtema, 1971).¹⁾

overschrijdings- kans (%) (waarnemingsperiode van 100 jaar)	groeiseizoen in halfmaandelijke perioden										
	15/4	1/5	15/5	1/6	15/6	1/7	15/7	1/8	15/8	1/9	15/9
90	44	56	50	63	63	63	60	53	56	44	
50	44	56	50	63	63	63	60	53	56	44	
20	44	56	50	63	68	65	63	58	59	45	
10	44	56	50	66	66	70	68	60	59	49	
1	51	51	58	61	75	76	73	65	58	51	

¹⁾ De cursieve getallen vertonen geringe afwijkingen door de gehanteerde verwerkingwijze van de KNMI-cijfers.

Om nu te komen tot een tabel met periodieke verdampingsoverschotten (verdamping - neerslag) zal eerst bepaald moeten worden welk verband er is tussen de verdamping van verschillende gewassen en de openwaterverdamping gedurende het groeiseizoen. Voor verschillende gewassen zijn reductiefactoren bepaald die deze relatie weergeven.

Deze reductiefactoren zijn gegeven in tabel 3.

Tabel 3. Reductiefactoren voor de openwaterverdamping (Eo, Penman) voor verschillende gewassen gedurende het groeiseizoen (naar Hellings, 1971).

gewassen	groeiseizoen in halfmaandelijke perioden										
	15/4	1/5	15/5	1/6	15/6	1/7	15/7	1/8	15/8	1/9	15/9
aardappelen	-	0,5	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	-	
uien	-	0,5	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	-	
suikerbieten	-	0,4	0,4	0,6	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	
wintertarwe	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	-	-	-	-	

Er is in tabel 3 van uitgegaan dat de vochtvoorziening van de plant optimaal is, waardoor de verdamping maximaal (potentieel) is. De getallen die in tabel 3 vermeld staan, zijn in werkelijkheid in de aangegeven perioden niet constant zoals hier is verondersteld. De verschillen in reductiefactoren van consumptie- en pootaardappelen zijn minimaal en daarom niet weergegeven. De laatste twee reductiefactoren hebben uitsluitend betrekking op consumptie-aardappelen. Daar de cijfers voor uien ontbreken, zijn ze hier gelijk gehouden aan die van aardappelen, vanwege een ongeveer overeenkomende groei-periode en een overeenkomende gevoelige periode.

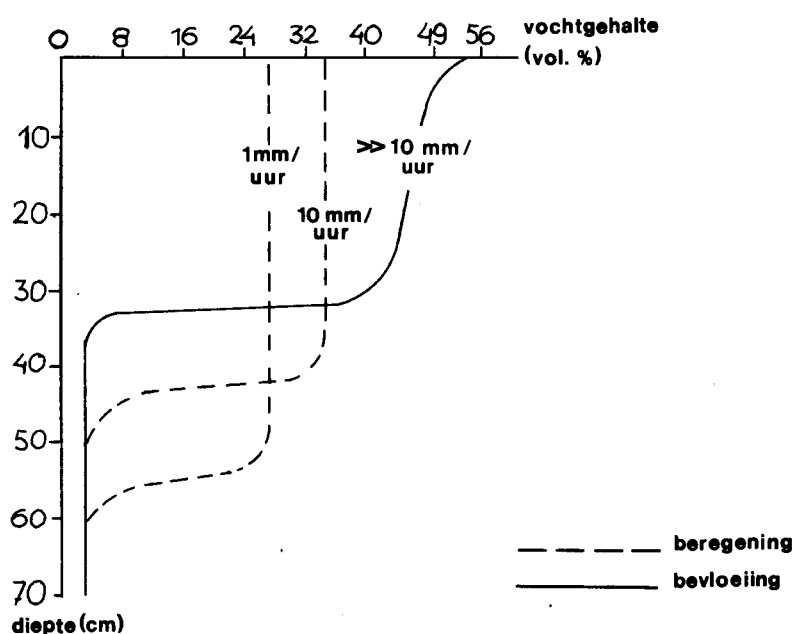
De voor wintertarwe gebruikte cijfers zijn afgeleid van de reeds bekende cijfers voor zomertarwe. Hierbij is rekening gehouden met de wat vroegere groei en ontwikkeling van wintertarwe.

Door vermenigvuldiging van deze reductiefactoren met de openwaterverdamping per halve maand, is voor ieder gewas een verdampingstabel op te stellen. Wanneer vervolgens de neerslag afgetrokken wordt, ontstaat voor ieder gewas een tabel met verdampingsoverschotten (tabel 4).

Tabel 4. Periodieke verdampingsoverschotten in mm per halve maand met de bijbehorende overschrijdingskansen voor verschillende gewassen.

overschrijdings- kans (%) (waarnemingsperiode van 100 jaar)	groei-eizoenen in halfmaandelijke perioden										
	15/4	1/5	15/5	1/6	15/6	1/7	15/7	1/8	15/8	1/9	15/9
<u>a. aardappelen en uien</u>											
90	-	-	-	4	11	10	10	4	-10	-	
50	-	-	6	11	24	23	26	20	-7	-	
20	-	-	7	12	34	35	40	33	-6	-	
10	-	-	15	21	36	36	44	38	9	-	
1	-	7	27	32	51	51	53	47	14	-	
<u>b. suikerbieten</u>											
90	-	-	-	-	11	10	10	10	1	2	
50	-	-	-	-	24	23	26	26	8	9	
20	-	-	-	-	34	35	40	39	18	18	
10	-	-	0	8	36	36	44	44	21	21	
1	-	1	9	28	51	51	53	54	25	24	
<u>c. wintertarwe</u>											
90	-	3	8	11	11	3	-	-	-	-	
50	1	5	16	18	24	16	-	-	-	-	
20	9	13	17	18	30	28	-	-	-	-	
10	10	14	25	27	37	29	-	-	-	-	
1	20	22	38	38	51	44	-	-	-	-	

Omdat zoals reeds eerder gesteld bij grondwaterprofielen de verdamping en neerslag per laag in de wortelzone bepaald moet worden, moeten we het verdampingsoverschot, dat opgebouwd is uit neerslag en verdamping, verdelen over de wortelzone. Hoe deze verdeling in werkelijkheid is, is moeilijk na te gaan. Wel weten we dat bij een goede vochtvoorziening de verdamping in de bovenste lagen het grootst is, vanwege een intensievere beworteling in deze lagen. Wat betreft de regenval laat figuur 1 zien dat eerst de bovenste lagen op veldcapaciteit gebracht worden (pF 2, is 32 vol.% vocht), vervolgens de dieper gelegen lagen.



Figuur 1. Infiltratie in een zware leemgrond bij drie verschillende beregeningsintensiteiten, waarbij 80 mm is toegediend (bron: Drainage principles and applications: I. Introductory subjects, ILRI, Wageningen 1972).

Beschouwen we nu het verdampingsoverschot als regelmatig verdeeld over de wortelzone, dan wordt daarbij verondersteld dat neerslag en verdamping wél regelmatig verdeeld zijn over de wortelzone. Deze aanname is te rechtvaardigen door te veronderstellen dat afwijkingen van de werkelijke neerslagverdeling gecompenseerd worden door afwijkingen van de werkelijke verdamping per laag, daar deze steeds tegengesteld zijn.

2.2. Capillaire opstijging.

In tegenstelling tot hangwaterprofielen krijgen grondwaterprofielen vocht toegeleverd uit het grondwater, de zgn. capillaire opstijging. Deze capillaire opstijging is in hoge mate afhankelijk van het capillair geleidingsvermogen van de grond.

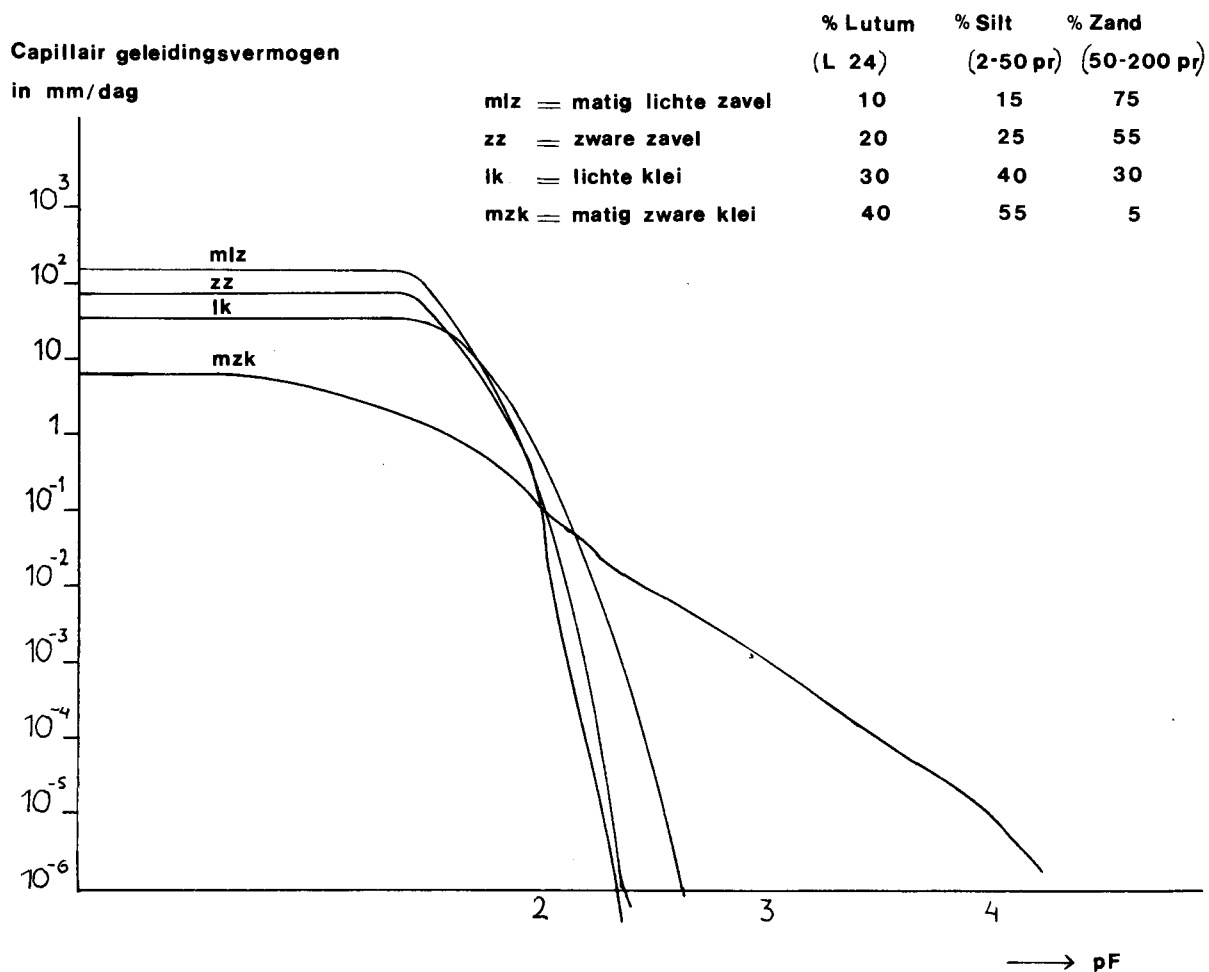
Dit capillair geleidingsvermogen wordt weer in sterke mate beïnvloed door het vochtgehalte van de grond. Aan het stromingsproces nemen alleen de met water gevulde poriën deel (De Vries, 1974). Een daling van het vochtgehalte en dus een stijging van de zuigspanning betekent een afname van de met water gevulde poriën, en een afname van het capillair geleidingsvermogen (figuur 2).

Uit figuur 2 blijkt, dat bij lage pF het capillair geleidingsvermogen van zavelgronden hoger is dan bij kleigronden, omdat de met vocht gevulde poriën bij de laatste gronden nauwer zijn en dus bij de opstijging meer weerstand geven.

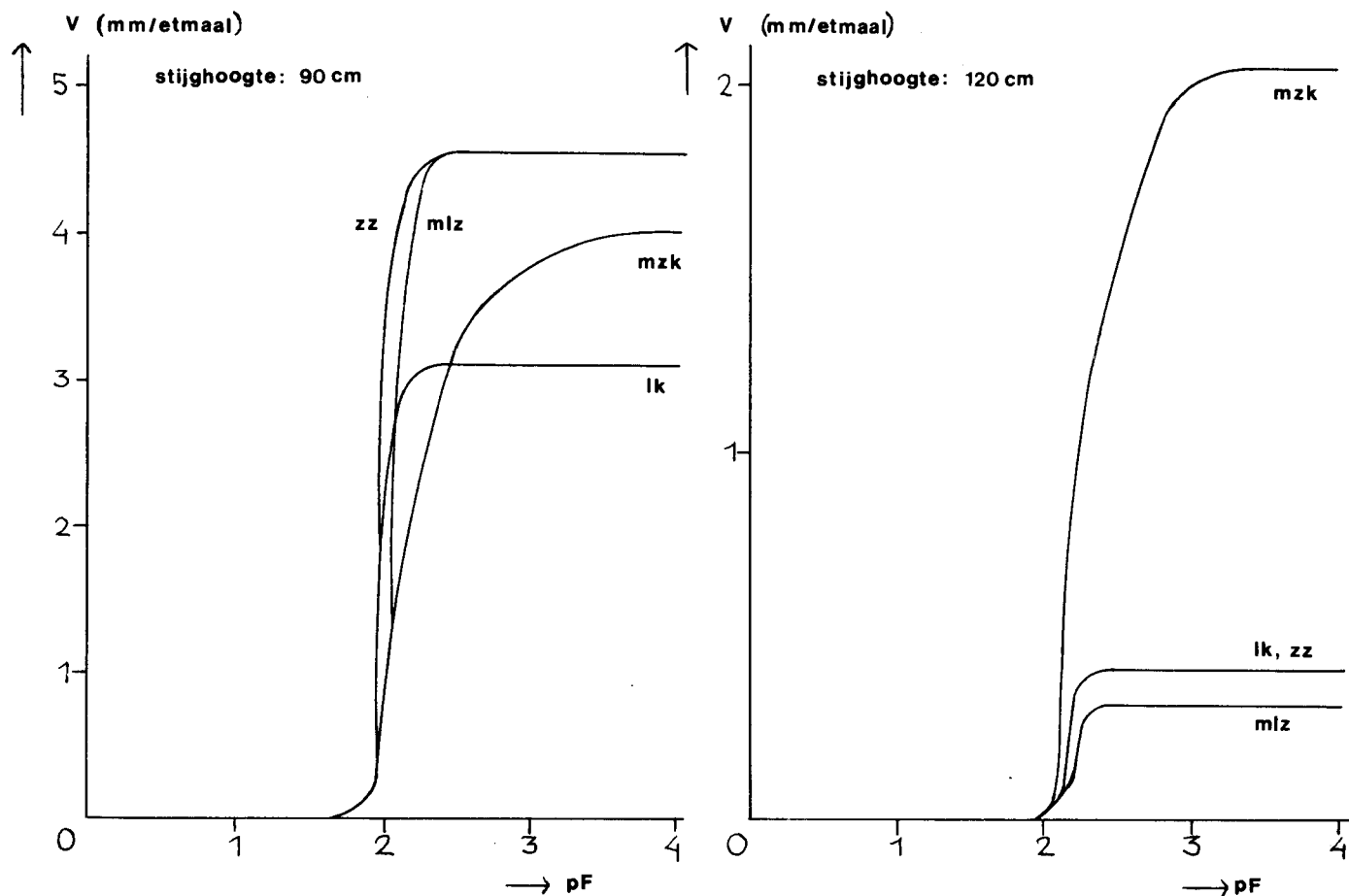
Bij een pF van ca. 2,5 verliezen de grote poriën bij zavel echter hun vocht, waardoor het capillair geleidingsvermogen lager wordt dan dat van klei.

Dit heeft tot gevolg (zie figuur 3) dat bij een stijghoogte van 0-90 cm, reeds bij een pF -waarde van ca. 2, vrij grote stijgsnelheden geconstateerd worden bij zavelgronden. Bekijken we echter een stijghoogte van b.v. 120 cm, dan is zelfs bij een pF -waarde van ca. 4 de stijgsnelheid nog slechts 0,5 mm per etmaal. De stijgsnelheid van zavel blijft dan achter bij die van klei.

Het voorgaande houdt in dat bij een wortelzone van b.v. 50 cm, bij een grondwaterstand van 150 cm beneden maaiveld bij zavelgronden in het algemeen meer vocht binnenkomt dan bij kleigronden, terwijl het vocht bij kleigronden beter over de wortelzone verdeeld wordt. Dit is ook uit tabel 5 af te leiden, waarin voor vier grondsoorten voorkomend in de IJsselmeerpolders per laag van 10 cm vanaf maaiveld de hoeveelheid capillaire opstijging bij een grondwaterstand van 150 cm bepaald is.



Figuur 2. Capillair geleidingsvermogen in afhankelijkheid van de zuigspanning (volgens gegevens Bloemen, 1975).



Figuur 3. Relatie tussen pF en stijgsnelheid (mm/etmaal) bij twee verschillende stijghoogten, gerekend vanaf grondwaterniveau.

Tabel 5. Capillaire opstijging in mm per halve maand per laag van 10 cm vanaf maaiveld voor verschillende grondsoorten bij een grondwaterstand van 150 cm, bij een pF-waarde tussen 2 en 3.

afstand vanaf maaiveld (cm)	matig lichte zavel		zware zavel		lichte klei	
	capillaire opstijging		capillaire opstijging		capillaire opstijging	
	mm per halve maand	in % van de laag 0-50 cm	mm per halve maand	in % van de laag 0-50 cm	mm per halve maand	in % van de laag 0-50 cm
0-10	0	0	0	0	1,5	6
10-20	1,5	5	1,5	5	1,5	6
20-30	3,0	10	3,0	10	3,0	12
30-40	7,5	25	9,0	29	7,5	28
40-50	18,0	60	18,0	56	13,5	48
totaal	30,0		31,5		27,0	

In tabel 5 is te zien dat de capillaire opstijging in de laag van 40-50 cm bij alle grondsoorten vrij hoog is en in alle gevallen zal in deze laag het verdampingsoverschot volledig worden gecompenseerd door de capillaire opstijging. Uit figuur 3 is gebleken dat bij een bepaalde stijghoogte de capillaire opstijging voor matig lichte zavel, zware zavel en lichte klei nauwelijks varieert met de pF (bij waarden tussen pF 2 en pF 3), dit in tegenstelling voor matig zware klei. In dit pF-traject (2-3) ligt voor alle in beschouwing genomen gewassen de kritieke pF-waarde.

In tabel 5 is matig zware klei niet opgenomen. In het rapport van Bloemen (1975) is voor deze grondsoort geen duidelijke verdeling van het capillaire vocht in de laag van 0-50 cm onder maaiveld af te leiden.

Berekening, zoals in deze studie toegepast, van de opbrengstverhoging door berekening is dientengevolge uiterst moeilijk. Als alleen de hoeveelheid vocht bepaald wordt die op 50 cm onder maaiveld binnenkomt, dan blijkt dit in het pF-traject van 2,5 tot 3,0 te variëren van ca. 37 tot 45 mm per halve maand. Gesteld kan worden dat bij deze grond (matig zware klei) de vochttoevoer uit de ondergrond bij een grondwaterstand van 1,50 m, hoger is dan bij de andere drie genoemde gronden. Het effect van berekening op de opbrengsten zal op matig zware klei daarom minder zijn dan op de andere drie gronden. In deze studie zal niet verder bepaald worden wat het effect is van berekening op matig zware klei.

De IJsselmeerpolders worden ontwaterd op ongeveer 120 cm en dit komt voor een gemiddeld jaar overeen met de grondwaterstand gedurende het groeiseizoen. In droge jaren kan de grondwaterstand evenwel lager zijn en dit zijn juist de jaren waarin we een effect van berekening kunnen

verwachten, zodat er voor berekeningen van een diepere grondwaterstand dan 120 cm is uitgegaan.

Veel lager dan 150 cm zal de grondwaterstand in de IJsselmeerpolders niet dalen, omdat door infiltratie de grondwaterstand zoveel mogelijk op peil wordt gehouden. Op deze manier wordt dus de daling tijdens het groeiseizoen gedeeltelijk gecompenseerd.

2.3. Vochtbalans in de loop van het groeiseizoen.

Om de periodieke vochtonttrekkingen gedurende het groeiseizoen te kunnen bepalen, moet voor iedere grondsoort het aantal volumeprocenten opneembaar vocht bekend zijn tussen pF 2,0 en pF 4,2. Dit komt overeen met het aantal mm beschikbaar vocht per laag van 10 cm. Dit interval kan worden afgelezen uit een voor een bepaalde grondsoort bestaande pF -curve.

Deze pF -curves zijn weergegeven in figuur 4.

De pF -curves zijn overwegend afkomstig van gronden uit Oostelijk Flevoland en vertonen een vrij hoog percentage beschikbaar vocht.

Er moet rekening mee gehouden worden dat het percentage beschikbaar vocht wel enigszins zal teruglopen, naarmate deze gronden verder "gerijpt" raken.

Voor de reeds genoemde gewassen zijn achtereenvolgens tabellen gemaakt die de vochthuishouding per halve maand weergeven op de drie beschouwde grondsoorten. Dit geschiedt met behulp van eerder bepaalde verdampingsoverschotten, capillaire opstijgingen en beschikbare vochtgehalten aan het begin van het groeiseizoen.

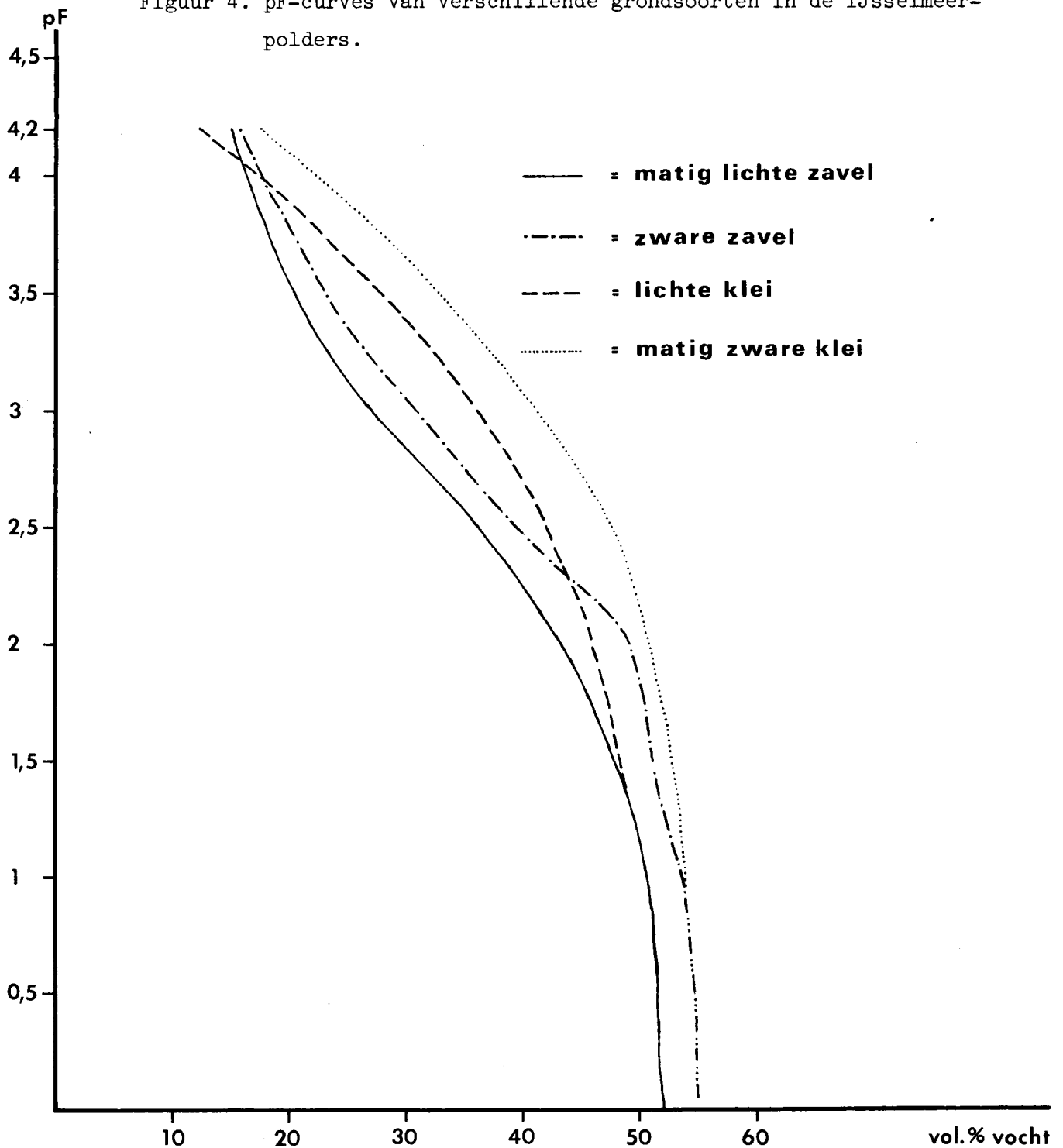
Een voorbeeld van de vochthuishouding van aardappelen is te zien in tabel 6. Hierin is het verloop weergegeven van de hoeveelheid vocht gedurende het groeiseizoen voor matig lichte zavel, in de laag 10-20 cm beneden maaiveld. Gekozen is een zgn. 10% jaar.

Omdat hier een laag van 10 cm bekeken wordt en de totale worteldiepte 50 cm is, zijn de verdampingsoverschotten in tabel 6 steeds 20% van de totale verdampingsoverschotten zoals die berekend zijn in tabel 4a.

De verschillen van gewas tot gewas met betrekking tot droogte-gevoelighed kunnen zeer groot zijn. Ze zijn namelijk afhankelijk van verscheidene factoren zoals potentiële verdamping in de loop van het groeiseizoen als gevolg van de morfologie van de plant, tijdstip van de gevoelige perioden, en de worteldiepte.

halten aan het begin van het groeiseizoen.

Figuur 4. pF-curves van verschillende grondsoorten in de IJsselmeerpolders.



Als voorbeeld hiervan dient tabel 6, waarin is weergegeven het verloop van de vochthoeveelheid voor een deel van het groeiseizoen in een 10% jaar, voor grondsoort matig lichte zavel in de laag

Tabel 6. Verloop van de vochtthoeveelheid gedurende het groeiseizoen in een 10%-jaar, voor grondsoort matig lichte zavel in de laag 10-20 cm onder maaiveld met als gewas aardappelen.

bodemvoorraad ¹ 15/5 (mm)	28,1
verdampingsoverschot (mm)	<u>3,0</u> -
	25,1
capillaire nalevering (mm)	<u>1,5</u> +
bodemvoorraad ¹ 1/6 (mm)	26,6
verdampingsoverschot (mm)	<u>4,2</u> -
	22,4
capillaire nalevering (mm)	<u>1,5</u> +
bodemvoorraad ¹ 15/6 (mm)	23,9
verdampingsoverschot (mm)	<u>7,2</u> -
	16,7
capillaire nalevering (mm)	<u>1,5</u> +
bodemvoorraad ¹ 1/7 (mm)	18,2
verdampingsoverschot (mm)	<u>7,2</u> -
	11,0
capillaire nalevering (mm)	<u>1,5</u> +
bodemvoorraad ¹ 15/7 (mm)	12,5
verdampingsoverschot (mm)	<u>8,8</u> -
	3,7
capillaire nalevering (mm)	<u>1,5</u> +
bodemvoorraad ¹ 1/8 (mm)	5,2
verdampingsoverschot (mm)	<u>7,6</u> -
	-2,4
capillaire nalevering (mm)	<u>1,5</u> +
bodemvoorraad ¹ 15/8 (mm)	-0,9

(De negatieve getallen behoren eigenlijk nul te zijn, er is dan sprake van volledige uitdroging, d.w.z. neerslag + capillaire nalevering is kleiner dan verdamping)

¹beschikbaar vocht.

Het verschil ten aanzien van dit laatste punt kan bij grondwaterprofielen zeer sterk naar voren komen: diep wortelende gewassen kunnen beter van de capillaire opstijging profiteren dan ondiep wortelende gewassen. Dit komt in de volgende berekeningen dan ook duidelijk naar voren.

3. BEREKENING VAN DE GEMIDDELDE MEEROPBRENGSTEN.

3.1. Aardappelen.

Bij aardappelen gaan we in de berekeningen uit van een bewortelingsdiepte van 50 cm. Dit betekent dat dit gewas relatief weinig kan profiteren van de capillaire opstijging, waardoor het tamelijk gevoelig is voor droogte. Deze droogtegevoeligheid wordt mede veroorzaakt doordat in een dunne wortelzone betrekkelijk weinig water beschikbaar is. Bij aardappelen is duidelijk periodiciteit waar te nemen tijdens het groeiseizoen wat betreft gevoeligheid voor droogte. Valt een ernstige droogteperiode juist in zo'n voor aardappelen gevoelige periode, dan kan irreversibele schade optreden, die niet goedgeemaakt kan worden door regenval na die tijd.

Omdat één van de gevoelige perioden bij aardappelen juist valt in de periode met het grootste verdampingsoverschot, eind juli - begin augustus, is het juist voor dit gewas erg belangrijk dat we de vochtvoorziening in de hand hebben.

Uit de gegevens over de neerslag, verdamping en de capillaire opstijging in de grond die in hoofdstuk 2 zijn afgeleid, kunnen we nu de vochtbalansen opstellen voor jaren met uiteenlopende neerslagtekorten op verschillende grondsoorten. In tabel 6 is hiervan een voorbeeld gegeven voor een matig lichte zavel.

Om nu te bepalen wanneer berekening nodig zou kunnen zijn, wordt eerst een kritieke pF-waarde op de helft van de wortelzone, dus voor aardappelen in de laag 20-30 cm onder maaiveld vastgesteld. Voor aardappelen is pF 2,5 aangehouden. Uit de pF-curven (zie figuur 4) kan afgelezen worden met welk vochtgehalte dit overeenkomt. Als de kritieke pF bereikt wordt, dan wordt ook het totale vochttekort bepaald in de hele wortelzone. Hieronder wordt verstaan de afwijking in mm van het vochtgehalte t.o.v. het vochtgehalte bij pF 2,0.

Dit totale vochttekort wordt nu aangehouden als criterium voor het bepalen van eventuele volgende berekeningstijdstippen.

Omdat het water van de beregeningsgiften niet regelmatig wordt verdeeld over de lagen van 10 cm (zie figuur 1) is het noodzakelijk om na de eerste berekening over te gaan op dit laatstgenoemde criterium. In tabel 7 is een voorbeeld gegeven van de bepaling van het beregeningstijdstip voor een bepaalde situatie.

Bij de berekening is gebleken dat in de zgn. 1%- , 10%- en 20%-jaren

het totale vochttekort bij de kritieke pF niet gelijk is. De verschillen zijn echter niet groot, en daarom verwaarloosd.

Tabel 7. Uitgewerkt voorbeeld van de bepaling van het beregeningstijdstip bij aardappelen, in dit geval op matig lichte zavel in een 10%-jaar.
Het vochtgehalte wordt steeds per laag van 10 cm bepaald en uitgedrukt in mm.

juni 1	A	N	E	R	juni 2	A	N	E	R
0-10	28,1	-4,2	23,9		0-10	23,9	-7,2	16,7	
10-20	28,1	-2,7	25,4		10-20	25,4	-5,7	19,7	
20-30	28,1	-1,2	26,9		20-30	26,9	-4,2	22,7	
30-40	28,1	0	28,1		30-40	28,1	0	28,1	
40-50	28,1	0	28,1		40-50	28,1	0	28,1	
juli 1	A	N	E	R	juli 2	A	N	E	R
0-10	16,7	-7,2	9,5	6/7	0-10	28,1	-8,8	19,3	21/7
10-20	19,7	-5,7	14,0		10-20	14,4	-7,3	7,1	
20-30	22,7	-4,2	18,5		20-30	18,5	-5,8	12,7	
30-40	28,1	0	28,1		30-40	28,1	-1,3	26,8	
40-50	28,1	0	28,1		40-50	28,1	0	28,1	
aug. 1	A	N	E	R	aug. 2	A	N	E	R
0-10	28,1	-7,6	20,5	5/8	0-10	28,1	-1,8	26,3	
10-20	17,3	-6,1	11,2		10-20	22,6	-0,3	22,3	
20-30	12,7	-4,6	8,1		20-30	8,1	+1,2	9,3	
30-40	26,8	-0,1	26,7		30-40	26,7	+1,4	28,1	
40-50	28,1	0	28,1		40-50	28,1	0	28,1	

De kritieke vochtvoorraad bij pF 2,5 in de laag 20-30 cm is hier 21,2 mm; dit komt overeen met een kritiek totaal vochttekort van 32,0 mm in de laag van 0-50 cm.

A = hoeveelheid beschikbaar vocht aan het begin van een periode.

N = neerslagtekort (=verdampingsoverschot - capillaire opstijging).

E = hoeveelheid beschikbaar vocht aan het eind van een periode als niet berekend zou zijn in die periode.

R = datum van berekening in die bepaalde periode.

In tabel 8 worden nu de noodzakelijke effectieve regengiften voor verschillende grondsoorten en verschillende droogtegevoelige jaren gegeven met bijbehorend tijdstip waarop de toediening moet geschieden. Dit is af te lezen uit tabellen overeenkomstig het voorbeeld in tabel 7.

Tabel 8. Noodzakelijke effectieve regengiften bij consumptie- en pootaardappelen voor verschillende grondsoorten en verschillende droogtegevoelige jaren weergegeven met bijbehorend tijdstip waarop de toediening moet geschieden.

grondsoort	overschrijdingskans (%) (waarnemingsperiode van 100 jaar)	benodigde effectieve hoeveelheid regen (mm)					
		1/5- 20/5	21/5- 10/6	11/6- 30/6	1/7- 20/7	21/7- 10/8	11/8- 31/8
		a1	a2	a3	a4	a5*	a6*
matig lichte zavel	1	-	-	19	57	38	-
	10	-	-	-	19	38	-
	20	-	-	-	19	19	19
	50	-	-	-	-	-	-
	90	-	-	-	-	-	-
zwarte zavel	1	-	-	19	38	38	-
	10	-	-	-	19	19	19
	20	-	-	-	19	19	-
	50	-	-	-	-	-	-
	90	-	-	-	-	-	-
lichte klei	1	-	-	38	19	38	-
	10	-	-	-	38	19	-
	20	-	-	-	19	19	-
	50	-	-	-	-	19	-
	90	-	-	-	-	-	-

*De regengiften in deze periode gelden alleen voor consumptie-aardappelen.

Uit de berekeningen blijkt, dat beregenen van aardappelen voor 1 juli niet nodig is op de in beschouwing genomen grondsoorten, uitgezonderd in 1%-jaren (zie tabel 8). De berekening kan in vrij droge jaren doorgaan tot in de periode van 11-31 augustus. Voor consumptie-aardappelen levert dit wat betreft de oogst in het algemeen geen problemen op. Bij pootaardappelen kan echter minder lang worden doorgegaan met het beregenen. Vooral bij hoog geklasseerd pootgoed, dat vaak al in juli wordt doodgespoten, kan in het algemeen maar weinig fysieke opbrengstverhoging verwacht worden. Hier staat uiteraard tegenover dat opbrengstverhoging bij pootgoed per eenheid meer opbrengt dan bij consumptieaardappelen.

De regengiften die in tabel 8 gegeven zijn, kunnen ingevuld worden in een regressieformule die voor aardappelen bepaald is. Deze regressieformule, die na langjarige proeven op zandgrond is ontwikkeld, geeft de meeropbrengst weer in afhankelijkheid van de effectieve regengiften in de verschillende

perioden van het groeiseizoen.

De formule luidt als volgt:

$$Y = -180,0X_1 - 51,4X_2 + 97,8X_3 + 133,8X_4 + 300,0X_5 + 159,9X_6 - 457,1.$$

(X_1 tot en met X_6 stellen hier de effectieve regengiften voor, toegevend in de twintigdaagse perioden a_1 tot en met a_6).

Om de gemiddelde meeropbrengst te berekenen aan de hand van de meeropbrengsten in 1%-, 10%-, 20%-, 50%- en 90%-jaren is de zgn. trapezium-formule gebruikt:

$$Y_{\text{gemidd.}} = 1/89 \left\{ 9 \left(\frac{Y(1\%) + Y(10\%)}{2} \right) + 10 \left(\frac{Y(10\%) + Y(20\%)}{2} \right) + 30 \left(\frac{Y(20\%) + Y(50\%)}{2} \right) + 40 \left(\frac{Y(50\%) + Y(90\%)}{2} \right) \right\}.$$

In tabel 9 zijn de gemiddelde meeropbrengsten weergegeven.

Tabel 9. Meeropbrengsten bij aardappelen, in kg/ha, door berekening in 1%-, 10%-, 20%-, 50%- en 90%-jaren en gemiddeld op verschillende grondsoorten.¹

overschrijdingskans (%) (waarnemingsper. v. 100 j.)	meeropbrengsten in ...%-jaren										gemiddelde meerop- brengst kg/ha	
	1		10		20		50		90			
grondsoort	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P
matig lichte zavel	20430	9030	13490	2090	10820	2090	-	-	-	-	4910	1150
zware zavel	17890	6490	10820	2090	7790	2090	-	-	-	-	3810	1020
lichte klei	17200	5800	10330	4630	7790	2090	5240	-	-	-	5780	1260

C = consumptie-aardappelen P = pootaardappelen

¹De berekende meeropbrengst voor consumptie-aardappelen geldt ook voor zaaiuien.

Op grond van deze berekeningen kan gesteld worden dat een fysieke meeropbrengst verwacht mag worden van 8 tot 13% bij consumptie-aardappelen en van 3 tot 4% bij pootaardappelen, afhankelijk van de grondsoort.

3.2. Uien.

De bewortelingsdiepte van uien komt overeen met die van aardappelen. Wortels beneden 50 cm komen sporadisch voor. Deze worteldiepte van 50 cm zal in deze studie worden aangehouden. Als kritieke grens voor het tijdstip van berekening is genomen $pF = 2,5$ op de helft van de wortelzone (dit is 20-30 cm onder maaiveld) (Feddes, 1969).

Voor uien zijn geen reductiefactoren en geen regressieformule bekend.

Om toch tot een zeker inzicht te komen omtrent een mogelijke opbrengstverhoging door berekening bij uien worden hier de reductiefactoren en regressieformule van aardappelen gehanteerd. Dit op grond van het feit dat de lengte van het groeiseizoen en het tijdstip van de gevoelige perioden aan het begin van knol- resp. bolgroei in grote lijnen samenvallen.

Bij eventuele berekening van uien moet wel rekening gehouden worden met enige schade aan het gewas, omdat de bladeren van de ui, de zgn. pijpen, gemakkelijk kunnen knakken. Deze schade is te beperken door te werken met kleine regengiften en met voldoende druk aan de spuitmond, waardoor kleine druppels ontstaan.

Om een gemiddelde opbrengstverhoging vast te stellen, is dezelfde weg gevolgd als bij aardappelen.

Bij voorgaande aannamen zal de fysieke opbrengstverhoging door berekening bij uien overeenkomen met die van consumptie-aardappelen. Voor de verkregen meeropbrengst van uien kan dan ook verwezen worden naar de cijfers voor consumptie-aardappelen in tabel 9.

Deze cijfers zullen in de nog volgende berekeningen worden gebruikt. Toch moeten de cijfers met de nodige voorzichtigheid worden gehanteerd en in de toekomst zonodig worden aangepast. Allereerst zijn verdampingscijfers en regressieformule van aardappelen gebruikt en ten tweede is nog maar weinig bekend over de reactie van uien op berekening in verband met extra vatbaarheid voor ziekten e.d.

3.3. Suikerbieten.

Suikerbieten wortelen ongeveer 70 à 80 cm. Bij suikerbieten kan dan ook op grondwaterprofielen met een grondwaterstand van 150 cm geen grote opbrengstverhoging verwacht worden door berekening.

In tegenstelling tot aardappelen en uien hebben bieten geen duidelijk gevoelige periode in de loop van het groeiseizoen. Irreversibele droogteschade komt bij dit gewas dan ook in de regel niet voor. Groeivertraging die door droogte op een bepaald moment optreedt, kan door verhoogde groei bij latere regengiften vaak weer goedge maakt worden. Wel is het zo dat tijdens zo'n droogteperiode de fotosynthese potentieel vaak hoger is dan in een periode waarin veel vocht voorkomt. De opbrengstverhoging die door berekening kan ontstaan, is dan ook waarschijnlijk voor een belangrijk deel een gevolg van de betere lichtbenutting in een dergelijke

droge, zonnige periode.

Suikerbieten zijn iets minder droogtegevoelig dan b.v. aardappelen, zodat met berekening iets langer gewacht kan worden.

Als kritieke grens is dan ook pF 2,7 genomen op de helft van de wortelzone (d.i. 30-40 cm onder maaiveld) (Feddes, 1969). Overeenkomstig voorgaande berekeningen kunnen nu de benodigde effectieve regengiften bepaald worden. Bij verdere berekeningen behoeft nu echter geen rekening gehouden te worden met de regengiften per periode in het groeiseizoen omdat we niet met speciaal gevoelige perioden te maken hebben, m.a.w. de invloed per eenheid regengift op de opbrengst is gedurende het gehele groeiseizoen gelijk. De regressieformule ziet er dan ook veel eenvoudiger uit dan die van aardappelen en luidt als volgt: $Y = 204,5X - 1026,1$ waarin X de totale effectieve hoeveelheid kunstmatige regen in mm voorstelt die tijdens het groeiseizoen is toegediend. Uit berekeningen analoog aan die van de vorige gewassen blijkt, dat de verdamping in de laag 30-40 cm onder maaiveld ook in een 1%-jaar voldoende wordt gecompenseerd door de capillaire nalevering.

Bij de vastgestelde uitgangspunten kan dus geen opbrengstverhoging verwacht worden bij toepassing van kunstmatige berekening op IJsselmeerpoldergronden.

3.4. Wintertarwe.

De bewortelingsdiepte van wintertarwe komt overeen met die van bieten en wordt hier dan ook gesteld op 70 cm. Deze worteldiepte heeft weer tot gevolg dat, aangenomen dat het verdampingsoverschot regelmatig verdeeld is over de wortelzone, per laag van 10 cm de capillaire opstijging voldoende is om deze verdampingsoverschotten te compenseren. Een ander belangrijk verschil met aardappelen is, dat de meest gevoelige periode bij tarwe tijdens het schieten en de bloei valt, dus in juni. Dit is aanmerkelijk vroeger dan de in dit verband gevoelige periode van aardappelen, die eind juli - begin augustus valt. In deze fase van het groeiseizoen heeft tarwe al bijna geen water meer nodig. Uit berekeningen analoog aan die van de in het voorgaande besproken gewassen is dan ook gebleken dat in de laag van 30-40 cm onder maaiveld onder deze omstandigheden geen vochttekort van betekenis optreedt, zodat de kritieke grens, die bij tarwe op pF 2,7 is gesteld, niet bereikt wordt.

Ook bij dit gewas is dus geen opbrengstverhoging door berekening te verwachten, uitgaande van de eerder vermelde uitgangspunten.

3.5. Gemiddelde opbrengstverhoging afhankelijk van de grondsoort.

Zoals in voorgaande berekeningen te zien is, maakt het nogal wat verschil uit voor de gemiddelde opbrengstverhoging met welke grondsoort we te maken hebben. Berekening van aardappelen en uien geeft op lichte klei (een van de drie in beschouwing genomen grondsoorten) de meeste opbrengstverhoging. Als reden geldt dat het moment waarop berekend moet worden op kleigrond eerder bereikt is dan op zavelgronden, omdat de pF bij eerstgenoemde grond bij afnemend vochtgehalte sneller stijgt (figuur 4). Het is misschien gerechtvaardigd om voor kleigronden de uitdrogingsgrens iets hoger te stellen omdat de zuigspanningen van de lagen 0-10 cm en van 20-30 cm onder maaiveld onderling minder verschillen bij kleigronden dan bij zavelgronden. M.a.w. op het moment van berekening heeft de bovenste laag bij zavelgronden een hogere pF -waarde dan de bovenste laag bij kleigronden.

Het is echter moeilijk om juiste grenzen te kiezen en daarom is in voorgaande berekeningen per gewas voor iedere grondsoort dezelfde kritieke pF -waarde gehanteerd.

Ook de verschillen tussen matig lichte zavel en zware zavel zijn in de uitkomsten van de berekeningen duidelijk terug te vinden. Deze verschillen zijn voornamelijk een gevolg van de iets steiler verlopende pF -curve van matig lichte zavel (figuur 4), waardoor bij deze grondsoort de berekening iets eerder wordt aangevangen en dus bij een iets kleiner totaal vochttekort.

Dit totaal vochttekort dient als maat voor nieuwe regengiften en deze zullen dan ook iets vaker toegediend moeten worden dan bij zware zavel. Op grond van deze verschillen is het denkbaar dat voor iedere grondsoort aparte normen moeten worden vastgesteld, t.a.v. de berekeningstijdstippen gedurende het groeiseizoen. Anders gezegd: voor iedere grondsoort moet apart bepaald worden bij welke vochttoestand in de verschillende lagen van de wortelzone de werkelijke verdamping gaat afwijken van de maximale verdamping.

Dit zal proefondervindelijk vastgesteld moeten worden.

4. EFFECT VAN BEREKENING OP BEDRIJFSRESULTAAT.

Om tot een schatting te komen van de invloed van berekening op het uiteindelijke bedrijfsresultaat moeten de kosten, die berekening met zich mee brengt tegen de extra opbrengsten worden afgewogen. Een andere belangrijke factor is of de arbeid die voor kunstmatige berekening nodig is, in voldoende mate aanwezig is. Een en ander zal worden nagegaan aan de hand van enige bedrijfsopzetten, bij variatie van grondsoort en bouwplan. Steeds wordt uitgegaan van één bepaalde bedrijfsgrootte, te weten 48 ha (46 ha cultuurgrond).

Er wordt uitgegaan van twee verschillende bouwplannen, nl.

	<u>bouwplan A</u>	<u>bouwplan B</u>
wintertarwe	18,0 ha (39%)	18,0 ha (39%)
suikerbieten	11,5 ha (25%)	11,5 ha (25%)
zaaiuien	5,0 ha (11%)	5,0 ha (11%)
consumptie-aardappelen	11,5 ha (25%)	-
pootaardappelen	-	11,5 ha (25%)

De grondsoorten die in beschouwing worden genomen, zijn weer achtereenvolgens matig lichte zavel, zware zavel en lichte klei.

4.1. Berekeningscapaciteit en gevolgen voor de arbeidsbehoefte.

Zowel voor bouwplan A als voor bouwplan B bestaat de vaste arbeidsbezetting uit twee arbeidskrachten: de ondernemer en één vaste medewerker.

De volgende werkzaamheden worden in loonwerk uitgevoerd:

bij wintertarwe het maaidorsen en stropersen, bij bieten en uien het rooien. Alle andere werkzaamheden worden zelf of in combinatie uitgevoerd, inclusief het aardappelen sorteren en het selecteren van pootaardappelen. Voor het areaal aardappelen is steeds voldoende bewaarruimte op het bedrijf aanwezig.

In bijlage 1 is een samenvatting gegeven van de arbeidsbehoefte, zonder en met berekening, voor bouwplan A en bouwplan B. De benodigde tijd en het tijdstip van berekening zijn gebaseerd op de situaties bij grondsoort lichte klei. In hoofdstuk 3 is vastgesteld dat bij deze grondsoort het snelst tot berekening zal moeten worden overgegaan.

Aangenomen is dat systematisch berekenen pas goed kan functioneren als er voldoende arbeid voor berekening in een 10%-jaar beschikbaar is. In bijlage 1 is dan ook de arbeidsbehoefte gebaseerd op het aantal malen

beregenen in een 10%-jaar.

De arbeidsbehoefte bij toepassing van beregening is van verschillende factoren afhankelijk, zoals het type regeninstallatie, het aantal benodigde regengiften en de grootte hiervan. Ook perceelslengte en -vorm zijn van invloed.

Bij de bepaling van de arbeidsbehoefte is uitgegaan van een haspelautomaat met een capaciteit van 35 m^3 per uur bij een werkbreedte van 65 meter.

Deze capaciteit komt overeen met 3,5 mm per uur per hectare. Bij een effectieve regengift van 19 mm, hetgeen bij een verlies van 15% overeenkomt met een brutogift van 22 mm, kan gesteld worden dat met deze installatie één hectare in $22/3,5 = 6,3$ uur beregend kan worden.

Aangenomen is een perceelslengte van 300 meter. Per opstelling kan dus een oppervlakte worden beregend van $300 \times 65 = 19.500 \text{ m}^2$, dus ongeveer 2 hectare.

Per opstelling is, afgezien van de tijd nodig voor het verplaatsen en het in bedrijf stellen, aan tijd nodig $2 \times 6,3 = 12,6$ uur.

De arbeid die voor het verplaatsen en in bedrijf stellen nodig is bedraagt ongeveer een half uur per opstelling.

Tellen we dit op bij 12,6 uur dan volgt hieruit dat met deze installatie 1 hectare in 6,5 uur beregend kan worden. Wanneer per etmaal ca. 20 uur beregend kan worden dan betekent dit dat het eenmaal beregenen van het gewas aardappelen en uien in deze bedrijfsopzet ca. 5,5 etmaal in beslag neemt (nl. $16,5 \times 6,5 : 20$).

Dit kost aan arbeid bij elkaar ruim vier uur.

Zoals bijlage 1 laat zien valt de arbeidsbehoefte voor beregening buiten de knelperioden (met pijltjes aangegeven). De gevolgen van toepassing van beregening met haspelinstallaties zijn voor de arbeidsbehoefte bij deze oppervlakte per man dan ook van weinig of geen betekenis.

4.2. Kosten van beregening.

De vervangingswaarde van de regeninstallatie, zoals beschreven in 4.1. bedraagt inclusief pomp en beveiliging f 26.000,--. De totale jaar-kosten hiervan bedragen 22%, waarvan 5,4% (9% van 60%) rente, 12% afschrijving en 4,6% onderhoud en verzekering. Naast deze kosten is er nog sprake van extra brandstofkosten die beregening met zich mee brengt.

Om de kosten tegen de gemiddelde opbrengsten af te wegen worden de gemiddelde brandstofkosten bepaald. Deze gemiddelde kosten variëren met de grondsoort (aantal keren beregenen) en de oogstdatum van de verschillende gewassen.

Met behulp van de reeds eerder toegepaste trapeziumformule (zie hoofdstuk 3) kan uit tabel 8 het gemiddelde aantal regengiften met bijbehorende brandstofkosten in verschillende situaties berekend worden. De resultaten van deze berekeningen staan vermeld in tabel 10.

Tabel 10. Gemiddeld aantal regengiften bij consumptie- en pootaard-appelen voor verschillende grondsoorten en de bijbehorende brandstofkosten in guldens per hectare.

grondsoort	consumptie-aardappelen en zaaiuien		pootaardappelen	
	gemiddeld aan- tal regengiften	brandstofkos- ten (gld/ha)	gemiddeld aan- tal regengiften	brandstofkos- ten (gld/ha)
matig lichte zavel	1,2	38	0,5	16
zware zavel	1,0	32	0,5	16
lichte klei	1,2	38	0,6	19

Bij berekening van de gemiddelde brandstofkosten is uitgegaan van een brandstofverbruik van f 5,- per uur. Uit voorgaande berekeningen is gebleken dat per gift per ha 6,3 uur beregend moet worden, zodat de brandstofkosten per hectare per keer berekening op een bedrag van f 31,50 komen. Optellen van de brandstofkosten en de kosten van de beregeningsinstallatie (afschrijving, rente en onderhoud, die bij elkaar f 5720,- bedragen), levert voor bouwplan A en bouwplan B de totale beregeningskosten per bedrijf en per beregende ha (zie tabel 11).

Tabel 11. Jaarlijkse beregeningskosten in guldens per bedrijf en per beregende hectare, bij bouwplan A en bouwplan B, bij beregening van aardappelen en uien.

grondsoort	bouwplan A		bouwplan B	
	jaarlijkse beregeningskosten		jaarlijkse beregeningskosten	
	per bedrijf (gld)	per beregende ha (gld)	per bedrijf (gld)	per beregende ha (gld)
matig lichte zavel	6350	385	6090	369
zware zavel	6250	379	6090	369
lichte klei	6350	385	6130	372

4.3. Saldoverhoging door berekening.

Met behulp van de kennis van de gemiddelde opbrengstverhogingen (hoofdstuk 3) en informatie uit "Kwantitatieve Akkerbouwinformatie 1975-1976" van het PA zijn in bijlage 2 de saldi berekend van consumptie- en pootaardappelen en zaaiuien op drie verschillende grondsoorten al dan niet met toepassing van berekening. In dit rapport is de aanname gedaan dat op deze drie grondsoorten de saldi gelijk zijn, wanneer niet wordt berekend.

Met de gegevens uit bijlage 2 en tabel 11 is tabel 12 gemaakt, waarbij voor de drie grondsoorten en de twee bouwplannen het verschil van de saldoverhoging en de beregeningskosten per beregende hectare zijn weergegeven.

Tabel 12. Verschil van de saldoverhoging en de beregeningskosten in guldens per bedrijf en per beregende hectare bij bouwplan A en bouwplan B.

grondsoort	bouwplan A		bouwplan B	
	saldoverhoging verminderd met beregeningskosten (gld/ha)	(gld/bedrijf)	saldoverhoging verminderd met beregeningskosten (gld/ha)	(gld/bedrijf)
matig lichte zavel	344	5680	57	940
zware zavel	179	2960	-11	-180
lichte klei	488	8050	109	1800

Zoals tabel 12 laat zien, wordt bij bouwplan A het uiteindelijke bedrijfsresultaat veel sterker beïnvloed dan bij bouwplan B. Dit komt omdat het effect van berekening op consumptie-aardappelen groter is dan op pootaardappelen.

5. SAMENVATTING EN SLOTBESCHOUWING.

5.1. Samenvatting.

Bekijken we uitsluitend de kwantitatieve meeropbrengst die op IJssel-meerpoldergronden door berekening verkregen kan worden, dan blijkt dat bij consumptie-aardappelen en zaaiuien gemiddelde kg-opbrengstverhogingen van ca. 10% bereikt kunnen worden.

Ook op bepaalde grondwaterprofielen met een goed gereguleerde grondwaterstand blijkt dat deze tot ca. 50 cm diep wortelende gewassen in vrij droge jaren gedurende een langere periode de kritieke vochtgrens bereiken, waardoor deze gewassen niet voldoende vocht op kunnen nemen, en de opbrengst diengevolge ook niet optimaal is.

Bij pootaardappelen is een gemiddelde opbrengstverhoging bij toepassing van berekening te verkrijgen van 3 à 4%. Bij de overige gewassen, te weten suikerbieten en wintertarwe, behoeven we op de in beschouwing genomen gronden niet op een opbrengstverhoging te rekenen, omdat de kritieke vochtgrens zelfs in een 1%-jaar niet wordt bereikt. Deze gewassen wortelen nl. dieper dan aardappelen en uien.

Dit betekent niet dat onderzoek naar opbrengstverhoging op grondwaterprofielen door berekening in deze gewassen zinloos zou zijn. Bij betrekkelijk geringe wijziging in grondwaterstand, profiel (b.v. storende lagen) of bewortelingsdiepte, die niet ieder jaar gelijk is, kan berekening ook voor deze gewassen opbrengstverhogend werken. Bij wintertarwe zal berekening echter niet snel nodig zijn, omdat dit gewas na half juli, als het grootste neerslagtekort optreedt, vrijwel geen vocht meer nodig heeft.

5.2. Slotbeschouwing.

Tot dusver is uitsluitend aandacht besteed aan de kwantitatieve opbrengstverhoging door berekening. Behalve deze kwantitatieve aspecten kan berekening ook van invloed zijn op de kwaliteit van een produkt.

Een belangrijk voorbeeld van kwaliteitsverbetering bij toepassing van berekening is de schurftbestrijding in pootaardappelen. Schurft wordt veroorzaakt door een schimmel, die de oppervlakte van de aardappel dermate kan aantasten door verkurking, dat de aardappel voor export ongeschikt wordt en in het binnenland moeilijker verkoopbaar. Bij toepassing van berekening tijdens het begin van de knolzetting wordt een natuurlijke vijand van de

schimmel gestimuleerd, waardoor het schadelijke effect nagenoeg geheel uitblijft. Voor pootgoedtelers op "schurftgevoelige" grond kan dit reeds een aanleiding zijn om een regeninstallatie aan te schaffen.

Ook andere belangrijke kwaliteitsverbeteringen kunnen bij consumptie- en pootaardappelen aan de orde zijn. Doordat met behulp van beregening in het algemeen een regelmatigere groei bereikt wordt, kunnen bijvoorbeeld groeischeuren en doorwas in belangrijke mate worden voorkomen.

Op een geheel ander vlak ligt de toepassing van beregening ter stimulering van de werking van bodemherbiciden, die onder droge omstandigheden nog wel eens te wensen over laat. Veel toepassing heeft dit tot dusver nog niet gevonden, maar nu de haspelautomaat zijn intrede heeft gedaan en arbeid veelal geen beperkende factor meer vormt, is deze toepassingswijze niet onwaarschijnlijk.

Ook gaan reeds stemmen op over toediening van meststoffen of herbiciden via de regeninstallatie. Deze toepassing is echter, niet in de laatste plaats door de gebrekkige verdeling die vooral bij wind kan ontstaan, nog niet aan de orde.

Tot dusver zijn we er steeds van uitgegaan dat er naar behoefte water van goede kwaliteit beschikbaar is. Vaak echter is dit niet het geval en moeten speciale (kostbare) voorzieningen worden aangebracht.

Zo kan het noodzakelijk zijn om een put te boren waaruit grondwater naar boven gepompt moet worden.

Ook kan het waterverbruik, bijvoorbeeld in waterwingebieden, aan wettelijke beperkingen gebonden zijn, waardoor beregening moeilijk of zelfs onmogelijk wordt.

Tenslotte kan de kwaliteit van het water onvoldoende zijn. Het chloorgehalte van het water kan in sommige gevallen vrij hoog zijn, waardoor beregening op aardappelen die gevoelig zijn voor chloor, riskant wordt. Beregening kan een nadelig effect op de structuur van de grond hebben, vooral wanneer de grond slempgevoelig is. Om dit gevaar te beperken, moet met een zo groot mogelijke druk aan de spuitmond worden gewerkt, waardoor kleine druppels ontstaan. Ook de regenintensiteit, dit is het aantal mm per tijdseenheid, mag niet te groot worden. Om de schade van een eventuele regenbui vlak na de kunstmatige beregening te beperken, is het verstandig om met niet te grote giften te werken.

In dit rapport zijn onder meer grenzen aangegeven t.a.v. het tijdstip van de beregening. Gebleken is dat in de praktijk nog vele vragen hieromtrent

leven. Dit onderstreept duidelijk de behoefte aan een eenvoudig systeem met behulp waarvan de boer zelf kan bepalen wanneer hij met berekening moet beginnen, zodat hij niet wacht totdat zichtbare droogteschade optreedt.

LITERATUUR

1. Bloemen, G.W. Berekening van de capillaire stijghoogte voor een
aantal Nederlandse standaardgronden op basis van
textuurkenmerken.
(Nota 857, ICW, 1975)
2. Feddes, R.A. Beregeningsprogramma's.
(ICW, verspreide overdruk, 105, 1969)
3. Groenevelt, P.H. "Physics of soil moisture" in: Drainage Principles
and J.W. Kijne and Applications, I. Introductory Subjects, ILRI,
Wageningen 1972.
4. Hellings, A.J. Methoden voor het bepalen van het tijdstip voor bere-
gening.
(ICW, verspreide overdruk, 104, 1969)
5. Hellings, A.J. Het verband tussen waterverbruik en opbrengst bij
gewassen met duidelijk te onderscheiden gevoelige
perioden.
(Rijkslandbouwconsulentschap voor bodem- en bemes-
tingsvraagstukken, Wageningen, 1971)
6. Hellings, A.J. Het verband tussen waterverbruik en opbrengst bij
gewassen zonder duidelijk gevoelige stadia.
(Rijkslandbouwconsulentschap voor bodem- en bemes-
tingsvraagstukken, Wageningen, 1971)
7. Proefstation voor Kwantitatieve Akkerbouwinformatie 1975-1976.
de Akkerbouw
8. Rijtema, P.E. Een berekeningsmethode voor de benadering van de land-
bouwschade ten gevolge van grondwateronttrekking.
(Nota 587, ICW, 1971)
9. Vries, Th. de Het vochtleverende vermogen van de grond.
(Bedrijfsontwikkeling februari 1974)

Totaal per ha

- = onberekend
+ = berekend

SALDOBEREKENING PER HA GEWAS

Soort gewas	matig lichte zavel				zware zavel			
	consumptie-aardappelen (-)		consumptie-aardappelen (+)		consumptie-aardappelen (-)		consumptie-aardappelen (+)	
	hoev.	prijs	bedrag	hoev.	prijs	bedrag	hoev.	prijs
<u>Opbrengsten</u>								
Hoofdprodukt	37.440	0.19	7.114	41.429	0.19	7.872	40.535	0.19
Bijprodukt	5.760	0.08	461	6.485	0.08	519	6.323	0.08
Bruto-opbrengst (a)			7.575			8.391		
<u>Toegerekende kosten</u>								
Zaaizaad/pootgoed	2.100	0.38	798			798		
Bemesting								
N	180	1.11	200			200		
P ₂ O ₅	120	1.48	178			178		
K ₂ O	380	0.47	179			179		
Div.								
Ontsmetten/grondonderz.								
Bestrijdings- middelen								
maneb/fentin	10x2.3	9.50	219			219		
parathion	1	6.50	7			7		
onkruid								
sencor	1	90.75	91			91		
doodspuiten	15	2.15	32			32		
Verzekering	f 7600	0.25%	19	f 8400	0.25%	21	f 8300	0.25%
Rente	f 1813	9 %	163	f 1813	9 %	163	f 1813	9 %
Keuring/plomb./heff.								
Extra rentekosten door bewaring	4/12x6270	9 %	188	4/12x6946	9 %	208	4/12x6823	9 %
Drogen/schonen								
Opslag stroomkosten			30			30		
Afleveren								
Kiemremming			25			25		
Totaal toeg. kosten (b)			2129			2151		
Saldo per ha E.M. (a-b)			5446			6240		

2148
6060

Soort gewas	lichte klei			matig lichte zavel		
	consumptie-aardappelen(+)	pootaardappelen (-)		pootaardappelen (+)		
	hoev.	prijs	bedrag	hoev.	prijs	bedrag
<u>Opbrengsten</u>						
Hoofdprodukt	42.250	0.19	8.028	28.800	0.35	10.080
Bijprodukt	6.499	0.08	520	1.920	0.08	154
Bruto-opbrengst (a)			8.548			10.234
<u>Toegerekende kosten</u>						
Zaaizaad/pootgoed			798	3.000	0.43	1.290
Bemesting			200	140	1.11	155
P ₂ O ₅			178	140	1.48	207
K ₂ O			179	230	0.47	108
Div.						
<u>Ontsmetten/grondonderz.</u>				3.000	0.02	60
<u>Bestrijdings - ziekten/plagen</u>						
maneb/ fentin			219	3x2	9.50	57
parathion			7	4	6.50	26
onkruid.....						
sencor/ ivorin			91	6	16.00	96
doodspuiten	1		32	2x	62.50	125
Verzekering	f8.700	0.25%	22	f10.300	0.30%	31
Rente	f1.813	9 %	163	f 2.313	9 %	208
Keuring/plomb./heff.						851
extra rentekosten door bewaring	4/12x7066	9 %	212	3/12x9140	9 %	206
Drogen/schonen.....						
Opslag stroomkosten			30			30
Afleveren						
kiemremming			25			
losse arbeid sorteren						200
Totaal toeg. kosten (b)			2156			3650
Saldo per ha E.M. (a-b)			6392			6943

SALDOBEREKENING PER HA GEWAS

Soort gewas	zware zavel				lichte klei				zaaiuien (-)		bedrag
	pootaardappelen (+)		pootaardappelen (+)		pootaardappelen (+)		pootaardappelen (+)				
	hoev.	prijs	bedrag		hoev.	prijs	bedrag		hoev.	prijs	
Opbrengsten											
Hoofdprodukt	29.714	0.35	10.400		29.929	0.35	10.475		44.000	0.12	5.280
Bijprodukt	1.985	0.08	159		2.001	0.08	160				
Bruto-opbrengst (a)			10.559				10.635				5.280
Toegerekende kosten											
Zaaizaad/pootgoed			1.290				1.290		7	68	476
Bemesting N.....			155				155		120	1.11	133
P ₂ O ₅			207				207		100	1.48	148
K ₂ O			108				108		240	0.47	113
Div.											
Ontsmetten/grondonderz. ...			60				60				
Bestrijdings- ziekten/plagen middelen			57				57		Totale bestrijding		966
maneb/fentin			26				26				
parathion											
onkruid.....											
ivorin			96				96				
doodspuiten			125				125				
Verzekering.....	f10.600	0.30 %	32		f 10.700	0.30 %	32		f5300	1,3 %	69
Rente	f 2.313	9 %	208		f 2.313	9 %	208		f1875	9 %	169
Keuring/plomb./heff.			851				851				
Extra rentek. door bewaring	3/12x9431	9%	212		3/12x9496	9%	214				
Drogen/schonen											
Opslag..stroomkosten.....			30				30				
Afleveren.....											
losse arbeid sorteren			200				200				
Totaal toeg. kosten (b)....			3657				3659				2074
Saldo per ha E.M.(a-b)			6902				6976				3206
Roaien											250
Totaal loonwerk (c).....											250
Saldo per ha L.W.(a-b)-c)			6902				6976				2956

SALDOBEREKENING PER HA GEWAS

Soort gewas	matig lichte zavel			zware zavel			lichte klei		
	zaaiuien			zaaiuien			zaaiuien		
	hoev.	prijs	bedrag	hoev.	prijs	bedrag	hoev.	prijs	bedrag
<u>Opbrengsten</u>									
Hoofdprodukt	48910	0.12	5869	47810	0.12	5737	49780	0.12	5974
Bijprodukt			5869			5737			5974
Bruto-opbrengst (a)									
<u>Toegerekende kosten</u>									
Zaaizaad/pootgoed	7	68	476	7	68	476	7	68	476
Bemesting									
N	120	1.11	133	120	1.11	133	120	1.11	133
P ₂ O ₅	100	1.48	148	100	1.48	148	100	1.48	148
K ₂ O	240	0.47	113	240	0.47	113	240	0.47	113
Div.									
Ontsmetten/grondonderz.									
Bestrijdings- ziekten/plagen + onkruid			966			966			966
onkruid									
Verzekering	f5900	1.3%	77	f5800	1.3%	75	f6000	1.3%	78
Rente	f1875	9%	169	f1875	9%	169	f1875	9%	169
Keuring/plomb./heff.									
Drogen/schonen									
Opslag									
Afleveren									
Totaal toeg. kosten (b)			2082			2080			2083
Saldo per ha E.M. (a-b)			3787			3657			3891
Rooien			250			250			250
Totaal loonwerk (c)			250			250			250
Saldo per ha L.W. ((a-b)-c)			3537			3407			3641