

32/446 (658)
2^e ex

Waterverbruik bij berekening voor en na Beregenen Op Maat

**T. Hoogland,
A.G.T. Schut,
W.J.M. de Groot,
M.J.D. Hack-ten Broeke**

BIBLIOTHEEK "DE HAAFF"
Droevendaalsesteeg 3a
6708 PB Wageningen

Rapport 658

DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1998

955971

REFERAAT

T. Hoogland, A.G.T. Schut, W.J.M. de Groot en M.J.D. Hack-ten Broeke. *Waterverbruik bij beregening voor en na Beregenen op Maat*, 1998. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 658; 42 blz. ; 14 tab.; 9 ref.

Het voorliggende rapport is onderdeel van het project Beregenen Op Maat en is onderverdeeld in twee gedeelten. Het eerste gedeelte bespreekt een vergelijking tussen de vochtthuishouding, gewasgroei en beregening in de werkelijke situatie in 1994 en 1995, en een gesimuleerde werkelijkheid voor zeven praktijkbedrijven in de Noord-Brabant. Voor het doorrekenen van de hydrologie en gewasproductie is gebruik gemaakt van het model SWAP 2.0. In alle gevallen leidt beregening volgens de criteria van de CLM-beregeningsplanner tot een lager waterverbruik dan bij de benadering van de werkelijke beregening. De benadering van de werkelijke beregening geeft ten opzichte van beregening volgens de criteria van de CLM-beregeningsplanner in 23 gevallen een meeropbrengst, in vier gevallen een gelijke opbrengst en één keer een lagere opbrengst. De beregening van maïsland volgens de criteria van de CLM-beregeningsplanner is in alle gevallen groter dan de beregening in het scenario waarin de werkelijke beregening wordt benaderd. Dit leidt tot aanzienlijk hogere gewasopbrengsten en een groter waterverbruik. Het tweede gedeelte van dit rapport heeft betrekking op de veranderingen in watergebruik voor beregening na introductie van de CLM-beregeningsplanner in 1996 op de zeven praktijkbedrijven en na introductie van de PR-beregeningswijzer in 1997 op vijf andere praktijkbedrijven. De gemiddelde waterbesparing op de 'beregeningsplannerbedrijven' voor de jaren 1996 en 1997 bedraagt respectievelijk 30% en 70%. De variatie in het percentage waterbesparing als gevolg van onzekerheden in de invoergegevens ligt in 1996 tussen de 25% en 35%, en in 1997 tussen de 69% en 72%. De vijf praktijkbedrijven die in 1997 de PR-beregeningswijzer gebruikten bespaarden ten opzichte van de traditionele manier van beregenen in 1997 tussen de 57% en 79%.

Trefwoorden: Beregenen, waterverbruik, waterbesparing, gewasgroei, beslisregel, beregeningsplanner, beregeningswijzer.

ISSN 0927-4499

© 1998 DLO Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO),
Postbus 125, NL-6700 AC Wageningen.
Tel.: (0317) 474200; fax: (0317) 424812; e-mail: postkamer@sc.dlo.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO-Staring Centrum.

DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Projectnummer 86069

[Rapport 658/IS/12-98]

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
2 Modelsimulatie van vochthuishouding en gewasgroei in 1994 en 1995	15
2.1 Weersgegevens	15
2.2 Bodemgegevens	15
2.3 Grondwatergegevens	16
2.4 Graslandgebruik	17
2.5 Berekening in de verschillende scenario's	17
2.5.1 Beregeningsgegevens voor de scenario's met benaderde berekening	17
2.5.2 Berekening in het scenario met de CLM-beregeningsplanner	18
3 Resultaten van de scenarioberekeningen voor 1994 en 1995	21
3.1 Resultaten voor grasland	21
3.2 Resultaten voor maïsland	24
3.3 Mogelijke waterbesparing in het scenario van de CLM-beregeningsplanner	26
4 Verandering in waterverbruik na introductie van de CLM-beregeningsplanner in 1996 of PR-beregeningswijzer in 1997	27
4.1 Berekening in 1994 en 1995	27
4.2 Beslisregels	28
4.3 Toepassen van beslisregels	29
4.4 Validatie van de beslisregels voor 1994 en 1995	30
5 Resultaten	33
5.1 Werkelijke berekening in 1996 en 1997	33
5.2 Berekening op de zeven CLM-beregeningsplannerbedrijven in 1996 en 1997 volgens de beslisregels	33
5.3 Berekening op de vijf PR-beregeningswijzer bedrijven in 1997 volgens de beslisregels	35
5.4 Vergelijking tussen de werkelijke berekening en fictieve berekening in 1996 en 1997	35
5.5 Discussie	37
6 Conclusies	39
Literatuur	41

Woord vooraf

Dit rapport maakt deel uit van het project Beregenen Op Maat. De uitvoering van de studies die hier worden beschreven hebben verspreid plaatsgevonden in 1997 en 1998. De resultaten zijn daardoor in verschillende vergaderingen van de onderzoeksgroep besproken. Van de suggesties en het commentaar van de onderzoeksgroep is dankbaar gebruik gemaakt. De leden van de onderzoeksgroep waren in deze periode:

W. Luten	(PR, voorzitter)
M.H.A. de Haan	(PR, secretaris)
J. Alblas	(PAV)
H. Everts	(PR)
W.J.M. de Groot	(SC-DLO)
M.J.D. Hack-ten Broeke	(SC-DLO)
I.E. Hoving	(PR)
J.M.A. Nijssen	(PR)
W. Nugteren	(Opticrop BV)
A.P. Philipsen	(PR, proefbedrijf Cranendonck)
R. Ruytenberg	(provincie Noord-Brabant)
P.J.M. Sniijders	(PR)

Samenvatting

Het voorliggende rapport is onderdeel van het project Beregenen Op Maat en is onderverdeeld in twee gedeelten.

Het eerste gedeelte bespreekt een vergelijking tussen de vochthuishouding, gewasgroei en beregening in de werkelijke situatie in 1994 en 1995 en een gesimuleerde werkelijkheid voor zeven praktijkbedrijven in de provincie Noord-Brabant. De benodigde gegevens voor de berekeningen zijn afkomstig van zeven onderzoeksbedrijven van het project Beregenen Op Maat in 1996, die voorheen bij het onderzoek 'Grondwateronttrekking voor beregening' betrokken waren. De Stuurgroep Landbouw en Milieu Noord-Brabant (LAMI, 1995) startte dit onderzoek in 1994.

Hierbij is gebruik gemaakt van het model SWAP 2.0 voor het doorrekenen van de hydrologie en gewasproductie. Voor elk van de zeven bedrijven zijn twee percelen met gras en is één perceel met maïs doorgerekend voor de jaren 1994 en 1995. Voor elk perceel grasland zijn vijf scenario's met elkaar vergeleken. De vijf scenario's zijn:

- I onberegend;
- II beregening volgens de criteria van de CLM-beregeningsplanner met berekend graslandgebruik;
- III werkelijke beregening (benadering) met berekend graslandgebruik;
- IV onberegend met werkelijk graslandgebruik;
- V werkelijke beregening (benadering) met werkelijk graslandgebruik.

Voor maïsland zijn de eerste drie scenario's relevant. Om te beoordelen of beregening volgens de criteria van de CLM-beregeningsplanner tot een efficiënter watergebruik zou kunnen leiden in deze jaren zijn enerzijds de scenario's II en III en anderzijds IV en V onderling vergeleken. In alle gevallen leidt beregening volgens de criteria van de CLM-beregeningsplanner (II) tot een lager waterverbruik dan bij de benadering van de werkelijke beregening (III). De benadering van de werkelijke beregening (III) geeft ten opzichte van beregening volgens de criteria van de CLM-beregeningsplanner (II) in 23 gevallen een meeropbrengst, in vier gevallen een gelijke opbrengst en één keer een lagere opbrengst. De benutting en de efficiëntie van deze extra beregeningen liggen echter lager dan bij toepassing van de CLM-beregeningsplanner.

De beregening van maïsland volgens de criteria van de CLM-beregeningsplanner is in alle gevallen groter dan de beregening in het scenario waarin de werkelijke beregening wordt benaderd. Dit leidt tot aanzienlijk hogere gewasopbrengsten en een groter waterverbruik. Van de bedrijven waar de maïs al wel werd beregend, wordt in het scenario van de CLM-beregeningsplanner (II) ten opzichte van werkelijke beregening (III) in alle gevallen een hogere gift berekend. De hoeveelheden beregening zijn fors, maar ook de gewasopbrengsten stijgen sterk. Dit is terug te vinden in de hoge benutting en efficiëntie van beregening.

De vergelijking van de scenario's en de werkelijke berekening in 1994 en 1995 kwantificeert niet het verschil in waterverbruik zoals bij het toepassen van de CLM-beregeningsplanner in de praktijk zou worden gerealiseerd. Dit komt omdat de beregeningsstrategie niet in de bedrijfsvoering geïntegreerd is maar als een beregeningsscenario onafhankelijk van de werkelijke bedrijfsvoering wordt doorgerekend. Daarom is in het tweede deel van deze rapportage een vergelijking uitgevoerd van de beregeningshoeveelheid na introductie van een adviessysteem en de berekende berekening op 'traditionele' wijze voor de jaren 1996 en 1997.

Het tweede deel van dit rapport heeft betrekking op de veranderingen in watergebruik voor berekening na introductie van de CLM-beregeningsplanner in 1996 op de zeven praktijkbedrijven en na introductie van de PR-beregeningswijzer in 1997 op vijf andere praktijkbedrijven. Om veranderingen in waterverbruik te kunnen kwantificeren moet de werkelijke berekening op de betreffende praktijkbedrijven worden vergeleken met de werkelijke berekening voordat de CLM-beregeningsplanner of PR-beregeningswijzer werden geïntroduceerd op deze bedrijven. Omdat berekening sterk afhangt van de weersomstandigheden moet een dergelijke vergelijking eigenlijk voor hetzelfde jaar plaatsvinden. Aangezien op hetzelfde bedrijf in één jaar niet volgens twee strategieën berekend werd is de traditionele beregeningswijze in een aantal beslisregels vastgelegd en zijn deze beslisregels gebruikt om de traditionele berekening in het jaar van vergelijking te kwantificeren.

De berekening zoals die in 1994 en 1995 plaatsvond op de zeven praktijkbedrijven waar in 1996 de CLM-beregeningsplanner werd geïntroduceerd is in een aantal kentallen en beslisregels vastgelegd. De beslisregels zouden kunnen worden verbeterd door de beslisregels te baseren op een groter aantal bedrijven over een langere periode. De beschikbare gegevens lieten echter geen vergelijking over een langere tijd en meer bedrijven toe. De beregeningsmomenten zoals in de beslisregels zijn vastgelegd zijn onder meer afhankelijk van de lokale weersomstandigheden. Door de beslisregels toe te passen voor de weersomstandigheden zoals die in 1996 en 1997 voorkwamen op de verschillende praktijkbedrijven zijn voor deze jaren beregeningsmomenten en -hoeveelheden bepaald.

Het berekende watergebruik voor de jaren 1994 en 1995 zoals bepaald via de beslisregels op de zeven praktijkbedrijven die daarna de CLM-beregeningsplanner gingen gebruiken, wijkt gemiddeld 8% af van de werkelijke beregeningshoeveelheid. Dit gemiddelde verschil van 8% wordt gebruikt als een beste schatting van de betrouwbaarheid van de beslisregels. Tussen de individuele bedrijven zijn ook behoorlijke verschillen in waterbesparing waar te nemen, waardoor het moeilijk is een harde uitspraak te doen over de betrouwbaarheid van het gebruik van de beslisregels.

Bij het gebruik van de beslisregels voor de vijf bedrijven waar in 1997 de PR-beregeningswijzer werd geïntroduceerd kan geen goede schatting van de betrouwbaarheid worden gemaakt. De betrouwbaarheid van de beslisregels is voor deze bedrijven waarschijnlijk lager dan voor de zeven beregeningsplannerbedrijven.

De gemiddelde waterbesparing op de 'beregeningsplannerbedrijven' voor de jaren 1996 en 1997 bedraagt respectievelijk 30% en 70%. De variatie in het percentage waterbesparing als gevolg van onzekerheden in de invoergegevens ligt in 1996 tussen de 25% en 35%, en in 1997 tussen de 69% en 72%. De onzekerheden door het gebruik van beslisregels bedraagt ongeveer 8% zodat, alle onzekerheden in acht nemend, gesproken kan worden van een aanzienlijke waterbesparing. De waterbesparing uitgedrukt in m³ ligt in 1996 tussen de 10600 en 13475, en in 1997 tussen de 16990 en 18050. Als een onzekerheid van 8% voor het berekende waterverbruik wordt aangenomen ligt de waterbesparing in 1996 tussen de 17% en 43% en in 1997 tussen de 61% en 80%. De berekende waterbesparing in 1997 wordt waarschijnlijk overschat omdat 1997 een natte zomer kende en de beslisregels voor een droog jaar zijn afgeleid.

De vijf praktijkbedrijven die in 1997 de PR-beregeningswijzer gebruikten bespaarden ten opzichte van de traditionele manier van beregenen in 1997 tussen de 57% en 79%. De onzekerheden in de berekeningswijze voor deze vijf bedrijven laten geen betrouwbaarder voorspelling toe. De onzekerheden door het gebruik van de beslisregels is voor deze vijf bedrijven groter, omdat de beslisregels niet voor deze bedrijven zijn afgeleid en een aantal van de benodigde invoergegevens niet is bepaald en dus geschat moest worden.

1 Inleiding

Tijdens het onderzoek in het project Beregenen Op Maat in 1996 werd geconstateerd dat er behoefte was aan het definiëren van een beregeningsstrategie die kon kwantificeren hoe er beregend werd voordat het Beregenen Op Maat-project begon. Zeven van de onderzoeksbedrijven die in 1996 zijn gestart met het toepassen van de CLM-beregeningsplanner hadden in de voorgaande jaren deel uitgemaakt van de bedrijven in het onderzoek 'Grondwateronttrekking voor beregening' (LAMI, 1995). Op deze bedrijven waren zodoende al in 1994 en 1995 beregeningscijfers geregistreerd. Dit maakte het mogelijk om de berekeningen zoals die voor het jaar 1996 zijn uitgevoerd eveneens voor de jaren 1994 en 1995 uit te voeren en vervolgens te proberen of een beregeningsstrategie uit de gegevens te herleiden was.

De berekeningen voor 1994 en 1995 zijn uitgevoerd met het model SWAP2.0 voor vier scenario's (De Groot en Hack-ten Broeke, 1997): 1) geen beregening, 2) beregening zoals uitgevoerd (deels gebaseerd op adviezen van de CLM-beregeningsplanner), 3) beregening exact volgens de criteria van de beregeningsplanner en 4) beregening zoals uitgevoerd, maar dan met een giftgrootte van 10 mm extra per keer. Dit laatste scenario was een eerste poging om in te schatten hoe er beregend zou zijn zonder Beregenen Op Maat. Voor de berekeningen voor de jaren 1994 en 1995 was dit vierde scenario dus niet zinvol. Aangezien het graslandgebruik grote invloed heeft op de beregeningsmomenten op grasland zijn scenario's met door SWAP2.0 berekend graslandgebruik en met werkelijk graslandgebruik doorgerekend. Voor grasland gaat het dan om de volgende vijf scenario's:

- I onberegend;
- II beregening volgens de CLM-beregeningsplanner met berekend graslandgebruik;
- III werkelijke beregening (benadering) met berekend graslandgebruik
- IV onberegend met werkelijk graslandgebruik;
- V werkelijke beregening (benadering) met werkelijk graslandgebruik.

Voor de percelen met maïs blijven er drie scenario's over (I onberegend, II beregening volgens de CLM-beregeningsplanner en III werkelijke beregening). Het doel van deze exercitie was om voor verscheidene jaren een beeld te krijgen van de mogelijke waterbesparing door toepassing van de CLM-beregeningsplanner. Vergelijking van het waterverbruik bij de scenario's II en III en voor grasland ook IV en V geeft de maximaal mogelijke waterbesparing aan als exact volgens het adviessysteem zou worden beregend.

Vergelijking van de scenario's en de werkelijke beregening in 1994 en 1995 kwantificeert niet het verschil in waterverbruik zoals bij het toepassen van de CLM-beregeningsplanner in de praktijk zou worden gerealiseerd, omdat de beregeningsstrategie niet in de bedrijfsvoering geïntegreerd is maar als een beregeningsscenario onafhankelijk van de werkelijke bedrijfsvoering wordt doorgerekend. Daarom zijn de gegevens van 1994 en 1995 gebruikt om een strategie af te leiden die het

waterverbruik voor de introductie van Beregenen Op Maat kan kwantificeren en die, ter vergelijking, ook in andere jaren kan worden toegepast. Om het verschil in waterverbruik van de CLM-beregeningsplanner in de praktijk te kunnen kwantificeren is voor de jaren 1996 en 1997 een vergelijking gemaakt tussen de berekening volgens de strategie voor introductie van de CLM-beregeningsplanner en de werkelijke berekening na de introductie.

In hoofdstuk 2 wordt de verzameling van de gegevens beschreven. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van de modelberekeningen voor de scenario's en de jaren 1994 en 1995 voor zowel grasland- als maïslandpercelen weergegeven. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de beregeningsstrategie in 1994 en 1995 en de daarvan afgeleide beslisregels. De resultaten van toepassing van die beslisregels in 1996 en 1997 ten slotte zijn beschreven in hoofdstuk 5. In hoofdstuk 6 zijn de conclusies opgenomen.

2 Modelsimulatie van vochtuishouding en gewasgroei in 1994 en 1995

Berekening van het verloop van het vochtgehalte op de verschillende percelen is uitgevoerd met het model SWAP 2.0 (Werkgroep SWAP, 1996). Voor de berekening van gewasopbrengsten is gebruik gemaakt van SWAP-GGB modelinstrumentarium. Het modelinstrumentarium is gekalibreerd voor de lokale situatie (De Groot en Hack-ten Broeke, 1997).

In de volgende paragrafen wordt de verzameling van invoergegevens voor de modellen beschreven. Als eerste worden de weersgegevens beschreven, vervolgens de bodem- en grondwatergegevens en ten slotte het graslandgebruik.

2.1 Weersgegevens

Een berekening van de vochtuishouding van de bodem kan niet zonder goede weersgegevens. Voor de gegevens van de temperatuur, hoeveelheid straling, luchtvochtigheid en windsnelheid zijn metingen van station Eindhoven gebruikt. Voor vijf van de zeven bedrijven zijn de neerslaggegevens op het bedrijf geregistreerd. Deze bedrijfsmetingen zijn aangevuld met de metingen van weerstations voor de maanden waarin op het betreffende bedrijf geen neerslag geregistreerd is. Hiervoor is voor elk bedrijf een dichtbij gelegen weerstation geselecteerd. Voor de bedrijven Mulders en Smulders is dat Eindhoven, voor School en Janssen Oss, voor Evers Leende, voor Van Genugten Dinther en voor Keijzers Deurne. Voor Mulders en School zijn alleen neerslaggegevens van het weerstation gebruikt.

Het jaar 1994 was uitzonderlijk warm in de zomer, zeer nat in voor- en najaar en aan de zonnige kant. De zomer van 1994 behoorde tot de vier warmste van deze eeuw (KNMI, 1994). De maand juli was in Noord-Brabant droog: er viel tussen de 20 en 29 mm, tegen 64 mm normaal. Het jaar 1995 was zeer warm, zeer zonnig en aan de droge kant. In de maand juli viel landelijk 55 mm tegen 75 mm normaal. De maand had een zeer buig karakter. In augustus viel gemiddeld 20 mm, terwijl 73 mm het langjarig gemiddelde is (KNMI, 1995).

2.2 Bodemgegevens

In 1996 is volgens een vastgesteld protocol (De Groot en Hack-ten Broeke, 1996) een representatief profiel per perceel geselecteerd. Voor de toetsing van de CLM-beregeningsplanner met SWAP zijn de representatieve profielen van de bodeminventarisatie met de kalibratie aangepast (De Groot en Hack-ten Broeke, 1997). De bouwstenen uit de Staringreeks en bewortelingsdiepten die bij deze aangepaste profielen horen zijn voor de berekeningen in deze studie gebruikt.

2.3 Grondwatergegevens

De grondwaterstand heeft via capillaire wateraanvoer een belangrijke invloed op de vochtuithouding van de bodem. Op de bedrijven zijn op de onderzoekspercelen in 1994 en 1995 geen grondwaterstanden bijgehouden. Het landelijke meetnet van TNO heeft op vele plaatsen in Nederland een meetlocatie voor grondwaterstanden, zogenaamde peilbuizen. Per bedrijf zijn een aantal dichtbij gelegen peilbuizen geselecteerd. In 1996 zijn de grondwaterstanden op de proefpercelen gemeten. Door voor 1996 de metingen van een perceel en de peilbuis te vergelijken is op basis van de mate van correlatie een peilbuis voor elk bedrijf geselecteerd. Per bedrijf zijn voor elk proefperceel de metingen van de geselecteerde peilbuis gecorrigeerd via een lineaire regressievergelijking. De op deze wijze gecorrigeerde grondwaterstanden voor 1994 en 1995 zijn voor de berekeningen met SWAP gebruikt. De mate van correlatie (R^2) behorende bij de regressievergelijking is in tabel 1 weergegeven.

Tabel 1 Verband tussen perceels- en peilbuismetingen in 1996

Bedrijf	Proefperceel	R^2	TNO-identificatie-peilbuis
Evers	3	0,54	57E L0014
	10	0,45	
	maïs	0,80	
van Genugten	4	0,50	51E L0022
	7	0,68	
	maïs	0,60	
Janssen	2	0,81	45F L0009
	11	0,80	
	maïs	0,48	
Keijzers	5	0,64	51H P0110
	10	0,35	
	maïs	-	
Mulders	7	0,94	51C L0075
	16	0,72	
	maïs	0,69	
School	1	0,80	45E L0033
	5	0,61	
	maïs	0,88	
Smulders	11	0,65	51C L0012
	18	0,15	
	maïs	0,84	

Uit tabel 1 blijkt dat voor vrijwel alle percelen een matig tot redelijk verband gevonden is. Voor perceel 18 van Smulders is een zwak verband gevonden. Deze lage R^2 wordt voornamelijk door één afwijkende meting veroorzaakt. Aangezien de buis voor de andere percelen en overige metingen van perceel 18 wel goede resultaten geeft is deze regressievergelijking toch gehandhaafd. Bij Keijzers is het voor het maïspanceel niet gelukt om een redelijk verband te vinden. In 1996 waren de grondwaterstanden op het maïspanceel zeer diep. Aangezien het niet waarschijnlijk is dat in 1994 en 1995 op dit maïspanceel het grondwater wel invloed op de gewasgroei

heeft gehad is een grondwaterstand van 3 m - mv. aangehouden (min of meer vrije drainage).

Voor School gaf deze werkwijze op perceel 5 geen realistische resultaten, ondanks een goed verband in 1996. In het voorjaar van 1994 zou het grondwater na correctie enkele keren tot boven het maaiveld komen. In een dergelijke situatie is geen realistische berekening van de vochtthuishouding voor gewasgroei mogelijk. Voor dit perceel zijn de peilbuismetingen gebruikt, zonder een correctie toe te passen.

Bij de voor Van Genugten geselecteerde peilbuis is één meting gecorrigeerd. De peilbuismeting van 28 juli gaf een stijging van de grondwaterspiegel aan van 60 cm. Dit wordt veroorzaakt door een lokale bui ter plaatse van de peilbuis. Op het bedrijf van Van Genugten is slechts een bui van 14 mm gevallen, wat een dergelijke stijging onwaarschijnlijk maakt.

2.4 Graslandgebruik

Van de bedrijven is het werkelijke graslandgebruik van 1994 en 1995 opgevraagd. Voor het bedrijf van Mulders, Evers en Van Genugten zijn deze gegevens niet beschikbaar en voor Janssen alleen voor 1995. De berekeningen voor gewasproductie zijn uitgevoerd voor een situatie waarin water de enige limiterende factor is, met een representatief bodemprofiel voor een heel perceel. Hierdoor kan in sommige gevallen de berekende grasopbrengst voor een perceel afwijken van de gemeten grasopbrengst. Ook is de graslandgebruikskalender niet altijd compleet. Dit levert in het najaar soms problemen op. Om dit te ondervangen is bij Smulders en Keijzers een extra maaisnede verondersteld.

2.5 Berekening in de verschillende scenario's

Deze paragraaf beschrijft hoe de momenten en giftgrootte van berekening zijn bepaald. Als eerste wordt dit voor de scenario's met werkelijke berekening beschreven en vervolgens voor het berekeningsscenario op basis van de CLM-berekeningsplanner.

2.5.1 Berekeningsgegevens voor de scenario's met benaderde berekening

Voor een simulatie van de gewasgroei op perceelsniveau is het noodzakelijk om zowel de giftgrootte als het beregeningsmoment te kennen. Op de meeste bedrijven is alleen het aantal beregeningsuren per dag bijgehouden. Alleen Keijzers heeft de exacte berekening per dag en per perceel bijgehouden. Voor de andere bedrijven is de werkelijke berekening per perceel benaderd met behulp van de aanwezige gegevens zoals hieronder wordt beschreven. Op perceel 5 van School werd in 1994 en 1995 niet berekend. Voor dit perceel is het scenario met benaderde berekening buiten beschouwing gelaten.

Om de beregeningsgiften en -momenten te kunnen schatten zijn een aantal gegevens uit verschillende bronnen verzameld. LAMI (1995) heeft de pompcapaciteit van de verschillende beregeningsinstallaties geïnventariseerd. Twee rapporten (LAMI, 1995; Poll, 1996) vermelden de beregenbare oppervlakte grasland en maïsland per bedrijf en in een enquête (Hoving et al., 1997) is voor elk bedrijf de gemiddelde giftgrootte in 1994 en 1995 aangegeven.

Met deze gegevens is de duur van een beregeningsronde bepaald. Dit is het aantal uren die nodig zijn om alle (beregengbare) percelen grasland te beregenen met de opgegeven giftgrootte. Per bedrijf is, door de giftgrootte te vermenigvuldigen met het oppervlak beregenbaar grasland en te delen door het totale aantal uren beregening, bepaald hoeveel keren de percelen beregend zijn. De momenten waarop het proefperceel beregend is, is echter niet bekend. Voor 1996 zijn de beregeningsmomenten per perceel wel bekend. Eenzelfde volgorde van beregening is voor 1994 en 1995 verondersteld. Op deze wijze is de dag van beregening voor een proefperceel bepaald. Door de uren die nodig zijn voor een beregeningsronde bij de uren van de eerste beregening op te tellen wordt een volgende beregening bepaald. Op deze wijze wordt per perceel een aantal beregeningsmomenten berekend.

Onverwachte resultaten van Smulders en School zijn nagetrokken. Smulders gaf aan dat dit wel ongeveer overeenkwam met het werkelijke aantal beregeningen en School had een perceel slechts gedeeltelijk beregend. De beregeningsmomenten zijn ook vergeleken met het werkelijke graslandgebruik. Indien het berekende beregeningsmoment vlak voor of tijdens een maai- of weidesnede viel is dit beregeningsmoment uitgesteld tot na de kunstmestbemesting van het perceel.

Van de zeven bedrijven hebben vier bedrijven (Evers, Van Genugten, Keijzers en Mulders) maïsland beregend. Voor Keijzers en Evers is de beregeningsgift afgeleid uit de enquête (Hoving et al., 1997). Voor Mulders en Van Genugten is de giftgrootte hetzelfde gehouden als voor maïsland in 1996. Door de uren beregend op maïsland te vermenigvuldigen met de giftgrootte en te delen door de oppervlakte beregenbaar maïsland is het aantal beregeningen bepaald. In de urentellergegevens zijn deze perioden van beregening op maïsland duidelijk onderscheiden. Voor de proefpercelen is het midden van een periode van beregening op maïsland aangehouden als beregeningsdatum.

2.5.2 Berekening in het scenario met de CLM-beregeningsplanner

In scenario II wordt beregend volgens de criteria uit de CLM-beregeningsplanner. Beregening wordt daarbij uitgevoerd als de drukhoogte op 15 cm diepte een pF waarde van 2,7 heeft bereikt. Voor grasland wordt aangenomen dat het midden van de wortelzone op 15 cm diepte ligt. Voor maïsland wordt het criterium van pF 2,7 beoordeeld op 20 cm diepte omdat het midden van de wortelzone voor maïsland wat dieper ligt dan voor grasland.

De beregeningsgift wordt berekend als het aantal mm dat nodig is voor aanvulling van de vochtinhoud van de wortelzone (V_{act}) tot veldcapaciteit (V_{max}) verminderd

met 10 mm. Dit is identiek aan de CLM-beregeningsplanner. Er wordt alleen berekend als de gift groter zou zijn dan 10 mm. Als de giften kleiner dan 20 mm zouden zijn is de korting van 10 mm achterwege gelaten en wordt het vochtgehalte tot veldcapaciteit (V_{max}) aangevuld.

3 Resultaten van de scenarioberekeningen voor 1994 en 1995

In dit hoofdstuk worden de resultaten van berekeningen voor de verschillende scenario's gepresenteerd. Als eerste worden de resultaten van de percelen grasland beschreven, vervolgens die van maïsland. Daarna wordt een inschatting gemaakt van de maximaal mogelijke waterbesparing in 1994 en 1995 door berekening volgens de criteria van CLM-beregeningsplanner. Ook worden de percentages benut beregeningswater in de jaren voor introductie van de CLM-beregeningsplanner (1994 en 1995) vergeleken met het percentage benut water als beregend zou zijn volgens de criteria van de CLM-beregeningsplanner.

3.1 Resultaten voor grasland

Voor een beoordeling van de verschillende scenario's is een vergelijking van zowel de gewasopbrengst als de beregeningshoeveelheid belangrijk. Door een vergelijking met scenario I (onberegend) is de benutting en de efficiëntie van berekening volgens scenario II en III berekend. Scenario V is vergeleken met een onberegende situatie met werkelijk graslandgebruik (IV). In tabel 2 zijn de opbrengsten en beregeningshoeveelheden voor 1994 en 1995 weergegeven.

Uit tabel 2 blijkt dat in de onberegende situatie (I) al behoorlijke grasproducties worden gehaald. Alleen bij Mulders is een duidelijk mindere grasgroei ten opzichte van de beregende scenario's (II en III) te zien.

Voor 1994 is het onmogelijk om op perceel 5 van School met het werkelijke graslandgebruik (V) de gewasgroei te simuleren. Door erg natte omstandigheden in het voorjaar wordt de groei door het model sterk vertraagd. Deze vertraging komt niet overeen met het werkelijke graslandgebruik. Voor dit perceel zijn voor 1994 de scenario's IV en V achterwege gelaten.

De benadering van het werkelijke graslandgebruik (V) leidt in alle gevallen tot lagere berekende producties dan het optimale gebruik (III). Dit wordt veroorzaakt door een tragere groei vlak na een snede. Als vaker wordt geoogst of beweid komt deze tragere groei vaker voor dan bij een situatie met een optimaal aantal maaisnedes.

In alle gevallen leidt berekening volgens de criteria van de CLM-beregeningsplanner (II) tot een lager waterverbruik dan bij berekening volgens het werkelijke scenario (III). Bij Janssen, School en Smulders kan berekening op grasland in 1994 en 1995 volgens de criteria van de CLM-beregeningsplanner zelfs helemaal achterwege gelaten worden.

Tabel 2 Berekende opbrengsten en berekening voor grasland in 1994 en 1995

Bedrijf	Scenario		Optimaal graslandgebruik (= 2500 kg ds maaien)				Werkelijk graslandgebruik					
			I (onberegend)		II (planner)		III (werkelijk)		IV (onberegend)		V (werkelijk)	
			ton ds/ha	mm	ton ds/ha	mm	ton ds/ha	mm	ton ds/ha	mm	ton ds/ha	mm
Janssen												
1994												
2	11,5	-	11,5	0	12,4	90	-	-	-	-		
11	11,7	-	11,7	0	11,5	90	-	-	-	-		
1995												
2	11,8	-	11,8	0	12,8	90	8,8	-	9,9	90		
11	12,2	-	12,2	0	12,2	90	9,9	-	10,4	90		
School												
1994												
1	12,5	-	12,5	0	12,5	70	10,6	-	10,4	70		
5	10,4	-	10,4	0	10,4	0	-	-	-	-		
1995												
1	12,1	-	12,1	0	12,3	105	9,4	-	10,1	105		
5	10,9	-	10,9	0	10,9	0	8,9	-	8,9	0		
v. Genugten												
1994												
4	11,6	-	12,3	33	-	-	-	-	-	-		
7	11,0	-	11,0	0	-	-	-	-	-	-		
1995												
4	10,9	-	12,1	62	12,8	120	-	-	-	-		
7	11,7	-	12,3	35	12,7	120	-	-	-	-		
Evers												
1994												
3	12,1	-	12,1	0	12,5	120	-	-	-	-		
10	10,8	-	11,8	49	12,5	120	-	-	-	-		
1995												
3	11,5	-	11,7	15	12,8	180	-	-	-	-		
10	10,3	-	12,1	79	12,8	180	-	-	-	-		
Mulders												
1994												
7	6,8	-	11,6	90	12,5	150	-	-	-	-		
16	7,5	-	11,7	62	12,6	150	-	-	-	-		
1995												
7	6,0	-	11,8	164	12,1	180	-	-	-	-		
16	6,9	-	12,0	124	12,4	180	-	-	-	-		
Smulders												
1994												
11	12,5	-	12,5	0	12,6	80	10,9	-	11,2	80		
18	12,5	-	12,5	0	12,6	80	12,6	-	12,8	80		
1995												
11	12,5	-	12,5	0	12,8	100	11,8	-	12,3	100		
18	12,0	-	12,0	0	12,7	100	9,0	-	10,2	100		
Keijzers												
1994												
5	12,6	-	12,6	0	12,5	100	10,2	-	11,0	100		
10	12,3	-	12,3	0	12,4	80	10,2	-	11,0	80		
1995												
5	12,1	-	12,4	16	12,8	100	10,0	-	10,9	100		
10	12,0	-	12,2	22	12,8	100	9,4	-	10,8	100		

Tabel 3 Benutting en efficiëntie van beregening op grasland

Bedrijf/ jaar/ perceel	Scenario					
	II		III		V	
	% benut water ¹	efficiëntie ²	% benut water	efficiëntie	% benut water	efficiëntie
Janssen						
1994						
2	-	-	32	10	-	-
11	-	-	0	0	-	-
1995						
2	-	-	30	11	31	12
11	-	-	1	0	16	5
School						
1994						
1	-	-	0	0	0	0
5	-	-	-	-	-	-
1995						
1	-	-	0	1	11	7
5	-	-	-	-	-	-
v. Genugten						
1994						
4	46	21	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-
1995						
4	50	20	40	16	-	-
7	31	17	19	9	-	-
Evers						
1994						
3	-	-	10	4	-	-
10	51	20	38	14	-	-
1995						
3	27	15	19	7	-	-
10	62	23	41	14	-	-
Mulders						
1994						
7	71	53	57	38	-	-
16	58	68	38	34	-	-
1995						
7	73	35	70	34	-	-
16	73	42	61	31	-	-
Smulders						
1994						
11	-	-	10	3	4	5
18	-	-	6	1	4	3
1995						
11	-	-	10	3	13	6
18	-	-	20	7	29	12
Keijzers						
1994						
5	-	-	1	0	11	9
10	-	-	6	1	20	10
1995						
5	50	23	20	8	27	9
10	31	9	25	8	41	14

¹% benutting = mm extra transpiratie door het gewas per mm beregeningswater * 100%

² efficiëntie = extra kg ds gewasproductie per mm beregening

In 1994 leidt het achterwege laten van beregening (I) op perceel 11 van Janssen zelfs tot een hogere grasproductie. Dit komt doordat de beregeningsgift enkele dagen na een bui van 10 mm werd gegeven. Na de beregening viel opnieuw een bui. Dit gaf te natte groeiomstandigheden, wat volgens het model leidde tot een groeivertraging.

De werkelijke beregening (III) geeft ten opzichte van de CLM-beregeningsplanner (II) in 23 gevallen een meeropbrengst, in vier gevallen een gelijke opbrengst en één keer een lagere opbrengst. De benutting en de efficiëntie van deze extra beregeningen ten opzichte van de CLM-beregeningsplanner liggen echter lager dan bij de CLM-beregeningsplanner (zie tabel 3).

Beregening volgens de criteria van de CLM-beregeningsplanner leidt in alle gevallen tot een benutting die groter is dan 25%. De zeer hoge benuttings bij Mulders worden veroorzaakt doordat het gewas in de onberegende situatie is verdroogd. De extra beregeningen ten opzichte van de CLM-beregeningsplanner bij werkelijke beregening (III) hebben een lagere benutting. De meeropbrengst neemt af naarmate meer beregend wordt. Dit komt terug in de efficiëntie van beregening. De werkelijke beregening volgens scenario III leidt in 10 gevallen ook tot een benutting boven de 25%.

3.2 Resultaten voor maïsland

Voor maïs zijn drie scenario's met elkaar vergeleken. De berekende productie is de door water gelimiteerde productie, dus zonder invloed van onkruiden, ziekten of nutriëntentekorten. Dit is de maximaal haalbare productie en die ligt veelal hoger dan in de praktijk gerealiseerde producties. Voor het vergelijken van maximale verschillen in waterverbruik tussen scenario's is een door water gelimiteerde gewasgroei geschikt.

Uit tabel 4 komt naar voren dat in de onberegende situatie bij Evers, Mulders en Keijzers het gewas is verdroogd. De CLM-beregeningsplanner berekent in alle gevallen meer dan volgens het werkelijke scenario. Dit leidt tevens tot aanzienlijk hogere gewasopbrengsten.

Bij Evers worden zeer grote hoeveelheden berekend in het scenario met de CLM-beregeningsplanner. Voor 1994 is deze gift verspreid gegeven over de maanden juli en augustus. De neerslaggegevens van het bedrijf gaven voor de periode van 10 juni tot en met 22 augustus voor 1994 een neerslaghoeveelheid aan van 31,4 mm. Dit is uitzonderlijk weinig. Weerstation Leende had in dezelfde periode 67,8 mm neerslag geregistreerd, waarvan 18 mm op 14 juli. Ook in 1995 is in de maanden juli en augustus zeer weinig neerslag gevallen; bij Evers werd slechts 26,3 mm geregistreerd. Voor Mulders gold in 1995 hetzelfde; op weerstation Eindhoven werd in de periode van 22 juni tot en met 22 augustus 18,1 mm afgetapt. Andere stations in de regio gaven voor 1995 neerslaghoeveelheden aan van 26,5 mm in Eindhoven VB (vliegbasis) tot 67,1 mm in Dinther.

Tabel 4 Resultaten voor maïsland in 1994 en 1995

Bedrijf	Scenario					
	I (onberegend)		II (planner)		III (werkelijk)	
	ton	mm	ton	mm	ton	mm
Janssen						
1994	21,7	-	21,7	0	21,7	0
1995	22,7	-	22,7	0	22,7	0
School						
1994	18,9	-	18,9	0	18,9	0
1995	21,4	-	22,4	30	21,4	0
v. Genugten						
1994	16,1	-	21,6	159	-	-
1995	14,4	-	22,2	213	17,9	80
Evers						
1994	12,9	-	21,1	214	13,7	60
1995	11,5	-	21,8	266	13,5	60
Mulders						
1994	9,1	-	18,5	175	13,7	80
1995	8,6	-	18,2	251	13,5	120
Smulders						
1994	21,1	-	21,9	52	21,1	0
1995	20,5	-	22,9	92	20,5	0
Keijzers						
1994	9,1	-	17,2	173	14,9	120
1995	8,3	-	16,5	222	11,9	80

Bij School, Janssen en Smulders werd in de praktijk geen maïs beregend. In het scenario met de CLM-beregeningsplanner wordt bij School en Smulders wel beregend. Van de bedrijven waar de maïs al wel werd beregend, wordt in het scenario van de CLM-beregeningsplanner (II) ten opzichte van werkelijke berekening (III) in alle gevallen een hogere gift berekend. Bij het toepassen van de beregeningsplanner voor maïs is het van groot belang de gewasontwikkeling gedurende het seizoen te kennen, omdat dit invloed heeft op de beworteling en de verdamping.

De hoeveelheden berekening zijn fors, maar ook de gewasopbrengsten stijgen sterk. Dit is terug te vinden in de benutting en efficiëntie van berekening (zie tabel 5).

Uit tabel 5 blijkt dat de benutting van berekening volgens de CLM-beregeningsplanner in alle gevallen boven de 50% ligt, behalve voor Smulders in 1994. De extra opbrengst van een berekening van de maïs bij Smulders in 1994 is aan de lage kant en dit leidt tot een lage benutting en efficiëntie. Op bedrijven waar de maïs beregend werd is een behoorlijke extra opbrengst per mm berekening berekend. De benutting in de praktijk ligt in enkele gevallen hoger dan bij het scenario van de CLM-beregeningsplanner.

Tabel 5 Benutting en efficiëntie van beregening op maïsland

Bedrijf	Scenario			
	II		III	
	% benut water ¹	efficiëntie ²	% benut water	efficiëntie
School				
1995	67	33	-	-
v. Genugten				
1994	79	35	-	-
1995	82	37	91	41
Evers				
1994	85	38	98	52
1995	87	39	88	37
Mulders				
1994	106	54	110	58
1995	91	38	88	39
Smulders				
1994	31	15	-	-
1995	54	26	-	-
Keijzers				
1994	101	47	100	48
1995	89	37	76	45

¹% benut water = mm extra transpiratie door het gewas per mm beregeningswater * 100%

² efficiëntie = extra kg ds gewasproductie per mm beregening

3.3 Mogelijke waterbesparing in het scenario van de CLM-beregeningsplanner

Uit de voorgaande paragrafen is duidelijk geworden dat beregening volgens de criteria van de CLM-beregeningsplanner een efficiënter gebruik van beregeningswater kan betekenen ten opzichte van beregening naar eigen inzicht. Om te toetsen of dit op bedrijfsniveau ook een besparing van beregeningswater betekent, zijn de scenario's II en III met elkaar vergeleken.

Voor de jaren 1994 en 1995 zou beregening volgens de CLM-beregeningsplanner voor grasland een verminderd verbruik van beregeningswater hebben betekend. Voor maïsland zou meer beregeningswater zijn verbruikt. Gemiddeld kon in 1994 op grasland maximaal 77 mm beregeningswater per ha bespaard worden in 1995, 81 mm per ha. Op percelen maïsland die beregend zijn, leidt beregening volgens de CLM-beregeningsplanner tot een extra gebruik van beregeningswater van 101 mm per ha in 1994 en 153 mm per ha in 1995. In eerdere studie werd reeds een hoge efficiency en benutting bij beregenening van maïs geconstateerd, hetgeen aangeeft dat maïs beregening de opbrengst duidelijk kan verhogen (De Groot en Hack-ten Broeke, 1996). Gemiddeld over alle bedrijven is er een extra verbruik van beregeningswater op maïsland van 59 mm per ha in 1994 en 91 mm per ha in 1995.

Op de bedrijven waar zowel gras als maïs werd beregend (Van Genugten, Evers, Mulders en Keijzers) is daardoor een gemiddelde besparing van slechts 16 mm beregeningswater per beregenbare ha mogelijk.

4 Verandering in waterverbruik na introductie van de CLM-beregeningsplanner in 1996 of PR-beregeningswijzer in 1997

De berekening op de zeven 'beregeningsplannerbedrijven' in 1996 is door de introductie van de CLM-beregeningsplanner beïnvloed. Aangezien berekening sterk wordt beïnvloed door het weer is moeilijk te toetsen of de introductie van de CLM-beregeningsplanner in 1996 of de introductie van PR-beregeningswijzer in 1997 heeft geleid tot veranderingen in de beregeningsstrategie ten opzichte van 1994 en 1995. Daarom zijn op basis van de berekening in de jaren 1994 en 1995 beslisregels afgeleid waarmee de 'traditionele' beregeningsstrategie gekarakteriseerd kan worden. Op basis van deze beslisregels kan beoordeeld worden of de beregeningsstrategie na 1995 veranderd is.

De beslisregels voor 'traditionele' berekening zijn vastgesteld op basis van de beregeningspraktijk en het neerslagverloop in de jaren 1994 en 1995 op de zeven 'beregeningsplannerbedrijven' in Noord-Brabant. Deze beslisregels worden gebruikt om het waterverbruik bij traditionele berekening in de jaren 1996 en 1997 te schatten voor diezelfde bedrijven, die in deze periode de CLM-beregeningsplanner of PR-beregeningswijzer toepasten. De gegevens over het waterverbruik op de zeven bedrijven na introductie van de CLM-beregeningsplanner in 1996 zijn reeds gerapporteerd (Hoving et. al., 1997 en 1998). Het geschatte waterverbruik bij traditionele berekening in 1996 en 1997 kan op deze manier vergeleken worden met het werkelijke waterverbruik na introductie van de CLM-beregeningsplanner of PR-beregeningswijzer.

Voor de jaren 1994 en 1995 wordt eerst de berekening beschreven, vervolgens worden op basis van deze beschrijvingen beslisregels afgeleid. De beslisregels zijn afgeleid uit de beregeningspraktijk zoals in 1994 en 1995 op de zeven beregeningsplannerbedrijven is waargenomen. Deze beslisregels zijn, om voor 1996 en 1997 te kunnen rekenen, in een spreadsheet model verwerkt.

4.1 Berekening in 1994 en 1995

In de jaren 1994 en 1995 was sprake van een vrijwel aaneengesloten periode van berekening. Op alle bedrijven was in beide jaren binnen ongeveer anderhalve week na de laatste regen van betekenis (> 10 mm) begonnen met de berekening van grasland. Dit lag tussen de 8 dagen (Keijzers) en 20 dagen (School). In de Provincie Noord-Brabant geldt een verbod om voor 1 juni op grasland te beregenen. In een 5%-droog jaar wordt het verbod eerder opgeheven en mag op z'n vroegst vanaf 1 mei worden beregend.

Het eerste moment waarop maïs werd beregend was voor respectievelijk Evers, Keijzers en Mulders in 1994 22-7, 7-7 en 1-7, in 1995 was dit op 8-7, 2-7 en op 20-7. Bij Evers viel in 1994 op 14 juli een bui, bij Mulders in 1995 op 15 juli. Dit heeft mogelijk de eerste berekening van maïs beïnvloed. In de overige gevallen is de eerste

berekening van maïs ongeveer 10 dagen na de eerste berekening van gras. Na elke 10 dagen werd opnieuw een berekening op maïs uitgevoerd. Dit resulteerde in twee berekeningen op maïsland bij Mulders in 1994 en bij Keijzers in 1995. Bij Evers in beide jaren, bij Keijzers in 1994 en bij Mulders in 1995 werden drie berekeningen voor maïsland uitgevoerd.

Bij neerslag van betekenis (> 10 mm) werd op alle bedrijven minimaal twee dagen gewacht met beregenen. Bij grotere buien (>15 mm) werd één of twee dagen langer gewacht. De datum waarop de bedrijven stopten met beregening varieerde. In 1994 was het moment waarop eind augustus een bui viel bepalend. Alle bedrijven stopten met beregenen binnen één tot twee dagen na een bui. In 1995 was een duidelijke omslag van het weer na 23 augustus aanleiding om te stoppen. Alleen School was na een bui van 11 mm op 10 augustus al gestopt en Mulders bleef beregenen tot 3 september.

Het aantal uren dat gemiddeld per dag beregend werd verschilt per bedrijf en per jaar voor de jaren 1994 en 1995. Bij Evers, Keijzers en Mulders werd gemiddeld langer beregend dan op de andere bedrijven. Uit de gegevens van de enquête (Hoving et al., 1997) is per bedrijf de grootte van de standaardberegeningsgift voor gras en maïs af te leiden. Op grasland was dit voor respectievelijk Janssen, School, Evers, Van Genugten, Keijzers, Smulders en Mulders 30, 35, 30, 30, 20, 20 en 30 mm.

4.2 Beslisregels

De beslisregels zijn geformuleerd op basis van de beregeningspraktijk op de zeven 'beregeningwijzerbedrijven' in 1994 en 1995. Op basis van de beregeningspraktijk in 1994 en 1995 wordt de eerste dag van beregenen geschat op 14 dagen na de laatste behoorlijke regenval. De eerste berekening van maïs wordt geschat op 30 dagen na de laatste neerslag van betekenis. Het vroegst mogelijke tijdstip voor berekening van maïs is na 1 juni en nadat de berekening van grasland is begonnen. Vervolgens worden de beregenbare percelen maïs elke 10 dagen beregend, maar niet vaker dan 3 keer per groeiseizoen. Na het begin van berekening wordt, als er geen neerslag van betekenis valt, in een aaneengesloten periode beregend. Als er neerslag van betekenis (>10 mm) valt wordt voor zowel maïs als gras enkele dagen gewacht met beregenen. De neerslaghoeveelheid gedeeld door 5 wordt als vuistregel voor het aantal wachtdagen aangehouden. Het einde van de beregeningsperiode voor zowel gras als maïs valt op het moment waarop er na 15 augustus een periode met neerslag is.

Om de beslisregels in een spreadsheetmodel te kunnen zetten en geschikt te maken voor toepassing in andere jaren zijn een aantal aanvullende beslisregels geformuleerd. Als vroegst mogelijke tijdstip voor de berekening van grasland wordt 1 mei aangehouden. Afhankelijk van de neerslaghoeveelheid in de periode januari tot en met april, wordt het eerste beregeningsmoment uitgesteld. Op deze manier wordt het verbod om in een niet-5%-droog jaar voor 1 juni te beregenen in de beslisregels verwerkt. Bij een neerslaghoeveelheid groter dan 80 mm in de periode januari tot en met april wordt het aantal dagen uitstel van de eerste berekening na 1 mei berekend als de neerslaghoeveelheid groter dan 80 mm gedeeld door 5. Aangezien in de

beslisregels niet hetzelfde criterium wordt gehanteerd als voor de bepaling van een 5%-droog jaar kan de eerste berekening zoals bepaald met de beslisregels plaatsvinden voordat daadwerkelijk beregend mag worden. In de periode waarin zowel maïs als gras wordt beregend krijgt maïs berekening prioriteit boven gras berekening waardoor het aantal beregeningsdagen voor gras afneemt met de hoeveelheid dagen die voor maïs berekening nodig zijn. Als criterium voor het einde van de beregeningsperiode voor zowel gras als maïs is een weersomslag na 15 augustus met een neerslaghoeveelheid van ten minste 4 mm in twee dagen aangehouden. Ondanks de geringe neerslaghoeveelheid bleek een dergelijke weersomslag voldoende om de beregeningsperiode te beëindigen.

Beslisregels voor berekening afgeleid uit de beregeningspraktijk in 1994 en 1995

Start van de beregeningsperiode:

- Voor gras vanaf 1 mei en afhankelijk van de neerslaghoeveelheid in de eerste vier maanden van het jaar. Het aantal dagen na 1 mei waarop met beregenen wordt begonnen is bepaald als de neerslaghoeveelheid groter dan 80 mm in de eerste vier maanden gedeeld door 5. Berekening begint pas na 10 dagen zonder neerslag van betekenis (>10 mm/dag)
- Voor maïs vanaf 1 juni en na 30 dagen zonder neerslag van betekenis (>10 mm/dag)

Periode waarin tijdelijk niet wordt beregend:

- Voor zowel gras als maïs wordt op dagen met neerslag van betekenis (>10 mm/dag) gestopt met beregenen. Het aantal dagen waarop niet wordt beregend is bepaald als de neerslaghoeveelheid per dag gedeeld door 5. Bij aaneengesloten periodes met neerslag wordt het aantal dagen waarop niet wordt beregend gesommeerd.

Einde van de beregeningsperiode:

- Voor zowel gras als maïs wordt de berekening beëindigd op het moment dat na 15 augustus in een periode van 2 dagen meer dan 4 mm valt.

Prioriteit en frequentie van berekening:

- Op bedrijven waar maïs wordt beregend wordt elk perceel per groeiseizoen maximaal drie keer beregend. Het aantal beregeningsdagen voor gras wordt verminderd met de benodigde beregeningsdagen voor maïs

4.3 Toepassen van beslisregels

Als eerste wordt de periode van beregenen en het aantal dagen waarop niet wordt beregend, bepaald op grond van de neerslaggegevens. Vervolgens wordt het aantal beregeningsdagen vermenigvuldigd met het gemiddelde aantal uren per dag waarop wordt beregend. Als richtlijn wordt aangehouden dat Evers, Keijzers en Mulders ongeveer 16 uur per dag beregenen, School 15 uur per dag en Van Genugten, Smulders en Janssen ongeveer 13 uur per dag. Dit zijn gemiddelden voor de beregeningspraktijk in de jaren 1994 en 1995. Om de beregeningscapaciteit per dag te bepalen wordt de beregeningsduur per dag vermenigvuldigd met de pompcapaciteit op het betreffende bedrijf. Het aantal dagen van een complete beregeningsronddgang wordt bepaald door de beregeningscapaciteit per dag te delen door de giftgrootte vermenigvuldigd met het beregende oppervlak. Dit wordt, vanwege de verschillen in giftgrootte, voor gras en maïs afzonderlijk gedaan. Op basis van de beregenings-

periode zoals uit de neerslaggegevens is afgeleid en de tijdsduur van de beregeningsronddgang voor gras en maïs wordt het totale waterverbruik uitgerekend. Het fictieve waterverbruik in 1996 en 1997 berekend met de beslisregels wordt gebruikt om de waterbesparing te kwantificeren.

Behalve voor de zeven beregeningsplannerbedrijven worden de beslisregels ook gebruikt om het traditionele waterverbruik voor vijf bedrijven die sinds 1997 beregenen volgens de PR-beregeningswijzer, te berekenen. Voor deze vijf 'beregeningwijzerbedrijven' worden dezelfde beslisregels gehanteerd als zijn afgeleid voor de zeven bedrijven die sinds 1996 de CLM-beregeningsplanner gebruiken.

Deze vijf 'beregeningwijzerbedrijven' zijn gelegen in de driehoek Tilburg-Eindhoven-Den Bosch. Basisgegevens over de pompcapaciteit het beregend areaal gras en maïs en de standaardgiften zijn afkomstig uit eerdere rapportages (Hoving et al., 1997) en niet eerder gepubliceerde gegevens van PR. Gegevens over het gemiddeld aantal beregeningsuren per dag in 1994 en 1995 waren voor deze 5 bedrijven echter niet meer te achterhalen. Op basis van de zeven CLM-beregeningsplannerbedrijven is een schatting gemaakt van het maximaal en minimaal aantal beregeningsuren per dag en dit bereik is gebruikt als invoer voor de beslisregels.

4.4 Validatie van de beslisregels voor 1994 en 1995

De beslisregels zijn ter controle in 1994 en 1995 toegepast om de begin- en einddata van de beregeningsperiode op de verschillende bedrijven te bepalen. De beregeningsperiode zoals met de beslisregels berekend is, wordt vergeleken met de werkelijke beregeningsperioden in 1994 en 1995 zodat een indruk wordt verkregen van de betrouwbaarheid van de opgestelde beslisregels. Deze vergelijking is niet geheel zuiver omdat de gegevens die zijn gebruikt om de beslisregels af te leiden weer worden voorspeld. Voor een zuivere validatie zouden de schattingen op basis van de beslisregels voor een ander jaar moeten worden bepaald dan het jaar waarvoor de beslisregels zijn afgeleid. Vanwege onvoldoende gegevens was dit niet mogelijk. De begin- en einddata van de beregeningsperioden zoals in werkelijkheid waargenomen en zoals bepaald volgens de opgestelde beslisregels, zijn weergegeven in tabel 6.

Begindata van de beregeningsperioden in 1994 en 1995 blijken met de opgestelde beslisregels meestal met een nauwkeurigheid van 5 dagen en maximaal 12 dagen geschat te kunnen worden. Einddata kunnen ook met een nauwkeurigheid van 5 dagen en maximaal 17 dagen geschat worden.

Tabel 6 Begin- en einddata van werkelijke en fictieve beregeningsperioden in 1994 en 1995.

Bedrijf	Begindatum werkelijke beregening	Begindatum fictieve beregening	Einddatum Werkelijke beregening	Einddatum fictieve beregening
Evers 1994	24-6	20-6	21-8	22-8
Evers 1995	1-7	3-7	26-8	24-8
v. Genugten 1994	-	20-6	-	17-8
v. Genugten 1995	5-7	2-7	23-8	26-8
Janssen 1994	2-7	20-6	17-8	17-8
Janssen 1995	5-7	30-6	25-8	25-8
Keijzers 1994	27-6	20-6	21-8	17-8
Keijzers 1995	27-6	3-7	25-8	19-8
Mulders 1994	22-6	27-6	11-8	17-8
Mulders 1995	1-7	3-7	3-9	23-8
School 1994	1-7	19-6	10-8	17-8
School 1995	1-7	1-7	24-8	27-8
Smulders 1994	-	27-6	27-8	22-8
Smulders 1995	28-6	2-7	26-8	27-8

Het totale waterverbruik wordt naast de lengte van de beregeningsperiode bepaald door de pompcapaciteit en het gemiddeld aantal uren beregening per dag. De pompcapaciteit is voor de betreffende bedrijven nauwkeurig bekend door een meting van DLV. Het gemiddeld aantal beregeningsuren per dag blijkt per bedrijf en per jaar te verschillen. Bij bedrijven met een grote pompcapaciteit kan met relatief weinig beregeningsuren per dag tot het complete bedrijfsareaal worden beregend.

De beregeningsduur per dag is voor de berekening van het waterverbruik een cruciale parameter. In de formulering van beslisregels is een lineair verband tussen de beregeningsduur per dag en het totale waterverbruik opgenomen. Aangezien zowel 1994 als 1995 vrij droge jaren waren wordt in de beslisregels mogelijk een te hoge schatting van het aantal beregeningsuren per dag gemaakt. In nattere jaren mag verwacht worden dat het aantal beregeningsuren per dag wordt verminderd omdat de noodzaak voor langere beregeningsdagen ontbreekt.

De beregeningsduur per dag blijkt per bedrijf voor de jaren 1994 en 1995 enigszins te verschillen. Doordat in de beslisregels per bedrijf gebruik wordt gemaakt van een gemiddelde beregeningsduur per dag over de jaren 1994 en 1995 ontstaat een discrepantie tussen het werkelijke waterverbruik en het fictieve waterverbruik. Het totale waterverbruik zoals in 1994 en 1995 is waargenomen, het fictieve waterverbruik zoals bepaald met de beslisregels en het procentuele verschil tussen het fictieve en werkelijke waterverbruik in beide jaren is weergegeven in tabel 7.

Tabel 7 Werkelijk en fictief waterverbruik in m³ voor 1994 en 1995.

Bedrijf	Jansen	School	Genugten	Evers	Mulders	Smulders	Keijzers	Gemiddeld
Beregening in 1994	10480	16524	-	27225	34475	16678	-	-
Beregening in 1995	12840	20332	17603	39338	25305	22568	-	-
Fictieve beregening in 1994	13442	26612	20433	35220	23610	15395	29344	-
Fictieve beregening in 1995	11554	27397	19793	31200	28560	22568	26320	-
Procentueel verschil 1994	28	61	-	29	-32	-8	-	8
Procentueel verschil 1995	-10	35	12	-21	13	0	-	2

Het fictieve en werkelijke waterverbruik in 1994 en 1995 blijken redelijk overeen te stemmen. Over alle bedrijven is het fictieve waterverbruik in 1994 gemiddeld 8% hoger dan het werkelijke en in 1995 gemiddeld 2% hoger. De verschillen tussen de bedrijven zijn echter aanzienlijk en variëren in 1994 tussen de 61% en -32% en in 1995 tussen de 35% en -21%. Voor het bedrijf van School is een grote discrepantie tussen het waterverbruik volgens de beslisregels en het werkelijke waterverbruik waar te nemen. Voor 1994 wordt dit verschil voor het belangrijkste deel veroorzaakt door een langere fictieve beregeningsperiode. Voor 1995 wordt het verschil tussen het werkelijke en fictieve waterverbruik veroorzaakt door 19 dagen waarin tijdens de beregeningsperiode niet is beregend, terwijl de berekening volgens de beslisregels vanwege buien slechts 3 dagen is gestaakt.

5 Resultaten

5.1 Werkelijke berekening in 1996 en 1997

De berekening zoals die in 1996 en 1997 op de zeven CLM-beregeningsplanner-bedrijven heeft plaatsgevonden is gerapporteerd (Hoving et al., 1997 en 1998). Het werkelijke waterverbruik in 1996 en 1997 overgenomen uit deze rapportages wordt in tabel 8 weergegeven.

Tabel 8 Werkelijk waterverbruik in m³ van de CLM-beregeningsplannerbedrijven in 1996 en 1997.

	Jansen	School	Genugten	Evers	Mulders	Smulders	Keijzers
Waterverbruik in 1996	10100	16932	17487	48600	51450	32426	46788
Waterverbruik in 1997	2520	6800	5307	-	13125	7750	15960

Het waterverbruik in 1997 is duidelijk lager dan in 1996. Dit verschil kan grotendeels worden verklaard uit de lengte van de beregeningsperiode. Door een zeer droog voorjaar in 1996 is het beregeningsverbod in dit jaar opgeheven en is op veel bedrijven al in mei begonnen met beregening. Verder is door een relatief droge zomer in 1996 ook frequenter beregend dan in 1997 dat een minder droge zomer kende.

De berekening zoals die in 1997 op de vijf PR-beregeningswijzerbedrijven heeft plaatsgevonden is gerapporteerd (Hoving et al., 1997 en 1998). Het waterverbruik in 1997 overgenomen uit deze rapportage wordt in tabel 9 weergegeven.

Tabel 9 Werkelijk waterverbruik in m³ van de PR-beregeningswijzerbedrijven in 1997

	Frijters	Donkers	Reijnen	v.Grinsven	Krol
Waterverbruik in 1997	16320	7571	17280	0	10660

5.2 Berekening op de zeven CLM-beregeningsplannerbedrijven in 1996 en 1997 volgens de beslisregels

Door de beslisregels toe te passen op de neerslaggegevens voor 1996 en 1997 is de fictieve berekening voor de jaren 1996 en 1997 berekend. Het fictieve waterverbruik per bedrijf is in tabel 10 opgenomen. De resultaten van de beslisregels voor 1996 en 1997 zijn opgenomen in tabel 11.

Tabel 10 Fictief waterverbruik in m³ in 1996 en 1997

	Jansen	School	Genugten	Evers	Mulders	Smulders	Keijzers
Fictief waterverbruik in 1996	24674	44166	37926	61200	54432	39494	56224
Fictief waterverbruik in 1997	18819	38862	28841	-	-	2821	39245

Tabel 11 Fictieve berekening in 1996 en 1997

Bedrijf	Jansen	School	Genugten	Evers	Mulders	Smulders	Keijzers
Begin- en einddata '96							
Eerste berekening Gras '96	2/05/96	2/05/96	2/05/96	2/05/96	2/05/96	2/05/96	2/05/96
Eerste berekening Maïs '96	9/07/96	9/07/96	9/07/96	24/06/96	26/06/96	26/06/96	25/06/96
Laatste berekening '96	20/08/96	15/08/96	26/08/96	20/08/96	19/08/96	21/08/96	24/08/96
Wachttijd gras '96 in dagen	15	18	15	8	12	13	14
Wachttijd maïs '96 in dagen	8	9	10	8	9	11	11
Begin- en einddata '97							
Eerste berekening Gras '97	25/05/97	22/05/97	4/06/97	-	-	17/08/97	22/05/97
Eerste berekening Maïs '97	10/06/97	6/06/97	20/06/97	-	-	-	1/06/97
Laatste berekening '97	22/08/97	21/08/97	22/08/97	-	-	24/08/97	25/08/97
Wachttijd gras '97 in dagen	17	15	3	0	0	0	25
Wachttijd maïs '97 in dagen	17	15	3	0	0	0	25
Berekening '96							
Beregeningsdagen gras	95	87	101	102	97	98	100
Beregeningsdagen maïs	34	28	38	49	45	45	49
Dagen per gift gras	19	17	16	10	10	11	8
Dagen per gift maïs	0	0	0	5	5	0	11
Dagen giften gras	95	87	101	86	81	98	67
Dagen giften maïs	0	0	0	16	16	0	33
Gift gras in m ³	24674	44166	37926	51750	45432	39494	37621
Gift maïs in m ³	0	0	0	9450	9000	0	18603
Waterverbruik in m ³	24674	44166	37926	61200	54432	39494	56224
Berekening '97							
Beregeningsdagen gras	72	76	77	0	0	7	70
Beregeningsdagen maïs	56	61	61	0	0	0	60
Dagen per gift gras	19	18	12	0	10	11	8
Dagen per gift maïs	8	5	7	0	4	8	11
Dagen giften gras	49	61	57	0	0	7	37
Dagen giften maïs	23	15	20	0	0	0	33
Gift gras in m ³	12819	31167	21401	0	0	2821	20642
Gift maïs in m ³	6000	7695	7440	0	0	0	18603
Waterverbruik in m ³	18819	38862	28841	0	0	2821	39245

Ook bij fictieve berekening volgens de beslisregels is een verschil in waterverbruik tussen 1996 en 1997 waar te nemen hoewel de verschillen minder groot zijn dan bij werkelijke berekening.

Het opvallend lage fictieve waterverbruik van Smulders, 93% lager dan in 1996 wordt veroorzaakt door een zeer laat begin van de berekening als gevolg van een groot aantal lokale buien in de zomerperiode. Een periode van 14 dagen waarin geen neerslag van betekenis (>10 mm) viel was pas in augustus waar te nemen, waardoor fictieve berekening pas op 17 augustus begon en reeds enkele dagen later, bij een

volgende bui, de beregeningsperiode stopte. De andere bedrijven laten duidelijk kleinere verschillen tussen de werkelijk berekening en de fictieve berekening zien.

Door de natte zomer van 1997 wordt op de bedrijven waarschijnlijk minder uren per dag berekend dan in de beslisregels wordt verondersteld. Daardoor treedt een overschatting van het waterverbruik op en dus ook een overschatting van de waterbesparing.

De vroege start van de beregeningsperiode in 1996 is mogelijk door opheffing van het beregeningsverbod in dit jaar. De fictieve berekening voor 1 juni in 1997 is het gevolg van de beslisregels: er mag pas vanaf 1 juni berekend worden. Ook door het te vroege begintijdstip is het fictieve waterverbruik een overschatting van het werkelijke waterverbruik.

5.3 Berekening op de vijf PR-beregeningswijzer bedrijven in 1997 volgens de beslisregels

Voor de berekening van de traditionele berekening in 1997 op de vijf 'beregeningswijzerbedrijven' is gebruik gemaakt van de beslisregels die zijn afgeleid voor de beregeningsplannerbedrijven.

Aangezien voor het correct toepassen van de beslisregels voor de 'beregeningswijzerbedrijven' niet alle benodigde invoerparameters bekend zijn is het aantal beregeningsuren per dag als een bereik tussen het minimum- en maximaal aantal beregeningsuren van de 'beregeningsplannerbedrijven' gebruikt als invoer voor beslisregels. De fictieve berekening in 1997 op 'beregeningswijzerbedrijven' wordt daarom ook als een bereik tussen minimum en maximum van de 'beregeningsplannerbedrijven' weergegeven. Het maximaal aantal beregeningsuren per dag op deze bedrijven is 20 uur, het minimum 10 uur. Maximaal en minimaal fictief waterverbruik op de vijf 'beregeningswijzerbedrijven' is weergegeven in tabel 12.

Tabel 12 Fictief waterverbruik in m³ in 1997 in de maximum- en minimumvariant

	Frijters	Donkers	Reijnen	v.Grinsven	Krol
Maximaal fictief verbruik	49704	25000	55520	0	111800
Minimaal fictief verbruik	24852	12500	27760	0	55900

5.4 Vergelijking tussen de werkelijke berekening en fictieve berekening in 1996 en 1997

Op bedrijfsniveau is het totaal fictief waterverbruik vergeleken met het werkelijk waterverbruik in 1996 en 1997. Vanwege de relatief grote onzekerheid in het aantal beregeningsuren per dag en het belang van deze parameter voor de uiteindelijke resultaten van het waterverbruik en de waterbesparing wordt een maximum- en minimumvariant wat betreft beregeningsuren per dag doorgerekend en vergeleken.

Voor de beregeningsplannerbedrijven heeft de minimumvariant betrekking op het laagste aantal jaarlijkse beregeningsuren per dag in de periode 1994-1995 en de maximale variant op het hoogste. Zowel het jaarlijks gemiddelde van 1994 als dat van 1995 hebben betrekking op een relatief droog jaar waardoor het aantal beregeningsuren per dag waarschijnlijk relatief hoog is. In een natte periode kan mogelijk een nog lager aantal beregeningsuren dan de minimumvariant voorkomen, waardoor de waterbesparing in een natte periode wordt overschat. Aangezien 1997 een natte zomer kende wordt de waterbesparing mogelijk overschat. De verschillen tussen de fictieve berekening volgens de minimum- en maximumvarianten per bedrijf met de beslisregels en de werkelijke berekening staan in tabel 13.

Tabel 13 Vergelijking tussen werkelijk en fictief waterverbruik van de CLM-beregeningsplannerbedrijven volgens de minimum- en maximumvarianten in 1996 en 1997

	Jansen	School	Genugten	Evers	Mulders	Smulders	Keijzers	Gemiddeld
Berekening uren/dag minimum	12,5	14,3	13,4	14,8	15,2	10,9	14,7	13,7
Berekening uren/dag maximum	15,3	16,0	13,4	19,1	17,3	13,0	16,0	15,7
Werkelijk waterverbruik in 1996	10100	16932	17487	48600	51450	32426	46788	31969
Fictief verbruik 1996 minimum	23725	42105	39093	56610	51710	33114	51656	42573
Fictief verbruik 1996 maximum	29039	47110	39093	73058	58855	39494	56224	48982
Besparing in m ³ in 1996 minimum	13625	25173	21606	8010	260	688	4868	10604
Besparing in m ³ in 1996 maximum	18939	30178	21606	24458	7405	7068	9436	17013
Besparing procentueel in 1996 minimum	57	60	55	14	1	2	9	25
Besparing procentueel in 1996 maximum	65	64	55	33	13	18	17	35
Werkelijk waterverbruik in 1997	2520	6800	5307	-	-	7750	15960	7667
Fictief verbruik 1997 minimum	18095	37048	29728	-	-	2365	36056	24659
Fictief verbruik 1997 maximum	22148	41453	29728	-	-	2821	39245	27079
Besparing in m ³ in 1997 minimum	15575	30248	24421	-	-	-5385	20096	16991
Besparing in m ³ in 1997 maximum	19628	34653	24421	-	-	-4929	23285	19412
Besparing % 1997 minimum	86	82	82	-	-	-228	56	69
Besparing % 1997 maximum	89	84	82	-	-	-175	59	72

Alle bedrijven waarvoor de verandering in waterverbruik berekend kan worden, behalve die van Smulders, laten een geringe tot behoorlijke waterbesparing zien als gevolg van Beregenen Op Maat. De gemiddelde waterbesparing na introductie van de CLM-beregeningsplanner bedraagt in 1996 30% en in 1997 70%. Dit gemiddelde is berekend voor de bedrijven waarvoor in het betreffende jaar een complete

vergelijking mogelijk was. Alleen Smulders beregent in 1997 meer dan volgens de beslisregels verwacht mocht worden. Dit wordt veroorzaakt door de zeer late start van de fictieve beregeningsperiode zoals eerder besproken.

Aangezien het aantal beregeningsuren in zowel de minimum- als maximumvariant gebaseerd zijn op relatief droge jaren mag verondersteld worden dat de waterbesparing in een droog jaar beter gekwantificeerd kan worden dan in een natter jaar als 1997. In een nat jaar zal waarschijnlijk het aantal beregeningsuren per dag verder verminderen dan in de minimumvariant het geval is, waardoor in een nat jaar de waterbesparing wordt overschat.

Voor de PR-beregeningswijzer bedrijven is op basis van dezelfde beslisregels ook de waterbesparing in 1997 bepaald. Aangezien het aantal beregeningsuren per dag voor deze bedrijven niet bekend was, is het bereik tussen het minimale en maximale aantal beregeningsuren per dag van alle 'beregeningssplannerbedrijven' gebruikt om het bereik in het fictieve waterverbruik aan te geven. Het minimaal aantal beregeningsuren per dag bedraagt hierdoor 10 en het maximale aantal uren 20. De resultaten van deze vergelijking staan in tabel 14.

Tabel 14 Vergelijking tussen werkelijk en fictief waterverbruik van de PR-beregeningswijzer bedrijven volgens de minimum- en maximumvarianten in 1997

	Frijters	Donkers	Reijnen	v.Grinsven	Krol	Gemiddeld
Maximumberegening uren/dag	20	20	20	20	20	20
Minimumberegening uren/dag	10	10	10	10	10	10
Waterverbruik m ³	16320	7571	17280	-	10660	12958
Maximaal fictief waterverbruik m ³	49704	25000	55520	-	111800	60506
Minimaal fictief waterverbruik m ³	24852	12500	27760	-	55900	30253
Maximale besparing m ³	33384	17429	38240	-	101140	47548
Minimale besparing m ³	8532	4929	10480	-	45240	17295
Maximale besparing %	67	70	69	-	90	79
Minimale besparing %	34	39	38	-	81	57

De berekende waterbesparing op de 'beregeningssplannerbedrijven' lijkt in 1997 iets geringer dan op de beregeningsplannerbedrijven. Door de onzekerheid van de resultaten, blijkend uit de overlap in het bereik van de percentages besparing, kan echter niet van een verschil in besparing worden gesproken. Wel moet opgemerkt worden dat de 'beregeningssplannerbedrijven' een duidelijk hogere pompcapaciteit hebben waardoor waarschijnlijk minder beregeningsuren per dag werden gedraaid dan op de beregeningsplannerbedrijven. Als het aantal beregeningsuren per dag inderdaad te hoog is ingeschat zal de werkelijke waterbesparing in 1997 geringer zijn dan in tabel 14 is weergegeven.

5.5 Discussie

Om op een verantwoorde manier de waterbesparing na introductie van CLM-beregeningssplanner of PR-beregeningssplanner te kunnen bepalen, dient voor dezelfde bedrijven in dezelfde periode een vergelijking tussen 'traditionele' berekening en berekening na introductie van de CLM-beregeningssplanner te worden gemaakt.

Aangezien in dezelfde periode op hetzelfde bedrijf geen verschillende beregeningsstrategieën worden gebruikt is van beslisregels gebruik gemaakt om 'traditionele' berekening afhankelijk van weersgegevens voor een aantal vergelijkingsjaren te bepalen.

Het gebruik van beslisregels voor de berekening van het fictieve waterverbruik op de 'beregeningssplannerbedrijven' in 1994 en 1995 levert een gemiddelde overschatting ten opzichte van het werkelijke waterverbruik van respectievelijk 2% en 8%. Deze verschillen geven een indicatie van de betrouwbaarheid van uitspraken over het waterverbruik op basis van beslisregels. Wel moet opgemerkt worden dat behoorlijke verschillen tussen individuele bedrijven optraden. Aangezien de inschatting van de betrouwbaarheid van de methode slechts op de jaren 1994 en 1995 is gebaseerd en de beslisregels zijn gebaseerd op dezelfde jaren als waarin wordt gevalideerd, kunnen geen harde kwantitatieve uitspraken over de betrouwbaarheid van de methode worden geformuleerd.

Daarbij moet worden opgemerkt dat de jaren 1994 en 1995 waarvoor de beslisregels zijn afgeleid relatief droge jaren waren, waardoor de beslisregels waarschijnlijk beter geschikt zijn voor voorspellingen in een droog jaar als 1996 dan een natter jaar als 1997.

De gemiddelde waterbesparing op de bedrijven waar de CLM-beregeningssplanner werd geïntroduceerd voor de jaren 1996 en 1997 bedraagt respectievelijk 30% en 70%. De variatie in het percentage waterbesparing als gevolg van onzekerheden in de invoergegevens ligt in 1996 tussen de 25% en 35% en in 1997 tussen de 69% en 72%. De onzekerheden door het gebruik van beslisregels bedraagt ongeveer 8% zodat, alle onzekerheden in acht nemend, gesproken kan worden van een aanzienlijke waterbesparing.

De waterbesparing op bedrijven waar in 1997 de PR-beregeningsswijzer werd geïntroduceerd kan alleen met een grotere onzekerheidsmarge worden berekend omdat het gemiddeld aantal beregeningsuren per dag in 1994 en 1995 op deze bedrijven niet bekend is. De schatting van het gemiddeld aantal beregeningsuren per dag wordt weergegeven als het bereik van het aantal beregeningsuren per dag van alle beregeningssplannerbedrijven. Door een hogere pompcapaciteit op de PR-beregeningsswijzerbedrijven zal het aantal beregeningsuren per dag op deze manier waarschijnlijk enigszins onderschat worden.

6 Conclusies

In alle gevallen leidt beregening op grasland in 1994 en 1995 volgens de criteria van de CLM-beregeningsplanner tot een lager waterverbruik dan beregening volgens het werkelijke scenario. Op drie bedrijven kan beregening op grasland in 1994 en 1995 volgens het scenario met de CLM-beregeningsplanner zelfs helemaal achterwege gelaten worden. De werkelijke beregening geeft ten opzichte van de CLM-beregeningsplanner 23 keer een meeropbrengst, vier keer een gelijke opbrengst en één keer een lagere opbrengst. De benutting en de efficiëntie van deze extra beregeningen liggen echter lager dan bij de CLM-beregeningsplanner. Beregening volgens de CLM-beregeningsplanner leidt in alle gevallen tot een benutting die groter is dan 25%. In het werkelijke scenario kwam de benutting zes keer boven de 25%.

Op twee bedrijven waar in 1994 en 1995 geen maïs werd beregend, wordt in het scenario van de CLM-beregeningsplanner wel beregend. Van de bedrijven waar de maïs al wel werd beregend, wordt in het scenario van de CLM-beregeningsplanner ten opzichte van werkelijke beregening in alle gevallen een hogere gift berekend. De benuttingspercentages van beregening op maïsland in het scenario van de CLM-beregeningsplanner, maar ook bij de werkelijke beregening, lagen meestal boven de 50%. De bedrijven waar de maïs beregend is, hebben een behoorlijke extra opbrengst per mm beregening behaald. In een eerdere studie werd reeds een hoge efficiency en benutting bij beregenening van maïs geconstateerd, hetgeen aangeeft dat maïsberegening de opbrengst duidelijk kan verhogen (De Groot en Hack-ten Broeke, 1996).

In het scenario met de criteria van de CLM-beregeningsplanner werd, ten opzichte van het scenario met werkelijke beregening, minder op grasland en meer op maïsland beregend. Voor de jaren 1994 en 1995 zou het gebruik van de CLM-beregeningsplanner voor grasland een verminderd verbruik van beregeningswater hebben betekend. Voor maïsland is dit echter niet het geval, hier zou meer beregeningswater zijn verbruikt. Op de percelen grasland op de bedrijven waar maïs niet werd beregend is een gemiddelde besparing van 89 mm per beregenbare ha grasland mogelijk. Op de bedrijven waar zowel gras als maïs werd beregend is met het gebruik van de CLM-beregeningsplanner een gemiddelde besparing van 16 mm beregeningswater per beregenbare ha mogelijk. Beregening van maïs volgens de CLM-beregeningsplanner levert een hogere efficiency en benutting, maar hierdoor ook een verhoogd waterverbruik. Bij het toepassen van de beregeningsplanner voor maïs is het van groot belang de gewasontwikkeling gedurende het seizoen te kennen, omdat dit invloed heeft op de beworteling en de verdamping.

De beregeningsstrategie van 1994 en 1995 is via beslisregels naar andere jaren vertaald. Hiermee is voor de jaren 1996 en 1997 een vergelijking tussen beregening voor en na introductie van de CLM-beregeningsplanner gemaakt. De beregening na introductie van de CLM-beregeningsplanner heeft betrekking op een beregeningsstrategie die is geïntegreerd in de totale bedrijfsvoering, zodat gesproken kan worden van gebruik van de CLM-beregeningsplanner in de praktijk.

De jaren 1994 en 1995 waarvoor de beslisregels zijn afgeleid waren relatief droge jaren, waardoor de beslisregels waarschijnlijk beter geschikt zijn voor voorspellingen in een droog jaar als 1996 dan een natter jaar als 1997.

Het berekende watergebruik voor de jaren 1994 en 1995 zoals bepaald via de beslisregels op de zeven praktijkbedrijven die daarna de CLM-beregeningsplanner gingen gebruiken wijkt gemiddeld 8% af van de werkelijke beregeningshoeveelheid. Dit gemiddelde verschil van 8% wordt gebruikt als een beste schatting van de betrouwbaarheid van de beslisregels. Tussen de individuele bedrijven zijn ook behoorlijke verschillen in waterbesparing waar te nemen, waardoor het moeilijk is een harde uitspraak te doen over de betrouwbaarheid van het gebruik van de beslisregels

Bij het gebruik van de beslisregels voor de vijf bedrijven waar in 1997 de PR-beregeningswijzer werd geïntroduceerd kan geen goede schatting van de betrouwbaarheid worden gemaakt. De betrouwbaarheid van de beslisregels is voor deze bedrijven waarschijnlijk lager dan voor de zeven beregeningsplannerbedrijven.

De gemiddelde waterbesparing op de 'beregeningsplannerbedrijven' voor de jaren 1996 en 1997 bedraagt respectievelijk 30% en 70%. De variatie in het percentage waterbesparing als gevolg van onzekerheden in de invoergegevens ligt in 1996 tussen de 25% en 35% en in 1997 tussen de 69% en 72%. De onzekerheden door het gebruik van beslisregels bedraagt ongeveer 8% zodat, alle onzekerheden in acht nemend, gesproken kan worden van een aanzienlijke waterbesparing. De waterbesparing uitgedrukt in m³ ligt in 1996 tussen de 10600 en 13475 en in 1997 tussen de 16990 en 18050. Als een onzekerheid van 8% voor het berekende waterverbruik wordt aangenomen ligt de waterbesparing in 1996 tussen de 17% en 43% en in 1997 tussen de 61% en 80%. De berekende waterbesparing in 1997 wordt waarschijnlijk overschat omdat 1997 een natte zomer kende en de beslisregels voor een droog jaar zijn afgeleid.

De waterbesparing op bedrijven waar in 1997 de PR-beregeningswijzer werd geïntroduceerd kan alleen met een grotere onzekerheidsmarge worden berekend omdat het gemiddeld aantal beregeningsuren per dag op deze bedrijven niet bekend is. De waterbesparing voor de vijf 'beregeningswijzerbedrijven' bedraagt in 1997 ongeveer 57% tot 79%. Ook hier moet de onzekerheidsmarge van de beslisregels van ongeveer 8% worden verkend zodat een beste schatting van de waterbesparing uitkomt tussen de 51% en 87% in 1997.

Literatuur

Groot, W.J.M. de en M.J.D Hack-ten Broeke, 1997. *Toetsing van de beregeningsplanner met het hydrologische model SWAP 2.0*. Onderzoeksresultaten 1996. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 580.

Hoving, I.E., H. Everts en D.A. van der Schans, 1997. *Beregenen Op Maat. Toetsing van de beregeningsplanner in de praktijk*. Onderzoeksresultaten 1996. Lelystad, PR. Rapport 165.

Hoving, I.E., H. Everts en D.A. van der Schans, 1998. *Beregenen Op Maat 1997. Toetsing van de beregeningsplanner en -wijzer in de praktijk*. Onderzoeksresultaten 1998. Lelystad, PR. Rapport 172.

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, 1995. *Jaaroverzicht neerslag & verdamping in Nederland*. Jaar 1994. De Bilt, 63^e jaargang nummer 13.

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, 1996. *Jaaroverzicht neerslag en verdamping in Nederland*. Jaar 1995. De Bilt, 64^e jaargang nummer 13.

LAMI, 1995. *Grondwateronttrekking voor beregening*. Een onderzoek naar grondwateronttrekking en de droogtegevoeligheid op 47 melkveehouderijbedrijven in Noord-Brabant in 1994-1995. Voortgangsrapportage 1994. Tilburg.

Poll, R., 1996. *Grondwateronttrekking voor beregening*. Een onderzoek naar grondwateronttrekking en de droogtegevoeligheid op 47 melkveehouderijbedrijven in Noord-Brabant in 1994-1995. Eindrapportage 1995. Tilburg.

Niet-gepubliceerde bronnen

Groot, W.J.M. de en M.J.D Hack-ten Broeke, 1996. *Protocol voor de inventarisatie van bodemkundig/hydrologische basisgegevens voor de beregeningsplanner*. Wageningen, DLO-Staring Centrum.

Werkgroep SWAP, 1996. *SWAP crop growth and soil water balance simulation system, Users manual version 2.0*. Draft july 1996. Wageningen, WAU-Dept. of Water Resources/ DLO-Staring Centrum.