

V119/99

Isn 978303

9 000 0967 2110

---

**Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw  
en de Vollegrondsgroenteteelt**

---

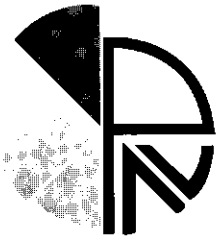
# Beregenen van akkerbouw- en vollegrondsgroente- gewassen

publicatie nr. 99  
juni 2000



BIBLIOTHEEK  
PPO sector AGV  
Postbus 430  
8200 AK Lelystad  
0320 291111

Samenstelling: ir. W.A. Dekkers MSC



---

Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en de Vollegrondsgroenteteelt

Postbus 430

8200 AK Lelystad

telefoon: 0320 29 11 11

telefax: 0320 23 04 79

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS



0000 0967 2110

---

# Inhoud

---

<b>VOORWOORD</b> .....	7
<b>SAMENVATTING</b> .....	8
<b>SUMMARY</b> .....	9
<b>INLEIDING</b> .....	10
NOODZAAK EN MOGELIJKHEDEN VAN BEREGENEN .....	10
<b>BESCHIKBAARHEID WATER VAN GOEDE KWALITEIT</b> .....	12
OPPERVLAKTEWATER.....	12
GRONDWATER .....	14
<i>Kwaliteit beregeningswater</i> .....	14
WETTEN EN REGELS .....	15
<b>DE BODEM</b> .....	17
BUFFER VOOR WATER .....	17
BEPALING VOCHTGEHALTE.....	21
TRANSPORT.....	22
LUCHTHUISHOUDING .....	24
CAPILLAIRE NALEVERING .....	25
NUTRIËNTEN.....	26
RUWHEID VAN HET OPPERVLAK EN VERSLEMPING .....	26
VERDAMPING DOOR GROND EN GEWAS .....	27
<i>Verdamping kale grond</i> .....	27
<i>Verdamping door het gewas</i> .....	28
<i>Standaard transpiratie en omrekening naar de werkelijke transpiratie</i> .....	28
<b>HET GEWAS</b> .....	30
REACTIES VAN PLANTEN OP DROOGTE .....	31
VERSCHIL IN DROOGTERESISTENTIE TUSSEN RASSEN.....	32
WISSELWERKING TUSSEN WORTELGROEI EN VOCHTVOORZIENING.....	33
GEVOELIGE PERIODEN PER GEWAS.....	33
OPBRENGST- EN OOGST-ZEKERHEID .....	34
KWALITEIT VAN HET PRODUCT .....	35
ZIEKTEN, PLAGEN EN ANDERE KWALITEITSEIGENSCHAPPEN .....	36
GEWASVEREISTEN .....	36
<b>PLANNEN VAN HET BEREGENEN</b> .....	37
TIJDSTIP .....	38

VOCHTBOEKHOUDING .....	40
<i>Doorwortelde bodemlaag</i> .....	41
<i>Vooraf aanwezige hoeveelheid vocht</i> .....	41
<i>Potentiële evapotranspiratie</i> .....	42
<i>Reductiefactoren potentiële evapotranspiratie</i> .....	42
<i>Snelheid wortelgroei</i> .....	43
<i>Capillaire nalevering</i> .....	44
HOEEVEELHEID EN INTENSITEIT .....	44
<b>KEUZE VAN INSTALLATIE EN BENODIGDHEDEN IN RELATIE TOT CAPACITEIT EN ONDERHOUD .....</b>	<b>46</b>
POMP .....	47
HASPEL EN SLANG .....	49
BEREGENINGSBOOM .....	49
SPUITMONDEN EN SPROEIERS .....	50
ONDERGRONDSE LEIDING .....	50
DRUPPELBEVLOEIING .....	51
VERDELING .....	51
METEN VAN DE AFGIFTE .....	52
BEVEILIGING .....	52
ONDERHOUD INSTALLATIE .....	53
<i>In het veld</i> .....	53
<i>Bij opslag</i> .....	53
BEREKENING CAPACITEIT .....	53
<i>Pomp</i> .....	53
<b>BEREGENING PLANNEN OP BEDRIJFS-NIVEAU .....</b>	<b>55</b>
<b>ARBEID EN ECONOMIE .....</b>	<b>57</b>
AANSCHAF EN INVESTERING .....	57
ARBEID .....	58
MINIMALE VERGOEDING .....	59
MINIMALE OPBRENGSTVERHOOGING .....	60
MEERJARIG RENDEMENT .....	61
<b>BEREGENINGSADVIEZEN PER GEWAS .....</b>	<b>62</b>
AARDAPPEL .....	62
ANDIJVIE .....	64
ASPERGE (WITTE) .....	65
BLEEKSELDERIJ .....	66
BLOEMKOOL .....	67
BROCCOLI .....	68
CHINESE KOOL .....	69
COURGETTE .....	69
DOPERWT .....	70
GRANEN .....	71

KNOLVENKEL .....	72
KROOT .....	73
PEEN .....	73
PREI .....	74
SLA .....	75
SPINAZIE .....	77
SLUITKOOL .....	78
SPRUITKOOL .....	79
WITLOF .....	80
<b>LITERATUUR .....</b>	<b>84</b>
<b>BIJLAGEN .....</b>	<b>85</b>
<i>Bijlage 1. Protocol voor de vochtbemonstering</i> .....	85
<i>Bijlage 2. Protocol voor gebruiken van tensiometers</i> .....	89
<i>Bijlage 3. Overzicht van beschikbare apparatuur en methoden om bodemvocht te meten</i> .....	90
<i>Bijlage 4. Attenderingswaarden voor waterkwaliteit bij overschrijding. Bij overschrijding of onderschrijding (indien minima staan vermeld) is het schade-risico groot. Het risico is sterk afhankelijk van interacties. (Huinink 1993) ....</i>	92

---

# VOORWOORD

---

Een goede continue watervoorziening van het gewas is een voorwaarde voor een kwalitatief en kwantitatief optimale productie van gewassen. Deze goede watervoorziening is ook essentieel voor het effectief gebruik van de voedingsstoffen door de plant en voorkomt onnodig verlies van nutriënten.

Via wet- en regelgeving zijn of worden er ook meer randvoorwaarden aan de berekening gesteld. Goed beregeningswater is een schaars product waar zuinig mee moet worden omgegaan.

Tegelijkertijd is er ook een ontwikkeling om water langer in een gebied vast te houden. Ook dit heeft consequenties voor de berekening en het watergebruik.

Beregenen is niet ieder jaar nodig. Het is afhankelijk van gewas, grondsoort en vooral het weer. Het bepalen van het tijdstip van beregenen en de hoeveelheid die gegeven wordt, vereist kennis van grond, gewas en weer. Om

te kunnen beregenen moet worden geïnvesteerd in machines en arbeid.

In het voorliggende handboek is veel van de kennis die nodig is om effectief te kunnen beregenen bijeengebracht. De onderwerpen lopen uiteen van de beschikbaarheid van goed water, de eigenschappen van bodemvocht en het plannen van het beregeningstijdstip, de volgorde van beregenen tot de keuze van de installatie en de arbeid en economie. Voor een groot aantal gewassen zijn het effect en de gevolgen van beregenen beschreven.

Wij vertrouwen erop dat de geboden informatie een brede toegang in de praktijk vindt. Door beregenen op maat kunnen de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt een bijdrage leveren aan de eisen die markt en maatschappij aan de productiewijze en het product stellen.

Ir. A.J. Riemens  
directeur PAV

---

# SAMENVATTING

---

Goed water is een schaars product. Daarom is het belangrijk dit product optimaal te gebruiken. Het beregenen van gewassen vereist kennis van verschillende aard. In de verschillende hoofdstukken zijn deze onderwerpen beschreven.

Voor men met beregenen kan beginnen, moet er voldoende water van voldoende kwaliteit aanwezig zijn. Het moet duidelijk zijn aan welke regels en tegen welke kosten het gebruik van water mogelijk is. Deze aspecten komen in het eerste hoofdstuk aan de orde.

De bodem is van belang bij de gewasproductie, omdat de bodem onder andere een buffer vormt voor water, lucht en nutriënten. Het is dan ook goed te realiseren op welke manier de grond het vocht aan de plant kan leveren. Een beschrijving van deze processen en van methoden om het vochtgehalte van de grond te bepalen zijn te vinden in het tweede hoofdstuk.

De vochtvoorziening heeft allerlei effecten op het gewas. Het groeipatroon van het gewas wordt medebepaald door de vochtvoorziening. De vochtvoorziening beïnvloedt daardoor ook opbrengst en kwaliteit. Maar ook de aantasting door ziekten en plagen kunnen beïnvloed worden door de vochtvoorziening. In hoofdstuk 3 wordt de interactie besproken tussen gewas en vochtvoorziening. Op basis van de gewaseigenschappen, beschikbare bodem- en beregeningswater zal men besluiten beregenen onderdeel te

maken van de gewasverzorging. Bij een positieve beslissing is het zaak de beregening goed te plannen.

Het vierde hoofdstuk bespreekt de factoren waarmee rekening moet worden gehouden om de beregening goed te plannen.

De capaciteit van de beregeningsinstallatie moet zijn afgestemd op het gebruik. Bij de inzet is een goede controle van het gebruik en onderhoud noodzakelijk. De aspecten waarmee men rekening moet houden bij aanschaf, onderhoud en gebruik van een installatie worden besproken in hoofdstuk 5.

Een van de moeilijkste aspecten van beregening is om uit te kiezen in welke volgorde de gewassen moeten worden beregend. In het hoofdstuk "Beregening plannen op bedrijfsniveau" worden handvatten aangereikt om dit te kunnen realiseren.

In het hoofdstuk "Arbeid en Economie" wordt besproken hoe het rendement van beregening op lange termijn ingeschat kan worden. Hier komen ook de vaste en variabele kosten aan de orde en wordt een methode aan de hand gedaan om in te schatten wat de minimale opbrengstverhoging moet zijn om beregening rendabel te maken.

De publicatie wordt afgesloten met een bespreking per gewas, van de feiten die van belang zijn indien dat gewas beregend wordt.

---

# SUMMARY

---

Good water is a scarce product. Therefore it is important to make optimal use of this commodity. The irrigation of crops requires knowledge of various subjects. This knowledge has been described in the various chapters

The availability of sufficient water of good quality is required if one wants to start irrigation. Moreover it should be clear which rules and which costs apply to use the water. These aspects are treated in the first chapter.

The soil profile has a significant contribution to crop production, while the profile forms a buffer for water, air and nutrients. It is important to realize in which way the soil profile provides water to the plant. Descriptions of these processes and of methods to sample the moisture content of the soil are given in the second chapter.

The moisture supply has various effects on the crop. The growth pattern of the crop is also determined by the water supply. The water supply therefore affects yield and quality. Additionally infections of diseases could be aggravated by water supply. In this chapter the interaction between crop and water supply is included.

Based on the properties of the crops, the available soil profiles and irrigation water, a

decision is made to include irrigation as a measure of crop husbandry. In case of a positive decision it is important to plan the irrigation well. In the fourth chapter those factors are discussed which have to be taken account of to plan well the irrigation.

In order to be able to irrigate an installation is necessary. The capacity of the installation should be tuned to the intended use. Once in operation a good control of use and maintenance is necessary. The facts to take account of when buying, maintaining or using of an irrigation installation are discussed in this chapter.

One of the most difficult aspects of irrigation is to find out the order to irrigate the crops. In the chapter "Irrigation planning on farm level" information is shown which support this task

In the chapter "Labour and Economy" is discussed the way to estimate the return of irrigation on the long term. The variable and the fixed costs are treated and a method is presented to estimate the minimal increase in return to compensate the cost of irrigation.

In the first part of this book general knowledge on irrigation is presented. In the last part for several crops aspects of irrigation specific to each crop are described.

---

# INLEIDING

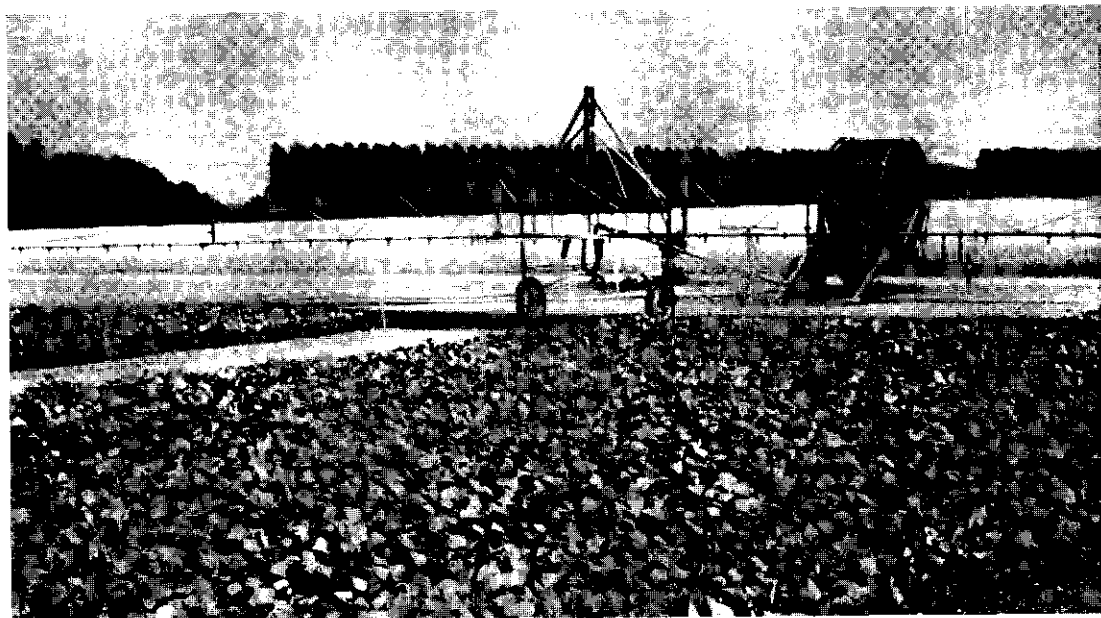
---

## Noodzaak en mogelijkheden van beregenen

Goed water is een schaars product. Beregenen roept daarom discussie op. Met name in de akkerbouw bestaan grote verschillen van inzicht over de noodzaak en de efficiency van beregenen. Het rendement van een goed uitgevoerde beregening wordt voortdurend bediscussieerd. In de vollegrondsgroenteteelt is de noodzaak van beregenen duidelijker en zijn er nog andere redenen dan alleen het verhogen van de fysieke opbrengst. Dit betreft het be-

vorderen van het aanslaan van plantmateriaal, het handhaven van de kwaliteit, de beschikbaarheid van nutriënten en het verbeteren van de werking van herbiciden. Vele groentegewassen kunnen zelfs op weinig droogtegevoelige grond niet geteeld worden, omdat zonder beregening de kwaliteit van het product onvoldoende is.

Uit een publicatie van het LEI in 1994 met betrekking tot de grondwateronttrekking door de land- en tuinbouw blijkt dat de meeste ondernemers beregenen een zeer rendabele zaak vinden. Een regeninstallatie is daarom een vast onderdeel van de inventaris op driekwart



*Afb. 1. Een regeninstallatie is een vast onderdeel op driekwart van de bedrijven.*



van de bedrijven.

De rentabiliteit van beregenen wordt bepaald door de jaarkosten van de installatie, de kosten van gebruik en de te behalen financiële meeropbrengst. Deze meeropbrengst hangt af van de opbrengst verhoging en de verbetering van de kwaliteit. Maar vooral de prijsvorming van de producten heeft grote invloed. De prijsvorming wordt echter niet alleen landelijk bepaald, maar ook door het aanbod in de ons omringende landen. De invloed van droogte op de gewasproductie in de ons omringende landen heeft grote effecten op de prijs in Nederland.

Ook technisch zijn er veel vragen rond beregenen:

- het bepalen van het juiste tijdstip van beregenen, afhankelijk van:
  - \* bodemprofiel
  - \* gewasopbrengst
  - \* kwaliteit van het product
- het bepalen van de volgorde van beregening van de gewassen op een bedrijf, afhankelijk van:
  - \* de capaciteit van de regeninstallatie
  - \* de beschikbaarheid van arbeid
- dosering en intensiteit afhankelijk van:
  - \* de gevoeligheid van de grond voor slemp
  - \* de relatie tussen de kosten en de meeroopbrengst afhankelijk van de frequentie van beregening
- de uitrusting en de waterkwaliteit

- berekenen van capaciteit
- bepalen van rendement:
  - \* financieel
  - \* waterbenutting.

Het onttrekken van grondwater om te beregenen is momenteel een onderwerp van maatschappelijke discussie. Het onttrekken van grondwater wordt in verband gebracht met verdroging van de hoger gelegen gebieden. Per provincie en soms per gebied zijn er andere regels voor het gebruik van grond- en oppervlaktewater.

Informatie over alles wat met beregenen te maken heeft, is zeer verspreid aanwezig. In dit handboek wordt de relevante informatie rond beregenen gebundeld en op een overzichtelijke manier aangeboden.

In het eerste deel van dit handboek wordt de technische en economische kennis beschreven. Het betreft hier meer algemene kennis en informatie over water, bodem, het gewas, planning van beregening, keuze van apparatuur en arbeid en economie. In het tweede deel wordt per gewas de beschikbare kennis op een rij gezet. Per gewas wordt de reactie van het gewas op vochtvoorziening beschreven:

- Op welk tijdstip of onder welke omstandigheden moet beregend worden?
- Wat is het effect van de kwaliteit van het beregingswater?
- Wat is het effect van beregening op opbrengst en kwaliteit?



---

# BESCHIKBAARHEID WATER VAN GOEDE KWALITEIT

---

Om te kunnen beregenen moet er voldoende water zijn op het juiste tijdstip en in de gevraagde hoeveelheden. Bovendien moet het water voldoen aan gestelde kwaliteitseisen. Het gebruik van water is in een aantal gevallen gebonden aan wettelijke regelingen. Dit hoofdstuk besteedt aan deze aspecten aandacht.

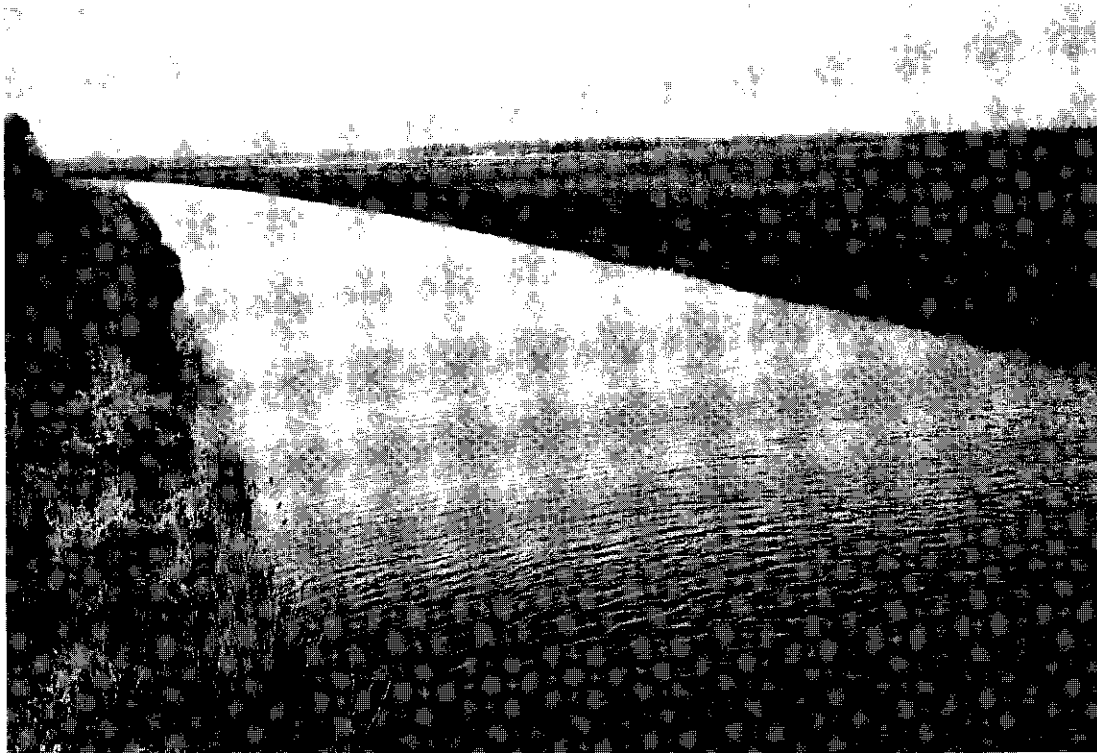
## Oppervlaktewater

Indien een te beregenen perceel aan open wa-

ter ligt, ligt het voor de hand dit water te gebruiken voor beregening. Er zijn dan weinig extra voorzieningen. Echter niet alle oppervlaktewater is geschikt voor beregenen. Een aantal redenen is:

- onvoldoende aanvoer

Bij het beregenen is een bepaalde hoeveelheid water per tijdseenheid nodig. Deze hoeveelheid water moet tijdens het beregenen weer aangevuld worden op het punt waar water onttrokken wordt. Dit is noodzakelijk omdat de inlaat van de pomp altijd onder water moet blijven om water



Afb. 2. De beschikbaarheid van voldoende water van goede kwaliteit is noodzakelijk voor beregenen.

te kunnen oppompen. Indien het debiet onvoldoende is, kan via de sloot onvoldoende water worden aangevoerd. Dit kan worden veroorzaakt door een te gering verval en of een te grote weerstand tegen transport (de natte doorsnee van de sloot kan te klein zijn, onder andere door teveel begroeiing). Beregenen uit oppervlakte-

water is dan niet mogelijk zonder extra voorzieningen. Een oplossing is om een bassin geleidelijk te vullen met water en dan vanuit dat bassin te beregenen.

- kwaliteit

Te zout water is in het algemeen niet geschikt voor beregenen. De gewassen verschillen in gevoeligheid voor de kwaliteit

Tabel 1. De opbrengstreductie per gewas als een percentage in afhankelijkheid van het zoutgehalte mg NaCl/liter in het regeningswater.

gewas	v.d. Berg 1945/48	Dorsman/ Wattel 1945/48	van Dam 1953	van Dam 1953	Bernstein 1959	Bernstein 1959
opbrengstreductie	25%	25%	10%	25%	10%	25%
aardappelen (vroeg)	1010	1820	610	1820	860	1680
aardbeien				300	910	
andijvie				1820		
andijvie (nateelt)		2430				
augurken		610				
bloemkool (herfst)			2430	3640	1680	2520
bloemkool (voorjaar)		2430	890	1210		
bloemkool (weeuwen)				2430		
boerenkool			2430	4860		
doperwten		1210				
erwten	360					
groene savooie kool			1520	3640	860	1680
knolselderij			610	2430		
kropsla		610	430	610	660	1160
kroten			3110	5460	3580	4320
peen		3950	610	3030	420	880
postelein				6070		
prei		3040	670	3030		
radijs			2500	4860		
rodekool (bewaar)			300	1210		
rodekool (weeuwen)				2430		
sluitkool (voorjaar)		2430				
spinazie			2130	3640	2320	3140
spruitkool		3040	1520	3640		
stam en stokbonen		1010	300	910	420	620
tuinbonen		1520				
uien	1520	1520			660	1480
witlof			1820	3640		
witte bonen	240					

van het water (zie kwaliteit beregeningswater). Als het water aanleiding geeft tot het verstopping van het inlaatpunt en/of de sproeier, moet het eerst gefiltreerd worden. IJzerhoudend water kan problemen veroorzaken, omdat er een bruine aanslag op de planten kan ontstaan die de fotosynthese belemmert. De verkoopbaarheid van groenten voor de verse markt wordt erdoor verminderd. Door beluchting of ontijzeren is dit water toch als beregeningswater te gebruiken.

- ziektekiemen  
Water met ziektekiemen, zoals bruinrot voor aardappels en rhizomanie in bieten, is niet geschikt voor beregenen. Beregenen van gewassen waar de ziektekiem geen schade veroorzaakt, is soms mogelijk wanneer die ziektekiemen op dat perceel niet kunnen overleven. De aan- of afwezigheid van waardgewassen op het perceel bepalen dit. Indien een bruinrotinfectie in het oppervlaktewater geconstateerd is, wordt er een verbod opgelegd om aardappels te beregenen.
- toelating  
Niet in alle streken is het gebruik van oppervlaktewater voor beregening toegestaan. Het gebruik kan verboden zijn vanwege bruinrot, maar ook de verdrogingsproblematiek en het beleid van een provincie of waterschap kan aanleiding zijn tot een beregeningsverbod.

## Grondwater

Om de beschikking te hebben over grondwater, moeten er putten worden geslagen die voldoende capaciteit hebben om te kunnen beregenen. Echter technische problemen kunnen het gebruik van grondwater verhinderen. Problemen als een te lage capaciteit van de wervoerende laag ten opzichte van de capaciteit van de pompinstallatie, verzanden van een put,

oxydatie van ijzer of een slechte waterkwaliteit kunnen het gebruik van grondwater verhinderen.

De temperatuur van het grondwater bedraagt in de zomerperiode 5 à 7°C. Deze temperatuur is veel lager dan die van het gewas. Beregening kan dan ook een temperatuurschok veroorzaken die negatief kan uitwerken op het gewas. Bij een aantal teelten wordt dit echter gebruikt om de kwaliteit van het product te handhaven. Daarom worden bij aardbeien regelmatig kleine giften gegeven om de temperatuur van het gewas te matigen.

Er zijn kosten aan het onttrekken van grondwater verbonden. Deze kosten zijn vastgelegd in een wet en hangen af van capaciteit en verbruik (zie 15).

## Kwaliteit beregeningswater

De kwaliteit van het beregeningswater moet aan een aantal eisen voldoen om met succes te kunnen beregenen. De pH, het zout-, ijzer-, mangaan-, methaangas-, ammoniak-, zwavelwaterstof- en/of het organischestofgehalte moeten beneden een bepaald niveau liggen.

Aangezien meestal chloorzouten een groot aandeel in het oppervlaktewater hebben, wordt het zoutgehalte van het beregeningswater vaak aangegeven met het chloorgehalte in mg Cl/liter. Voor de verschillende gewassen gelden andere maximumwaarden. Vaak wordt ook de geleidbaarheid gebruikt. Dit is een maat voor alle aanwezige zouten.

1 mmhos is ongeveer equivalent met een zoutgehalte van 650 mg per liter. In tabel 1 staat een schatting van de opbrengstreductie van een aantal gewassen als water met een bepaald zoutgehalte wordt toegepast. Een kwaliteitsbeoordeling van het water op basis van het chloorgehalte is weergegeven in tabel 2. Tabel 3 geeft een uitgebreidere karakterisering van de geschiktheid van water voor verschillende

doelen. In deze tabel zijn meerdere elementen opgenomen. Indien meerdere criteria gelijktijdig overschreden worden, kan het effect worden versterkt.

Water met een gehalte tot 1000 mg Cl per liter is voor veel gewassen te gebruiken, behalve voor zeer zoutgevoelige gewassen. Water met een gehalte tussen de 1000 en de 2000 mg Cl per liter wordt met toenemende concentratie steeds ongeschikter voor landbouwkundig gebruik. Beregening met zoutwater op wat zwaardere grond kan in combinatie met de neerslag een slechte structuur van de grond opleveren, door dispergeren van de kleideeltjes door de afwisseling van zout(brak)water en zoet regenwater.

## Wetten en regels

In januari 1995 is de belasting op het gebruik

van grondwater geregeld in de "Wet belastingen op milieu grondslag" in werking getreden. Sinds die tijd is het verplicht aan de belastingdienst op te geven dat grondwater wordt gebruikt indien de capaciteit van de pomp groter is dan 10 m<sup>3</sup> per uur. Indien men registratieplichtig is, moet men opgeven hoeveel water men waarvoor gebruikt.

Op het gebruik van grondwater ligt eveneens een registratieplicht indien men meer dan 25.000 m<sup>3</sup> water per jaar verbruikt voor beregening. Degene die registratieplichtig is moet het gebruik administreren. De plaatsing van een watermeter is meestal noodzakelijk. Is het gebruik groter dan 40.000 m<sup>3</sup> dan moet over al het gebruikte water 17 cent per m<sup>3</sup> belasting betaald worden. Regelmatig moet aangifte worden gedaan van de opgepompte hoeveelheden grondwater. Indien men niet registratieplichtig is, moet een verzoek tot ontheffing

Tabel 2. Kwaliteitsbeoordeling van water voor landbouwkundige doeleinden.

omschrijving waterkwaliteit	mg Chloor per liter	mg NaCl per liter	gebruikswaarde
zoet	0 - 300	0 - 480	geschikt voor beregening van alle akkerbouwgewassen en alle groentegewassen in de vollegrond;
enigszins brak	300 - 600	480 - 960	geschikt voor beregening van alle akkerbouwgewassen, behalve erwten en bonen in droge zomers en geschikt voor alle groentegewassen in de vollegrond, behalve gevoelige gewassen zoals stambonen, augurken, doperwten en aardbeien;
licht brak	600 - 900	960 - 1440	geschikt voor beregening van matig gevoelige gewassen zoals aardappelen, vlas en uien en weinig gevoelige gewassen en geschikt voor matig gevoelige groentegewassen zoals bloemkool, knolselderij, peen en prei en weinig gevoelige groentegewassen in de vollegrond;
matig brak	900 - 1200	1440 - 1920	geschikt voor beregening van weinig gevoelige akkerbouwgewassen zoals granen en suikerbieten en geschikt voor weinig gevoelige groentegewassen in de vollegrond zoals spinazie, spruitkool, radijs en krotten;
brak	1200 - 2000	1920 - 3200	met stijging van het gehalte in toenemende mate ongeschikt voor de beregening van akkerbouw- en groentegewassen, nog wel geschikt voor ziektebestrijding en voor drenking van vee;
zeer brak	2000 - 5000	3200 - 8000	ongeschikt voor beregening.

ingediend worden bij de belastingdienst. Is geen aangifte gedaan of is geen ontheffing aangevraagd dan bestaat de mogelijkheid dat de belastingdienst overgaat tot een naheffing indien blijkt dat er een pomp aanwezig is.

Vrijstelling van belasting en registratieplicht is mogelijk indien de capaciteit van de pomp minder is dan  $10 \text{ m}^3/\text{uur}$ . Is er een systeem waarin meerdere pompen met een capaciteit lager dan  $10 \text{ m}^3/\text{uur}$  samenwerken, dan is de totale capaciteit richtinggevend.

Vrijstelling is ook mogelijk, indien de capaciteit van de pomp hoger dan  $10 \text{ m}^3/\text{uur}$  is. Het water wordt voor ten minste 90 % gebruikt

voor berekening om het watertekort van het gewas aan te vullen. Het jaarverbruik van het bedrijf is minder dan  $40.000 \text{ m}^3$  dan is. Wordt er meer dan  $25.000 \text{ m}^3$  grondwater opgepompt, dan is registratie verplicht en moet een administratie worden bijgehouden.

Naast deze landelijke regeling zijn er ook provinciale en regionale regelingen van provincies en waterschappen. Per provincie zijn er andere regels met betrekking tot melding, registratie en vergunning. De kosten van aanvraag voor een vergunning lopen sterk uiteen, evenals de regels voor het betalen van opcenten bij het gebruik van grondwater.



---

# DE BODEM

---

De bodem heeft een belangrijke functie in de continuïteit van de vochtvoorziening van planten. Deze vochtvoorziening is niet alleen van belang voor de aanvoer van water naar de plant, maar ook voor het transport van voedingsstoffen met en door het water. De bodem zorgt ook voor een goed evenwicht tussen vocht en lucht. Vocht en lucht moeten in een bodem in een goede verhouding aanwezig zijn om een gewas optimaal te laten groeien. De wijze en de snelheid waarop in een bodem water wordt aan- en afgevoerd, is van groot belang voor het instandhouden van optimale groeiomstandigheden.

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de functies die de bodem heeft bij het tot stand

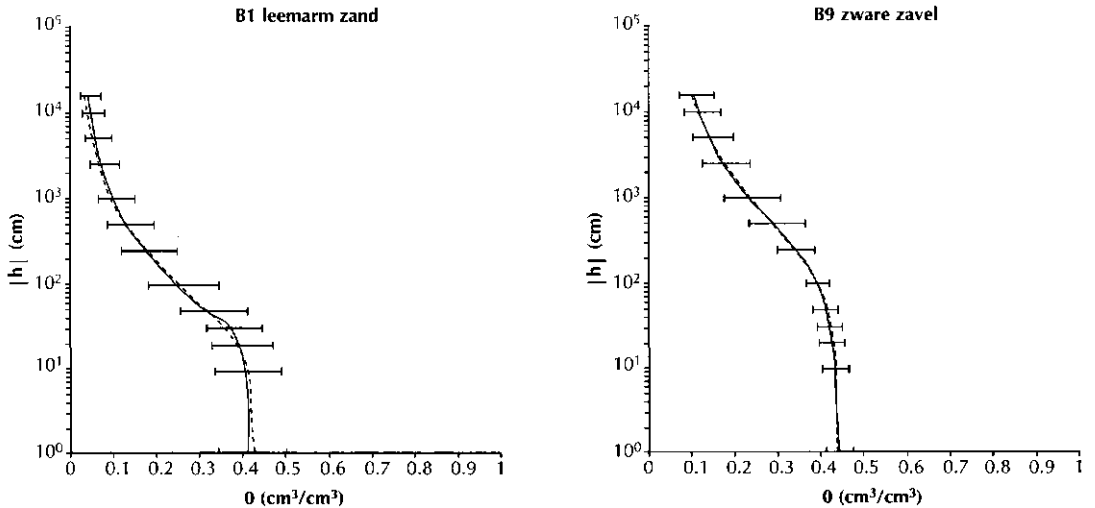
brengen van optimale groeiomstandigheden met betrekking tot de vochtvoorziening.

## Buffer voor water

Wanneer grond verzadigd is met water kan het vocht eenvoudig uit de grond geperst worden. Echter voor elke volgende druppel die er uitgeperst wordt, moet meer kracht worden aangewend. Grond trekt water aan, wat te zien is aan gedroogde grond die water uit de lucht opneemt. Van een kluit gedroogde grond op een weegschaal ziet men geleidelijk het gewicht toenemen. De kracht waarmee de grond het water bindt, wordt de zuigkracht genoemd. De binding tussen grond en water is afhanke-



*Afb. 3. De opbouw van het bodemprofiel bepaalt de bewortelingsdiepte en het bufferend vermogen voor de opslag van water.*



*Figuur 1. Een vergelijking van de pF-waarde van leemarm zand en die van zware zavel. Uitgezet zijn de absolute waarde van de zuigspanning en defractie van grond gevuld met water.*

lijk van het vochtgehalte. Deze afhankelijkheid wordt weergegeven in de zogenaamde  $pF^1$  curve. In figuur 1 worden de pF curves van een aantal gronden weergegeven.

<sup>1</sup> De zuigkracht van een grond loopt uiteen van 0 cm water bij verzadiging tot -16.000 cm water kolom bij een luchtdroge grond. Om het mogelijk te maken de relatie tussen de zuigkracht en het vochtgehalte in een leesbare grafiek te kunnen afbeelden, heeft men afgesproken de zuigkracht uit te drukken als het logaritme van de negatieve waarde van de zuigkracht. (De zuigkracht is negatief, dus de negatieve waarde van de zuigkracht is positief. De zuigkracht van droge grond is negatief omdat droge grond water aantrekt.) De zuigkracht is uitgedrukt in cm waterkolom.

In figuur 1 is duidelijk te zien dat bij eenzelfde zuigkracht (pF) in verschillende gronden (bijvoorbeeld een leemarmzand vergeleken met zware zavel) duidelijk verschil is in de aanwezige hoeveelheid water. Het vochtgehalte in de bovengronden van profielen waarin het grondwater zich op 100 cm diepte bevindt, heeft een vochtspanning die uitgedrukt in pF de waarde 2 heeft (een zuigspanning van -100 cm). Op een gemiddelde kleigrond is er dan meer dan 50% van de poriën van de grond met vocht gevuld; voor een zandgrond bedraagt dat 40% of minder afhankelijk van het gehalte aan organische stof.

De verschillen zijn nog groter indien de pF hoger wordt, de zuigkracht negatiever en dus de grond droger. Het is duidelijk dat bij eenzelfde zuigkracht in een zandgrond minder



**Tabel 4.** Oppervlakte per gram voor verschillende bodembestanddelen.

omschrijving	soortelijke oppervlakte m <sup>2</sup> /g
fractie > 20 μ	< 0,1
fractie 2 - 20 μ	0,1 - 1
fractie < 2 μ (klei)	50 - 200
humus	> 800

vocht aanwezig is dan in een kleigrond (zie figuur 1). Voor een plant is vooral de beschikbaarheid van vocht van belang. Dat wil zeggen het water dat een plant kan onttrekken. Het makkelijk beschikbare vocht is het verschil in de hoeveelheid vocht bij pF 2 en bij de pF-waarde waarbij de groei gestoord gaat worden door de beschikbaarheid van water (tussen 2,4

en 2,9). Bij welke pF-waarde dat is hangt af van het gewas (zie tabel 20).

Toch is ook de hoeveelheid moeilijk beschikbaar water in een grond van belang voor een gewas. Hoewel een plant voor het opnemen van dit water extra energie moet gebruiken, kan een plant met dit water een droogteperiode overleven. Dat dit blijkbaar beter lukt op kleigrond dan op zand is duidelijk af te lezen aan de aanwezige hoeveelheid vocht bij een pF van bijvoorbeeld 3. Die is veel groter op klei dan op zand.

De hoeveelheid vocht die een grond kan binden, hangt af van het oppervlak van de bodemdeeltjes. Een zandkorrel heeft vergeleken met een klei- of een humusdeeltje een gering oppervlak per eenheid gewicht. Daarom kan

**Tabel 5.** Globale schatting van de hoeveelheid aanwezig (tussen pF 2,0 en pF 4,2) en makkelijk opneembaar vocht (tussen pF 2,0 en pF 2,4) in mm per 10 cm bewortelbare zone voor verschillende grondsoorten.

grondsoort	aanwezig water	beschikbaar water
	in mm	in mm (40% van aanwezig water)
humusarm duinzand	5	2
humushoudend duinzand	10	4
humusarm, matig fijn zand	10	4
matig zware zeeklei (slechte structuur)	14	6
slibhoudend duinzand (geestgrond)	15	6
humushoudend, matig fijn zand	15	6
dalgrond	15-32	6-13
slikklei-pikklei	15	6
humusarme, lichte rivierklei	15	6
matig humushoudende, opgebaggerde zavel	17	7
zware rivierklei (komklei)	18	7
stroomgrond	19	8
humusrijk, matig fijn zand	20	8
humusarme, kalkrijke zavel	20	8
humusrijke, lichte rivierklei	20	8
esgrond	22	9
humusrijk, lemig zand	25	10
goede humus- en kalkrijke zeeklei	26	10
humusrijke, kalkrijke zavel	28	11
lössgrond	28	11
nat, slibrijk bosveen	32	13
veengrond (bolster)	53	21

Tabel 6. Vochtschattingstabel van een matig humeuze zandgrond (Schlangen, van der Schoor en Rops, 1976).

pF	vocht- gehalte in volume %	percen- tage op- neembaar water	kleur	binding tus- sen de gronddeel- tjes	gevoel	bijzonderheden
2,0	29	100	zwart grijs	zeer sterk	nat	bij kneden ontstaat een homogene massa
2,3	24	80	donker grijs	sterk	sterk vochthou- dend	knedebaar: valt bij drukken in brokjes uit elkaar.
2,6	19	57	donker grijs	matig sterk	matig vochthou- dend	kan tot kluit geknepen worden, maar valt bij lichte druk in kruimels uiteen
2,7	17	48	grijs	zwak	weinig vochthou- dend	geen kluitvorming meer na samendrukken valt de grond in kruimels en korrels uiteen
2,9	15,5	41	grijs	zwak	zeer weinig vochthoudend	kruimels vallen gemakkelijk tot afzonderlijke korrels uiteen.
3,0	14,5	36	lichtgrijs	zeer zwak	droog	vrijwel losse korrels
4,2	7	0	lichtgrijs	geen	droog	

een kleigrond meer water binden dan een grove zandgrond. In tabel 4 staan een aantal richtgetallen voor de oppervlakte per gram voor verschillende bodembestanddelen. De waterlagen die dicht bij het bodemdeeltje zitten, worden sterker gebonden dan de waterlagen verderop. Dit verklaart dat er in kleigrond per gewichtseenheid meer water zit en dat het sterker gebonden is dan in eenzelfde gewicht zandgrond.

De beschikbaarheid van vocht is per grondsoort verschillend en hangt daarnaast ook af van de kwaliteit en hoeveelheid van de aanwezige organische stof. Een richtlijn voor de beschikbaarheid van vocht per 10 cm bewortelbare zone wordt weergegeven in tabel 5.

Deze getallen zijn bruikbaar voor oriënterende berekeningen. In de praktijk kan men beter gebruik maken van gemeten waarden.

Het vochthoudend vermogen kan verbeterd worden door toevoeging van organische stof. In een proef met verschillende niveaus van organischestofvoorziening in Lelystad werd door de toevoeging van 300 ton per ha organische stof het humusgehalte van de bouwvoor, gemeten 7 jaar na toediening, met ruim 4 % verhoogd. Door deze toevoeging in de bodem was het profiel in staat het gewas twee dagen langer van makkelijk beschikbaar vocht te voorzien. Het theoretisch verwelkingspunt (pF 4,2) wordt negen dagen later bereikt (De Kok en Alblas, 1996).

## Bepaling vochtgehalte

Het goed bepalen van het vochtgehalte van de grond is essentieel voor het tijdig starten en stoppen van het beregenen. Er zijn een aantal methoden om dit doen:

- het schatten van het vochtgehalte op het gevoel en/of de kleur (zie tabellen 6, 7, 8, 9 en 10). Dit is een snelle methode, maar eist ervaring en is niet erg nauwkeurig;
- het nemen van grondmonsters en door droging vaststellen van het vochtgehalte. De eenvoudigste methode is grond in het veld te verzamelen volgens een standaardmethode (zie bijlage 1). De natte grond wegen en daarna drogen (24 uur bij 105 °C) en nogmaals wegen. Door het verschil in gewicht tussen het natte monster en het droge monster te delen door het gewicht van het droge monster is de gewichtsverhouding vocht/grond te berekenen. Dit is het Watergetal. Indien men de

volumedichtheid van de grond weet, is ook het volume-aandeel vocht in de grond te berekenen. Het drogen kan ook met een magnetron. In een magnetron is een monster van zo'n 250 gram in ongeveer 12-15 minuten droog;

- het afleiden van het vochtgehalte met meetapparatuur. Er wordt dan gebruik gemaakt van eigenschappen van grond die veranderen als het vochtgehalte verandert. Met een ijkcurve is dan het vochtgehalte van de grond te berekenen. De bekendste methode in deze circategorie is het meten van de vochtspanning met tensiometers (zie bijlage 2). De oudere typen tensiometers worden op een vaste plek op het perceel opgesteld. De nieuwere typen zijn mobiel en geven snel na het inbrengen in de grond de tensiometerwaarde weer.

De geleidbaarheid wordt gemeten met een veelheid van uitvoeringen. De bekendste methode is gebaseerd op gipsblokjes. De mo-

Tabel 7. Vochtschattingstabel van een humeuze lemige zandgrond (Baars, Hellings en Wartena).

pF	vocht- gehalte in volume %	percentage opneem- baar water	kleur	binding tus- sen de gronddeel- tjes	gevoel	bijzonderheden
1,7	33,5	123	zwart grijs	zeer sterk	zeer nat	voelt slijkerig aan; kleeft aan de handen
2	29	100	zwart grijs	zeer sterk	nat	bij kneden ontstaat een homogene massa
2,3	24	80	donker grijs	sterk	sterk vochthoudend	kneedbaar; valt bij drukken in brokjes uit elkaar.
2,6	19	57	donker grijs	matig sterk	matig vochthoudend	kan tot kluit geknepen worden, maar valt bij lichte druk in kruimels uiteen
2,7	17	48	grijs	zwak	weinig vochthoudend	geen kluitvorming meer na samendrukken valt de grond in kruimels en korrels uit een
2,9	15,5	41	grijs	zwak	zeer weinig vochthoudend	kruimels vallen gemakkelijk tot afzonderlijke korrels uit een.
3,0	14,5	36	lichtgrijs	zeer zwak	droog	vrijwel losse korrels

dernere methoden zijn minder afhankelijk van een goed contact met de grond. Een voorbeeld hiervan zijn de "time domain reflectory" (TDR) methoden. Bij elk van deze methoden is de beschikbaarheid van een goede ijkcurve voor een nauwkeurige meting essentieel. Voor een overzicht van beschikbare apparatuur en methoden om bodemvocht te meten, zie bijlage 3. Deze methoden verschillen in prijs, betrouwbaarheid en onderhoudskosten. Deze tabel geeft tevens een overzicht van methoden en kosten (prijsniveau 1998).

Door een goede meetmethode is de variatie in de vochtbepaling te beperken. Men moet zich echter realiseren dat het onder veldomstandigheden altijd moeilijk is een goed monster te nemen. Het is dus van belang goed te kunnen bepalen welk deel van het perceel representatief is voor het gehele perceel. Bovendien vereist het vakmanschap de gegevens naar een beregeningsadvies te vertalen.

## Transport

Naast de binding van vocht in en aan grond is het transport van water door de grond van belang. In geval er meer water wordt aangevoerd dan er in een bodemlaag kan worden opgesla-

gen, is het van belang dat het overtollige water kan worden afgevoerd. De transportsnelheid is afhankelijk van de kracht waarmee het water aan de grond gebonden is en van de porositeit. Deze laatste hangt af van de textuur (korrelgrootteverdeling) en de structuur van de grond. De afhankelijkheid van de transportsnelheid van de bindingskracht staat weergegeven in figuur 2. In deze figuur is af te lezen dat in een verzadigde grond de transportsnelheid vele malen hoger is dan de transportsnelheid in een onverzadigde of een droge grond, uitgaande van eenzelfde gradiënt in vochtspanning. Bij verzadiging loopt de transportsnelheid uiteen van 1 cm tot 1 m per dag. In een droge grond blijft het transport steken op hoogstens 1 cm tot enkele mm's per dag.

Daarnaast blijken er in de grond preferente stromingsbanen te zijn. Deze zijn zeer duidelijk op uitgedroogde kleigronden met de diep doorlopende krimpscheuren. Maar ook op andere gronden komt preferente stroming voor door lokale verschillen in structuur, textuur en vochtgehalte. Uit onderzoek bleek dat op droge zandgrond de infiltratie niet homogeen was door het waterafstotende karakter van droge grond (water kan niet in de kleine poriën indringen). Op enigszins vochtige grond verliep de infiltratie homogeen. Ook de vorm

Tabel 8. Vochtschattingstabel van een zware zavelgrond (Hellings, 1974) Bedrijfsontwikkeling 5: 661-665.

pF	vochtgehalte in volume %	percentage opneembaar water	kleur	binding tussen de gronddeel- tjes	gevoel	bijzonderheden
2,0	33,5	100	donkergrijs	zeer sterk	nat	smeert en kleeft aan de handen
2,4	29	80	donkergrijs	sterk	sterk vocht- houdend	smeert, kluitjes vallen gemakke- lijk uiteen
2,8	24	60	grijs	matig sterk	matig vocht- houdend	smeert niet, kluitjes vallen ge- makkelijk uiteen bij wrijven
3,2	19	40	lichtgrijs	zwak	weinig vocht- houdend	moeilijk tot een balletje te vor- men, valt gemakkelijk ui teen
3,6	17	20	lichtgrijs	geen	droog	niet tot een balletje te vormen, valt direct uiteen

Tabel 9. Vochtschattingstabel van een lemige enkeerdgrond (uit: Tuinbouw en water blz. 428).

pF	vocht- gehalte in volume %	percentage opneembaar water	kleur	binding tussen de gronddeel- tjes	gevoel	bijzonderheden
2,0	25,6	100	zwartgrijs	zeer sterk	nat	voelt plastisch en wat kleverig aan
2,3	16,5	55	donkergrijs	sterk	sterk vocht- houdend	kneedbaar, valt bij drukken in brokjes uiteen
2,6	13,8	41	donker grijs	matig sterk	matig vocht- houdend	vormbaar, valt bij lichte druk in kruidels uiteen
2,8	12,4	34	grijs	zwak	licht vocht- houdend	niet meer vormbaar
3,0	11,3	24	lichtgrijs	zeer zwak	weinig vocht- houdend	vrijwel losse korrels
4,2	5,6	0	lichtgrijs	geen	droog	losse korrels

van de oppervlakte van de grond kan hiertoe aanleiding geven. Wanneer een gewas op ruggen wordt geteeld zal het water eerder indringen tussen de ruggen dan dat de ruggen bevochtigd worden. Tussen de ruggen waar de grond meestal wat natter is, zal het water dan ook sneller de grond indringen dan op de drogere ruggen.

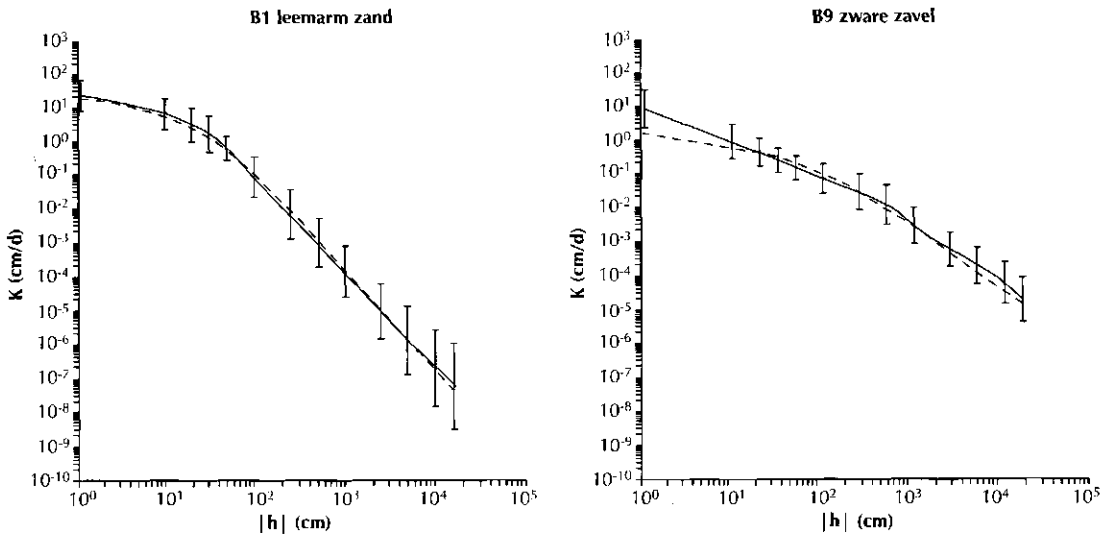
Dat verschil in transportsnelheid in droge en natte grond veroorzaakt ook dat na een berekening het oppervlak nat lijkt, maar dat er in de ondergrond nog droge plekken voorkomen. Deze droge plekken komen dan met name voor op de plekken waar de wortels groeien. Hier wordt immers het meeste water opgenomen. Het is dan ook van belang, indien men beregenc, de uitvoering zo te plannen dat voorkomen wordt dat de ondergrond te droog wordt. Op deze manier is het profiel homogeen nat te maken en zijn de groeiomstandigheden voor het gewas optimaal. Is het profiel niet homogeen bevochtigd dan wordt neerslag en/of berekening preferent afgevoerd en is een berekening niet efficiënt.

Indien de afvoer naar de ondergrond stagneert kan er bovendien in de bovengrond snel zuur

stofgebrek optreden. In de bovengrond zit meestal veel organische stof en is de temperatuur in de periode dat beregenc wordt gewoonlijk hoog. Micro-organismen zullen eerst alle zuurstof verbruiken en dan overschakelen op een anaërobe energiehuishouding. In eerste instantie wordt dan nitraat als vervanger voor zuurstof gebruikt. Dit is dan ook een oorzaak voor het verlies van stikstof.

Bovendien wordt de afvoer van CO<sub>2</sub> uit de ondergrond naar de lucht moeilijk, omdat de verzadigde bovengrond het transport van lucht verhindert. Afhankelijk van de duur van deze situatie en het type gewas, ondervindt het gewas schade. Een te lage zuurstofconcentratie en/of een te hoge koolzuurconcentratie kunnen de wortelfunctie beschadigen.

De profielopbouw van een grond is meestal gelaagd. Het profiel bestaat uit verschillende bodemlagen met ieder een eigen samenstelling. Per laag is de vocht karakteristiek anders. De afvoer naar en de aanvoer van water vanuit het grondwater wordt sterk bepaald door de laag met de minst gunstige eigenschappen.



Figuur 2. Een vergelijking van de doorlatendheid van de grond in afhankelijkheid van het vochtgehalte voor leemarm zand en zware zavel

## Luchthuishouding

De opname van voedingsstoffen kost energie. Een plant krijgt deze energie door verbranding en daarvoor is zuurstof nodig. Daarom is de

beschikbaarheid van voldoende zuurstof noodzaak. Het transport van zuurstof in de grond vindt plaats door diffusie in de met lucht gevulde poriën. Deze diffusie vindt plaats omdat er verschil in zuurstofconcentratie ontstaat door lokaal gebruik door wortels

Tabel 10. Vochtschattingskaart van een lichte tot middelzware leemgrond (uit: Tuinbouw en water blz. 428).

vochttoestand	gevoel	percentage opneembaar water
te nat	water laat zich eruit persen	> 100
zeer goed	vormt een bal en is kneedbaar, kleeft aan de vingers, bij knijpen ontstaat een waterlaagje aan de oppervlakte	75 – 100
goed	laat zich tot een bal vormen, kleeft enigszins als erop wordt gedrukt	50 – 75
matig	enigszins kruimelig, zwakke binding	25 – 50
laag	kruimelig, vrijwel geen binding	< 25
droog	poederdroog	0

## Capillaire nalevering

of door micro-organismen. De diffusie is mogelijk indien het aandeel met luchtgevulde poriën voldoende groot en continue (doorlopend) is voor een zuurstofvoorziening die aan de gewasbehoefte voldoet. Is dit niet zo dan kan er zuurstofgebrek ontstaan o. a. doordat te grond te dicht is of omdat de grond te nat is. Hoewel transport van zuurstof ook door water kan plaatsvinden, is de snelheid zo'n 10.000 keer lager dan in lucht. Het luchtgevulde aandeel van de poriën waarbij de zuurstofdiffusie niet beperkt wordt, bedraagt 10 - 15% voor zware klei, 15-20% voor zandige klei en 20-25% voor zandgrond (Boekel 1965, 1966).

De temperatuur heeft ook een duidelijk effect. De snelheid van diffusie is groter bij een hogere temperatuur, maar de ademhaling neemt dan nog meer toe. Dit verklaart waarom een periode met wateroverlast in een warme periode meer problemen met de gewasgroei oplevert dan in een koele periode ('verzopen' kool in de zomer).

De zuurstofconcentratie waarbij een gewas problemen ondervindt, is afhankelijk van het gewas (zie tabel 11). Ook is het per gewas verschillend hoelang de wortels van een gewas zonder zuurstof kunnen voordat de groei gestoord wordt of beëindigd.

Water wordt door de grond met een zekere kracht vastgehouden, de zuigspanning. In een evenwichtssituatie, waarbij de grond tegen de zwaartekracht in het water in de grond vasthoudt, is er een verloop in het vochtgehalte. Onder in het profiel rond de grondwaterspiegel is de grond verzadigd met water. Hier blijft de vochtspanning altijd nul. Wordt er in de bovengrond vocht toegevoegd, dan wordt de zuigspanning positief en er ontstaat een gradiënt (drukverschil) tussen het water in de ondergrond en water in de bovengrond. Het water stroomt langs deze gradiënt naar de ondergrond met een snelheid bepaald door de geleidbaarheid van de grond. De geleidbaarheid hangt af van de vochtspanning (zie figuur 2).

Wordt er door verdamping vocht uit de bovengrond afgevoerd, dan wordt de zuigspanning negatief en ontstaat er een drukgradiënt naar boven. Langs deze gradiënt wordt vocht verplaatst vanuit de grondwaterzone naar de bovengrond. Dit is de capillaire nalevering. De hoeveelheid en de snelheid van nalevering is grondsoortafhankelijk, waarbij de steilheid

Tabel 11. Enkele gegevens over de zuurstof- en koolzuurconcentraties in de bodemlucht waarbij voor verschillende akkerbouwgewassen een reductie in de groei is waargenomen (naar Brouwer en Wiersum 1977).

gewas	percentage zuurstof (O <sub>2</sub> ) in	percentage koolzuur (CO <sub>2</sub> ) in	bron
	de bodemlucht	de bodemlucht	
akkerbouwgewas		5-20	Chapin 1902
gras	6 - 10		
tarwe, haver	10 - 15		Kopeccky 1914
gerst	15 - 20		
suikerbieten	15 - 20		
maïs	1 - 10		Gill en Miller 1956
	5 - 25		Danielson en Russell 1957
	10		Tackett en Peerson 1964
gerst	7		
erwtten	14		

van de gradiënt en de transportcoëfficiënt van belang zijn. De afstand waarover nog transport van belang plaatsvindt, is afhankelijk van de grondsoort. Deze afstand heet de z-afstand. In tabel 12 zijn de z-afstanden voor verschillende grondsoorten weergegeven waarbij een aanvoer van 2 mm per etmaal uit het grondwater naar de wortelzone wordt gerealiseerd. Met deze twee mm is een gewas in staat in een droge periode nog net zoveel water te krijgen dat de productie op niveau blijft.

## Nutriënten

Een belangrijke functie van water is dat het een uniek medium is waarin voedingsstoffen worden opgelost en waardoor en waarmee voedingsstoffen getransporteerd worden. Zeer oplosbare voedingsstoffen zoals kalium en nitraat worden voornamelijk met het transport van het water verplaatst. Indien het vochtgehalte afneemt neemt de concentratie evenredig toe, totdat uiteindelijk de voedingsstof als een zout neerslaat. Binnen die range van vochtgehalten is de hoeveelheid mineralen onafhankelijk van het vochtgehalte en gelijk aan het product van concentratie en vochtvoorraad.

Bij een moeilijk oplosbare voedingsstof als fosfaat wordt de (lage) concentratie van fosfaat in water bepaald door het evenwicht met fosfaat dat aan de grond geadsorbeerd is. De plant kan met het water weinig fosfaat opnemen gezien de lage concentratie. De voornaamste opnameweg van fosfaat is via diffusie, een sterk temperatuur- en vochtafhankelijk proces. Dit is de reden waarom onder koude en droge omstandigheden fosfaatgebrek kan voorkomen.

Vocht vervult ook een belangrijke taak in de stikstofhuishouding van de grond. De mineralisatie van stikstof is alleen mogelijk indien de grond voldoende vochtig is. Wordt de grond te droog, dan stopt de mineralisatie. De minerali-

satie komt vaak explosief op gang na een herbevochtiging. De stikstof die dan vrijkomt loopt groot gevaar om uit te spoelen, omdat het gewas vaak niet meer in staat is om de stikstof op te nemen. Blijft de grond gedurende het hele groeiseizoen vochtig, dan is de mineralisatie gematigder en de vrijgekomen stikstof wordt opgenomen door het gewas. In dit laatste geval is de kans op uitspoeling van stikstof geringer. In een aantal proeven met beregening is dit aangetoond.

## Ruwheid van het oppervlak en verslemping

De oppervlakte van de grond speelt een belangrijke rol bij infiltratie en evaporatie. De grond zal sneller uitdrogen indien het oppervlak ruw is dan wanneer het oppervlak vlak is. Door het grotere oppervlak droogt een ruw grondoppervlak sneller. Hoe snel een grond werkelijk uitdroogt, hangt ook af van de aanvoer van vocht uit de ondergrond. Wanneer een transportcoëfficiënt (de geleidbaarheid) sterk afhankelijk is van het vochtgehalte, zal de grond snel oppervlakkig drogen (zware klei). Is deze afhankelijkheid zwak, dan zal de bovengrond als geheel geleidelijk uitdrogen en blijft voor het oog langer nat (opdrachtige zavel).

Voor een goede verdeling van het vocht over het beregende oppervlak door een beregening en/of bevoeiing, is vlakligging een belangrijke voorwaarde. Naarmate de indringingssnelheid van vocht in de grond lager is, is de vlakligging belangrijker voor een goede vochtverdeling. Bij beregenen is de hoeveelheid water die per tijdseenheid op een oppervlakte gegeven wordt relatief groot. Daarmee is de kans dat het water oppervlakkig afvloeit erg hoog. Het water verzamelt zich dan in de laagste delen en water zal op die punten de grond indringen, terwijl de grond onder de ho-



Tabel 12. Gemiddelde z-afstand met capillaire opstijging van ca. 2 mm per etmaal in een aantal typen gronden (Werkgroep Interpretatie Bodemkaarten stadium C, 1979).

gronsoort	z-afstand in cm	
	gemiddeld	spreiding
oud veenmosveen	30	10-40
kleiarm zeezand	40	30-50
zeer zware klei	40	30-60
zeggeveen	40	30-60
matig zware klei	60	50-80
kleilig zeezand	70	50-100
leemarm dekzand	70	50-90
lichte klei	70	60-100
zware zavel	90	90-120
zwak lemig dekzand	110	90-140
lichte zavel	130	100-180
sterk lemig dekzand	160	140-250

gere delen droog blijft (bijvoorbeeld bij aard-appelruggen). Aangezien de transportsnelheid afneemt bij toenemende droogte zal bij droogte de kans op een ongelijke verdeling toenemen.

Berekening veroorzaakt vaak slemp van de bovengrond. De grove bodemdelen vallen door bevochtiging en door de kracht van het vallende water uiteen. Daardoor wordt de grond afgesloten voor infiltratie en voor de zuurstofvoorziening. Indien de grond beschermd wordt door een gewas, dat de grond bijna volledig bedekt, dan zal zich dit probleem nauwelijks voordoen. Maar vooral bij onvolledige grondbedekking moet met lage intensiteit beregend worden om slemp te voorkomen. Vooral in de jeugdstadia van de gewassen is het wortelstelsel gevoelig voor zuurstofgebrek. Een perceel waar de bovengrond wat grover ligt, is in het algemeen wat resistenter tegen verslemping. De indringing wordt bevorderd, tenminste als het contact met de ondergrond nog intact is. Door grondbewerking kunnen doorlopende poriën verbroken zijn, waardoor de waterafvoer naar de ondergrond moeilijker wordt.

## Verdamping door grond en gewas

De zon levert energie aan grond en gewas. Zonder een proces dat energie verbruikt zou de temperatuur te hoog oplopen. Door verdampen van water, wat veel energie kost, wordt een acceptabele temperatuur gehandhaafd. Welke temperatuur gehandhaafd wordt hangt af van het evenwicht tussen de aanvoer van energie en de aanvoer en verdamping van water.

### Verdamping kale grond

De verdamping van water vanaf het grondoppervlak wordt voornamelijk bepaald door het transport van water vanuit de ondergrond naar de bovengrond. De verdamping kan beperkt worden door het transport naar het oppervlak te verbreken door de bovenlaag los te maken. Bovendien wordt door deze bewerking de bovengrond ruwer en krijgt een groter oppervlak.

Door het grotere oppervlak neemt de verdamping toe en door de ruwheid van de bovengrond wordt de turbulentie van de lucht verhoogd. Een hogere turbulentie betekent dat de afvoer van waterdamp wordt verbeterd en een snellere uitdroging van de grond. De verdamping vanuit een kale grond kan oplopen tot meer dan 4 mm per dag bij sterk drogend weer. Naarmate de grond droger wordt, neemt de verdamping af. De aanvoer van water door de grond neemt af, omdat de transportsnelheid afneemt met het vochtgehalte. Het aanwezige water is sterker gebonden naarmate de grond droger is.



Oppervlakkige bewerking van de grond betekent dat vocht uit de bovenlaag sneller verdwijnt en dat dit laagje een isolatie vormt voor vocht in de ondergrond. Het losmaken van de bovengrond heeft een waterconserverende werking. Deze droge grond koelt sneller af en de kans op vorstschade neemt toe.

Indien de bovengrond is losgemaakt, heeft dat ook effect op de indringing van water. Door het verbreken van de transportbanen zal de efficiency van de afvoer naar de ondergrond afnemen en zal de bovengrond natter worden en de ondergrond droger blijven dan op een vergelijkbare grond zonder losgemaakte bovenlaag. Dit heeft effect op de waterverdeling, maar vermindert ook de bewerkbaarheid.

## **Verdamping door het gewas**

De transpiratie van een plant wordt bepaald door een aantal gewaseigenschappen en uiteraard door het microklimaat en het weer. Belangrijk is de aanvoer van water door de wortel vanuit de grond, maar ook aanhangend water draagt bij aan de transpiratie (aanhangend water overgebleven van de neerslag of van dauw). Alleen bij optimale waterverzorging vindt onbeperkte transpiratie plaats. Wordt de beschikbaarheid van water minder, dan vinden in de plant een aantal aanpassingen plaats die de verdamping beperken, zoals de stand van de bladeren en het sluiten van de huidmondjes. Hierdoor nemen de transpiratie en het transport van koolzuur af, met als gevolg een lagere productie van koolhydraten.

Bij droogte verandert ook de samenstelling van de celinhoud zodanig dat water moeilijker wordt afgestaan. Bij langdurige droogte blijven de planten en de bladeren in het algemeen kleiner en neemt het aantal huidmondjes per oppervlakte eenheid af. Het wortelstelsel breidt zich uit. In het voorjaar valt dit het meest op. In een droog voorjaar lijkt de groei stil te staan, beoordeeld aan wat er boven de

grond gebeurt. Het blijkt echter dat de groei in zo'n periode voornamelijk ondergronds plaatsvindt. Er ontstaat een functioneel evenwicht. Er wordt zoveel water verdampt als de wortel kan aanvoeren per eenheid blad.

Wanneer er meer wortelmassa nodig is, omdat de wateropname per eenheid wortel te laag is om de behoefte van het blad te dekken, dan zal de wortel relatief meer groeien dan wanneer de wateropname per eenheid voldoende is. Indien dit functioneel evenwicht niet tot expresie komt, dan spelen andere elementen dan de waterverzorging een rol, bijvoorbeeld de voorziening met nutriënten. In dit geval kan de verdamping achterblijven ten opzichte van die van een optimaal van nutriënten voorzien gewas. Beregenen in deze situaties heeft dan een averechts effect. Dit onderstreept het belang van goed waarnemen in het gewas.

## **Standaard transpiratie en omrekening naar de werkelijke transpiratie**

Er zijn verschillende methoden om de evapotranspiratie te berekenen. De meeste methoden vragen veel meetgegevens en zijn daarom niet geschikt voor praktisch gebruik. Een bruikbare methode is die van de referentieverdamping. De referentieverdamping is de verdamping die plaatsvindt op een stukje gazon dat goed van water is voorzien. In Nederland wordt de referentieverdamping berekend volgens een methode ontwikkeld door Makkink (De Bruin 1987).

De verdamping van een gewas hangt af van de gewasstructuur en de gewasontwikkeling. De vergelijking tussen de verdamping van gewassen en het referentiegewas is uitgebreid bestudeerd. Er zijn factoren bepaald waarmee voor de meeste gewassen voor elk van hun groeistadia de verdamping berekend kan worden indien de referentieverdamping bekend is. Zie tabel 16; gewasfactor  $f$  voor volgens Makkink berekende evapotranspiratie (Feddes, 1987).

Houd er rekening mee dat deze tabel een gemiddelde situatie weergeeft. De gewasontwikkeling zal elk jaar weer anders verlopen. Het ene jaar is de ontwikkeling sneller, de andere keer langzamer dan in de tabel is aangegeven. Houd daar rekening mee wanneer de tabel wordt toegepast. Deze potentiële gewasverdamping geeft aan wat het gewas op dat moment bij een optimale waterverzorging maxi-

maal kan verbruiken in vergelijking tot een goed van water voorzien gazon.

Het actuele waterverbruik wordt bepaald door de beschikbaarheid van water vanuit de grond. Deze beschikbaarheid is met het bijhouden van een vochtboekhouding in te schatten (pagina 40), maar kan ook worden gemeten. (Bijlage 1-3)

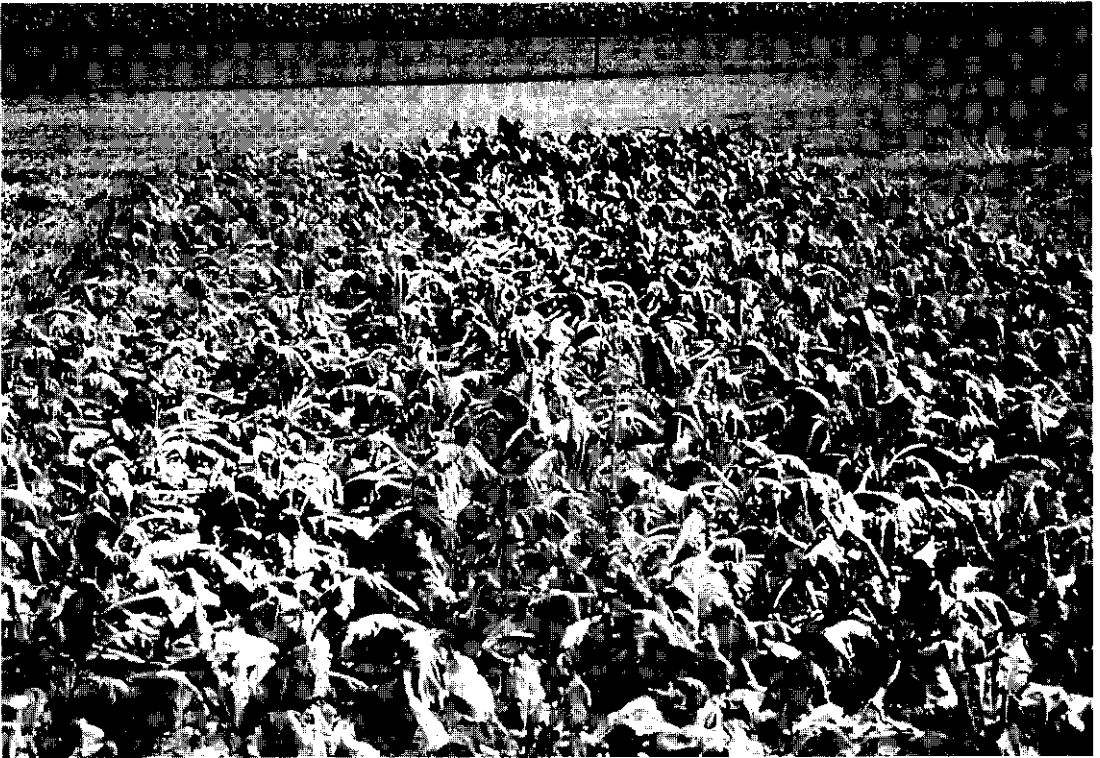
---

# HET GEWAS

---

Om een gewas te laten groeien is fotosynthese nodig. Het fotosyntheseproces heeft een temperatuuroptimum. Het is dan ook belangrijk dat de temperatuur van het blad niet hoog loopt. Dit wordt bereikt door het verdampen van water uit de huidmondjes van de bladeren. Zolang de huidmondjes openstaan kan CO<sub>2</sub> het blad ingaan. Deze huidmondjes blijven openstaan indien het blad goed van water is voorzien. Wordt de watervoorziening krap, dan gaan de huidmondjes dicht. Doordat de huidmondjes dichtgaan, komt er minder CO<sub>2</sub> beschikbaar om omgezet te worden in koolhydraten en wordt de productie beperkt.

Met het water dat door de wortels wordt opgenomen, worden ook voedingsstoffen van de wortel naar het blad getransporteerd. Een deel van de opname van voedingsstoffen gebeurt passief met de opname van water. Dit betreft met name de oplosbare voedingsstoffen zoals stikstof en kali. Ook een minder oplosbare voedingsstof als fosfaat wordt beter door de plant opgenomen indien de grond voldoende vochtig is. Het transport gaat namelijk beter door een natte grond dan door een droge grond. Bovendien is er meer fosfaat beschikbaar in een natte grond, omdat er meer fosfaat in oplossing is.



*Afb. 4. Door langdurige droogte sterft het loof van bieten af. Dit gewas kan zich vaak nog herstellen in tegenstelling tot andere gewassen. De oogst valt echter tegen.*

## Reacties van planten op droogte

Planten hebben verschillende mechanismen om een periode van droogte te doorstaan. Er zijn korte- en langetermijneffecten en effecten die wel en niet omkeerbaar zijn. De bekendste verschijnselen zijn slaphangen, opkrullen en verdrogen van de bladeren, bladval en/of versneld tot bloei en afrijping overgaan. Bij knol- en wortelgewassen kan onder andere verkurking van de huid optreden. Wanneer de plant dan weer voldoende water krijgt, zet de knol of wortel weer uit en kunnen groeischeuren ontstaan.

De plant reageert ook met zijn vorm op de vochtvoorziening. Het bladoppervlakte van goed met vocht voorziene planten is groter en de bladdikte is dunner dan dat van slecht van vocht voorziene planten. De waslaag is dikker en het aantal huidmondjes is kleiner naarmate het gewas minder goed van water is voorzien. Hiermee kan / moet men rekening houden met het toepassen van bestrijdingsmiddelen. In een aantal omstandigheden gebruikt men het al dan niet beregenen om de bestrijding efficiënter te maken. De opnamesnelheid van een bestrijdingsmiddel hangt af van de oppervlakte-eigenschappen van het blad.

Met de vochtvoorziening verandert ook de wortel-spruitverhouding. Een plant krijgt in verhouding meer en diepergaande wortels onder droge omstandigheden dan bij een goede vochtvoorziening. Vandaar dat in een droog voorjaar de bovengrondse groei schijnbaar stagneert. Door de droge omstandigheden heeft de wortelgroei voorkeur. Immers de aanvoer van water is beperkend voor de groei! Deze schijnbare vertraging levert in de rest van het seizoen weer een voordeel op. Na omslag van het weer is de opname van nutriënten en water groter door de betere wortelontwik-

keling. Het omgekeerde komt voor indien in een nat voorjaar relatief weinig diepgaande wortels gevormd zijn. Treedt na zo'n natte periode een droge periode in, dan wordt het effect van het tekort aan wortels zichtbaar. In deze situaties kunnen planten slaphangen, terwijl er blijkbaar voldoende vocht aanwezig is. De capaciteit van de wortels is dan te klein om het aanwezige vocht op te nemen.

De samenstelling en concentratie van de inhoudstoffen van de plant verandert met de vochtvoorziening. Bij droogte wordt de samenstelling zo dat een zo hoog mogelijke osmotische potentiaal wordt bereikt. Dit voorkomt extra verdamping omdat het aanwezige water met een hogere energie wordt gebonden. Er zullen in het plantensap meer stoffen voorkomen die de osmotische potentiaal verhogen, met name veel eenvoudige suikers. Wordt de plant weer goed van water voorzien, dan zal de plant zich volzuigen met water. Daardoor wordt de concentratie van het plantensap sterk verlaagd. Dit treedt bijvoorbeeld duidelijk op bij suikerbieten waar het suikergehalte sterk daalt wanneer na een droge zomer de herfst met regen inzet. Een ander voorbeeld is de bittere smaak van spruitkool. In een droge periode is de smaak bitterder.

De wortel-spruitverhouding verandert door de vochtvoorziening. Dit kan versterkt worden door bladafval en bladverdroging bij extreme droogte. Bij een aantal planten is dat proces niet omkeerbaar. Als bladafval en bladverdroging te ver is voortgeschreden, sterft de plant. Een voorbeeld daarvan is de aardappel. Andere planten daarentegen kunnen na ernstige verdroging weer opnieuw uitlopen. Een voorbeeld hiervan zijn bieten. Indien de bieten door extreme droogte zijn verdroogd en de watervoorziening komt weer op peil, dan vindt hergroei van het loof plaats. Bij de hergroei van deze verdroogde planten wordt de opgeslagen suikervoorraad voor hergroei gebruikt en neemt de interne kwaliteit van de gewassen

af. Ook bij witlof komt dit voor.

Een ander aspect van droogte is dat de plant een ingezette ontwikkeling afsluit. De knolvorming wordt versneld afgerond. Bij hergroei ontstaat dan ook nieuwe knolgroei ten kostte van de vorige generatie, het ontstaan van doorwas en eventueel glazigheid bij aardappelen. Een soortgelijk proces vindt plaats bij peen. Indien er vochtgebrek optreedt "rijpt" de wortel af. Bij een verbeterde vochtvoorziening gaat de wortel opnieuw groeien en barst de wortel. Gewassen waarvan het zaad wordt geoogst, worden noodrijp. De bloei en de vruchtzetting worden versneld afgesloten evenals de korrelvulling. Bij deze generatieve processen is het proces niet omkeerbaar. Bij peulvruchten kunnen bij vocht na droogte nieuwe etages tot bloei komen met alle problemen voor een homogene afrijping en de bepaling van het oogsttijdstip. Vochtgebrek in deze fase van bloei en vruchtzetting geeft dan ook ernstige oogstreductie in hoeveelheid en kwaliteit, die groter is dan veroorzaakt door een vergelijkbaar vochttekort in andere groeistadia.

In een gezamenlijke studie van AB-DLO, PR, SC-DLO en PAV is een aantal van bovenstaande aspecten vergeleken voor de productie van ruwvoedergewassen. De reacties van de gewassen in combinatie met hun perioden van groei zijn zo verschillend dat met het verschil van productie in de bedrijfsvoering rekening kan worden gehouden. (PAV Themaboekje nr. 21, 1998)

Tussen gewassen bestaan verschillen in de hoeveelheid vocht die nodig is om een kg oogstbare droge stof te produceren. Het vochtgebruik per kg droge stof verschilt sterk per gewas en hangt ook af van het patroon van vochtvoorziening. Indien het gewas voortdurend een licht watertekort ondervindt, zal de

productie van droge stof per kg hoger zijn dan indien het gewas tekort ondervindt of optimaal van water is voorzien. Het vochtgebruik voor de productie van een kg oogstbare droge stof loopt uiteen van rond 160 l/kg (onder andere maïs) tot meer dan 350 l/kg (onder andere raaigras.) Deze getallen zijn moeilijk te vergelijken omdat de samenstelling van gewassen verschillend is.

## **Verskil in droogteresistentie tussen rassen**

Tussen rassen van hetzelfde gewas zijn deze verschillen in samenstelling minder groot. Een verschil een watergebruik per kg geproduceerde droge stof zou dan de efficiency van de verschillende rassen kunnen aangeven.

Er bestaan tussen rassen verschillen in morfologie, zoals bladstand en bewortelingsintensiteit en -diepte. Deze hebben ongetwijfeld effect op de efficiency van watergebruik. De vraag is echter of deze verschillen tot uitdrukking komen. Indien twee rassen verschillen in potentiële bewortelingsdiepte, maar het bodemprofiel is slechts ondiep bewortelbaar, dan komt dit verschil niet tot zijn recht.

Het belangrijkste aspect van droogtetolerantie is dat de gewasontwikkeling in de pas loopt met het patroon van wateraanbod en de verdampingspotentiaal. De vraag is dan gerechtigd of onder de Nederlandse omstandigheden een ras met "droogteresistentie" wel een goede keuze is. De droge periode is onder Nederlandse omstandigheden niet vast, en kan van jaar tot jaar in tijdstip duur en intensiteit verschillen. Het is dan ook onzeker of deze eigenschap tot expressie komt. In jaren met voldoende vocht zullen droogteresistente rassen mogelijk in opbrengst achterblijven.

## Wisselwerking tussen wortelgroei en vochtvoorziening

De vochtvoorziening van de plant hangt af van de ontwikkeling van het wortelgestel. De opname van vocht door de wortel wordt beïnvloed door de hoeveelheid, de ruimtelijke verdeling en de bewortelingsdiepte. De verdeling is vooral van belang naarmate de grond droger wordt. Immers het transport van water wordt moeilijker in de grond naarmate het vochtgehalte lager is. Bij een fijne verdeling zijn de transportafstanden geringer en kan er bij lage vochttoestand nog relatief veel water worden opgenomen. Ook de groei van de wortel draagt bij aan het openstellen van nieuwe vochtvoorraden. Wortelgroei is echter afhankelijk van de dichtheid van de grond, de vochtspanning en de zuurstofvoorziening. In tabel 13 wordt duidelijk dat bij een toenemend volumegegewicht al bij een lagere vochtspanning de wortelgroei stopt. Dit geeft aan dat in een bodem met een verdichte laag het effect van droogte nog sneller voelbaar wordt.

De wortelgroei neemt relatief af wanneer de watervoorziening optimaal is. Er ontstaat dan een kritische periode indien na een periode van optimale watervoorziening snel een periode van droogte volgt. Er wordt vaak op gewezen dat een gewas dat optimaal beregend is, gevoeliger wordt voor een tekort aan water.

De wortelgroei stopt door zuurstofgebrek, als de grond verzadigd raakt met water. Duurt deze situatie te lang dan kan er ernstige schade ontstaan. Bij welke duur er schade ontstaat, hangt af van het gewas en de temperatuur.

Tabel 13. pF-waarde waarbij wortelgroei stopt in afhankelijkheid van het volumegegewicht (uit Eavis, 1972).

volumegegewicht g. cm <sup>3</sup>	pF
1,1	3,7
1,4	3,2
1,6	2,8

## Gevoelige perioden per gewas

Een continue watervoorziening is in het algemeen optimaal voor de groei. In perioden van snelle groei en rond de bloei en vruchtzetting zal watertekort naar verwachting meer effect hebben op opbrengst en kwaliteit. Watertekort is niet in alle gewasstadia even schadelijk. Soms wordt alleen de productie wat lager. In andere gevallen wordt de kwaliteit ernstig aangetast. In tabel 20 is samengevat in welke periode vochttekort tot de grootste schade leidt. In deel twee van deze handleiding worden per gewas de aspecten van beregening besproken.

Enkele belangrijke overwegingen voor watergeven zijn:

- groenteteelt bij of voor het zaaien en of planten. De kosten van het plantmateriaal zijn hoog, terwijl een gewas vaak na een ander gewas geplant of gezaaid wordt en dus de grond vaak droog is;
- akkerbouw. Een kritische periode is voor een aantal zaaigewassen de opkomst. Een beregening kan dan in een aantal gevallen verbetering brengen. Een oorzaak is korstvorming van de bovengrond die opkomst verhindert. Door beregening wordt de korst nat en is makkelijker door een kiemende plant te doorbreken;

- het handhaven van de juiste vochttoestand kan aantasting van het gewas door schimmels voorkomen (schurft in aardappel en peen);
- indien de vruchtzetting gestoord wordt door een tekort aan water heeft dat een ernstig gevolg voor de opbrengst;
- bij een aantal gewassen werkt beregenen juist negatief tijdens de bevruchting, omdat de verspreiding van stuifmeel gestoord wordt;
- voorkom groeistoten/-vertraging door onregelmatig en of met grote hoeveelheden

- te beregenen;
- de kwaliteit van groentegewassen wordt behouden door vaak met kleine hoeveelheden te beregenen.

## Opbrengst- en oogstzekerheid

Als een gewas in hoge mate afhankelijk is van de natuurlijke neerslag, fluctueert de opbrengst sterk. De neerslaghoeveelheid en ver-

Tabel 14. De invloed van beregenen op de ontwikkeling van ziekten, plagen en gewaseigenschappen.

gewas	bereggenen beperkt de ontwikkeling van	bereggenen bevordert de ontwikkeling van
aardappel	diepe pokschorft holheid blauw misvormingen roestvlekken naveindverkleuring/ -rot	net- of graslandschorft pocderschorft maïswortelknobbelaaltje misvormingen sortering kwaliteit
zomersla	schieters	kropgewicht
sla	losse krop	
andijvie		betere sortering vroegere oogst
spinazie	schieten	
bleekselderij	bruine harten	
knolselderij		kwaliteit
peen	korthheid insnoering sprankerigheid	gladde peen
peulvruchten	bloemrui en afval peulen	bloei afhankelijk van het ras
bloemkool	schiften losheid waterziek	
augurken		vruchtzetting meeldauw bacterievlekkenziekte
rabarber		zwaardere stengels
aardbei		aantal vruchten
asperge	topverwelking afsterven loof	kwaliteit
witlof		kieming



deling is per jaar sterk verschillend en veroorzaakt daardoor op droge gronden (gronden met weinig beschikbaar vocht in de doorwortelde zone) grote verschillen in opbrengst.

Bij eenzelfde hoeveelheid neerslag verschilt de opbrengst afhankelijk van de verdeling. Valt de regen in enkele zware buien, dan zal het gewas meer watertekort ondervinden en minder produceren dan wanneer dezelfde hoeveelheid gelijkmatig over het seizoen verdeeld is. Deze verschillen bemoeilijken het opstellen van het bouwplan door de onzekerheid over de hoogte van de opbrengst en vaak ook het tijdstip van de oogst. Het is bijvoorbeeld moeilijk te plannen welke oppervlakte met bieten moet worden geteeld. Men is een dief van eigen portemonnaie indien het suikerquotum niet gehaald wordt, maar C-suiker produceren wordt niet positief beoordeeld. Er had immers een ander gewas met een hoger rendement dan C-suiker kunnen worden geteeld. Bij een stabiel opbrengstniveau is de te zaaien oppervlakte goed te plannen. Indien echter de jaarlijkse verschillen groot zijn, is het plannen een probleem dat geld kost; vooral als een quotum of een contract niet gehaald wordt.

## Kwaliteit van het product

Kwaliteit heeft verschillende aspecten die te maken hebben met de samenstelling van de producten of met het uiterlijk en de sortering:

- innerlijke kwaliteit.  
De hoogste kwaliteit wordt bereikt indien het gewas ongestoord kan groeien. Bij storingen in de groei ontstaan er afwijkingen in de samenstelling die pas na een lange groeiperiode verdwijnen. De financiële opbrengst van de producten die voor de verwerkende industrie worden geteeld en waarvan de uitbetalingsprijs afhankelijk is van de kwaliteit, staat sterk onder druk indien de kwaliteit achterblijft. Mits de uit-

betaling naar kwaliteit een behoorlijk prijsverschil oplevert, wordt beregenen een optie om te overwegen (aardappels, spinazie, etcetera). Glazigheid, een kwaliteitsprobleem bij aardappelen kan door beregening voorkomen worden. De blauwgevoeligheid in aardappelen blijkt lager op beregende percelen. Bij een aantal groenten (onder andere spruitkool) wordt de smaak beter indien het gewas optimaal van water is voorzien;

- uiterlijke kwaliteit.  
Veel gewassen worden vooral beoordeeld op uiterlijke kenmerken. Afwezigheid van groeischeuren in aardappel, peen en kool, het ontbreken van rand in sla, regelmatig gevormde bloemkool zijn voorbeelden van externe kwaliteitskenmerken die door een optimale watervoorziening te realiseren zijn. Door verkeerd beregenen, dat wil zeggen een verkeerde timing en te grote hoeveelheden, worden deze kwaliteitskenmerken eerder verslechterd dan verbeterd;
- sortering.  
Bij verschillende producten wordt de prijs bepaald door de sortering. De sortering kan fijner worden indien de grond vochtig is bij knolzetting (aardappels). Het aantal knollen dat gevormd wordt, wordt in de periode van knolvorming beïnvloed door de vochttoestand van de grond. Het resultaat is dat er in de sortering meer van de kleine, bij pootaardappels, vaak duurdere maten voorkomen. Beregening na de knolzetting verhoogt de opbrengst. Bij een hogere opbrengst zal het aandeel grof toenemen. Een vuistregel is, afgeleid bij de factoranalyse in aardappelen in de Hoekse Waard, dat alle productie boven de 20 ton per ha in de 50-op klasse valt. Bij consumptieaardappelen doet deze maat vaak een hogere prijs;
- oogsttijdstip.  
Beregening zorgt voor een ongestoorde groei. Een gewas als sla is dan eerder

marktklaar, heeft eerder het gewenste kropgewicht bereikt en kan eerder geleverd worden. Het kunnen leveren op een tijdstip dat anderen nog niet of nog niet die maat kunnen leveren, kan een aanzienlijk prijsvoordeel opleveren.

aangegeven op welke wijze berekening de aantasting door een ziekte, plaag of een andere eigenschap beïnvloedt.

## Ziekten, plagen en andere kwaliteitseigenschappen

Berekening kan positief en negatief werken op het optreden van ziekten, plagen en andere kwaliteitseigenschappen. In tabel 14 wordt

Niet in alle ontwikkelingsstadia is de gevoeligheid voor watertekort van gewassen even groot. In tabel 15 wordt daarvan een overzicht gegeven. In deze tabel wordt voor een aantal gewassen tevens een schatting gegeven van het gemiddelde waterverbruik. In deel twee van deze handleiding wordt een aantal aspecten van berekening per gewas beschreven.

## Gewasvereisten

Tabel 15. Gevoeligheid voor watertekort in bepaalde groeifasen van gewassen (Doorenbosch en Kassam 1979).

gewas	vegetatieve groei	bloei	vulling / rijping	reactie op overmaat	waterverbruik (mm)
bonen <sup>1</sup>		++++	++++	wortelrot	300-500
kool <sup>2</sup>	++		++++	'verzopen' kool	380-500
mais <sup>1</sup>	++	++++	++	groeistoring	500-800
uien <sup>1</sup>			++++	gereduceerde groei	350-550
erwten <sup>1</sup>		++++	++++		350-500
aardappel <sup>1</sup>	++++		++++		500-700
suikerbiet	+				
tarwe	++++	++++			450-650

- 1) Indien water beperkend is, is de totale productie hoger indien een beperkte oppervlakte optimaal berekend wordt.
- 2) Indien water beperkend is, is de totale productie hoger indien een grotere oppervlakte gedeeltelijk berekend wordt.

# PLANNEN VAN HET BEREGENEN

Het plannen en uitvoeren van beregenen kost veel tijd. Voortdurend moet worden bijgehouden wat de beschikbare vochtvoorraad is door middel van een vochtboekhouding en/of metingen en waarnemingen in het veld. Alleen op deze wijze is gegarandeerd dat er tijdig wordt begonnen met beregenen. De resultaten van de vochtboekhouding geven aan wanneer het kritisch wordt in het veld en wanneer het tijd is om regelmatig het vochtgehalte van de grond en de ontwikkeling van het gewas te gaan waarnemen. Het meten en waarnemen is belangrijk omdat de omstandigheden in het veld kunnen afwijken van de aannames in de balans.

Geschat moet worden op basis van de weersverwachting en de gewasontwikkeling of er een kans is op het ontstaan van vochttekort. Telkens als er een vochttekort ontstaat, moet dit tekort aangevuld worden. Er moet met een beperkte intensiteit beregend worden, omdat anders de grond dichtslaat (zie ruwheid van het oppervlak en verslemping, pagina 26) en/of het gewas beschadigd wordt door de kracht van de vallende waterdruppels. De capaciteit van beregening (zie berekening capaciteit, pagina 53) kan ook worden beperkt doordat de pomp onvoldoende water kan leveren. Dit wordt veroorzaakt doordat de capaciteit van de pomp groter is dan de aanvoer van



*Afb. 5. Om op het juiste tijdstip te beregenen is het bijhouden van een vochtbalans zeer belangrijk.*

uit oppervlaktewater. Bij beregening uit grondwater kan de wateropbrengst van de put onvoldoende zijn, omdat de aanvulling vanuit het grondwater te langzaam is.

Er moet rekening gehouden worden met de tijd die het kost om een perceel te beregenen. Te vroeg beginnen met beregenen kan betekenen dat op een deel van het perceel te veel water wordt toegediend. Bij te laat beginnen kan het gewas op het laatste deel van het perceel/bedrijf verdrogen voordat er water is toegediend. In dit hoofdstuk wordt op de problematiek van de planning van beregening in een gewas ingegaan.

## Tijdstip

Met beregenen moet begonnen worden voordat het gewas zichtbaar vochttekort heeft. Het vochtgehalte in de bodem waarbij een gewas zichtbaar last heeft van een tekort aan vocht verschilt per gewas. Het beregenen van een perceel kost tijd. Het tijdstip waarop men begint met beregenen moet zo zijn gekozen, dat het laatste deel van het perceel water krijgt voordat het verdroogt. Maar ook zodanig dat het eerste deel niet teveel water krijgt. Indien mogelijk beginnen op het droogste deel van het perceel. Dit is met name kritisch op percelen waar de grond maar een geringe bergingscapaciteit heeft. Op een zandgrond is dit tijdstip kritischer dan op een kleigrond vanwege de geringere beschikbaarheid van water in het droge traject.

Het interval waarmee beregend wordt hangt af van de bergingscapaciteit van de bodem. Deze bepaalt hoeveel dagen droogte overbrugd kunnen worden, uiteraard afhankelijk van de intensiteit van de droogte, de potentiële gewasverdamping.

Houd rekening met gewasverzorgingswerkzaamheden en met het verwachte oogsttijdstip.

Voor een aantal (rooi-) gewassen levert een te vochtige grond onnodig veel tarra op. Een enigszins vochtige grond kan echter ook rooi-beschadigingen voorkomen, bijvoorbeeld bij aardappelen. Het effect van een bespuiting kan eveneens verbeterd worden, denk bijvoorbeeld aan de werking van een bodemherbicide, maar kan ook verminderen door beregenen (denk daarbij aan een bespuiting tegen Phytophthora).

Beregening is vaak noodzakelijk om de kieming van zaaizaad of de aanslag van plantmateriaal te bevorderen. In deze situatie is er dan vaak geen absoluut vochttekort, maar is de bovenste laag van de bouwvoor (het zaaibed) uitgedroogd. Bij plantmateriaal kunnen de wortels nog onvoldoende in de vraag naar water voorzien.

In een groot aantal proeven is voor verschillende gewassen en hun gevoelige groeistadia vastgesteld bij welk vochtgehalte gestart moet worden met beregenen (zie tabel 20). Het vochtgehalte waarbij een advies om te beregenen wordt gegeven, is afhankelijk van de grondsoort. De vochtspanning is een maat die onafhankelijker van de grondsoort is. Deze vochtspanning is met behulp van de pF-curve om te zetten in een vochtgehalte. Op deze wijze uitgedrukt is het tijdstip waarop beregend moet worden een grenswaarde die een absoluut tijdstip aangeeft. Dit is een praktische indicatie indien het om een vaste installatie gaat waarbij het hele perceel in één keer wordt beregend. Gaat het echter om een mobiele installatie, dan moet in de praktijk al voor dit tijdstip begonnen worden met beregenen om tijdig rond te kunnen komen. Immers het kost tijd om een perceel volledig te beregenen. De benodigde tijd hangt af van de werkbreedte, de intensiteit die mogelijk en of gewenst is en de grootte van het perceel (zie berekening capaciteit, pagina 53).

Een andere overweging voor het tijdstip van

berekening is de weersverwachting. Kan men rekening houden met een bui, dan hoeven de kosten voor het beregenen niet onnodig te worden gemaakt. Bovendien kan een berekening gecombineerd met regen wateroverlast veroorzaken, waardoor het gewas schade kan ondervinden ten gevolge van zuurstofgebrek. Er zijn een aantal situaties te onderscheiden:

- het weer is stabiel en het blijft droog → beregenen wanneer de vochtvoorraad/-spanning dat aangeeft;
- het weer wordt stabiel en het gaat regenen → beregenen kan worden uitgesteld;
- er is grote kans op regen en de verwachte hoeveelheid is groot → beregenen uitstellen;
- er is grote kans op regen en de verwachte hoeveelheid is klein → berekening uitvoeren maar eventueel de hoeveelheid verlagen;
- er is kleine kans op regen en de verwachte hoeveelheid is groot → beregenen uitvoeren maar de gift halveren;

Beregenen in relatie tot het weer vraagt van een ondernemer de weersvoorspelling goed te kunnen uitleggen voor eigen gebruik. Daarbij moet van alle informatie gebruik gemaakt worden. Door een combinatie van de informatie over het fronttype, de kans op buien en de kans op een hoeveelheid regen moet een goed beeld te vormen zijn van het te verwachten neerslagpatroon. Indien het weer instabiel is, kunnen radarbeelden de beslissing ondersteunen.

Wanneer ten onrechte niet beregend is omdat de verwachte bui niet kwam, kunnen er problemen ontstaan bij het rondzetten van de berekening. Valt er een hevige bui na een normale berekening dan kan het gewas schade oplopen, omdat door de overmaat water zuurstofgebrek ontstaat in de grond. De schade is afhankelijk van de gevoeligheid van het gewas en de duur van de periode met zuurstofgebrek in de grond. Doordat het transport van water

in zware grond (kleigrond, löss en sterk leimige zandgrond) langzamer is dan in zandgrond, zal de kans op schade op zware grond groter zijn.

Het bepalen van het berekeningstijdstip blijft niet beperkt tot het bepalen van het tijdstip dat een bepaalde vochtspanning in de grond bereikt is. Van evenveel belang is hoeveel vocht er op dat tijdstip nog redelijk beschikbaar is in de grond tot het moment dat de voorraad wordt aangevuld. Deze vochtvoorraad is sneller uitgeput indien er op het perceel een fors gewas staat en de gewasverdamping hoog is dan wanneer het slechts om zaailingen gaat. De snelheid waarmee vochtgebrek voor het gewas ontstaat, is een aanleiding om al eerder tot berekening over te gaan. Het vochtgebrek wordt dan veroorzaakt òf door een lagere buffercapaciteit van de grond òf door een langzame aanvoer van water òf door de grote waterbehoefte van het gewas. Door deze oorzaken wordt de behoefte van het gewas aan vocht onvoldoende gedekt en is de groei niet optimaal en wordt de kwaliteit van het oogstbare product negatief beïnvloed.

Het waterleverend vermogen is binnen een perceel gewoonlijk niet overal gelijk. Het grondwater zit niet overal even diep en de opbouw van de ondergrond is van plek tot plek anders. Kennis van de verschillen in waterleverend vermogen op een perceel en tussen percelen is belangrijk om een berekening goed te kunnen uitvoeren. Met behulp van de bodemkaart en of gewaswaarnemingen in voorgaande jaren kan worden aangegeven welk deel van een perceel het eerst verschijnselen van droogte vertoont. Dit is dan het deel van het perceel waar met berekening moet worden begonnen.

De vochtspanning (of vochtgehalte) van een grond die het tijdstip bepaalt waarop met berekening moet worden begonnen, kan worden gemeten. Zie het onderdeel meetmethoden

- treffende perceel;
2. het vochtgehalte van het betreffende perceel meten door een monster te nemen en het vochtgehalte te bepalen. Dit kan het best gebeuren in het voorjaar enkele dagen na een overvloedige regenbui;
  3. met apparatuur. De meeste apparatuur geeft de verandering in vochtgehalte goed weer. Om de absolute hoeveelheid vocht te weten, moeten de metingen vertaald worden. Dit is mogelijk met een ijkcurve. Deze curve geeft voor een bepaalde grond de relatie tussen het absolute vochtgehalte en de meetwaarde. Een overzicht van beschikbare meetapparatuur staat in bijlage 3;
  4. schatten van het vocht door het voelen van een grondmonster (zie tabellen 6-10).

## Potentiële evapotranspiratie

De potentiële evaporatie wordt op verschillende manieren beschikbaar gesteld. Meteorologische diensten en de voorlichtingsdienst stellen de gewasverdampingsgegevens beschikbaar. Een weerbericht dat afgestemd is op landbouwkundig gebruik geeft naast de actuele verdamping een overzicht van de waarden uit de afgelopen periode en een voorspelling voor de komende periode. In toenemende mate worden deze gegevens ook elektronisch ter beschikking gesteld. Hierdoor is het mogelijk de data snel en efficiënt te ver-

werken. Beschikt men over een eigen weerstation dan kan men indien de juiste gegevens gemeten worden met de formule van Makkink de potentiële verdamping berekenen (zie vergelijking 2). Het station moet dan de globale straling en de luchttemperatuur meten (De Bruin, 1987).

## Reductiefactoren potentiële evapotranspiratie

De potentiële verdamping geeft aan wat een gesloten kort grasgewas kan verdampen indien het over voldoende water beschikt. De potentiële verdamping kan gemeten worden of uit andere weerparameters worden afgeleid. In Nederland wordt de berekening volgens Makkink gebruikt. Wat in vergelijking tot gras een ander gewas verdampt hangt af van de grondbedekking en de gewasstructuur.

Voor een groot aantal gewassen zijn gewascoëfficiënten bepaald. Deze coëfficiënten geven de verhouding tussen de potentiële verdamping van een gewas (gewasstadium) en kort gras. De coëfficiënten zijn afhankelijk van de gewasontwikkeling. De werkelijke verdamping wordt met deze coëfficiënten (tabel 16) berekend uit de standaardverdamping van een kort grasveld. Voor gewassen die niet in de tabel voorkomen kan men op basis van de gewaskenmerken een vergelijkbaar gewas uitkiezen.

De formule van Makkink luidt als volgt:

$$E_r = C \frac{s}{s + \gamma} - \frac{K \downarrow}{\lambda}$$

Vergelijking 2

$E_r$	referentie potentiële gewasverdamping.	( $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
$C$	een constante. De waarde die hiervoor wordt aangehouden is 0,65	
$K \downarrow$	globale straling	( $\text{Wm}^{-2}$ )
$s$	hellingshoek van de verzadigde waterdampcurve bij de actuele luchttemperatuur	
$\gamma$	psychrometer constante	( $\text{mbar K}^{-1}$ )
	specifiek warmte voor de verdamping van water bij de actuele luchttemperatuur	( $\text{J kg}^{-1}$ )

Tabel 16. Gewasfactor f voor volgens Makkink berekende evapotranspiratie (Feddes, 1987).

	april			mei			juni			juli			augustus			september		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
gras	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9
granen	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,0	0,9	0,8	0,6					
maïs				0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
aardappelen					0,7	0,9	1,0	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,7		
suikerbieten				0,5	0,5	0,5	0,8	1,0	1,0	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1
vlinderbloemigen	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,2	1,2	1,0	0,8								
plantuinen	0,5	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0					
zaaiuien		0,4	0,5	0,5	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,7		
witlof <sup>f</sup>								0,5	0,5	0,5	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
schorseneer								0,5	0,5	0,5	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
winterpeen								0,5	0,5	0,5	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
selderij							0,5	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	
prei					0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	1,0	0,9	0,9	0,9
bol/knolvruchten					0,5	0,7	0,7	0,9	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
appels en steenvruchten	1,0	1,0	1,0	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2

1. Beddenteelt en ruggen op 50 cm en minder rekenen als volvelds

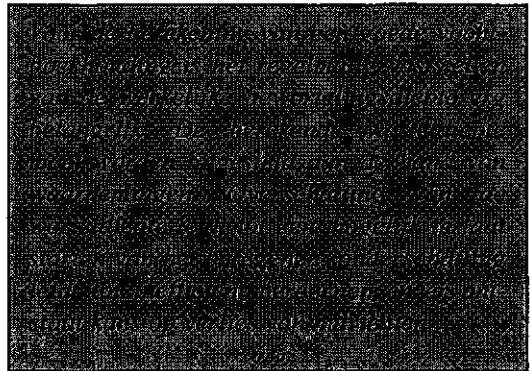
Tabel 16 geeft de ontwikkeling voor het gemiddelde gewas, waarbij wordt uitgegaan van gemiddelde zaai-/ plant- en oogst data. Per jaar en per gewas kunnen deze afwijken. In dat geval kunnen de waarden in tabel 16 ook toegepast worden met aangepast begin- en/of eindtijdstip. Maar ook de snelheid waarmee een gewas zich ontwikkelt, varieert sterk. Houd bij toepassing van de gewasfactor bij het opstellen van een vochtboekhouding hiermee rekening en schat een factor in die past bij de ontwikkeling van het gewas. Het voorgaande onderstreept het belang van het in het veld vaststellen van de ontwikkeling van een gewas. In tabel 16 staat een gewasfactor per 10-daagse periode.

## Snelheid wortelgroei

De snelheid van de wortelgroei hangt af van een aantal factoren. Daarbij speelt het weer een belangrijke rol. De temperatuur en de straling bepalen in belangrijke mate de snelheid van productie en groei. De neerslag is

daarbij van belang voor de aanvulling van de vochtvoorraad.

De wortelontwikkeling wordt verder beïnvloed door een aantal bodemfactoren. Hoe dichter de grond, hoe langzamer de wortelgroei. In een grond met een dichtheid van meer dan 1,5 kg/liter is wortelgroei nauwelijks mogelijk. Zuurstofgebrek of een te lage pH kan wortelgroei verminderen of verhinderen. De beschikbaarheid van voedingselementen (N, P, K etcetera) beïnvloedt ook de snelheid



**Tabel 17.** Maximaal toelaatbare regenintensiteit (mm/uur) op verschillende grondsoorten afhankelijk van de structuur en het organischstofgehalte.

grondsoort	slempig	goede structuur
	laag organischstofgehalte	hoog organischstofgehalte
klei	6	8
zavel	7	10
fijnzandige zavel	5	13
fijn zand	9	19
grof zand	19	25

van de wortelontwikkeling.

Gemiddeld kan worden uitgegaan van een lengtegroei van ongeveer 1 tot 1,5 cm per dag. De lengtegroei varieert met de groeiomstandigheden. Dat wil zeggen dat de diepte waarin 80 - 90% van de wortels aanwezig is met 1 tot 1,5 cm per dag wordt uitgebreid, zolang de grondtoestand of de gewaseigenschappen aan de groei geen einde maken. Indien de behoefte aan water en/of voedingselementen onvoldoende wordt gedekt, kan dit een aanleiding zijn tot versterkte wortelgroei. Bij voldoende voorziening wordt de groei niet gestimuleerd.

## Capillaire nalevering

Indien door wateronttrekking uit de bovengrond de zuigspanning in de grond groter wordt, ontstaat een drukgradiënt. Door deze drukgradiënt wordt water vanuit de ondergrond aangevoerd. Of deze aanvoer van water iets betekent, hangt af van de grootte van de gradiënt en van de doorlatendheid van de grond voor het transport van het water. Hoe droger de grond hoe lager de doorlatendheid. De hoeveelheid vocht die op deze wijze bijdraagt aan de beschikbaarheid van bodemvocht, wordt de capillaire nalevering genoemd. Een maat voor de capillaire nalevering is de afstand tussen de wortelzone en de grondwaterstand: de z-waarde. In tabel 12 wordt voor een aantal grondsoorten de z-waarde bij een nalevering van 2 mm per dag

gegeven. De z-waarde is afhankelijk van de grondsoort, maar ook van de profiel-opbouw.

In beregeningsadviesprogramma's wordt de capillaire nalevering berekend uit de actuele vochtspanning en de bodemgegevens van het profiel. Indien de afstand tussen het grondwater en de diepte tot waar 80% van de wortels voorkomen minder is dan twee keer de waarde in tabel 12, dan wordt een aanzienlijk deel van de vochtbehoefte gedekt door de nalevering. Uiteraard hoe geringer deze afstand is, hoe meer de capillaire nalevering kan bijdragen.

## Hoeveelheid en intensiteit

Het tijdstip van beregenen hangt ook af van de hoeveelheid water die gegeven kan of mag worden. De hoeveelheid water die gegeven mag worden, is naar boven en naar beneden begrensd. Daarvoor zijn verschillende redenen:

- per keer moet er zoveel water gegeven worden dat het gewas de periode tot de volgende keer beregenen overbruggen kan zonder groeistoring ten gevolge van een vochttekort;
- geef nooit meer dan in het doorwortelde deel van het profiel kan worden geborgen om verlies van water te voorkomen;
- de intensiteit moet zo zijn dat de grond niet dichtslaat (zie tabel 17). Ook de valhoogte, het vochtgehalte van de bovenlaag



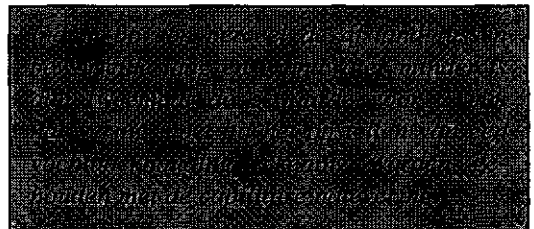
en de druppelgrootte hebben invloed op het verslempen van de grond. Het gaat hier met name om de energie waarmee de druppel de gronddeeltjes raakt. Indien de grondbedekking volledig is, zijn hogere intensiteiten toegestaan, omdat het gewas de grond beschermt;

- de hoeveelheid kan beperkt worden door de capaciteit van de aanvoer van water. Het debiet en de capaciteit van de sloot zijn dan te laag om bij het puntstuk aan de vraag naar water te voldoen. Ook bij grondwater kan het debiet van de put te laag zijn om met de gewenste intensiteit te beregenen;
- het gewas moet geen schade ondervinden. De mechanische uitwerking van de beregening op het gewas moet beperkt zijn en zuurstofgebrek in de grond t. g. v. beregening en afsluiting van de bovengrond,

moet van beperkte duur zijn. De gevolgen van zuurstofgebrek zijn voor elk gewas anders. Grote giften veroorzaken daardoor soms schade, zeker indien de gift door een regenbui wordt gevolgd;

- behalve bij extreme droogte is het niet nodig een gewas te beregenen voordat de grondbedekking de 60 - 70% heeft bereikt.

De effecten op opbrengst en kwaliteit zijn het grootst indien het gewas continue zonder veel fluctuaties van vocht wordt voorzien. Dit is te realiseren met veel kleine giften met een vaste installatie of met druppelbevloeiing (hoge investering!). Wordt er gebruik gemaakt van verplaatsbare installaties dan zijn vele kleine giften duurder dan enkele grotere. Er is meer apparatuur en arbeid nodig om dit te kunnen realiseren. Economisch ligt dan het optimum bij hogere giften, bij giften van 25 - 30 mm die het gewas voor 7 tot 10 dagen van vocht voorzien.



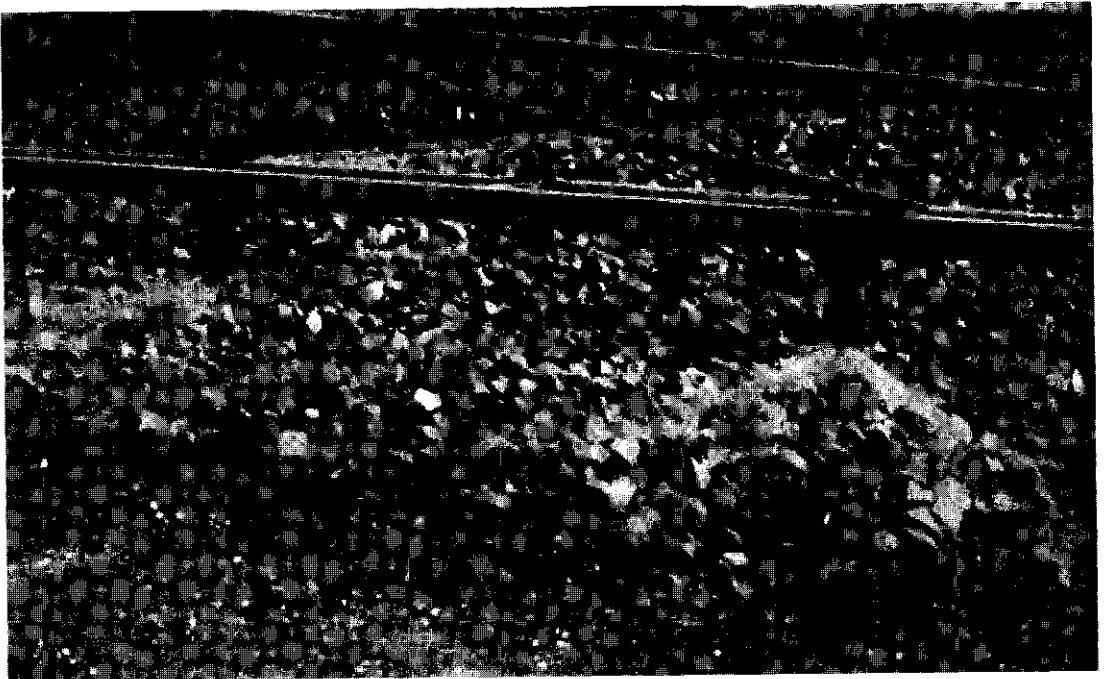
---

# KEUZE VAN INSTALLATIE EN BENODIGDHEDEN IN RELATIE TOT CAPACITEIT EN ONDERHOUD

---

Een installatie moet aan technische, economische en arbeidskundige eisen voldoen. Een installatie moet veilig zijn om mee te werken. De onderdelen van de installatie moeten op elkaar zijn afgestemd. De capaciteit van de put en de capaciteit van de pomp moeten op elkaar zijn afgestemd. Datzelfde is van toepassing op de leidingen en het verdeelapparaat, de spuitmond of de sproeiers op de boom. Het drukverval in de leidingen moet of binnen bepaalde grenzen liggen of moet worden opgevangen door middel van technische voorzieningen.

Het is immers van belang dat bij het beregenen op alle delen van het perceel de berekende hoeveelheid water wordt verspreid. De druk aan het (de) verdeelpunt(-en) moet zo constant mogelijk zijn. De intensiteit is ook aan grenzen gebonden (zie pagina 26). De intensiteit van beregening en de druppelgrootte mag een door grond en gewas bepaald maximum niet overschrijden. Een minimum-waarde wordt bepaald door de homogeniteit van de verdeling die naarmate de intensiteit lager is gevoeliger wordt voor de wind.



*Afb. 6. De keuze van apparatuur is afhankelijk van de gewassen die beregening nodig hebben.*

De installatie moet voldoende capaciteit hebben om het te beregenen oppervlak met de gewenste frequentie te kunnen beregenen. Dat wil zeggen dat met een gewenst of mogelijk aantal draaiuren per dag het totale gewenste oppervlak kan worden beregend met de berekende hoeveelheid water. Daarbij moet de intensiteit van de beregening niet de maximum toelaatbare intensiteit overschrijden om slemp te voorkomen. Dit bepaalt dan ook de maximale capaciteit bij een bepaalde werpwijsde, werphoek van de spuitmond en werkdruk aan de spuitmond.

De bepaling van de kentallen zou volgens de rekenregels, zie vergelijking 3 - 7, kunnen plaatsvinden. Bij deze wijze gaat men uit van een maximaal toelaatbare intensiteit en berekent van daaruit het oppervlak dat met de gekozen capaciteit beregend gaat worden. Het is verstandig om altijd wat overcapaciteit te hebben om ingeval van uitval of storing van de

installatie niet direct in de problemen te zitten.

## Pomp

Een pomp moet met een hoog rendement werken om de brandstofkosten laag houden. De pomp moet voldoende capaciteit (in m<sup>3</sup>/ha) hebben om voldoende druk te kunnen leveren aan de spuitmond (in bar) en de weerstand in de leiding te overbruggen. Van een pomp wordt meestal een traject opgegeven waarbinnen een goed rendement wordt bereikt. Het maximale rendement ligt gewoonlijk tussen de helft en driekwart van het traject dat aangegeven is.

Een elektrische aandrijving van de pomp kan vanwege het hoge rendement erg aantrekkelijk zijn, maar is afhankelijk van de bedrijfssituatie. Bij een elektrisch aangedreven pomp is de pompas direct gekoppeld aan de elektromotor

$$Q_m = I_m * (W_w^2 * W_h) / (1000 * 115) \quad \text{Vergelijking 3}$$

$$Q_a < Q_m \quad \text{Vergelijking 4}$$

$$I_a = C_a * (1000 * 115) / (W_w^2 * W_h) \quad \text{Vergelijking 5}$$

$$O_a = E * U * D * I_a \quad \text{Vergelijking 6}$$

$$O_a \geq O_b \quad \text{Vergelijking 7}$$

$I_a$	actuele beregeningsintensiteit	(m <sup>3</sup> /uur/ha)
$I_m$	maximaal toelaatbare beregeningsintensiteit	(m <sup>3</sup> /uur/ha)
$Q_a$	actuele capaciteit installatie	(m <sup>3</sup> /uur)
$Q_m$	maximale capaciteit installatie	(m <sup>3</sup> /uur)
$W_w$	werpwijsde van de sproeier	(m)
$W_h$	werphoek van de sproeier	(graden van de sector)
$O_a$	actueel beregende oppervlak	(ha)
$O_b$	te beregenen oppervlak	(ha)
$U$	aantal uren dat de installatie per dag maximaal wordt ingezet	(uur/dag)
$D$	aantal dagen voordat de installatie weer op dezelfde plek wordt ingezet	(dag)

**Tabel 18.** Toeslag op pompasvermogen afhankelijk van het toerental van de aftakas van de trekker.

toerental aftakas	toeslag op pompas vermogen in %
540	40
750	75
1000	150

en wordt het voor de pomp benodigde toerental zonder extra tandwieloverbrenging gehaald. Neem voordat er geïnvesteerd wordt contact op met het elektriciteitsbedrijf om te informeren of de benodigde pk's wel van het net mogen worden opgenomen. Het is ook verstandig na te gaan of de vastrechtkosten van twee lichte aansluitingen lager zijn dan die van een zware.

In vele gevallen wordt gebruik gemaakt van de aftakas van een trekker. Om voldoende hydraulisch vermogen te kunnen leveren moet gebruik gemaakt worden van een tandwielkast om de pompas van de centrifugaalpomp een toerental van 3000 - 3500 omw/min te geven. Dit toerental is voldoende om de gewenste druk te leveren. Door een andere tandwielcombinatie te kiezen met behoud van het toerental van de motoras kan het toerental van de aftakas worden verlaagd. Op deze wijze kan het vermogen van de trekker het best worden aangewend en kan het brandstofverbruik laag worden gehouden. Een lager toerental betekent een vermindering van het vermogen. Bij een hoger toerental wordt het verbruik en het geluidsniveau hoger.

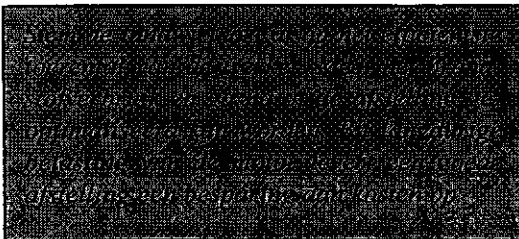
Het vermogen dat een trekker kan leveren, is afhankelijk van het toerental. Bij de meeste motoren wordt het maximum vermogen ver-

greden op het moment dat de reguleur in werking treedt (het nominale toerental). Het vermogen dat geleverd wordt door de aftakas, is door overbrengingsverliezen zo'n 3 tot 10% lager.

Het aandrijven van een aftakas betekent dat de motor langdurig en gelijkmatig belast wordt. Voor het bepalen van het vermogen onder deze situatie wordt de DIN-norm 6270 gehanteerd. Deze norm wordt toegepast om de nodige reserve in te bouwen voor oververhitting, overbelasting en overmatige slijtage. Het vermogen van een trekker wordt volgens de lichtere landbouwnorm (DIN 70020) gemeten. Het vermogen bij eenzelfde toerental (geen continue belasting) is bij DIN 70020 25% hoger dan volgens de strengere norm. Om overbelasting en verhitting te voorkomen moet een trekker worden genomen met 20% meer vermogen dan de pomp vraagt.

Indien men de keuze uit verschillende aftakassen heeft, is het verstandig na te gaan welke de beste combinatie is wat betreft keuze van toerental van de aftakas en overbrenging, zonder de beschikbare capaciteit te overschrijden, zie tabel 18. Het is van belang om het benodigde pompas-vermogen en het beschikbare aftakasvermogen van de trekker goed op elkaar af te stemmen om een te zware belasting en oververhitting van de trekker te vermijden. Wel moet een evenwicht worden gevonden met het brandstofverbruik dat toeneemt naarmate de belasting afneemt. Indien de belasting optimaal is, resulteert dit in een efficiënt gebruik van dieselolie. Het specifiek verbruik ligt dan tussen 240 à 250 g per geleverde kWh.

Bij een onjuiste afstemming, bijvoorbeeld door inzet van een zware trekker met een aftakas met 540 omw/min, ligt het gebruik aanzienlijk hoger en bedraagt 350 à 375 g per geleverde kWh. Het verbruik is dan bijvoorbeeld te reduceren door (indien aanwezig) ge-



bruik te maken van de 1000-toeren aftakas en het aantal toeren te reduceren tot 540.

Het benodigde pompasvermogen is met een formule te berekenen: vergelijking 8.

Indien nog gebruik gemaakt wordt van pk's om het vermogen aan te geven, dan is een eenvoudige omrekening nodig: 1 pk is 0,735 kW.

## Haspel en slang

Steeds meer wordt gebruik gemaakt van haspels indien men gebruik maakt van mobiele beregeningsinstallaties. In de akkerbouw zal men voornamelijk gebruik maken van een haspelwagen die op de kopakker blijft staan. De slang met de sproeier wordt uitgebracht en de sproeier wordt voortbewogen door het oprollen van de haspel. De aandrijfkraft voor het oprollen van de slang wordt meestal geleverd door het water. Op de haspel zit een regelmechanisme dat er voor zorgt dat de slee met een gelijkmatige snelheid wordt voortbewogen.

De slang moet voldoende stevig zijn zodat er weinig vervorming optreedt. Een vervorming kan de weerstand vergroten en een onregelmatige verdeling in de voortbewegingsrichting opleveren. De lengte en de diameter van de slang bepalen het drukverlies. Hoe groter de diameter hoe geringer het drukverlies per lengte-eenheid. De keuze van de diameter is een kwestie van afwegen van lagere kosten

van dunne leidingen tegenover hogere kosten van pomp en brandstof. Bovendien kan een grotere, duurdere haspel nodig zijn indien de diameter ruimer moet zijn om bij grote slanglengte voldoende druk aan de sproeimond te halen.

Het drukverlies in de slang is af te lezen uit leidingsweerstandsgrafieken. Het drukverlies is afhankelijk van de buisdiameter, de transportlengte, de ruwheid van de wand en de hoeveelheid water die per uur getransporteerd moet worden. Het totaal drukverlies in de leiding bepaalt mede wat de opvoerhoogte van de pomp moet zijn om voldoende druk aan de spuitmond/spuitdoppen te kunnen leveren. Gebruik de technische informatie van uw leverancier van beregeningsapparatuur om de installatie goed af te stellen.

Indien bij het beregenen van akkerbouwgewassen de haspel dwars staat, werkt dat makkelijker. Het is dan mogelijk de slee met de trekker langs de rijen in het gewas te trekken en na het beregenen van een strook de haspel op de wendakkers te verplaatsen.

## Beregeningsboom

Om het water gelijkmatig en met een lage intensiteit over het gewas verdeeld te krijgen, wordt gebruik gemaakt van spuitbomen. Door de spuitdoppen afwisselend voor- en achteruit sproeiend op de boom te monteren, kan een

$$P = \frac{Q * H}{36 * \eta}$$

Vergelijking 8

$P$  benodigde pompasvermogen in kW

$Q$  hoeveelheid water in m<sup>3</sup>/uur

$H$  opvoerhoogte in bar

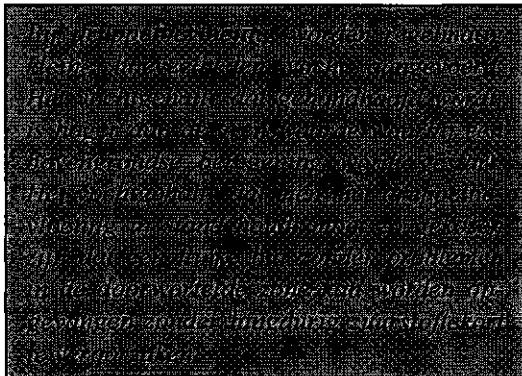
$\eta$  rendement van de pomp; dit ligt tussen 0 en 1 en is vaak 0,5

groter oppervlak worden beregend en wordt een lagere intensiteit bereikt. De capaciteit van een boom is lager dan die van een sproeikanon. De boom is vooral toepasbaar indien er veel groenten beregend moeten worden. In dat geval moeten er vaak lage giften gegeven worden om de kwaliteit van het product te handhaven en is bij de start van het gewas een berekening noodzakelijk. De grond is dan grotendeels onbedekt en een berekening met lage intensiteit voorkomt dichtslaan van de grond. Uit de technische gegevens bij de beregeningsapparatuur is af te leiden welke druk aan de dop nodig is om een gewenst spuitbeeld te verkrijgen. Een beeld dat voldoet aan een gelijkmatige verdeling een lage intensiteit in relatie tot de voortbewegingssnelheid en bij voorkeur weinig gevoelig voor wind.

## Spuitmonden en sproeiers

Een juiste keuze van spuitmonden en sproeiers in relatie tot de werkdruk is noodzakelijk om een goede verdeling van het water te krijgen en de juiste druppelgrootte en druppelgrootteverdeling. Beoordeel aan de hand van de technische gegevens van de leverancier welke combinatie van sproeier en druk voor een situatie relevant is. Daarbij moet rekening worden gehouden met de gewenste werpbreedte, de druppelgrootteverdeling en de windgevoeligheid.

Kleine sproeiers werpen het water minder ver en kunnen volstaan met een lagere druk (3



bar). De regenintensiteit is laag en bedraagt 4-6 mm per uur. De druppels zijn klein. Deze sproeiers worden gewoonlijk in een vaste opstelling gebruikt, maar de leidingen liggen dan slechts 12 - 24 meter van elkaar.

De leidingen kunnen 24 - 36 m of 36 - 48 m uit elkaar worden gelegd wanneer er gebruik wordt gemaakt van middelgrote of grote sproeiers. Aan de leiding moeten hogere eisen worden gesteld, omdat deze sproeiers een hogere druk nodig hebben om het water voldoende ver te verspreiden. De regenintensiteit is hoger en de druppels aan de buitenrand zijn groot, waardoor de structuur op sommige gronden wordt bedorven. De windgevoeligheid is groter. Een voordeel van de grotere sproeiers is dat het verplaatsen van de installatie minder werk vraagt.

Indien er meerdere sproeiers op een sproeileiding staan, mag het verschil in druk tussen de eerste en de laatste sproeier niet meer dan 0,5 bar bedragen.

Uit de technische gegevens bij de beregeningsapparatuur is af te leiden welke druk aan de spuitmond nodig is om een gewenst spuitbeeld te verkrijgen. Een beeld dat voldoet aan een gelijkmatige verdeling door voldoende overlap en bij voorkeur weinig gevoelig voor wind.

## Ondergrondse leiding

Indien alle gewassen in een rotatie beregend moeten worden, is het te overwegen een vaste installatie aan te leggen. Houd bij de beslissing om een vaste installatie aan te leggen rekening met de kwaliteit van het water. Indien de waterkwaliteit slecht is kunnen er storingen voorkomen. Het oplossen van deze storingen kost in het geval van een vaste installatie veel moeite. Het voordeel van een vaste installatie is dat het beregenen met weinig arbeid kan

worden uitgevoerd, omdat de gift volledig te automatiseren is. Met telescopische standpijpen vormen de sproeiers bij de bewerkingen geen probleem, omdat ze indien nodig afgenomen worden. De standpijpen worden dan afgedekt met een dop, zover in de grond gedrukt dat ze geen obstakel vormen bij de grondbewerking.

De ondergrondse aanleg van een deel van de aanvoerleiding naar strategische punten op het bedrijf, is ook zinnig indien men niet gebruik maakt van een vaste regeninstallatie. Door de ondergrondse aanleg worden andere werkzaamheden niet gehinderd en door de aanwezigheid van een leiding is er geen extra arbeid nodig om deze leiding op te bouwen of af te breken. Let er wel op dat de aansluitpunten niet bevriezen. Door gebruik te maken van speciale hydranten wordt dat probleem voorkomen.

## Druppelbevloeiing

Voor het vochtvoorziening van allerlei intensieve gewassen wordt steeds meer gebruik gemaakt van druppelbevloeiing. Deze installatie kan zowel bovengronds als ondergronds worden aangelegd. Deze installatie wordt meestal ook gebruikt om gedoseerd meststoffen aan het gewas toe te dienen. Indien de installatie ondergronds wordt aangelegd betreft het in het algemeen meerjarige gewassen. De laatste jaren, nu er "goedkopere" bevloeiingstape op de markt komt, wordt er geëxperimenteerd met het eenmalig gebruik van tape. De gedachte hierbij is dat door de efficiëntere en optimale vocht- en meststofvoorziening de meeropbrengst en de gewaskwaliteit zoveel hoger is dat de kosten terug zijn te verdienen. Wanneer de beperkingen voor het verlies van nutriënten nog verder worden aangescherpt, wordt deze optie aantrekkelijker. Onder Nederlandse omstandigheden zijn de eerste experimenten hiermee uitgevoerd. Uit buitenlands

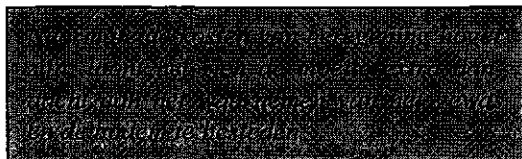
onderzoek met een vergelijking van beregeningsapparatuur blijkt dat bij goed beregenen de opbrengst eigenlijk niet beïnvloed wordt door de methode. Het gebruik van water is echter efficiënter bij toepassing van druppelirrigatie.

De voordelen van druppelbevloeiing: het systeem is weinig arbeidsintensief en de verdeling van vocht, mits de installatie goed is aangelegd, is optimaal. Bovendien kunnen op deze wijze exact naar behoefte water en meststof worden gedoseerd. De vochttoestand van de grond kan beter worden gecontroleerd waardoor ziektes voorkomen kunnen worden.

## Verdeling

Om efficiënt te beregenen is het van belang dat het water goed over het perceel wordt verdeeld. Een goed afgestelde machine is daarvoor een voorwaarde. Het is belangrijk de instelmogelijkheden van spuitmond, haspel en pomp regelmatig te controleren en te meten of de verdeling inderdaad goed is. De verdeling moet loodrecht op de verplaatsingsrichting en in de verplaatsingsrichting gelijk zijn. Dit is eenvoudig te controleren door op enkele plaatsen loodrecht op de verplaatsingsrichting een aantal regenmeters te plaatsen en te meten of de vulling van die regenmeters gelijk is na een trek. Ook in de lengte kan een dergelijke meting worden uitgevoerd.

Bij de interpretatie van de gegevens moet men rekening houden met de wind. De verdeling zal afhangen van de windrichting en de windsnelheid. Door onder verschillende omstandigheden te meten kunnen de randvoorwaarden wat betreft beregening worden bepaald. Naast het meten geeft waarnemen ook veel



informatie. Indien blijkt dat na beregenen op een onregelmatige wijze plassen zijn ontstaan, bijvoorbeeld altijd aan dezelfde kant, is het zaak een controle uit te voeren. Immers te veel water kan schade veroorzaken. Dit houdt ook in dat op een aantal plekken te weinig water is gekomen en de planten daar vochtgebrek hebben en schade lijden.

Er is een aantal mogelijkheden:

- veranderen afstelling van de sproeikop of de druk aan de kop wijzigen om de straal minder windgevoelig te maken;
- veranderen van de overlap;
- in geval van een spuitboom controleren en of bijstellen van de afgifte van alle doppen. Door per dop het water op te vangen is het spuitbeeld vast te stellen;
- beregenen als er minder wind staat.

## Metten van de afgifte

Het meten van de hoeveelheid water die werkelijk wordt toegediend, is om meerdere redenen van belang. Om een goede vochtboekhouding te kunnen bijhouden en daarmee op tijd en op maat te kunnen beregenen, is het noodzakelijk dat men weet hoeveel water er werkelijk is toegediend. Bovendien is het van belang indien men aangifteplichtig is bij gebruik van grondwater, om aan de belastinginspecteur te kunnen aantonen hoeveel (hoe weinig) in werkelijkheid beregend is.

Veel gebruikt zijn watermeters. Dit zijn apparaten waarin het doorstromende water een schoep of propeller in beweging zet. Het aantal omwentelingen wordt vertaald in  $m^3$ . Het is een betrouwbare meter indien gebruikt volgens de voorschriften en het is op 5% nauwkeurig. Er moet worden voldaan aan de vol-

gende voorwaarden:

- een volledig gevulde leiding;
- een debiet binnen het bereik van de meter;
- een aanstroombuizenlengte van minimaal 30 keer de buisdiameter of 7 keer de buisdiameter indien een kruisstuk met richtingsvanen wordt gebruikt.

De meeste typen watermeters werken niet goed indien er verontreinigingen in het water voorkomen. De meters kunnen ook worden gebruikt voor een debietmeting indien de tijd wordt waargenomen. Een meter geeft immers aan hoeveel water er verpompt wordt. Door te meten hoeveel water er verpompt wordt per 5 of 10 minuten en het verschil in kubieke meters te delen door de tijd, is het debiet te berekenen.

Het waterverbruik kan ook gemeten worden met een urenteller, mits de werkelijke capaciteit van de regeninstallatie bekend is. Met een eenvoudige berekening is het verbruik dan te benaderen. Het rendement van de bron moet dan met de tijd gelijk blijven om fouten te voorkomen.

## Beveiliging

Berekening kost veel tijd. Daarom moet een installatie zonder veel toezicht kunnen werken. Daarom is beveiliging noodzakelijk. Het is van belang dat de motor stopt indien:

- de druk in de leidingen te hoog (verstoppingen) of te laag wordt (breuk);
- de voortgaande beweging van de slede of boom ophoudt;
- de slede uit zijn baan raakt;
- de haspel bereikt is;
- de aandrijfmotor te heet wordt;
- de oliedruk van de verbrandingsmotor te laag wordt;
- de pomp geen water geeft.

De haspel moet zodanig zijn beveiligd dat het onmogelijk is om met de aandrijving van de



haspel in aanraking te komen. Er moet bovendien worden opgelet dat niemand te dicht bij een werkende sectorsproeier komt. Deze schiet telkens met grote kracht terug in de beginstand en kan daardoor ernstig letsel veroorzaken.

## Onderhoud installatie

Regeninstallaties worden onregelmatig gebruikt. Immers perioden met buien wisselen perioden met droogte af. Ook de lengte van deze periodes is verschillend. Eenmaal begonnen met beregenen moet soms een aantal weken ononderbroken worden doorgegaan. Het is dus zaak in het seizoen klein onderhoud bij te houden en tijdens de winterberging het materiaal goed op te bergen en zonodig groot onderhoud te plegen.

### In het veld

In het veld is het onderhoud voornamelijk beperkt tot het oliën van de tandraden en het in het vet houden van kettingen. Het schoonhouden van het aanzuigpunt kan, vooral wanneer veel organisch materiaal in het oppervlaktewater voorkomt, nodig zijn. Om een bron in conditie te houden is regelmatig gebruik van belang. In tijden dat niet wordt beregend is een kwartiertje pompen per twee maanden goed voor de conditie van de bron. Op deze wijze blijft de structuur die zich in de grond om de filter heeft gevormd intact. Deze structuur heeft zich gevormd omdat het water steeds in één richting naar de pomp toestroomt. Controleer ook de sproeidoppen en de filters op vuil en aanslag en maak ze gangbaar.

### Bij opslag

Indien de installatie in opslag gaat, is het noodzakelijk om alles watervrij en schoon te maken, zodat kapot vriezen van de installatie

niet mogelijk is. Let erop dat de slang niet te strak is opgerold, zodat breuk bij krimp door de verlaging van temperatuur voorkomen kan worden. Uiteraard moeten bewegende delen goed in het vet worden gezet en beschadigingen worden bijgeverfd. Let op de juiste behandeling van afdichtingsringen.

## Berekening capaciteit

Wil men goed beregenen dan moet men een installatie met de juiste capaciteit hebben. De capaciteit van de installatie kan berekend worden. Vaak levert de leverancier van de installatie allerlei tabellen die nodig zijn om de capaciteit te berekenen. Maak zoveel mogelijk gebruik van deze tabellen, want ze leveren waardevolle informatie.

### Pomp

De capaciteit van een pomp is afhankelijk van de benodigde hoeveelheid water en het netto aantal sproeiuren. Dit aantal sproeiuren hangt af van de tijd die nodig is om een installatie te verzetten. Het aantal sproeiuren van een vaste installatie is dus 24 uur. Bij buisinstallaties die vaak moeten worden verplaatst, is dat 12 tot 15 uur. Bij haspelinstallaties kan worden uitgegaan van 20 uur. Uiteraard is het netto aantal sproeiuren ook afhankelijk van de vorm van het perceel. Een mooi rechthoekig perceel is makkelijker te beregenen dan een onregelmatig perceel.

De benodigde wateraanvoer per uur ( $Q$ ,  $m^3/ha$ ) is afhankelijk van:

- het oppervlak ( $O$ ,  $ha$ ) dat men wil beregenen;
- de dagelijkse transpiratie ( $T_d$ ,  $mm$ ) waarmee rekening wordt gehouden;
- de maximale hoeveelheid water ( $W_m$ ,  $mm$ ) die gegeven kan worden om de bodemvoorraad in de wortelzone aan te vullen op een moment dat het gewas nog net geen vochtgebrek heeft;

- het aantal dagen ( $d$ , *dagen*) dat nodig is om alle percelen van het bedrijf een keer te beregenen;
- het aantal uren ( $u$ , *uren/dag*) dat effectief beregend kan of mag worden. Zie vergelijking 9.

De capaciteit van de pomp hoeft niet groter te zijn dan de capaciteit die de regeninstallatie kan en/of mag leveren. Immers de intensiteit die maximaal mag worden toegepast, wordt bepaald door de grondsoort en gewasbedekking.

De hoeveelheid water die gegeven wordt hangt af van de maximale intensiteit, de effectieve breedte en de snelheid. Zie vergelijking 10.

Als  $Q_i$  kleiner is dan  $Q$ , is het niet mogelijk de gewenste oppervlak met de gewenste intensiteit te beregenen met de gewenste frequentie

en is een tweede installatie noodzakelijk. Het is altijd te overwegen in plaats van een grote installatie twee of meer kleinere installatie aan te schaffen, waardoor het bedrijf minder kwetsbaar wordt voor het uitvallen van een installatie.

Het pompasvermogen dat nodig is bij directe koppeling, wordt berekend met: Zie vergelijking 11.

Waarbij  $N$  het vermogen in pk,  $H$  de opvoerhoogte in meters is en  $\phi$  het rendement van de pomp in procent (50 - 70%).

Is er geen directe koppeling, dan moet het vermogen 5 - 10% hoger zijn. Maakt men gebruik van de aftakas, dan moet men vanwege de continu volle belasting rekenen met 75 - 80% van het vermogen voor landbouwgebruik.

$$Q = \frac{O * T_a * d * 10}{d * u}$$

Vergelijking 9

$$Q_i = I * W * S$$

Vergelijking 10

$$N = \frac{Q_i * H * 0,273}{\phi}$$

Vergelijking 11

---

# BEREGENING PLANNEN OP BEDRIJFS- NIVEAU

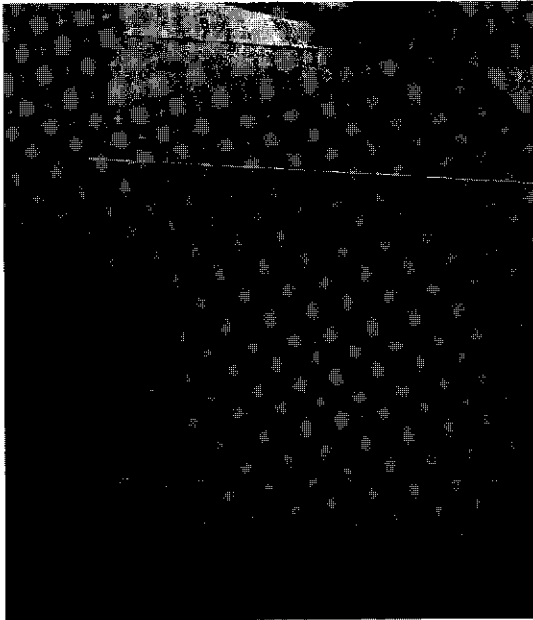
---

Er is nog geen gericht onderzoek geweest naar het plannen van de beregening in bedrijfsverband. Toch is er een aantal opmerkingen te plaatsen.

Bij de planning van de beregening per bedrijf gaat de economie een belangrijke rol meespeelen. Dit is nog sterker indien de capaciteit van de installatie onvoldoende is om alle percelen te beregenen. Indien de capaciteit voldoende is, wordt de volgorde bepaald door de keuze van het gewas en het perceel waar men met de beregening moet beginnen. Het is dan ook van belang de vochtboekhouding van alle percelen, die voor beregening in aanmerking komen, bij te houden. Met de resultaten van de vochtboekhouding, een schatting van de ver-

wachte gewasverdamping en de weersverwachting kan men aan zien komen dat er vochtgebrek gaat optreden. Dan wordt geschat hoeveel dagen de gewassen op de percelen ongestoord kunnen groeien en met welke intervallen een beregening moet worden uitgevoerd. Voorts moet van ieder perceel bekend zijn hoeveel tijd het kost om er een beregening uit te voeren. Er kan zich een aantal situaties voordoen:

- de intervallen van de tijdstippen waarop de verschillende percelen worden beregend en de tijd nodig om de percelen te beregenen zijn op elkaar afgestemd. Vanuit de vochtboekhouding kan dan de prioriteit van de volgorde van de uit te voeren beregeningen worden bepaald en berege-



*Afb. 7. Bij de planning van de beregening moet rekening worden gehouden met het bouwplan en de perceelskeuze.*

ning kan worden uitgevoerd tot de eerste periode met meer dan 15 mm regen. Indien zo'n periode verwacht wordt, moet hiermee rekening worden gehouden door de laatste gift te verlagen of uit te stellen;

- de intervallen van de tijdstippen waarop de verschillende percelen worden beregend en de tijd nodig om de percelen te beregenen, zijn niet op elkaar afgestemd. Het tijdstip waarop beregend moet worden valt voor een aantal percelen samen en indien op dat tijdstip begonnen wordt, is de capaciteit/tijd onvoldoende om alle percelen zodanig te beregenen dat geen tekort optreedt. Indien deze situatie verwacht wordt, moet eerder met beregenen begonnen worden, maar dan met een lagere gift. Is de weersverwachting stabiel droog, dan eerst de gewassen beregenen die het gevoeligst zijn voor vochttekort in hun stadium van ontwikkeling en het sterkst reageren met hun kwaliteit op vochttekort. Is de weersverwachting overwegend droog met kans op een lokale bui: begin dan met die gewassen die geen schade ondervinden indien de wortels enige tijd een laag zuurstofgehalte ondergaan indien onverhoopt de gift wordt gevolgd door een stevige bui;
- de capaciteit is onvoldoende. Is de capaciteit van de installatie onvoldoende om alle percelen te beregenen, dan moeten eerst die gewassen beregend worden met de hoogste verkoopprijs per eenheid product. Speelt kwaliteit een belangrijke rol bij de prijsvorming van een gewas, dan moet dat gewas met regelmaat beregend worden ten koste van andere gewassen. Dit zijn dan gewassen waarbij kwaliteit een mindere rol speelt bij de uitbetaling en of de effecten van beregening geringer zijn. Indien een gewas een gewasstadium heeft waarin een gebrek aan water doorslagge-

vend is voor de opbrengst en/of kwaliteit van het product, dan moet aan het beregenen van dat gewas in die periode voorrang gegeven worden. Het is verstandig hiermee in de planning rekening te houden. Het betreft hier vaak gewassen zoals maïs, erwten en bonen, waarbij de vruchtzetting beïnvloed wordt door een goede watervoorziening tijdens en net na de bloei. Dit kan onder andere bereikt worden door op een aantal percelen "te vroeg" te beginnen, maar dan met een lagere gift.

De berekening van plantgoed, om de aanslag te bevorderen, zal vaak voorrang verkrijgen. De kosten van het plantgoed zijn voor een aantal gewassen zo hoog, dat de kans op het niet goed aanslaan niet acceptabel zijn. De kosten van plantgoed lopen op tot meer dan 10.000 gulden per ha voor gewassen als kropsla, zomerprei (KWIN, 1997).

De voorrang van een perceel bij beregenen is uiteindelijk een economische afweging van kosten van beregening, geschatte opbrengstverhoging of -derving en ervaring. Een beslissing wordt genomen op grond van de financiële opbrengstverwachting. Deze opbrengstverwachting heeft men uit eigen ervaring of wordt berekend met een model. Indien het effect van iedere beregening in geld was uit te drukken zou dit de afweging al dan niet een gewas te beregenen vereenvoudigen. Het schatten van de fysieke opbrengst is beter mogelijk dan het vooraf schatten van de prijs van de producten.

Beschikt men per gewas/perceel over de vochtvoorraad en een schatting van de gewasverdamping, dan kan men op basis van deze gegevens tijdig een potentieel tekort signaleren. Men kan met beregenen beginnen voordat het vochtgehalte van de grond een kritische waarde heeft bereikt.

# ARBEID EN ECONOMIE

Berekening levert niet elk jaar een opbrengstverhoging en/of kwaliteitsverbetering op.

Soms zal men maar een enkele berekening uitvoeren die, naar achteraf kan blijken, niet rendabel is. Maar omdat men geen seizoen vooruit kan zien, moet men beginnen met beregenen als de signalen daarvoor duidelijk zijn. Het effect van de berekening kan zowel positief, negatief als neutraal uitpakken.

Het rendement van berekening moet op lange termijn beoordeeld worden. Kosten die met het aanschaffen en uitvoeren van berekening samenhangen kunnen alleen in de jaren dat berekening effect heeft worden terugverdiend. Hoewel er in het jaar dat niet beregend wordt geen variabele kosten worden gemaakt, drukken de vaste kosten van de installatie toch op het bedrijfsresultaat. Ongetwijfeld komt er een



*Afb 8. Accuraat beregenen vereist regelmatig bemonsteren en kost dus extra arbeid.*

aantal jaren voor dat een enkele maal beregend wordt met weinig of zelfs een negatief resultaat. Ook deze kosten drukken het bedrijfsresultaat.

In dit hoofdstuk zal nader op het rendement van berekening worden ingegaan.

## Aanschaf en investering

Besluit men berekening structureel in de bedrijfsvoering als een activiteit op te nemen, dan moet er worden geïnvesteerd. Deze investering is afhankelijk van de beschikbaarheid van oppervlakte en/of grondwater. Het water moet, als er beregend moet worden, in voldoende hoeveelheid en kwaliteit beschikbaar zijn. Beschikt men niet over oppervlaktewater en zijn er geen beperkingen op het gebruik van grondwater, dan moet men een of meer putten slaan. Afhankelijk van de verka-veling van het bedrijf en de ligging van oppervlaktewater en putten moeten er wellicht ondergrondse aanvoerleidingen worden aangelegd, of moet er geïnvesteerd worden in een bovengrondse aanvoerslang. Verder moet er een pomp en een motor worden aangeschaft of wordt er een trekker gereserveerd. Er moet een haspelinstallatie met een kanon of met een spuitboom worden aangeschaft of eventueel een vaste installatie worden aangelegd.

Bij de beoordeling van de investering in beregeningsinstallaties moet ingeschat worden hoe vaak er beregend moet worden. Dit hangt af van de grondsoort(en) op het bedrijf, maar ook van het bedrijfsplan. Uiteindelijk gaat het daarbij om een inschatting van het risico dat men loopt indien de capaciteit te krap is. Bij een te krappe capaciteit kunnen in een beperkt aantal jaren niet alle beregeningen worden

uitgevoerd. In die jaren wordt de vochtbehoefte van alle gewassen of van een beperkt aantal gewassen niet gedekt. Het is van belang die capaciteit te kiezen dat altijd alle gewassen waarvan de prijs door de kwaliteit wordt bepaald beregend kunnen worden.

Op basis van de verwachte waterbehoefte moet voordat men een regeninstallatie aanschafft worden onderzocht of het beschikbare water de gewenste kwaliteit heeft. Bovendien moet beoordeeld worden of de waterbron(-nen) voldoende capaciteit hebben om bij piekafname aan de vraag te kunnen voldoen.

De beregeningscapaciteit wordt bepaald door het vochtbergend vermogen van de bewortelde zone. Per keer kan effectief slechts zoveel water worden gegeven als in de bewortelde zone kan worden geborgen zonder dat de zuurstofvoorziening van de plant wordt gestoord. Gaan we ervan uit dat er gemiddeld in een droge periode 3 mm per dag verdampt en dat de capillaire nalevering bekend is, dan is makkelijk uit te rekenen met welk interval moet worden teruggekomen met de regeninstallatie. Er is uiteraard wel een bovengrens (zie ruwheid van het oppervlak en verslapping pagina 26). De structuur van de grond en het gewas moeten niet worden beschadigd door de impact van de beregening (zie tabel 17). De hoeveelheid en snelheid waarmee wordt beregend moet zodanig worden gekozen dat de grond niet verslemt. De hoeveelheid moet ook niet meer zijn dan in de wortelzone kan worden geborgen. Indien de hoeveelheid beregeningswater is bepaald, kan het maximale interval worden berekend door deze hoeveelheid te delen door de, bij schatting, verwachte verdamping.

Het is gewenst dat men voordat men een installatie aankoopt de markt verkent. Niet elke installatie is even geschikt voor ieder gewas. Een regenboom is geschikter voor de beregening van groenten dan een sproeikanon. Ook

de hoeveelheid arbeid die nodig is om de installatie te verplaatsen en de werking te controleren, zijn duidelijk verschillend. Een optie is om de watervoorziening te combineren met bemesting, bijvoorbeeld met behulp van druppelbevloeïing. Welke optie voor een bepaalde bedrijfssituatie aan te bevelen is, kan worden afgeleid door gebruik te maken van de resultaten van onderzoek en van waarnemingen op het eigen bedrijf.

## Arbeid

De inzet van arbeid bij het beregenen is afhankelijk van het type installatie en van de duur en de ernst van de droogteperiode. Een losse buizeninstallatie kost duidelijk meer arbeid dan een haspel met een sproeikanon of een vaste regeninstallatie met telescooppijpen. Bij beregenen wordt op een aantal plaatsen arbeid ingezet, namelijk bij :

1. de waarneming voor en de berekening van de vochtboekhouding;
2. het opstellen van de installatie;
3. de controle van de werking van de installatie en het verhelpen van storingen;
4. het onderhoud van de apparatuur.

Uitgangspunt voor de taaktijd voor het beregenen is het volgende:

Bij de meest gangbare installaties (het sproeikanon en de beregeningsboom) kan gemiddeld voor het opstellen gerekend worden op een half uur. Indien ook de aanvoerleiding moet worden verlegd, moet men daarvoor extra tijd rekenen. Voor waarneming en controle wordt geschat dat er 10 minuten per uur beregening nodig is. Een groot deel van deze tijd wordt niet actief ingezet, maar is standby. Dat wil zeggen dat men gedurende deze tijd beschikbaar moet zijn, maar eventueel andere klussen kan uitvoeren mits men in de buurt van de regeninstallatie kan blijven.

Het bijhouden van een vochtboekhouding

en/of het controleren van het vochttoestand van de grond kost voortdurend tijd. Tijd die vaak onnodig lijkt te worden besteed, omdat berekening niet nodig blijkt. Echter om tijdig te beregenen en de juiste beregeningsvolgorde te kunnen vaststellen, is het bijhouden van een vochtboekhouding en regelmatige controle van de vochttoestand een noodzaak. Het werk van het opstellen van een vochtboekhouding kan uit handen worden genomen door gebruik te maken van een beregeningsprogramma op een computer, bij voorkeur gekoppeld aan een (eigen)weerstation en het weerbericht.

## Minimale vergoeding

Beregenen heeft alleen zin indien minstens de kosten van het beregenen worden terugverdiend. Deze kosten bestaan uit:

1. de afschrijvingskosten van de apparatuur en de waterbronnen, berekend over de technische levensduur van de installatie;

2. berekende rente over de investering en de verzekering van de installatie;
3. het onderhoud;
4. kosten van arbeid, energie en water;
5. extra kosten van gewasbescherming en of bemesting.

De eerste twee van de bovenstaande posten drukken elk jaar op het saldo. Posten drie en vier hangen af van de gebruiksintensiteit. Naarmate het gebruik intensiever is, zullen de onderhoudskosten toenemen omdat onderdelen slijten of aan vervanging toe zijn. De kosten van water hangen af van de bron die men gebruikt en van de hoeveelheid die men onttrekt (zie wetten en regels, pagina 15). De laatste post hangt af van het gewas, de grondsoort en de ziektedruk.

Voor men gaat investeren is het verstandig een berekening van bovenstaande kosten te maken. Deze berekening is gebaseerd op schattingen. Deze schattingen worden beter naar-

$$Opb = \frac{Kv * 100 / Bj + Kt * Opp}{prijs * Opp}$$

Vergelijking 12

$$\Delta prijs = \frac{Kv * 100 / Bj + Kt * Opp}{Opb * Opp} - prijs$$

Vergelijking 13

Waarbij

<i>Bj</i>	percentage van de jaren waarin een berekening werd uitgevoerd	(%)
<i>Kv</i>	vaste kosten bestaande uit de kosten van afschrijving van de machines jaarlijkse onderhoudskosten, en de kosten van de verzekering.	(fl ha <sup>-1</sup> )
<i>Kt</i>	variabele kosten voor berekening per ha in een jaar dat een gemiddeld aantal keren berekend is. Dat wil zeggen de brandstofkosten eventueel waterkosten en arbeid verminderd met eventuele besparingen op bestrijdingsmiddelen en meststoffen..	(fl ha <sup>-1</sup> )
<i>Opb</i>	opbrengst per ha in kg	(kg ha <sup>-1</sup> )
<i>Opp</i>	beregende oppervlak	(ha)
<i>prijs</i>	prijs van het product per kg	(fl/kg)
<i>Δprijs</i>	verhoging van de prijs als vergoeding voor een beter kwaliteitsproduct	(fl/kg)

mate men meer gebruik maakt van de gegevens van het eigen bedrijf. Een terugblik op de opbrengsten van de gewassen en het weer van die jaren geeft een gefundeerde schatting van het aantal keren dat gemiddeld en maximaal beregend moet worden. Deze terugblik levert ook een schatting van het percentage van de groeiseizoenen waarin beregenen eigenlijk niet nodig is.

Indien men door beregenen kosten kan verminderen omdat er efficiënter bemest kan worden of effectiever bestreden, is het verstandig de effecten daarvan in de aanschafbeslissing te betrekken.

## Minimale opbrengstverhoging

Is er eenmaal een schatting van de kosten gemaakt, dan blijft over een schatting van de opbrengstverhoging te maken. Deze schatting moet minimaal gelijk zijn aan de geschatte kosten voordat men overweegt een regeninstallatie aan te schaffen. Is de schatting lager, dan is de kans dat men de kosten terugverdient wel erg klein.

Uitgaande van een constante prijs moet de opbrengstverhoging in de jaren dat men beregent minimaal aan de volgende vergelijking voldoen, zie vergelijking 12.

Is het uitgangspunt dat beregening de opbrengst niet en de kwaliteit wel verhoogt, dan wordt de minimale prijsverhoging met de berekening van vergelijking 13 benaderd.

Het effect van beregenen op het eigen bedrijf is in te schatten door de kg-opbrengsten uit droge jaren te vergelijken met die uit jaren wanneer het gewas voldoende van water was voorzien. Het verschil in opbrengst is het effect dat van tijdige en optimaal uitgevoerde beregening te verwachten is. Bij de beoordeling zal men rekening moeten houden met het effect dat het verschil in ziektedruk tussen

droge en natte jaren heeft op de opbrengst. Indien de ziektedruk of het effect ervan afneemt bij een goede watervoorziening, is dat een extra reden om te beregenen. Door gebruik te maken van onderzoeksgegevens en van modellen, zijn schattingen gemaakt van opbrengstdervingen als gevolg van vochttekort maar ook als gevolg van wateroverlast. Deze schattingen worden gebruikt bij het waterbeheer.

De opbrengsten van jaren dat er teveel water viel zijn ook interessant. Deze vertellen wat het effect is van te overvloedig beregenen. De frequentie waarin deze jaren voorkomen is een indicatie voor problemen die door (te overvloedig) beregenen kunnen ontstaan.

Een aspect dat extra aandacht verdient, is het aanpassen/veranderen van het bouwplan. Voordat een regeninstallatie aangeschaft wordt, is het verstandig te overwegen of bij de introductie van beregenen als een standaard-gewasverzorgingsmaatregel, een verandering van bouwplan mogelijk of wenselijk is. Deze beslissing heeft eventueel ook invloed op de keuze van de beregeningsapparatuur. Blijkt bijvoorbeeld de opname van vollegrondsgroente in het bouwplan een reële optie te zijn, dan moet de aanschaf daarop worden afgestemd. Overweegt men een vaste kavel voor beregening te reserveren dan is de aanleg van een permanente installatie te overwegen.

Uitgaande van bovenstaande schattingen en overwegingen kan worden beoordeeld met welke fysieke opbrengstverhoging gerekend kan worden indien beregening een standaard teeltmaatregel wordt. Indien dan wordt uitgegaan van de normale productprijzen en deze opbrengstschatting vermenigvuldigd met de prijs hoger is dan de geschatte kosten (zie pagina 59; minimale vergoeding), dan is een positieve beslissing over de aanschaf van de beregeningsapparatuur gerechtvaardigd mits ook het arbeidsplaatje kan worden ingevuld.



De extra arbeid die tijdens het beregenen noodzakelijk is moet beschikbaar en betaalbaar zijn, of men moet bereid zijn in die perioden extra uren te maken.

Een onzekere factor in bovenstaande berekening is de prijs. De verwachting is dat met toenemende droogte de productie achterblijft en de prijzen aantrekken. Deze verwachting is alleen dan geldig indien de hele markt deze invloed ondervindt. Bij een lokale droogte in Nederland gaat dit niet op omdat de productie elders of elders in of buiten Europa hierdoor niet of nauwelijks beïnvloed wordt en noch de totale opbrengst noch de prijs onder druk komen te staan. De prijs is afhankelijk van de kwaliteit en de sortering van het product. Beregenen levert in vele gevallen een kwalitatief beter product op.

De teelt van sommige gewassen is eigenlijk ondenkbaar zonder beregening. Met vergelijking 13 is te berekenen wat de minimale prijsverhoging moet zijn voordat beregening rendabel is en is in te schatten of deze minimale prijs wel haalbaar is.

## Meerjarig rendement

Vaak wordt er gezegd dat een beregeningsinstallatie in één jaar terug te verdienen is. Dit is vergelijkbaar met miljonair worden door met de lotto mee te spelen. De belangrijkste voordelen van beregening zijn opbrengststabiliteit en kwaliteitsverbetering. Kwaliteit betaalt zich altijd uit en levert dan ook de lange termijn zijn rendement op. Door de opbrengststabiliteit is het eenvoudiger het quotum van bieten en fabrieksaardappelen vol te plannen. Bovendien kan bijvoorbeeld het suikerquotum positief worden bijgesteld, omdat de gemiddelde polsuikeropbrengst over de laatste vijf jaar gemiddeld hoger is met beregening dan zonder beregening. Dit levert op de lange termijn een hoger rendement op. Met behulp van simulatie is dit uitgerekend voor akkerbouwbedrijven op het noordelijk zand. Het blijkt dat indien de aandelen aangepast worden aan het hogere en stabielere productieniveau en de polsuikertoe wijzing gebaseerd wordt op de beste drie van de voorgaande vijf jaren, het rendement van de bedrijven toeneemt.

# BEREGENINGSADVIEZEN PER GEWAS

In het eerste deel van het handboek beregenen zijn de algemene adviezen en de technische informatie met betrekking tot het beregenen belicht. Naast deze algemene informatie bestaat er behoefte aan specifieke informatie over de reactie van een gewas op de watervoorziening. In de volgende bladzijden worden voor een groot aantal gewassen per gewas de aspecten die relevant zijn voor het beregenen van gewassen besproken. Aan het einde van deze sectie wordt in tabel 20 per gewas en per ontwikkelingsstadium de maximale bewortelingsdiepte en de vochtspanning gegeven waarbij met beregenen begonnen moet worden.

In deze tabel wordt ook aangegeven bij welk vochtgehalte schade aan het gewas zichtbaar wordt en een aanduiding van negatieve effecten van wateroverlast/zuurstoftekort.

## Aardappel



### Reactie gewas op vochtvoorziening

In de pootaardappelteelt wordt vrij algemeen beregend om het optreden van gewone schurft tegen te gaan en voor de knolgrootte en knolqualiteit. Want een vochtige grond tijdens stoloon- en knolaanleg bevordert de aanleg

van het aantal knollen.

Bij een gesloten gewas wordt per mm vochttekort een opbrengstreductie van 250 kg per ha geschat.

Daarom wordt in de consumptie- en zetmeel-aardappelteelt beregend om de productie te verhogen. Bovendien vermindert de kans op doorwas als de vochtvoorziening goed en gelijkmatig is.

Overmatige beregening of een te grote beregeningsintensiteit veroorzaakt structuurschade (verslemping). Dit kan het optreden van ziekten als poederschurft en roodrot door beregening bevorderen. Overmatige beregening heeft vaak negatieve gevolge voor het rendement.

### Tijdstip beregenen

#### *Pootaardappel*

Tenzij de grond erg ver is uitgedroogd of men gewone schurft wil bestrijden, moet niet met beregening worden begonnen vóór de knolgroei goed op gang is gekomen. Te vroeg beginnen beperkt de bewortelingsdiepte en kan leiden tot een te uitbundige loofgroei. Het gewas lijdt daardoor ook eerder aan vochtgebrek door het oppervlakkige wortelstelsel.

Als men gewone schurft wil bestrijden moet vanaf het moment dat de eerste stoloonuiteinden zich beginnen te verdikken, dus vanaf het

Tabel 19. Effect van beregening op het knoltal per m<sup>2</sup> in een droog voorjaar op zware grond (proefboerderij 'De Kandelaar', 1980).

	aantal knollen per m <sup>2</sup>	
	totaal	28/45 mm
niet beregend	48	28
correct beregend (pF 2,5)	74	56
te laat beregend (pF 2,7)	63	40

begin van de knolaanleg, de grond goed vochtig zijn.

Een vochtige grond tijdens stolon- en knolaanleg bevordert de aanleg van het aantal knollen. Door het grotere aantal knollen neemt het percentage van de opbrengst in de dure pootgoedmaten toe (tabel 19). Praktisch betekent dit, dat men bij droogte vanaf 1 à 2 weken na opkomst met beregening moet beginnen. Op zavelgrond is het effect van beregening op het knoltal meestal geringer dan op zandgrond en zwaardere klei.

Op zware grond met een kluitige structuur kan het zinvol zijn al kort na het poten te beregenen, vooral bij voorgekiemd pootgoed. Met het extra vocht wordt voorkomen dat de kiemen deels droog liggen en zich niet tot stengels ontwikkelen. Er is een duidelijke samenhang tussen kiemen – stengels – knollen en een gunstige sortering bij poot aardappelen.

#### *Consumptie- en zetmeelaardappelen*

Bij consumptie- en zetmeelaardappelen is het voordeel voornamelijk gelegen in een hogere opbrengst. Indien het vochttekort in de grond hoger wordt dan pF 2,6, moet worden beregend. Door de hogere productie worden meer grove knollen verkregen.

Indien een besmetting met bruinrot in de watergangen rond een perceel is vastgesteld, kan niet uit oppervlaktewater worden beregend. Beregenen met besmet water verhoogt de kans op een bruinrotbesmetting aanzienlijk. Een alternatief is dan een bron te slaan en daaruit te beregenen. Dit is echter kostbaarder en niet in alle gebieden is dit mogelijk door de kwaliteit van het grondwater. Vooral dicht bij de kust is het bronwater vaak te zout.

#### **Kwaliteit**

Gewone (pok)schurft, veroorzaakt door de schimmel *Streptomyces scircabies*, wordt bestreden door de grond in de rug vanaf het be-

gin van de knolaanleg gedurende drie weken goed vochtig te houden. Om de gehele rug gelijkmatig vochtig te maken, moet bij voorkeur een lage regenintensiteit (niet meer dan 20 mm per uur) worden gehanteerd. Verder voldoen frequente kleine giften van bijvoorbeeld 10 mm beter dan een paar grote giften. Belangrijk is dat men tijdig begint.

Beregening helpt niet tegen netschurft en poederschurft. Beregenen kan netschurft en poederschurft zelfs bevorderen.

Beregening, in het bijzonder overmatige beregening, leidt meestal tot een snellere afrijping van het gewas en bijgevolg tot een wat eerder optreden van ouderdomsresistentie tegen virusziekten. Op grond met een minder goede structuur, die (mede) als gevolg van beregening aan de natte kant is, zijn de omstandigheden gunstig voor het optreden van poederschurft (*Spongospora subterranea*) en roodrot (*Phytophthora erythroseptica*). Een lage regenintensiteit en beperkte hoeveelheden per keer (maximaal 20 mm) beperken het ontstaan van een slechte structuur als gevolg van verslemping.

Een goede, regelmatige vochtvoorziening kan verder knolgebreken als holheid, groeischeuren en knolmisvorming, alsmede het optreden van doorwas goeddeels voorkomen.

#### **Waterkwaliteit**

Beregenen met zout water kan opbrengstderiving geven. In vergelijking met niet beregend kan er echter nog wel een hogere opbrengst zijn. Beregenen met zout water kan om bladverbranding te voorkomen het best in de namiddag of avond gebeuren. Bij gebruikmaking van zout water is veelvuldig beregenen met kleine giften beter dan enkele keren een grote gift. Sterke uitdroging van de grond moet worden vermeden.

Bij beregening tegen gewone schurft kan het verantwoord zijn om water met een hoger

zoutgehalte te gebruiken. Water met 3 - 4 gram chloor is in dit geval bruikbaar voor een eenmalige beregening.

## Andijvie



### Reactie gewas op vochtvoorziening

Een tekort aan water kan een tijdelijke stilstand van de groei tot gevolg hebben waardoor de planten vroegtijdig gaan schieten. Door een onregelmatige vochtvoorziening neemt de kans op rand toe.

De grondbedekking door het gewas is echter voor een groot deel van de groeiperiode onvolledig en de verdamping is gedurende de periode dat de grond niet volledig bedekt is betrekkelijk laag, zeker bij een rul plantbed.

De ontwatering moet voldoende zijn, aangezien wateroverlast tijdens de kropvorming de kwaliteit negatief beïnvloedt. Wateroverlast veroorzaakt groeiremming en heeft meestal achteruitgang van de kwaliteit van het gewas tot gevolg.

### Tijdstip beregening

Gezien de ondiepe beworteling is het bij het bepalen van de beregeningsbehoefte verstandig uit te gaan van het vochtgehalte van de effectieve bewortelingsdiepte. Een indicatie voor beregening is een pF van 2,6 (Zie ook hoofdstuk Plannen van het beregenen, pagina

37) De beregeningsbehoefte verschilt per teeltwijze.

### *Vroege teelt*

Een beregening bij de vroege andijvie werkt zeer gunstig, indien er droge perioden van 2 à 3 weken voorkomen. Het effect is vooral groot indien zo'n droge periode gepaard gaat met zonnig weer, een temperatuur van minstens 15 graden, een lage luchtvochtigheid en wind (schraal weer). In deze periode wordt op goede zandgronden en lichte zavelgronden volstaan met een wekelijkse gift van 15 à 20 mm, indien de grond tot de effectieve bewortelingsdiepte is uitgedroogd tot pF 2,6. Een lichte beregening vlak voor de oogst bevordert de frisheid van het product.

Let op: indien het gewas volgezoegen is met water, is de kans op beschadiging van het blad groter.

### *Zomerteelt*

De groeiperiode van de zomerteelt valt in de maanden waarin we een hoge verdamping mogen verwachten. In deze periode is de grond gewoonlijk al vrij droog. Het is daarom aan te raden al voor het planten te zorgen voor een ruime vochtvoorraad in de grond, waarbij aansluiting met het vocht in de ondergrond moet ontstaan. De wortels kunnen dan door-groeien naar de diepere lagen en het gewas kan zoveel mogelijk profiteren van het vocht in de ondergrond. Indien aansluiting met de ondergrond niet mogelijk is, is bevochtiging tot bewortelingsdiepte aan te bevelen (ongeveer 40 cm). Dit is het beste te bereiken met een aantal giften van ongeveer 25 mm. Het is een goede gewoonte met een steekboor of schop te controleren of de ondergrond voldoende vochtig is voor men plant.

Voor het tijdstip van beregenen gelden bij de zomerteelt wat strengere grenzen dan in het voorjaar, omdat de verdamping gemiddeld hoger is dan in het voorjaar. Start de beregening indien de grond tot de effectieve beworte-

lingsdiepte uitgedroogd is tot pF 2,4 (Zie het onderdeel bepaling van het vochtgehalte, pagina 20). Als de weersomstandigheden sterk drogend zijn, is afhankelijk van de grondsoort tot tweemaal in de week een gift van 15 à 20 mm nodig. Indien de weersomstandigheden kans op rand geven, kan een dagelijkse gift van 4 à 6 mm water rand mogelijk voorkomen. Uitvoering is het beste te realiseren met een regeninstallatie in permanente opstelling. Uiteraard kan dit alleen indien men over water van goede kwaliteit beschikt. Een laatste gift van ongeveer 10 mm vlak voor de oogst is zeer gunstig voor de kwaliteit

### *Herfstteelt*

Gewoonlijk zal het nodig zijn voor het uitplanten een beregening uit te voeren. Daarbij geldt hetzelfde als bij de zomerteelt, dat er voor gezorgd moet worden dat de ondergrond voldoende vochtig is. Beregening van het gewas kan ook gunstig zijn in de tweede helft van augustus en in september. De vochttoestand van de grond waarbij beregening nodig is, is dezelfde als in het voorjaar, namelijk bij een pF van 2,6. In deze periode kunnen we gezien het stralingsniveau eenzelfde verdamping verwachten als in het voorjaar.

Indien watertekort optreedt, is gewoonlijk een wekelijkse gift van 15 à 20 mm voldoende.

### **Opbrengst en kwaliteit**

Beregening van andijvie bevordert het struikgewicht. Een goed op de behoefte van het gewas afgestemde beregening bevordert een ongestoorde groei en daardoor de kropvorming en de kwaliteit. De kans op het optreden van rand en het schieten neemt door beregening af. De ervaring leert dat door een goede watervoorziening de kleur en smaak van het product gunstig beïnvloed worden.

Als het andijviegewas eenmaal gesloten is moet men, vooral op langzaam drogende humeuze gronden, echter voorzichtig zijn met

beregenen. Er ontstaat dan een grote kans op aantasting door smet (*Botrytis*).

### **Waterkwaliteit**

Het is noodzakelijk over goed water te beschikken. Vooral tijdens zonnig weer veroorzaakt zogenaamd slecht water gemakkelijk schade aan het gewas.

Zie Hoofdstuk kwaliteit beregeningswater op pagina 14.

Het beregeningswater is goed voor beregening van andijvie als de EC-waarde minder is dan 1,5 mS/cm en de gehalten aan ijzer en chloor minder zijn dan respectievelijk 60  $\mu\text{mol/l}$  3 mg/l) en 5  $\mu\text{mol}$  (= 178 mg/l).

## **Asperge (witte)**



### **Reactie gewas op vochtvoorziening**

In proeven met beregening bleek dat naarmate, in het voorgaande najaar, het gewas optimaler van vocht was voorzien de productie en de productkwaliteit toenamen. Echter teveel beregenen had een negatief effect op opbrengst en kwaliteit, omdat het wortelstelsel van asperge gevoelig is voor wateroverlast en zuurstofgebrek.

## Tijdstip beregenen

De asperge moet in het jaar voorgaand aan de oogst voldoende voorraad vormen om een goede opbrengst te halen. Het beregenen in augustus/september bevordert de groei en de productie.

Door beregening in de periode van half juli tot september wordt topverwelking van jonge stengels beperkt. Beregening tijdens lange droogteperioden in zomer en herfst houdt het gewas langer groen en bevordert de assimilatie en de reservevorming voor het volgende seizoen.

Er wordt ook beregend in het voorjaar om bij droogte de ruggen goed in vorm te kunnen houden. Een beregening tijdens een warme periode tijdens de steek voorkomt rozeverkleuring bij witte asperges. Gewoonlijk is een beregening van 8-10 mm met een fijne druppel elke twee dagen voldoende.

## Opbrengst en kwaliteit

Droge zomers kunnen de opbrengst in het daaropvolgende oogstseizoen ongunstig beïnvloeden. Om in het volgende seizoen een opbrengstdepressie te voorkomen moet beregend worden. Bij ieder aspergeveld dat wordt aangelegd op zandgrond hoort eigenlijk een beregeningsinstallatie, bij voorkeur met telescooppijpen. Het gebruik van T-Tape heeft als voordeel dat het gewas droog blijft. Een nat gewas is vatbaarder voor schimmelziekten. In droge zomers kunnen er ook op opdrachtige gronden droogteverschijnselen optreden in aspergegewassen.

Rozeverkleuring kan beperkt worden door beregening. Beregening voorkomt te hoge temperaturen in de rug. Een goede watervoorziening in het najaar, regelmatig en niet te veel, komt ten goede aan de kwaliteit van het product in het volgende voorjaar.

## Bleekselderij



## Reactie gewas op vochtvoorziening

Bleekselderij stelt hoge eisen aan de watervoorziening. Uitdroging van de grond gedurende enkele dagen kan aanleiding zijn tot het vormen van zwarte harten.

## Tijdstip beregenen

Vooral in de periode van half juli tot begin september is aanvulling van de vochtvoorraad in de grond nodig, wanneer een vochtspanning van pF 2,3 in de wortelzone is bereikt.

Bij het begin juni geplante gewas heeft beregening vóór de tweede helft van juli in het algemeen weinig effect. Nadien is het op droogtegevoelige gronden meestal nodig om droge perioden eenmaal per week een gift van 20 à 25 mm toe te dienen. In perioden met een sterke verdamping het neerslagtekort in de bovengrond bij voorkeur tweemaal per week aanvullen met giften van 15 à 20 mm.

Zorg ervoor dat de schommelingen in het vochtgehalte van de grond niet te groot zijn.

## Opbrengst en kwaliteit

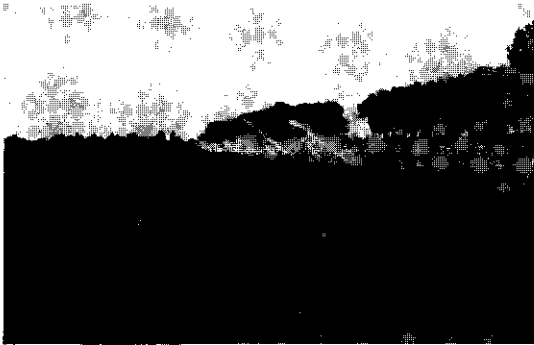
Beregening veroorzaakt behalve opbrengstverhoging een verbetering van de kwaliteit

wat betreft consistentie en vezeligheid. Tijdige beregening kan het verschijnsel van zwarte harten voorkomen.

### **Waterkwaliteit**

Bleekselderij is een bladgewas. Residu op het blad heeft direct gevolgen voor de kwaliteit. Daarom is beregenen met ijzerhoudend water niet gewenst.

## **Bloemkool**



### **Reactie gewas op vochtvoorziening**

Bloemkool is gevoelig voor groeistagnaties en stelt daarom hoge eisen aan een regelmatige watervoorziening.

### **Tijdstip beregenen**

#### *Vroege teelt*

Op lichte gronden met een diepe ontwatering kan in de zomermaanden gemakkelijk een vochttekort optreden, dat tot schade aan het gewas kan leiden. Daarom is het aan te bevelen na het planten van zomerkool de bovengrond tot een diepte van 20 tot 30 cm op veldcapaciteit te brengen. Bij zandgronden is hiervoor een gift van 15 tot 20 mm en bij zavel- en kleigronden van 20 tot 25 mm meestal voldoende, uiteraard afhankelijk van de mate van uitdroging. Een watergift na het planten van het gewas bevordert de aanslag en een regel-

matige ontwikkeling van het gewas waardoor de kans op een te vroege vorming van de kooltjes (boorders) sterk vermindert.

In het algemeen zal verdere beregening kunnen wachten tot na de vorming van het 6<sup>e</sup> of 7<sup>e</sup> blad. Dan begint het waterverbruik van het gewas duidelijk toe te nemen, waardoor de kans op groeistagnatie ontstaat. Het is belangrijk om een flinke bladontwikkeling te krijgen, omdat bij dit gewas een duidelijk verband gevonden is tussen de hoeveelheid blad en stengel enerzijds en de koolopbrengst anderzijds. Zolang geen volledige grondbedekking bereikt is, wordt volstaan met een matige beregening, dat wil zeggen giften van 20 à 25 mm wanneer een pF van 2,7 bereikt is. Wanneer de grondbedekking bijna volledig is en de koolvorming gaat beginnen, neemt het waterverbruik duidelijk toe. In verband met het grote waterverbruik is het aan te bevelen in een droge periode om de 6 à 8 dagen te beregenen; op zandgronden bij pF 2,5 en op zavel en kleigronden bij pF 2,6. Voorkom te grote giften waardoor tijdelijk zuurstofgebrek en stikstofuitspoeling wordt veroorzaakt. Het is aan te bevelen om bij bloemkool tot de oogst door te gaan met beregenen.

#### *Late teelt*

Bij de late teelt is beregening na het planten in het algemeen voldoende. In de maanden augustus en september ontstaat slechts zelden een vochttekort van betekenis, vooral wanneer het gewas de grond nog niet volledig bedekt heeft.

### **Opbrengst en kwaliteit**

Wanneer de koolvorming in een warme, droge periode plaats vindt, bestaat er vooral op beregende percelen de kans op het doorgroeien van de groene of witte blaadjes ("schiften"). Ook kunnen losse kolen gevormd worden. Waarschijnlijk is dit het gevolg van een te explosieve groei, die optreedt wanneer behalve veel voedingsstoffen ook voldoende water beschik-

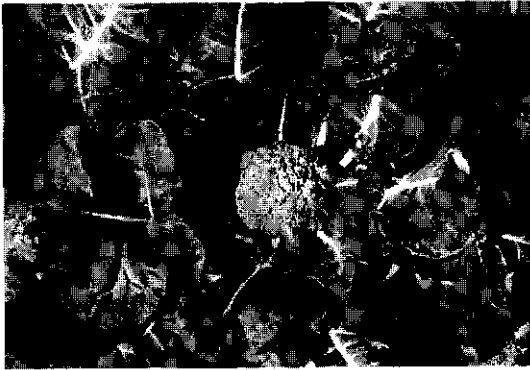
baar is. Vooral op vruchtbare gronden is het zinvol om de stikstofgift te matigen en de hoeveelheid die als gedeelde gift wordt gegeven, af te laten hangen van de stand van het gewas en de weersomstandigheden.

Berekening tijdens de periode van koolvorming verbetert kwaliteit en sortering. De kwaliteit verbetert door een geringere kans op bruinverkleuring van de kool, het zogenaamde "waterziek", dat vooral onder droge omstandigheden optreedt. Bij een goede watervoorziening groeien de kolen beter uit en wordt de sortering verbeterd.

### **Waterkwaliteit**

De waterkwaliteit van het beregeningswater moet goed zijn, omdat kool tamelijk gevoelig is voor zout. Bij een geleidbaarheid van het water van 7 mmhos/cm is de opbrengstreductie 50%.

## **Broccoli**



### **Reactie gewas op vochtvoorziening**

Broccoli is evenals bloemkool erg gevoelig voor vochttekort. Berekening is in de zomer

vaak noodzakelijk. Kritieke perioden zijn de eerste week na het uitplanten en wanneer de schermaanleg plaatsvindt.

### **Tijdstip beregenen**

Allereerst is direct na het uitplanten vaak een berekening nodig. Deze berekening is nuttig voor de aanslag en bevordert een regelmatig gewas. Verder zal in de eerste week ook nogal eens ten behoeve van een toepassing met een chemisch onkruidbestrijdingsmiddel een lichte berekening nodig zijn.

Tijdens de teelt is berekening eigenlijk pas nodig als de broccoli zes tot zeven nieuwe bladeren heeft gevormd. In dat stadium is het gewas zeer gevoelig voor vochttekort. Een indicatie voor berekening is een pF van 2,7.

De vochtvoorraad in de grond kan men tijdens de teelt het beste op peil brengen met watergiften van 20 à 25 mm. Men moet oppassen dat de bovengrond niet verslemt. Indien verslemping optreedt kan deze door een oppervlakkige grondbewerking opgeheven worden. Houd rekening met de weersverwachting en halveer de gift indien de kans op een flinke bui groot is. Zuurstofgebrek in de bovengrond leidt bij broccoli gauw tot groeistilstand.

### **Opbrengst en kwaliteit**

Een goede vochtvoorziening beïnvloedt de sortering positief.

### **Waterkwaliteit**

De waterkwaliteit van het beregeningswater moet goed zijn, omdat het scherm tamelijk gevoelig is voor zout.

Bij een geleidbaarheid van het water van 7 mmhos/cm is de opbrengstreductie 50%.



## Chinese kool



### Reactie gewas op vochtvoorziening

Voor een optimale groei heeft Chinese kool voldoende makkelijk opneembaar vocht en voldoende zuurstof in de grond nodig. Is de grond te nat, dan zal deze te weinig zuurstof bevatten voor de nodige wortelgroei.

### Tijdstip beregenen

pF 2,3 kan beschouwd worden als de maximale vochtspanning waarbij nog geen groeireductie optreedt. Wordt een grond droger, dan bestaat de kans dat er te weinig vocht wordt opgenomen. Meestal wordt kort na het planten een matige gift (10 mm) gegeven om het aanslaan te bevorderen. Als de bewortelingsdiepte groter is dan 20 cm wordt met behulp van tensiometer op een diepte van 15 - 20 cm de vochtspanning gemeten en wordt de beregeningsbehoefte vastgesteld. Meestal is 20 mm beregenen per keer ruim voldoende.

### Opbrengst en kwaliteit

Een goede watervoorziening bevordert de homogene kropvorming en beperkt de kans op rand.

### Waterkwaliteit

De waterkwaliteit van het beregeningswater

moet goed zijn, omdat Chinese kool tamelijk gevoelig is voor zout. Bij een geleidbaarheid van het water van 7 mmhos/cm is de opbrengstreductie 50%.

## Courgette



### Reactie gewas op vochtvoorziening

Courgette behoort tot de warmteminnende gewassen die gevoelig zijn voor een koude natte grond.

Wateroverlast betekent afsterving van de wortels, hetgeen de productie reduceert en de gevoeligheid voor ziekten zoals meeldauw en bacterievlekken doet toenemen.

### Tijdstip beregenen

Bij toedienen van water is de nodige voorzichtigheid vereist. In het algemeen zal het niet nodig zijn om het gewas voor de bloei te beregenen. Tijdens de vruchtzetting stijgt de wateropname vrij sterk. Beregening tijdens de bloei en de vruchtzetting is dus een goede zaak. De beregening wordt bij voorkeur 's morgens uitgevoerd. Indien over het gewas beregend wordt, blijven de bloemkelken langer nat. Dit geeft meer kans op neusrot (*Botrytis*). Onderlangs watergeven met een druppel slang heeft daarom voorkeur.

# Doperwt



## Reactie gewas op vochtvoorziening

Erwten bezitten een diepgaand, fijn vertakt wortelstelsel, dat in een diepe humeuze of lemige grond in staat is veel vocht te onttrekken. Op dergelijke gronden zal het gewas niet gauw vochttekorten ondervinden. Wanneer erwten niet diep wortelen is hun ontwikkeling en productie afhankelijk van neerslag en beregening. Anderzijds is vooral op lemige en fijnzandige gronden een voldoende diepe ontwatering (80 à 120 cm onder het maaiveld) van belang. In de literatuur zijn aanwijzingen te vinden dat wateroverlast al na korte tijd groeistagnatie veroorzaakt.

## Tijdstip beregenen

Het gewas is gevoelig voor vochttekort tijdens de bloei en tijdens de zetting van de peulen. In deze perioden reageert het gewas het gunstigst op beregening. Let op: indien een gewas te lang nat is kan dit tot problemen leiden omdat de bevruchting door zelfbestuiving problemen kan ondervinden.

Beregening kort voor de bloei bevordert vooral de stengelgroei en niet de groei van de peulen. Het effect soms zelfs negatief. Het gewas kan gaan legeren en is dan gevoelig voor ziektes (onder andere *Botrytis*). Op hoge lichte gronden onder zeer droge omstandighe-

den kan een vroege gift gunstig werken om voldoende loof en voldoende etages met peulen te krijgen. Met het toedienen van water kan men wachten tot de watervoorraad in de grond afgenomen is tot pF 2,6. Op dat moment is het raadzaam de vochtvoorraad aan te vullen met één of enkele giften van 20 à 25 mm. In het laatste geval met tussenpozen van één week.

Beregening tijdens het begin van de bloei bevordert in het algemeen een toename van het aantal peulen. Dit is niet altijd gunstig indien de vruchtzetting ten koste van de groei van de korrel gaat.

Mede op grond van proeven op hoge zandgronden in Limburg wordt aanbevolen tijdens de bloei te beginnen met beregenen wanneer op zandgrond een pF van 2,5 en op zavelgrond pF 2,8 bereikt is. Late beregening tijdens het zetten van de zaden (Tm 80) gaf in Engeland gedurende enkele jaren een gemiddelde opbrengstverhoging van 20%, zowel door een hoger korrelgewicht, als door toename van het aantal erwten per peul. De uitdrogingsgrenzen komen overeen met die tijdens de bloei.

## Opbrengst en kwaliteit

Droogte leidt tot een te snelle afrijping. Het is dan moeilijker tijdig te oogsten en de kans op een snelle toename van Tm/AIS<sup>1</sup> is groot. Dit kwaliteitsverlies heeft effect op de uitbetaling.

Het beregenen van rassen met een langere bloeiperiode kan tot een verlenging van de bloeiperiode leiden. De afrijping vertraagt daardoor en wordt onregelmatiger. Dit komt de kwaliteit van het product niet ten goede.

Het beregenen van rassen met een korte bloeiperiode levert een beter resultaat op omdat de bloeiperiode kort en de gift beter af te stem-

<sup>1</sup> Tm Tenderometer waarde en AIS niet in alcohol oplosbare drogestoffractie zijn beide een indicatie voor de rijpheid van het product.

men is. Beregenen levert dan een beter product op.

### **Waterkwaliteit**

Erwten zijn gevoelig voor de waterkwaliteit. Bij een geleidbaarheid van het beregeningswater van 3,6 mmhos/cm is de opbrengstvermindering 50%.

## **Granen**



### **Reactie gewas op vochtvoorziening**

Tijdens de groei neemt het gewas grote hoeveelheden water op. Voor de productie van 1 kg droge stof wordt ongeveer 250 liter water opgenomen. Het overgrote deel van de wateropname is nodig voor verdamping. Tijdens de groeiperiode bedraagt de dagelijkse productie bij volledige lichtonderschepping zo'n 200 kg drogestof per hectare, wat neerkomt op een waterbehoefte van 50.000 liter per hectare ofwel 5 mm vocht. Doorgaans is de neerslag in de (voor)zomer ontoereikend en zal de watervoorraad in de bodem aangesproken worden.

Vochttekort leidt tot vermindering van de productie van assimilaten. Het tijdstip en de duur van vochttekort is bepalend voor aard en omvang van de gewasschade. Wintergranen exploreren de grond goed en hebben een diep wortelstelsel, uiteraard afhankelijk van de be-

wortelingsmogelijkheden van het bodemprofiel. Op de gronden met een goed doorwortelbaar profiel ondervinden wintergranen geen absoluut vochttekort. Wel kan in een aantal perioden de N-opname achterblijven.

Zomergranen die laat gezaaid worden, ontwikkelen een beperkt wortelstel en zijn daardoor gevoeliger voor droogte dan wintergraan en of tijdig gezaaid zomergraan. De gevoeligheid voor droogte is verschillend voor de verschillende granen. De gevoeligheid neemt af in de volgorde wintertarwe, triticircale naar winterrogge. Indien de keuze van graan wordt afgestemd op het vochtleverend vermogen van de grond, dan is beregenen zelden nodig.

### **Tijdstip beregenen**

In het voorjaar tijdens uitstoeeling en stengelstrekking speelt vochttekort zelden een rol. Wel kan droogte de stikstofopname beperken en indirect de groei schaden. Vochttekort tijdens stengelstrekking beperkt het uitgroeien van spruiten tot aardragende halmen; vochttekort tijdens het verschijnen van de aar en de bloei heeft negatieve gevolgen op de aarontwikkeling en korrelzetting, wat resulteert in kleine aren met veel loze pakjes. Tijdens de korrelvulling vermindert droogte niet alleen de productiviteit, maar leidt ook tot vervroegde afsterving van het blad. Dit wordt nog versterkt door de vaak tegelijkertijd optredende hoge temperaturen.

Watertekorten, ook al zijn ze van tijdelijke aard, zullen bij wintertarwe steeds tot productieverliezen leiden. Meestal komt dit tot uiting in slecht gevulde, verschrompelde korrels. Bij tarwe vermindert dit de bakkwaliteit, bij zomergerst de brouwkwiteit.

### **Opbrengst en kwaliteit**

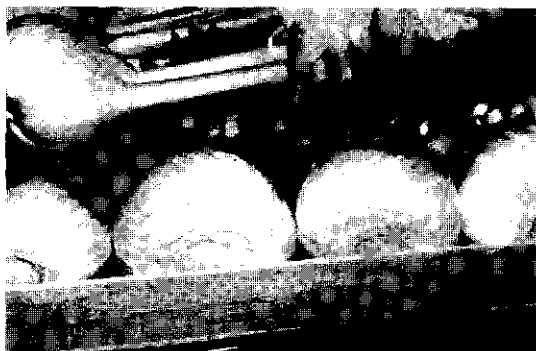
Met een goede vochtvoorziening is de korrelvulling beter. Beregenen bij tarwe handhaaft de bakkwaliteit bij tarwe en de brouwkwiteit

bij zomergerst.

### **Waterkwaliteit**

Water dat niet meer dan 1200 mg Chloor per liter bevat, is geschikt voor beregening van granen.

## **Knolvenkel**



### **Reactie gewas op vochtvoorziening**

Knolvenkel stelt hoge eisen aan de watervoorziening, omdat een grote massa bladstelen en bladeren moet worden gevormd. Uitdroging van de grond gedurende enkele dagen kan aanleiding zijn tot het vormen van bruinrand.

### **Tijdstip beregenen**

Wanneer het gewas niet op een zeer goed vochthoudende grond wordt verbouwd, is vooral in de periode van half juli tot begin september aanvulling van de vochtvoorraad in de grond nodig, wanneer een vochtspanning van pF 2,3 (0,2 atm.) in de wortelzone is bereikt. De gevoeligheid van rassen voor rand-aantasting is verschillend. Indien bij een pF van 2,4 beregend wordt, worden de verschijnselen zelfs in de gevoelige gewassen groten-deels voorkomen. Bij het begin juni geplante gewas heeft beregening vóór de tweede helft van juli in het algemeen weinig effect. Nadien

is het op droogtegevoelige gronden meestal nodig om droge perioden eenmaal per week een gift van 20 à 25 mm toe te dienen. In periodes met een sterke verdamping kan het neerslagtekort in de bovengrond worden gecompenseerd door tweemaal per week aan te vullen met giften van 15 à 20 mm. Zorg ervoor dat de schommelingen in het vochtgehalte niet te groot zijn.

### **Opbrengst en kwaliteit**

Beregening veroorzaakt behalve opbrengstverhoging een verbetering van de kwaliteit wat betreft consistentie en vezeligheid. Beregening vertraagt de uitgroei van de schotstengel. Tijdige beregening kan het verschijnselen van bruinrand en inwendig bruin sterk verminderen.

### **Waterkwaliteit**

Vanwege direct contact van het beregeningswater met het verkoopbaar product is een goede kwaliteit van het beregeningswater noodzakelijk. Met betrekking tot de gevoeligheid voor zout in het beregeningswater is voor dit gewas weinig bekend.

Men kan er vanuit gaan dat deze gevoeligheid vergelijkbaar is met die van bladgewassen. Water met minder dan 200 mg chloride per liter (circa 5,5 mmol/l) is geschikt voor beregening. Bij frequente beregening wordt deze limiet verlaagd naar 150 mg per liter (= circa 4 mmol/l). De limiet wordt uitgedrukt in totaal aan zouten. Een maat daarvoor is de Ec-waarde van het water. De Ec-waarde mag dan maximaal 1,5 mmhos/cm zijn bij 25°C.

Een ander kwaliteitsaspect van het beregeningswater is het ijzergehalte. Voor bladgewassen is maximaal 60  $\mu\text{mol/l}$  aan ijzer toelaatbaar. Deze norm is gelijk aan 3 mg ijzer per liter water. Bij hogere waarden moet het water worden ontijzerd.

## Kroot



### Reactie gewas op vochtvoorziening

De grond moet voor krotten zodanig ontwaterd zijn dat de lucht- en watervoorziening voortdurend gewaarborgd is.

### Tijdstip beregenen

Een kritieke periode wat betreft de watervoorziening ligt tussen zaai en opkomst. Als de grond op zaaidiepte voor de kieming te droog is, moet er beregend worden. Zeker wanneer krotten als tweede teelt worden gezaaid, zal het nodig zijn voor het zaaien eerst te beregenen. Het profiel moet zodanig beregend worden dat er aansluiting ontstaat met vocht in de ondergrond. Krotten hebben na opkomst geen uitgesproken droogtegevoelige periode meer. Een regelmatige vochtvoorziening bevordert opbrengst en kwaliteit.

Een tweede gevoelige periode volgt op schurftgevoelige gronden na de opkomst tijdens het eerste verdikken van de hoofdwortel. In deze periode kunnen bij vochtgebrek kleine scheurtjes in de huid ontstaan waardoor de schimmel *Streptomyces spp.* kan binnendringen. Het vochtighouden van de bovengrond gedurende drie weken in deze periode voorkomt een groot deel van de aantasting. Tijdens deze periode met sterke groei vanaf twee weken na de eerste verdikking hangt de kwaliteit

en opbrengst af van de beschikbaarheid van water.

Er moet beregend worden als:

- de grond op 30 cm diepte is uitgedroogd tot een pF waarde van 2,7;
- het krottenblad regelmatig slap ligt door droogte en/of een aantasting van het bietecysteeltje.

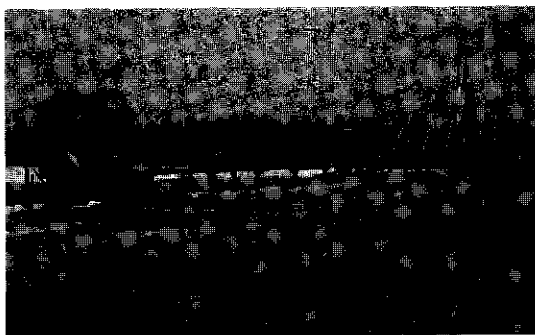
### Opbrengst en kwaliteit

Naast de opbrengst wordt met name de sortering van de krotten bevorderd.

### Waterkwaliteit

Krotten zijn matig tolerant voor de kwaliteit van het beregeningswater. Tot een Ec-waarde van 2,7 mmhos/cm is geen opbrengsderiving te verwachten.

## Peen



### Reactie gewas op vochtvoorziening

Peen stelt hoge eisen aan de waterhuishouding. Het wortelstelsel is gevoelig voor storingen in het bodemprofiel en de watervoorziening. De aanwezigheid van verdichte lagen beperkt de bewortelingsdiepte en daarmee wordt de kans op droogteschade vergroot. Te veel water in de wortelzone geeft al gauw aanleiding tot de vorming van bleke, korte

wortels, die minder smakelijk zijn en een lager circaroteengehalte bezitten. Bij een slechte ontwatering in het groeiseizoen is verder de kans op aantasting door violetwortelrot (blauw) zeer groot. Ook de kans op een aantasting door cavity spot neemt toe.

Vochttekort gedurende het groeiseizoen geeft naast opbrengstvermindering tevens een slechtere kwaliteit peen. Peen heeft geen duidelijk periode waarin het gewas extra droogtegevoelig is.

### **Tijdstip beregening**

Voor een vlotte kieming en opkomst dient de bovenlaag van de grond goed vochtig te zijn. Het gewas stelt in die periode hogere eisen aan de vochtvoorziening dan de meeste andere groentegewassen. Eén tot drie giften van 10 à 15 mm zullen in het algemeen voldoende zijn. Teveel watergeven in het begin van de groei-periode kan de ontwikkeling vertragen en de groei afremmen.

Op de hoge zandgronden, vooral wanneer de bewortelingsdiepte tot 40 à 60 cm beperkt blijft (zandgronden in Noord-Brabant en Limburg), is een matige beregening met giften van 20 à 25 mm, bij een uitdrogingsgrens van pF 2,6 op zijn plaats.

Een flinke uitdroging in het midden van de groei-periode, gevolgd door overvloedige neerslag, geeft aanleiding tot scheuring en misvorming van de wortels. Een gelijkmatige vochtvoorziening is in de periode tussen half juni en half augustus van belang. In deze perioden tot beregenen overgaan indien een pF van 2,6 bereikt is. Indien een droge periode zonder beregening is doorstaan, is het niet verstandig nog op een laat tijdstip te beregenen. In deze situatie veroorzaakt beregening vaak scheurvorming in de peen.

### **Opbrengst en kwaliteit**

Door beregening wordt een homogener pro-

duct verkregen, een gladde peen en indien regelmatig wordt beregend wordt scheurvorming voorkomen. Beregening in het stadium van zes blaadjes tot wortelverdikking vermindert de aantasting door schurft.

### **Waterkwaliteit**

Peen is gevoelig voor de kwaliteit van het beregeningswater. Tot een Ec-waarde van 0,9 mmhos/cm is geen opbrengsderiving te verwachten.

## **Prei**



### **Reactie gewas op vochtvoorziening**

Prei is een gewas met een grote waterbehoefte, vergelijkbaar met onder andere selderij en bloemkool. Het gewas stelt hoge eisen aan de waterhuishouding. Enkele dagen wateroverlast belemmert de groei ernstig of het gewas kan zelfs geheel afsterven.

### **Tijdstip beregening**

Het is van groot belang dat men de hoeveelheid en frequentie bij het beregenen aanpast aan de grondsoort, het weer en het groeistadium van het gewas. Het toepassen van dubbele sproeiers met kleine sproeiopeningen van bijvoorbeeld 4,5 en 2,8 mm is aan te raden om zodoende een betere verdeling van het water te verkrijgen en het dichtslempen van de

grond te voorkomen. Het is raadzaam om direct aansluitend op het planten tot 10 mm water te geven waarbij ervan wordt uitgegaan dat de vochttoestand van het perceel bij het planten goed is (veldcapaciteit). Bij de ponsgatenmethode geeft gieten van 0,1 liter per gat een beter resultaat dan beregenen.

De vochtbehoefte van prei in de periode van planten tot oogsten is groot. Er wordt vanuitgegaan dat voor elke mm vochttekort die wordt opgeheven er circa 200 kg meer prei per ha geproduceerd wordt. Lagere productie per mm beregeningswater is afhankelijk van het vochtleverend vermogen van de grond, van het ras en ook van de kwaliteit van het beregeningswater.

Verschillen in vochtleverend vermogen van de grond bepalen de hoeveelheden en frequenties van beregenen. Het weer, neerslag en verdamping, en het groeistadium van het gewas zijn mede bepalend. Houd er rekening mee dat ruggen sneller uitdrogen dan een vlak veld.

Bij het vaststellen van het beregeningstijdstip moet voorop staan dat het gewas vrijwel ongestoord kan groeien om nadelige gevolgen voor opbrengst en kwaliteit te voorkomen. Er moet tijdig met watergeven begonnen worden. Dat is het geval bij een pF van 2,4. Wachten tot een gewasreactie zichtbaar is, levert altijd schade op.

Geef geen giften die groter zijn dan 25 à 30 mm en kies voor een toedieningswijze met fijne druppels. Op grond die (ten dele) onbedekt en slempgevoelig is, zal 10-15 mm met fijne druppel het maximum per keer moeten zijn.

Houd rekening met het weerbericht om te natte situaties te voorkomen. Kijk de dag na het beregenen of de vochtige bovengrond aansluit bij de vochtige ondergrond. Als er nog een droge laag tussen zit, beregen dan nog een keer.

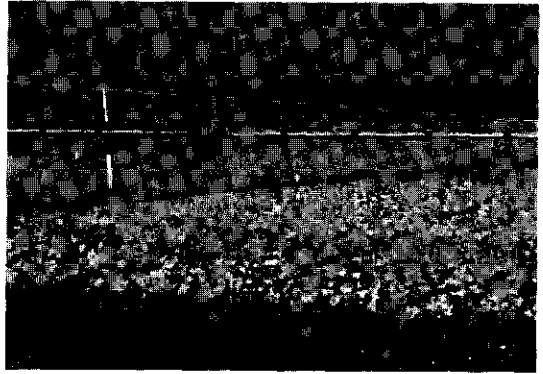
### **Opbrengst en kwaliteit**

De opbrengst van prei reageert positief op een regelmatige vochtvoorziening.

### **Waterkwaliteit**

Prei behoort tot de gewassen die matig gevoelig zijn voor beregening met water met een te hoog zoutgehalte. Het regenwater mag maximaal 900 mg Cl per liter bevatten.

## **Sla**



### **Reactie gewas op vochtvoorziening**

De ontwikkeling van sla is het gunstigst indien het gewas optimaal van water is voorzien.

Door overmatige beregening (en of neerslag) wordt het functioneren van de wortels gestoord doordat de grond te nat wordt en er zuurstofgebrek optreedt. Onder natte omstandigheden neemt de gevoeligheid voor *Pythium* toe.

### **Tijdstip beregenen**

Sla moet worden beregend als de bovengrond (0 tot 20 cm) tot een pF van 2,6 is uitgedroogd.

#### *Vroege teelt*

Een beregening bij de vroege teelt kan zeer gunstig werken, indien er in de maanden mei of juni droge perioden van 2 à 3 weken voor-

komen. Het effect zal nog duidelijker worden als zo'n droge periode gepaard gaat met zonnig weer, een lage luchtvochtigheid en wind (schraal weer). In deze periode kan vóór het kropstadium in het algemeen volstaan worden met een of twee giften van 15 à 20 mm. Tijdens het kropstadium tot vlak voor de oogst kan men, indien de bovengrond tot pF 2,6 is uitgedroogd, nog enkele giften van 20 à 25 mm geven.

### *Zomerteelt*

De groeiperiode van de zomerteelt valt in de maanden waarin we een hoge verdamping mogen verwachten met bovendien een wisselende neerslag. In deze periode is de grond gewoonlijk al vrij droog. Het is daarom goed al voor het planten te zorgen voor een ruime vochtvoorraad in de grond en voor aansluiting met het vocht in de ondergrond. Dit om bewortelingsproblemen te voorkomen en zoveel mogelijk te profiteren van het vocht in de ondergrond.

Indien aansluiting met de ondergrond niet mogelijk is, is bevochtiging tot bewortelingsdiepte aan te bevelen (circa 40 cm). Dit kan men het beste bereiken met een berekening van ongeveer 25 mm. Op deze wijze krijgt het gewas de beste garantie dat het ongestoord groeit en dat de wortels zich zelfs in de diepere lagen ontwikkelen.

Bij de berekening van zomersla moeten we onderscheid maken tussen het beregeningsadvies bij gematigde temperaturen en het advies bij hogere temperaturen. Indien in de zomerperiode gematigde temperaturen voorkomen, gelden dezelfde grenzen voor berekening als beschreven voor vroege sla. Verder is een laatste gift van ongeveer 10 mm vlak voor de oogst altijd gunstig voor de kwaliteit.

Bij hoge temperaturen loopt zomersla het gevaar aangetast te worden door rand, zelfs indien het goed van water en kunstmest is voorzien. Dit gevaar is groot als tijdens het begin

van de kropvorming de maximum temperatuur boven de 22 graden Celsius uitstijgt. Er treedt dan als het ware een groei-explosie op, die het gewas bijzonder gevoelig maakt. Waarschijnlijk kan het wortelstelsel de bovengrondse delen onvoldoende van water voorzien. Dit blijkt ook uit het feit dat gewassen met een hoog kropgewicht (meer dan 300 gram) of een nauw plantverband (bijv. 25 x 25 cm) extra gevoelig zijn voor rand. Een aantasting van rand wordt zoveel mogelijk voorkomen door in de periode voor de kropvorming matig te beregenen en te bemesten.

Komen er pas hoge temperaturen voor tijdens de kropvorming, dan wordt rand alleen voorkomen indien de vochtvoorziening optimaal wordt gehouden. Bij een verdamping van vijf tot acht mm per dag, wat voorkomt bij luchttemperaturen van 25°C en veel wind, is het nodig om regelmatig te beregenen. Dagelijkse giften van vier à zes mm bieden een oplossing, maar dagelijks beregenen tijdens een warme periode geeft kans op broei.

De voorkeur gaat uit naar giften van 20 à 25 mm, te geven om de twee à drie dagen. Wel blijft het op extreem warme dagen aanbevelenswaardig om 's morgensvroeg, voordat de temperatuur van het blad oploopt, enkele millimeters water te geven.

### **Opbrengst en kwaliteit**

Berekening van sla bevordert in het algemeen de kwaliteit. Een goed op de behoefte van het gewas afgestemde berekening bevordert een ongestoorde groei en daardoor de kropvorming. Het optreden van rand en schieten zal hierdoor verminderd worden. Beregenen voorkomt een toename van bitterheid van de krop bij ijssla. Op langzaam drogende humeuze gronden is voorzichtigheid met late giften geboden, vanwege de kans op een aantasting van smeul (*Botrytis*). Om die reden moet er zodanig worden berekend dat grond en gewas vóór de avond weer droog zijn.



## Waterkwaliteit

Omdat een bladgewas als sla erg gevoelig is voor overdosering van zout en ijzer moeten hoge eisen aan de kwaliteit van het beregeningswater worden gesteld. Alleen water met minder dan 200 mg chloride per liter (circa 5,5 mmol/l) is geschikt voor beregening. Bij frequente beregening dient deze limiet zelfs nog te worden verlaagd naar 150 mg per liter (= circa 4 mmol/l). Ook kan de limiet worden uitgedrukt in totaal aan zouten. We spreken dan over de Ec-waarde van het water. De Ec-waarde mag dan maximaal 1,5 mmhos/cm zijn bij 25°C.

Een ander kwaliteitsaspect van het beregeningswater is het ijzergehalte. Voor bladgewassen is maximaal 60 mmol/l aan ijzer toelaatbaar. Deze norm is gelijk aan 3 mg ijzer per liter water. Bij hogere waarden moet het water worden ontijzerd.

## Spinazie



### Reactie gewas op vochtvoorziening

Spinazie stelt hoge eisen aan watervoorziening, maar ook aan de ontwatering. Het gewas is door zijn snelle groei en volledige grondbedekking gevoelig voor verdroging, vooral op hoge lichte gronden, op gronden met een dun bewortelbaar dek en op gronden met moeilijk doorwortelbare lagen in het profiel ondieper

dan 50 cm.

Indien de grond te nat wordt, ontstaat zuurstof gebrek. Dit levert groeistoring op bij het gewas.

### Tijdstip beregenen

#### *Bij kieming*

Zodra de bovenste laag van 10 cm is uitgedroogd tot pF 2,7 (0,5 atm) een lichte beregening van circa 10 mm geven. Dit bevordert een vlotte kieming. Bij sterk drogend weer zal de beregening binnen enkele dagen herhaald moeten worden, daar anders kiemverdroging optreedt.

Let op: bij het beregenen op onbedekte grond treedt gemakkelijk korstvorming op. In de meeste gevallen wordt dit vermeden door te werken met een regenintensiteit van 4 à 6 mm per uur en een fijne druppel. Dit bereikt men bijvoorbeeld door kleine sproeiers te gebruiken met een mondstuk van 4 à 5 mm, een druk van 3,5 à 4,0 atm.

Indien er direct na het zaaien beregend is en korstvorming is opgetreden, doet men er goed aan na een week weer een kleine gift te geven. Door te zaaien op een nauwere rijafstand wordt de grond eerder bedekt. Daarmee wordt de periode waarin beregening de structuur schaadt verkort. Dit is een maatregel die vooral op structuur-gevoelige gronden aanbeveling verdient.

#### *Zeer vroege en vroege teelten*

De zeer vroege en vroege teelten hebben in het algemeen eerder last van een te natte voet dan dat ze behoefte aan regenwater hebben. Een lichte beregening kort voor de oogst heeft veelal nut.

#### *Voorjaarsspinazie*

Spinazie, die ongeveer half maart gezaaid en in de tweede helft van mei geoogst wordt, volstaat in de regel met één of twee kleine bere-

geningsgiften in de laatste weken vóór de oogst. Als de bovengrond (0-20 cm) niet verder dan tot pF 2,7 is uitgedroogd, zijn giften van 10 mm voldoende. Dit gaat veelal gepaard met een lichte bijbemesting. Indien men bijbemest moet altijd beregend te worden. Een lichte beregening kort vóór of tijdens de oogst houdt het product fris indien voor de verse markt geteeld wordt.

#### *Zomerspinazie*

Spinazie die van begin mei tot eind juli op het veld staat, heeft meer kans op vochttekort, vooral wanneer er al een vroeg gewas op hetzelfde perceel is geteeld. Is er eerder een gewas op het perceel geteeld dan verdient het aanbeveling vóór het zaaien het vochttekort in de grond aan te vullen. Een of twee giften van 20 mm is voldoende. Enige dagen later het zaaibed klaarmaken.

Vooral op lichte gronden moet zodra de plantjes zijn opgekomen weer worden beregend. Niet alleen voor de vochtvoorziening is dit gewenst, maar ook voor het omlaag brengen van de grondtemperatuur.

De planten zullen dan wat minder snel gaan schieten, zodat er meer tijd is voor de vorming en uitgroei van blad. In droge, warme perioden op lichte gronden ongeveer twee keer per week beregenen met giften van 15 à 20 mm per keer, in het bijzonder wanneer het gewas de grond voor 70% of meer gaat bedekken. Als vochtgrens in droge warme perioden pF 2,4 (0,3 atm) aanhouden. Indien het gewas diep wortelt kan gewacht worden tot pF 2,7.

#### *Herfstteelt*

De herfstteelt staat van begin augustus tot eind september of oktober op het veld. In de meeste gevallen volstaat een aanvulling van het vochttekort in de grond vóór het zaaien. Afhankelijk van het voorafgaande gewas en de neerslagverdeling bedraagt die 15 à 40 mm. Deze hoeveelheid in één respectievelijk twee giften toedienen.

### **Opbrengst en kwaliteit**

Door beregenen bij de oogst blijft het product langer fris.

### **Waterkwaliteit**

Spinazie is matig tolerant voor de kwaliteit van het beregeningswater. Tot een Ec-waarde van 2,7 mmhos/cm is geen opbrengsderiving te verwachten.

## **Sluitkool**



### **Reactie gewas op vochtvoorziening**

Sluitkool is een diepwortelend en snelgroeiend gewas. Het gewas reageert positief op een goede waterhuishouding van het perceel.

### **Tijdstip beregenen**

In juni en juli treedt gemakkelijk een vochttekort op, wat dan tot ernstige schade aan het gewas leidt. Daarom is het aan te bevelen direct na het planten de bovengrond tot een diepte van 20 à 30 cm op veldcapaciteit te brengen. Indien een grond uitgedroogd is tot pF 2,7 beregenen met 20-25 mm. water.

Voorkom op knolvoetgevoelige percelen dat de grond natter is dan pF 2,3. Indien de grond natter is, vindt infectie van planten plaats. Sluitkool is gevoelig voor zuurstofgebrek. Dit blijkt dan uit het verschijnsel van de 'verzopen' kool.

Wanneer de grondbedekking bijna volledig is en de koolvorming gaat beginnen, neemt het waterverbruik opnieuw duidelijk toe.

Tijdens de koolvorming is een ongestoorde groei van belang om het barsten van de kool bij plotselinge regenval na een periode van droogte te voorkomen. In verband met het grotere waterverbruik in de periode van koolvorming is het nodig om in een droge periode om de zes à acht dagen te beregenen; op zandgronden bij pF 2,3, op zavel en kleigronden bij pF 2,5.

Op zware en slempgevoelige gronden verdient een berekening met een waterintensiteit van zes à acht mm per uur de voorkeur.

### **Opbrengst en kwaliteit**

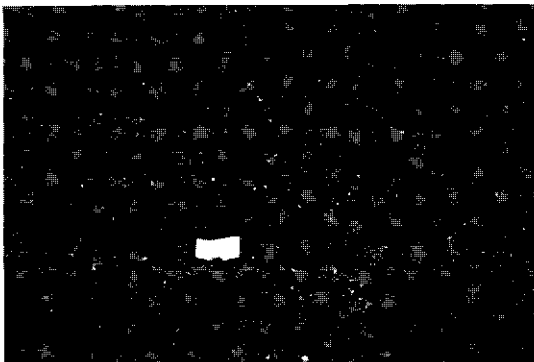
Beregenen bevordert een gelijkmatige groei. Dit heeft een duidelijk effect op de uniformiteit van de sortering.

Een regelmatige vochtvoorziening voorkomt inwendig zwart (calciumgebreksverschijnsel).

### **Waterkwaliteit**

Het zoutgehalte uitgedrukt in de Ec-waarde mag dan maximaal 1,2 mmhos/cm zijn, zonder dat schade optreedt.

## **Spruitkool**



### **Reactie gewas op vochtvoorziening**

De opbrengst van spruitkool daalt sterk, met name in droge zomers op hooggelegen lichte gronden.

Spruitkool is met betrekking tot de ontwatering het meest kwetsbaar in de periode van de lengtegroei. Door wateroverlast, of vochttekort blijven de stammen kort. Dit gaat ten koste van de opbrengst.

Op lichte zavel kan na veel neerslag of onoordeelkundig beregenen verslemping optreden, waarna zuurstofgebrek kan volgen. Dit zuurstofgebrek veroorzaakt vaak meer schade dan droogte.

### **Tijdstip van berekening**

Op zandgronden met een humusgehalte van minder dan 4% en een bewortelbaar dek van minder dan 60 cm is een regeninstallatie onmisbaar.

Na het planten onder droge omstandigheden volstaat een gift van 10 mm. Wanneer daarna de grond weer uitgedroogd is tot pF 2,7 een gift van 20-25 mm geven.

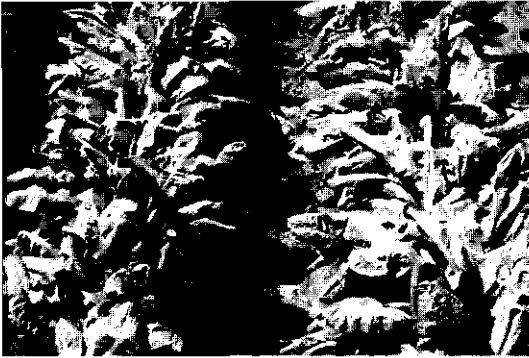
### **Opbrengst en kwaliteit**

Een gelijkmatige groei door een continue vochtvoorziening bevordert een gelijkmatige sortering en voorkomt een bittere smaak.

### **Waterkwaliteit**

Het zoutgehalte uitgedrukt in de Ec-waarde mag dan maximaal 1,2 mmhos/cm zijn, zonder dat schade optreedt.

# Witlof



## Reactie gewas op vochtvoorziening

Voor een optimale productie is een goede vochtvoorziening en afvoer van overtollig water nodig. In dit opzicht wijkt witlof niet of nauwelijks af van andere gewassen. In gebieden waar het grondwater niet of nauwelijks bijdraagt in de vochtvoorziening van de gewassen geeft beregening een oplossing als het hangwater ontoereikend is.

## Tijdstip beregening

Witlof verlangt tijdens de kieming en opkomst een goede vochttoestand. Het zaaien vindt voornamelijk in mei plaats. Indien dan droge weersomstandigheden voorkomen, kan een beregening noodzakelijk zijn. Is het weer echter koud en schraal dan is een beregening niet aan te raden. Met goede tot redelijke temperatuurvooruitzichten, de tweede dag na het zaaien starten met beregenen, bij voorkeur 's avonds of 's nachts. Per keer is een gift van

8 à 12 mm veelal voldoende. Blijft het sterk drogend weer aanhouden dan elke twee dagen herhalen totdat er voldoende planten bovenstaan. Het verdient vooral op slempgevoelige gronden maar ook op andere gronden aanbeveling sproeiers met kleine openingen te gebruiken om slemp te voorkomen. Ketsdoppen van 4 à 5 mm voldoen goed. Bij voorkeur wordt een haspel met een beregeningsboom gebruikt met een werkbreedte, zodat gebruik wordt gemaakt van de spuitsporen.

Bij ruggenteelt, vooral na onvoldoende bezakking, is de uitdroging van het zaai-bed meestal aanzienlijk sneller dan bij de teelt op vlak veld.

Opbrengstdepressies treden op als tijdens het groeiseizoen de grond uitdroogt tot pF 2,4. Beregening tijdens de wortelteelt vindt zelden plaats.

## Opbrengst en kwaliteit

Een uniforme opkomst bevordert een gelijkmatiger wortelsortering en daarmee de lofkwaliteit. Uit Belgisch onderzoek bleek dat het aantal trekbare wortels (meer dan 3 cm doorsnee) met 25000 stuks per ha steeg.

## Waterkwaliteit

IJzerhoudend water bij voorkeur vooraf in een sloot pompen, zodat het ijzer neerslaat en het water enigszins wordt opgewarmd. Witlof is een vrij zouttolerant gewas. In het beregeningswater is een gehalte van maximaal 1200 mg chloride per liter toelaatbaar. Dat wil zeggen een zoutgehalte van 3600 mg per liter en een Ec-waarde van maximaal 6 mS per cm.

**Tabel 20.** Gemiddelde diepte van beworteling voor verschillende gewassen, diepte intensieve beworteling en extensieve beworteling, de pF waarbij de berekening moet starten op zand of klei en de pF waarbij schade optreedt en informatie over effect van berekening op het gewas.

gewas	ontwikkelingsstadium	diepte beworteling cm – maaiveld		start beregenen bij pF waarde		begin schade bij pF	beregennen bevordert of voorkomt	gevoelig voor zuurstoftekort
		intensief	extensief	op zand	op klei			
aardappel	vroege	40	70	2,3	2,4	2,8		
aardappel	poten	25	40	2,5	2,5	2,8		
	knolaanleg	40	70	2,5	2,5	2,8	schurft knoltal	
	productie	50	70	2,5	2,5	2,8	doorwas poeder- schurft roodrot	
	afrijping	50	70	2,5	2,5	2,8	doorwas	
aardbei	na de bloei	45	60	2,5	2,6	2,7	koeling	
andijvie	vroege teelt	20	30	2,6	2,6	2,8	kleur smaak	ja
	zomerteelt	20	30	2,4	2,4	2,8	kleur smaak	ja
	herfstteelt	20	30	2,6	2,6	2,8	kleur smaak	ja
asperge	steken	100	120	2,6	2,6	3,0		
	hergroei	100	120	2,6	2,6	3,0		
augurken	tijdens hoofdbloei	40	50	2,6	2,6	2,9		
bleekselderij		40	70	2,3	2,3	2,8	zwarte harten	
bloemkool (bloem)		60	90	2,7	2,7	2,9		ja
	koolvorming	80	90	2,5	2,6	2,9	schiften waterziek	
bonen		30	50	2,6	2,6	2,8		ja
broccoli		50	80	2,6	2,7	3,0		
chinese kool		50	90	2,3	2,3	2,9		
courgette		40	80	2,7	2,7	3,0	neusrot	

Tabel 20. vervolg.

gewas	ontwikkelingsstadium	diepte beworteling cm – maaiveld		start beregenen bij pF waarde		begin schade bij pF	beregennen bevordert of voorkomt	gevoelig voor zuurstof tekort
		intensief	extensief	op zand	klei			
doperwt		25	70	2,6	2,6	2,9		
	bloei vruchtzetting	25	70	2,5	2,8	2,8	afrijping	
gladiolen		30	35	2,4	2,5	2,7		
graan		60	100	2,9	2,9	3,0		
irissen		30	35	2,4	2,5	2,7		
knolselderij	jeugdfase	50	70	2,3	2,3	2,8		
	knolgroei	50	70	2,6	2,6	2,8		
knolvenkel		60	100	2,3	2,3	2,6	consistentie bruin	
koolzaad		80	120	2,6	2,6	2,9		
kropsla		30	60	2,4	2,5	2,8	rand, schieten smeul, bitterheid	
kroot		60	100	2,7	2,7	3,0	sortering	
maïs		80	120	2,7	2,7	3,0		
peen		60	100	2,6	2,6	3,0	bleke wortels	
prei		60	100	2,3	2,4	2,8	misvorming afsterven	ja
radijs		30	60	2,2	2,2	2,7		
schorseneer		30	50	2,5	2,5	2,8		
sla		30	60	2,4	2,6	3,0	rand, schieten smeul, bitterheid	
spinazie	kieming	20	30	2,6	2,7	2,79		ja
		20	50	2,3	2,4	2,7		ja

Tabel 20. vervolg.

gewas	ontwikkelingsstadium	diepte beworteling cm – maaiveld		start beregenen bij pF waarde		begin schade bij pF	beregennen bevordert of voorkomt	gevoelig voor zuurstof tekort
		intensief	extensief	op zand	klei			
sluitkool		80	100	2,7	2,7	3,0	knolvoet sortering	ja
	koolvorming	80	100	2,3	2,5	2,8		ja
spruitkool		80	100	2,7	2,7	3,0	sortering smaak	ja
stamslabonen	bloei en uitgroeipeulen	30	50	2,3	2,3	2,7		
suikerbiet		60	100	2,6	2,6	3,0		
tuinboon		40	70	2,6	2,6	2,8		
tulp	bolvorming	30	50	2,4	2,4	2,8		
uien		25	60	2,4	2,4	2,8		
witlof		40	80	2,4	2,5	2,9	sortering opkomst	

---

# LITERATUUR

---

- Alblas, J. 1999. Protocol bemonsteren. PAV Bulletin Akkerbouw.
- Bruin, H. A. R. de, 1987. From Penman to Makkink ed. J. C. Hooghart, Proceedings and Information/ TNO Committee on Hydrological Research no: 39, Den Haag TNO p 5-31.
- Belhassen, E. 1996. Plant Growth Regulation vol. : 20 - 2 Special issue; Drought tolerance in higher plants: Genetical, physiological and molecular biological analysis.
- Dijk, J., C. Ploeger en M.W. Hoogeveen, 1994. Grondwateronttrekking door de land- en tuinbouw. Publicatie / Landbouw Economisch Instituut DLO 3.157.
- Eavis, B. W. 1972. Soil Physical conditions affecting seedling root growth. In: Mechanical impedance, aeration and moisture availability as influenced by bulk density and moisture levels in a sandy loam soil. Plant and Soil 36:613-622.
- Edens, F.J., 1977. De arbeidsbehoefte voor het verplaatsen van regeninstallaties met haspel of draaiende boom. LandbouwMechanisatie 38 5:523-525.
- Feddes, R. A., 1987. Crop factors in relation to Makkink reference-crop evapotranspiration. In: Evaporation and weather, ed. J. C. Hooghart, Proceedings and Information/ TNO Committee on Hydrological Research no: 39, den Haag TNO, p 33-45.
- Hoenderken, J.A. en J. Heeres, 1985. Aandrijving van pompen op beregeningsinstallaties met de trekkräftakas. Landbouwmechanisatie 36 3:303-306.
- Kok, V.P.H.M. de en J. Alblas, 1996. Effecten van grondbewerking en organische stof op de structuur van de bouwvoor. PAGV-verslag nr. 226:68 pp.
- Ritsema, C.J., J.L. Nieber, L.W. Dekker, T.S. Steenhuis 1998. Stable or unstable wetting fronts in water repellent soils- effect of antecedent soil moisture content. Soil&Tillage Research 47: 111-123.
- Schans, D.A. van der, 1998. Ruwvoederproductie bij droogte. Kies voor zekerheid! PAV themaboekje nr. 21 pag.61.
- Spigt, R. M, en T. L. J. Janssen, 1997. Kwantitatieve Informatie 1997/1998. Teelthandleidingen PAV.



---

# BIJLAGEN

---

## Bijlage 1. Protocol voor de vochtbemonstering

### *Protocol voor bepaling van het vochtgehalte van de bodem*

Voor het vaststellen van de aanwezige voorraad vocht in de bodem is een aantal handelingen nodig. Allereerst moet worden gekozen voor de plaats van bemonsteren. Dit kan een geheel perceel zijn, een gewas op een deel van een perceel of een representatieve monsterplek. Wordt gekozen voor een monsterplek, neem dan een min of meer vierkante plek van  $400 \text{ m}^2$  ( $\pm 20 \text{ m} \times \pm 20 \text{ m}$ ). Wees er zeker van dat de monsterplek een goed beeld geeft van het perceel: profielopbouw, bewortelbare/bewortelde diepte, vruchtbaarheidstoestand en gewas. Demonstername in het veld wordt beschreven in deel I van dit protocol en de verwerking van het monster in deel II.

Als zich duidelijke verschillen voordoen tussen de bovengrond (bouwvoor) en ondergrond, bijvoorbeeld in organische stofgehalte, korrelgrootteverdeling (textuur) of dikte van de lagen, is het gebruik deze lagen afzonderlijk te bemonsteren. De uitkomsten van deze afzonderlijke monsters worden, indien nodig, pas aan het einde van de berekening samengevoegd.

### *I Protocol voor monstername voor bepaling van het vochtgehalte van de bodem*

#### **I.1 Doel:**

Doel van dit protocol is te komen tot een eenduidigemonstername voor vaststelling van het vochtgehalte van de bewortelbare en/of bewortelde bodemlaag.

#### **I.2 Materiaal:**

- a. Te bemonsteren perceel of plek
- b. Steekboor (gutsboor met een gutslengte van 30 tot 60 cm) plus afstrijk-/duimspatel
- c. Plastic emmer(s) met deksel of plastic zak(ken).

#### **I.3 Het nemen van het monster:**

##### **I.3.1 Aantal steken:**

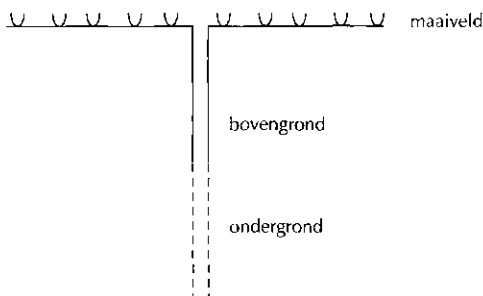
De betrouwbaarheid van het monster hangt voor een zeer groot deel af van het aantal steken, dat samen het monster vormt, en de plaats waar de steken zijn genomen. Met plaats wordt hier bedoeld ten opzichte van de planten of plantentrij.

Het minimum aantal steken is voor dit protocol: 12.

##### **I.3.2 Het steken en afstrijken:**

Bij het nemen van de monstersteken wordt de gutsboor verticaal in de bodem gedrukt tot de gewenste diepte. Om de mogelijke bewortelingsdiepte te weten te komen, kan in het vroege voorjaar de boor in de vochtige bodem worden gedrukt. Daar waar de weerstand zeer groot wordt (= veel kracht/hamer nodig is) zullen geen wortels meer indringen.

Als de gewenste diepte groter is dan de gutslengte, dan kan voor de diepere boring het eerste gat worden benut (Figuur 1).



Als de boor op diepte is, wordt deze een halve slag gedraaid om de grond los te snijden. De boor wordt langzaam en draaiend - linksom én rechtsom - uit de bodem getrokken. Na het uittrekken wordt deaafstrijk- of duimspatel langs de boor gehaald, zodat de grond die buiten de guts steekt eraf valt. De dan nog in de guts zittende grond wordt in de emmer of zak gedaan. Sluit deze weer af om verdamping te beperken. Belangrijk is dat van alle steken evenveel grond in de emmer of zak komt.

Als twee lagen apart worden bemonsterd, moeten de monsters apart worden gehouden.

### I.3.3 De plaats van steken:

Deze paragraaf wordt opgesplitst in een aantal delen.

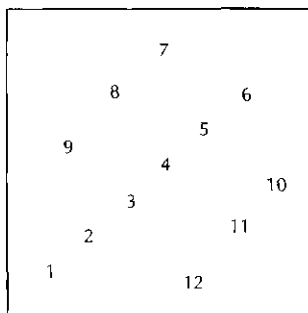
Reden hiervoor is dat gewassen plaatselijk vocht onttrekken waardoor op korte afstand flinke verschillen in vochtgehalte ontstaan. Hierbij komt dat in sommige bodemsherbevochtiging zéér moeilijk is. Achtereenvolgend komen aan de orde: niet begroeide grond, grasland en gewassen met rijenafstand kleiner dan 25 cm, gewassen met rijenafstand van 25-50 cm op vlakveld en bedden, gewassen op ruggen van 75 cm afstand en maïs op 75 cm rijenafstand.

#### I.3.3.1 Niet begroeide grond, vroege voorjaar:

In het perceel of binnen de monsterplek worden de steken voor de voet genomen volgens schema figuur 2. De afstand tussen de steken hangt af van de grootte van perceel of plek.

#### I.3.3.2 Grasland en gewassen op rijenafstand kleiner dan 25 cm:

Op dezelfde wijze als I.3.3.1 (figuur 2).

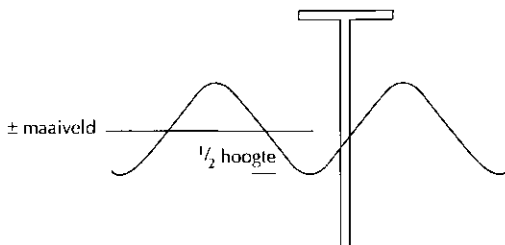


#### I.3.3.3 Gewassen met rijenafstand van 25-50 cm op vlakveld en op bedden (afstand in de rijen <15 cm):

Hier wordt, verdeeld als in figuur 2, beurtelings een steek in de gewasrij en één tussen de rijen genomen, dus 6x in de rij en 6 x tussen.

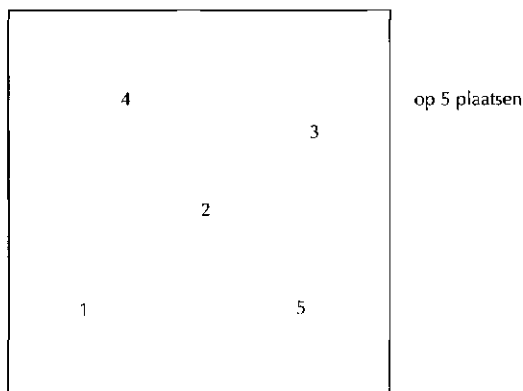
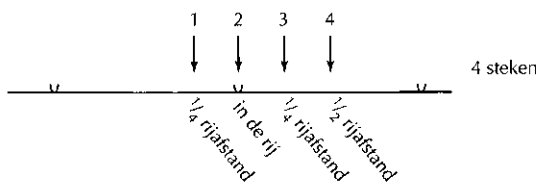
#### I.3.3.4 Gewassen op ruggen van 75 cm afstand:

Verdeeld over het perceel of monsterplek, als in figuur 2, worden de steken genomen op halve hoogte in de schuine zijkant van de ruggen (figuur 3). Dit is ongeveer op maaiveldhoogte bij vlakstrijken van de ruggen.



I.3.3.5 **Rijenafstand van 75 cm (o.a. maïs):**

Voor deze grote afstand tussen de gewasrijen gelden de in figuur 4 gegeven plaatsen van steken. Om vergissingen te voorkomen, is het beter te bemonsteren volgens het in figuur 4A gegeven schema. Het grotere aantal steken van 20 (4 steken op 5 plaatsen) vraagt niet veel meer tijd dan het nemen van de in vorige subparagrafen genoemde aantal van 12.



II **Protocol voor bepaling van het gravimetrisch vochtgehalte (Watergetal) van de bodem**

II.1 **Doel:**

Doel van dit protocol is het eenduidig bepalen van het gravimetrisch vochtgehalte (Watergetal) van een bodemonmonster.

II.2 **Materiaal:**

- Weegschaal tot 0,1 gram nauwkeurig;
- Pen en papier;
- Oven instelbaar op 105°C óf magnetron 600 à 700 W;
- Ovenvaste schaal/schalen.

### II.3 **Monsterverwerking:**

#### II.3.1 *Voorwerk:*

Weeg de te gebruiken droge schaal/schalen op 0,1 gram nauwkeurig zodat het tarragewicht bekend is. Noteer in de tabel onder TARRA (kolom 1).

Roer de in de emmer of zak verzamelde grond goed door elkaar zodat het vocht goed verdeeld is.

#### II.3.2 *Verwerking:*

Plaats de getarreerde schaal op de weegschaal en doe uit het grote monster 200 à 250 gram (vochtige) grond op de schaal. Noteer het totaalgewicht in de tabel onder BRUTO NAT (kolom 2).

Zet de schaal met te drogen grond in de oven met een instelling op 105°C. Droogtijd 24 uur rogen in de magnetron van 600-700 Watt vraagt maximaal 14 minuten. Langer drogen geeft verlies van organische stof, waardoor de uitkomst onbetrouwbaar is.

Zodra de droogtijd is verstreken, wordt het nog warme monster gewogen. Het gewicht wordt genoteerd in de tabel onder BRUTO DROOG (kolom 3).

De gedroogde grond wordt weggegooid.

### II.4. **Berekening van het vochtaandeel:**

#### II.4.1. *Het W-getal:*

De uitkomst van deze berekening is het Watergetal (W-getal). Dit is het getal dat de verhouding van de massa (=gewicht) water ten opzichte van de massa droge grond weergeeft. Het W-getal zal bijna altijd kleiner zijn dan 1. Slechts in verzadigde, zeer losse grond en in veengronden kan het W-getal groter zijn dan 1; deze natte gronden vergen een aparte hemonsteringstechniek.

$$\text{W-getal} = \frac{\text{water (kg)}}{\text{droge grond (kg)}}$$

#### II.4.2. *De berekening van het W-getal:*

In de voorbeeldtabel is aangegeven welke berekening gemaakt moet worden. Eerst wordt de hoeveelheid verdampt vocht berekend. Dat is het gewichtsverschil tussen de weging vóór en na de oven-of magnetronperiode van het monster. Vervolgens wordt het drooggewicht van de grond berekend door het gewicht van de schaal af te trekken van het bruto drooggewicht. Tot slot wordt de verhouding water : droge grond berekend. In formulevorm:

$$\frac{\text{Bruto nat} - \text{Bruto droog}}{\text{Bruto droog} - \text{Tarra}} = \frac{\text{water}}{\text{droge grond}} = \text{W-getal}$$

**Tabel voor registratie van de wegingen (met voorbeeld):**

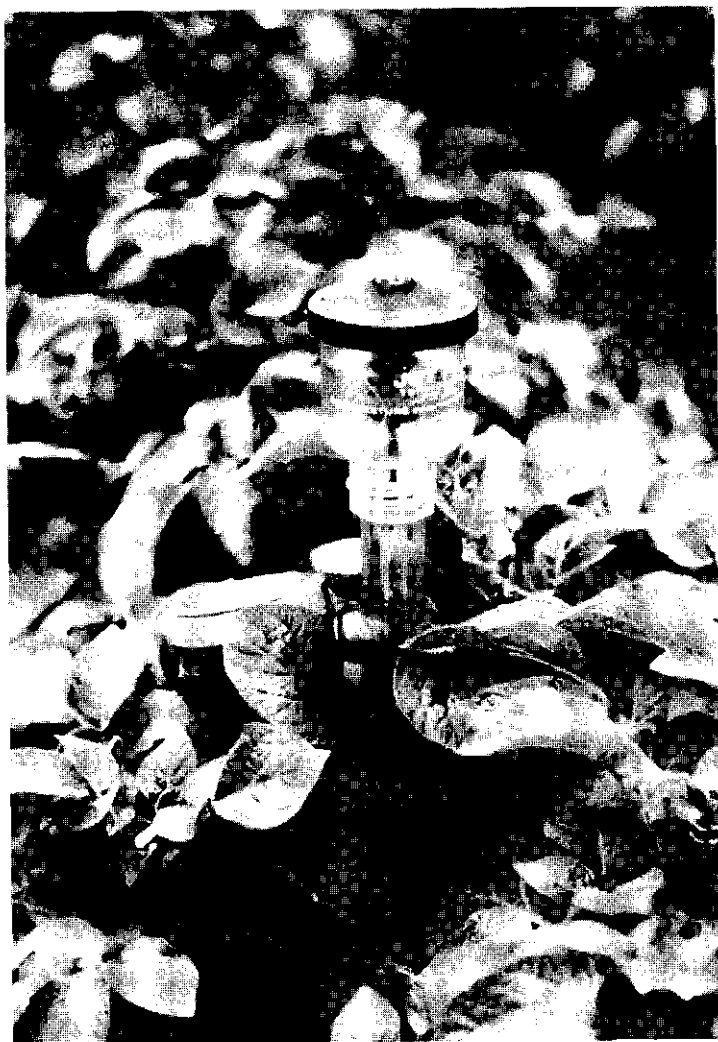
	1	2	3	4	5	6
Monster (datum/- perceel/gewas/diepte)	tarra	bruto nat	bruto droog	vocht	netto droog	W-gehalte
	gram	gram	gram	gram	gram	
01-05-98 plek B	75,5	325,9	295,7	30,2	220,2	0,137
01-05-98 perceel A	40,3	292,3	275,0	17,3	234,7	0,073

## Bijlage 2. Protocol voor gebruiken van tensiometers

Gebruik van tensiometer. De poreuze kop moet geplaatst worden op die diepte waar debeworteling actief is, wat zal neerkomen op 25 cm beneden het maaiveld. Bij aardappels op circa 35 cm onder de top van de rug, in de rug geplaatst, midden tussen twee aardappelplanten. Het plaatsen moet zorgvuldig gebeuren om een goede aansluiting van de grond met het poreuze potje te verkrijgen. De meter geeft een zuigspanning aan in centibar, bar, cm of pF waarde, afhankelijk van merk tensiometer. Een bar is gelijk aan 100 centibar, is gelijk aan -1000 cm waterkolom en in pF gelijk aan de logaritme van de absolute waarde van de meting in cm waterkolom.

Voor een betrouwbare meting zijn minstens drie tensiometers per (homogeen) perceel nodig. De meter kan doorslaan als de grond te ver uitdroogt (80 à 90 centibar). Na herbevochtiging van de grond moeten ze dan opnieuw gevuld en geplaatst worden.

Indien men ook tensiometers plaatst onder de bewortelde laag, geeft deze combinatie meer informatie over het verloop van de vochtvoorziening.



## Bijlage 3. Overzicht van beschikbare apparatuur en methoden om bodemvocht te meten

Voor de bepaling van het vochtgehalte in de bodem zijn, naast de schatting, drie manieren van meten toe te passen: gewichtsmethode, vochtspanning en geleidbaarheid.

### Gewichtsmethode

In het veld wordt een monster gestoken met een gutsboor tot de diepte waarvan het vochtgehalte bekend moet worden. Aantal steken is bepalend voor de betrouwbaarheid van de uitkomst: minimaal 8 steken. Vanuit de boor gaat de grond in een luchtdichte zak of pot. Wegen van vochtig monster, drogen in oven of magnetron. Na wegen van het gedroogde monster kan het Watergetal worden berekend: gram verdampt vocht: gram droge grond. Voor berekening van het volume vocht is de dichtheid van de grond nodig.

*Kosten: gutsboor + spatel ± f 90,-; verder nodig weegschaal (grammen), magnetron en plastic zakken of potten.*

*Goedkoop en betrouwbaar, vraagt tijd.*

### Vochtspanning

Wordt gemeten met een tensiometer die de zuigspanning aangeeft die een plant moet overwinnen om vocht te kunnen opnemen uit de bodem. De manometer geeft de onderdruk in centibars; 1 centibar is 10 cm. Is om te rekenen in pF-waarde, die correspondeert met volumevocht. Aan de pF-waarde of de aflezing in centibars wordt de stand van zaken van de vochtvoorziening afgelezen. Tensiometers slaan door bij ruim 80 centibar, ongeveer pF 2,9.

- *Jetfill-tensiometers* op vaste plaats en diepte (plaatsing met behulp van steekboor). Voor betrouwbare informatie zijn 3 tensiometers per diepte nodig. In gras diepte 20 cm, op bouwland op 30 en 50 cm.

*Kosten: afhankelijk van de lengte; 30 cm tensiometer per stuk ± f 1 75,- en 60 cm tensiometer ± f 180,-; nodig is een onderhoudset ± f 240.*

*Vraagt aandacht, doorslaan moet worden voorkomen.*

- *Quickdraw-tensiometer* is een handzame uitvoering, is makkelijk te plaatsen en stelt zich snel in. Dus voor mobiel gebruik. Met één tensiometer zijn in een uur meerdere metingen te doen.

*Kosten 30 cm per stuk ± f 1000,-; 45 cm lengte per stuk ± f 1100,-.*

*Kan doorslaan. Voor gebruik op meerdere plaatsen in korte tijd.*

### Geleidbaarheid

Het meten van het vocht in de bodem gebeurt via elektrische geleidbaarheid

- *Gipsblokjes.* Deze worden, soms voor langere tijd (meerdere jaren), in de grond aangebracht en Per meting wordt het blokje met een apparaatje verbonden en uitgelezen. Voor betrouwbare meting zijn meerdere blokjes op meerdere diepten nodig. Het bereik van meten is groter dan bij de tensiometer, tot ong. pF 3,3.

Geeft percentage vocht.

*Kosten: uitleesapparaat f 600,- per stuk, blokjes f 80,- per 5 stuks*

- *Watemark.* Is gebaseerd op zelfde principe als gipsblokjes, geeft de vochtspanning in cm onderdruk. Vraagt meerdere sensoren en moeten op verschillende diepten worden geplaatst. Bereik van 0 tot 2 bar (ongeveer pF 3,3).

*Kosten: uitleesapparaat f 750,- per stuk, sensor per stuk ± f 70,-.*

- *Thetaprobe.* Werkt uitleesapparatuur op basis van time domain reflectory (TDR). Geeft volume vocht. Is makkelijk

mee te nemen en te plaatsen voor snelle meting.

*Kosten: uitleesapparatuur f 950.- per stuk, sensor per stuk f 1250.-.*

- *Enviroscan.* Werkt op basis van TDR. Met een vast waarnemingspunt zijn meerdere lagen gelijktijdig te meten. Geeft meting in volumeaandeel vocht.

*Kosten: per eenheid (één meetpunt met meerdere meetelementen) plus datalogger ongeveer f 25000. -*

*Metingen via geleidbaarheid zijn betrouwbaar en hebben een groter bereik dan tensiometers.*

*N.B.: alle vermelde prijzen zijn excl.b.t.w.*

**Bijlage 4. Attenderingswaarden voor waterkwaliteit bij overschrijding. Bij overschrijding of onderschrijding (indien minima staan vermeld) is het schaderisico groot. Het risico is sterk afhankelijk van interacties. (Huinink 1993)**

omschrijving	eenheid	landbouw				drinkwater			samenstelling neerslag			
		substraat	overige glasuinb.	groente	fruit	akkerbouw	grasland	mens	her-kouwers	varkens	pluinvee	nabij kust
troebelings	mg/l SiO <sub>2</sub>	750 <sup>b)</sup>	750 <sup>b)</sup>	750 <sup>b)</sup>	750 <sup>b)</sup>	750 <sup>b)</sup>	25					
KmmO-verbruik	mg/l	8	16	16			5	100 <sup>b)</sup>	100 <sup>b)</sup>	100 <sup>b)</sup>		2
totaal hardheid	°D		12	12	12		10	25	25	20		0,2
zuurgraad	pH		6,5 - 8				6,5-9	4-9 <sup>b)</sup>	4-9 <sup>b)</sup>	4-9 <sup>b)</sup>	4,2	4,3
EC	mS/cm	1,0	1,5	1,7	2,7	2,7	200	8	7	4		
Cl <sup>-</sup>	mg/l	50 <sup>b)</sup>	200	300	300	600	500	2000	2000	2000	14,9	3,5
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	250	250	180	250							4
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l							1	1	1		0,03
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l						50	200	200	50	4,21	3,76
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l						6				0,06	0,06
S <sup>2-</sup>	mg/l	1,0 <sup>b)</sup>	1,0 <sup>b)</sup>	1,0 <sup>b)</sup>	1,0 <sup>b)</sup>	1,0 <sup>b)</sup>	0	0	0	0		
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l						250	250	250	50	8,3	6,5
Al	mg/l		5 bij pH < 5,5									
As	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1		
Bn	mg/l						1,0					
B	mg/l	0,3	0,6	1,0	1,0	2,0	2,0	5	5	5		
Bs	mg/l	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1		
Br	mg/l	1,0	3,0	4,0	4,0	4,0						
Ca	mg/l	100	250				200	1000	1000	1000	1,2	0,9
Co	mg/l		-0,05; met name bij pH < 5					1	1	1		
Cd	mg/l	0,01 <sup>b)</sup>	0,01 <sup>b)</sup>	0,01 <sup>b)</sup>	0,01 <sup>b)</sup>	0,01 <sup>b)</sup>	0,01	0,01 <sup>b)</sup>	0,01 <sup>b)</sup>	0,01 <sup>b)</sup>		0,0007
Cu	mg/l	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,5	0,5	0,5		0,006
Cr	mg/l		totaal Cr: 1; 6-waardig Cr: 0,10					← totaal Cr: 1; 6-waardig: 0,05				0,0012



## Bijlage 4. Vervolg

omschrijving	cent- heid			landbouw			drinkwater				samenstelling neerslag		
	substraat	overige glasruim	groente	fruit	akkerbouw	grasland	mens	herkou- wets	varkens	pluimvee	nabij kust	overig	Nederland
F	0,5	0,5	←	←	←	←	1,5	2	2	2			
Fe	0,5	2,5 <sup>9)</sup>	2,5 <sup>9)</sup>	1	7	1,5	1,0	←	←	←			0,04
Hg								0,01	0,01	0,01			
K							12				0,4		0,24
Mg	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	150	250	250	250	1,1		0,29
Li	20						0,05	0,05	0,05				
Mn <sup>2+</sup>	1	1	1				0,05	2	2	2			
Mn totaal	0,5	1,5	←	←	←	←	200	4000	2000	500	8,3		1,9
Mo	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	10	2	0,5	1,8		1,9
Na	2,5	11,5	11,5				0,05	0,1	0,1	0,1			0,006
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	2	2	2				0,01	0,1 <sup>3)</sup>	0,1 <sup>3)</sup>	0,1 <sup>3)</sup>			0,008
Ni	0,05	0,05	met name bij pH < 0,05				0,05	0,1 <sup>3)</sup>	0,1 <sup>3)</sup>	0,1 <sup>3)</sup>			
Pb	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,01	0,02	0,02	0,02			
Se	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02							
Sn													
Ti													
V													
W													
Zn	0,5	1,5	←	←	←	←	1	24	24	24			0,27
methyleenblauw							0,3						
actieve stoffen							0,002						
minerale oliën/vetten							10	100	100	100			
phenolen							0,001						
coli-bacteriën (faecale)							0,0001	0,0001	0,0001	0,0001			
cholinesterase remmers													
orgaanchloropesticiden													

1) bij recirculatie (hergebruik van water): 25

2) in verband met verstoppingsrisico boregeningsproeiers/drinkknippels

3) bij continu gebruik: 0,05

4) bij beregening over gewassen, onder gewassen: 5mg/l Fe toelaatbaar; drinkdruppelaars stoppen echter bij > 1,0 mg/l; voor dakberegening: 25

5) bij continu gebruik: 0,0025

6) bij toevoeging medicijnen: 6-7

7) bij toevoeging medicijnen: 50

<b>A</b>	
aanslag van plantmateriaal	38
aardappel	13; 34; 43; 62; 81
aardbei	13; 14; 15; 34; 81
afgifte	52
afrijping	31; 32
aftakas	48; 54
anaërobe	
zuurstof arm, zonder zuurstof	23
andijvie	13; 34; 64; 81
arbeid	57
asperge	34; 65; 81
augurken	13; 34; 81

<b>B</b>	
beregeningsboom	49; 58
bespuiting	38
beveiliging	52
bevloeiingstape	51
bewortelbare zone	
Dat deel van het bodemprofiel waar wortelgroei mogelijk is gezien de mechanische weerstand en de chemische samenstelling van de bodem.	20
bladafval	31
bladverdroging	31
bleekselderij	34; 66; 67; 81
bloei	31; 32; 33; 56
bloemkool	13; 34; 67; 81
bodemprofiel	
De specifieke opbouw van de bodem met lagen die verschillende eigenschappen hebben.	11
boerenkool	13
bonen	81
broccoli	68; 81

<b>C</b>	
capaciteit	11; 14; 15; 16; 31; 37; 38; 45; 46; 47; 48; 50; 52; 53; 54; 55; 56; 57; 58
capillaire nalevering	25; 40; 41; 44; 58
Het naleveren van vocht uit de ondergrond	44
centrifugaalpomp	48

Chinese kool	69; 81
Courgette	69; 81

<b>D</b>	
debiet	
De hoeveelheid water per uur.	13
debietmeting	52
diffusie	
Het verplaatsen van een chemische stof in een oplosmiddel, gas tengevolge van concentratie verschillen. De stof verplaatst zich van een hoge naar een lage concentratie.	24
dispergeren	
Het uiteenvallen van kleideeltjes in water.	15
doorwas	32
doperwt	13; 70; 82
droogteresistentie	32
droogtetolerantie	32
drukverlies	49
druppelbevloeiing	45; 51; 58
druppelgrootte	45; 46; 50
druppelirrigatie	51

<b>E</b>	
economie	55; 57
erwten	13; 25; 70; 71
evaporatie	42
Het verdampen van water van een oppervlak	26
evapotranspiratie	28; 41; 42; 43
Verdamping vocht uit grond en gewas	28

<b>F</b>	
fosfaat	26; 30
fotosynthese	14
Het proces waarbij suiker wordt gevormd uit CO <sub>2</sub> en water met behulp van licht.	30

<b>G</b>	
gewascoëfficiënten	
Een getal dat de verhouding aangeeft tussen de werkelijke verdamping en de potentiële	

gewasverdamping. De coefficient is afhankelijk van het ontwikkelingsstadium van het gewas.	42
gewasopbrengst	11
gewasverdamping	29; 39; 42; 55; 56
gladiolen	82
glazigheid	32
graan	71; 82
gradiënt	
Het verschil in zuigspanning of drukhoogte tussen twee plaatsen.	22; 25; 26; 44
groeischeuren	31; 35
groene savoie kool	13
grond	
klei	18; 19; 20; 38; 39
löss	39
zand	18; 20; 21; 22; 25; 38; 39
grondsoort	
klei	19; 25; 26; 27
zavel	18; 19; 24; 26; 27; 44
grondwater	11; 14; 15; 16; 18; 23; 38; 39; 40; 41; 44; 45; 52; 57; 63; 80

## H

haspel	49; 51; 52; 58
hergroei	31; 32
hydranten	51

## I

ijzer- en mangaangehalte	14
infiltratie	
Het indringen van vocht	22; 26; 27; 40
intensiteit	27; 32; 37; 38; 40; 44; 45; 46; 47; 49; 54
Een hoeveelheid per uur per oppervlakte eenheid.	11
irissen	82

## J

jeugdstadia	27
-------------	----

## K

kieming	38
knolselderij	13; 34; 82

knolvenkel	72; 82
knolzetting	35
koolzaad	82
korrelgrootteverdeling	
De verdeling van de gronddeeltjes over de verschillende grote klassen.	22
krimpscheuren	
Scheuren die met name in zware kleigronden ontstaan tgv uitdroging.	22
kroot	13; 73; 82
kropsla	13; 82
kwaliteit	10; 11; 12; 13; 14; 20; 31; 32; 33; 34; 35; 39; 45; 50; 51; 56; 57; 58; 59; 60; 61; 65
kwaliteitsbeoordeling van water	15

## L

leidingen	46; 49; 50; 52
-----------	----------------

## M

maïs	25; 43; 82
------	------------

## N

nutriënten	
De minerale voedingsstoffen voor de plant.	26

## O

ondergrondse leiding	50
oogsttijdstip	32; 35; 38
oogstzekerheid	34
oppervlaktewater	12; 13; 14; 38; 40; 53; 57

## P

peen	13; 34; 73; 74; 82
pF	
De logaritmische waarde van de negatieve waarde van de zuigspanning (cm waterkolom) waarmee de bodem vocht aantrekt.	18
pH	14; 40; 41; 43
pomp	12; 15; 16; 37; 46; 47; 48; 49; 51; 52; 53; 54; 57
postelein	13
potentiële gewasverdamping	
De gewasverdamping indien die niet beperkt	

wordt door de vochtvoorziening.	38
preferente stromingsbanen	
Kanalen waarlangs het vocht zich in de grond bij voorkeur verplaatst. Op kleigronden zijn dit de scheuren, op zand kan dit door een verschil in vochtgehalte veroorzaakt worden.	22
prei	13; 43; 74; 75; 82
profiel	20; 23; 25; 40; 44

## R

radijs	13; 82
referentieverdamping	28
De verdamping die plaatsvindt op een stukje gazon dat goed van water is.	28
registratieplichtig	
Verplichting om het gebruik van iets bij een officiële instantie op te geven.	15
rentabiliteit	11
rodekool	13
rooibeschattingen	38

## S

schorseneer	82
sla	34; 75; 82
slang	49; 53
sluitkool	83
sluitkool	13; 78
sortering	34; 35; 61
spinazie	13; 34; 77; 78; 82
sproeier	14; 47; 49; 50; 53
spruit kool	83
spruitkool	13; 35; 79
spuitsoppen	49
sputmond	46; 47; 49; 50; 51
stam en stokbonen	13
stamslabonen	83
stikstof	23; 26; 30
structuur	
De samenhang in de grond die aanleiding geeft tot min of meer stabiele bouwstenen.	15; 19; 22; 40; 44; 50; 53; 58
suikerbiet	36; 83

## T

tarra	38
tarwe	71
telescopische standpijpen	51
textuur	
De samenstelling van de grond uit verschillende fracties bodemdeeltjes	22
transportcoëfficiënt	26
Een getal waarmee een gradient wordt vertaald in een transportsnelheid.	26
transportsnelheid	22; 23; 27
De snelheid waarmee water zich in de grond verplaatst. De transportsnelheid in grond is afhankelijk van het vochtgehalte van de grond.	22
tuinboon	13; 83
tulp	83

## U

uien	13; 83
urenteller	52

## V

vastrechtkosten	
De jaarlijkse vaste kosten voor de electriciteitsaansluiting.	48
vermogen	20; 39; 48; 49; 54; 58
verslemming	
Het verlies van een open structuur van de grond.	26
vochtboekhouding	29; 37; 40; 41; 43; 52; 55; 58
Het (dagelijks) opstellen van een overzicht van aan- en afvoer van water voor een gewas.	37
vochtspanning	
De kracht waarmee de grond water vasthoudt.	18; 21; 22; 25; 33; 38; 39; 44
vruchtzetting	32; 33; 34; 56

## W

Watergetal	21
waterkwaliteit	
attenderingswaarden	92
watermeters	52

windgevoelig	52
witlof	13; 34; 43; 80; 83
witte bonen	13
wortel-spruitverhouding	31
De verhouding tussen het gewicht van de wortels en het gewicht van de bovengrondse gewasdelen.	31
wortelstelsel	27; 28; 40

## **Z**

z-afstand	26
-----------	----

De afstand tussen onderkant van de wortelzone en de bovenkant van het grondwater. De z-afstand wordt gedefinieerd voor een aantal mm water dat per dag vanuit het grondwater kan worden geleverd.	26
zomergerst	72
zoutgehalte	14; 64; 75; 79; 80
zoutwater	15
zuurstofgebrek	23; 25; 27; 33; 39; 45

## Nog verkrijgbare uitgaven <sup>1</sup>

### Verslagen

228. Effecten intensieve bouwplannen op lichte zavelgronden in de Noordoostpolder (WG 140). A. Rops, december 1996..... f 15,-
227. Verbetering van de opbrengst en trekrijpheid van roodlofwortels. Ing. C.A.Ph. van Wijk en P. Bleeker, december 1996 ..... f 15,-
226. Effecten van grondbewerking en organische stof op de structuur van de bouwvoor. Ing. V.P.H.M. de Kok en ing. J. Alblas, december 1996 ..... f 15,-
225. De gebruikswaarde van GFT-compost voor de akkerbouw en de groenteteelt in de volle grond. Ing. V.P.H.M. de Kok, december 1996..... f 15,-
224. Meerjarig rendement van beregenen op noordelijke zand- en dalgronden. Ir. W.A. Dekkers M.Sc. en ir. J. Smid, december 1996 ..... f 15,-
223. Bedrijfssystemen-onderzoek Meterik; evaluatie 1991-1993. Ing. B.M.A. Kroonen-Backbier, M.H.J.P. van der Burgt en ing. M. van der Ham, december 1996..... f 20,-
222. Cichorei. Verslag van vier jaar teeltonderzoek. Ir. C.E. Westerdijk, oktober 1996 .... f 15,-
221. Natmaken, drogen en helen van peen en witlofwortels. Ing. J.A. Schoneveld en ing. H.P. Versluis, oktober 1996 ..... f 15,-
220. Toepassing van het stikstofbijmeststelsel in zaaiuien. Ir. C.L.M. de Visser, oktober 1996 ..... f 15,-
219. Teeltonderzoek wortelgewaskruiden Angelica, levisticum en valeriaan 1987-1993. Ing. H.J. van der Mheen, oktober 1996..... f 15,-
218. Teeltonderzoek *Digitalis lanata* 1987-1994. Ing. H.J. van der Mheen, oktober 1996 ..... f 15,-
217. Effecten van maïs-gras vruchtwisseling. Ir. W. van Dijk, oktober 1996 ..... f 15,-
216. Stikstofbemesting en nutriëntenopname van broccoli. Dr. ir. A.P. Everaarts, C.P. de Moel en dr. ir. P. de Willigen, oktober 1996 ..... f 15,-
215. Invloed van N-rijenbemesting op drogestofproductie en N-benutting bij snijmaïs. Ir. W. van Dijk, juli 1996 ..... f 15,-
214. Effect van rijenafstand, plantdichtheid en stikstofbemesting op de opbrengst, kwaliteit en gevoeligheid voor *Botrytis cinerea* bij stamslaboon (*Phaseolus vulgaris*). Ing. J.J. Neuvel, ing. H.P. Versluis en ir. K.J. Osinga, september 1996 ..... f 15,-
213. BEA, LP-model en Orspel; een beschrijving en vergelijking van hulpmiddelen in het bedrijfseconomische onderzoek. Ir. J. Smid, drs. A.T. Krikke en ir. H.B. Schoorlemmer, maart 1996 ..... f 15,-
212. Effecten van bodembedekking op de opbrengst en kwaliteit van groentegewassen. J.T.K. Poll en ing. C.G.M. Geven, september 1996..... f 15,-
211. Optimalisatie van erosieremmende teeltsystemen van maïs en suikerbieten op lössgrond. Ing. P.M.T.M. Geelen, drs. F.J.P.M. Kwaad, drs. E.J. van Mulligen, drs. A.G. Wansink, drs. M. van der Zijp en ir. W. van den Berg, mei 1996 ..... f 15,-

---

<sup>1</sup>Een volledig overzicht van de uitgaven wordt u op aanvraag graag toegezonden.

210. Optimalisering van de biologisch-dynamische en ecologische pootgoedteelt; eindrapport over de onderzoeksjaren 1992 tot en met 1995. Ir. M. Hospers, februari 1996 ..... f 15,-
209. Bedrijfssystemen-onderzoek vollegrondsgroente/bloembollen, proeftuin Zwaagdijk; evaluatie 1991-1993. Ing. M.H. Zwart-Roodzant, F.C.G. Kreuk en ing. M. van der Ham, februari 1996 ..... f 20,-
208. Perspectieven voor korrelmaïs als zetmeelbron voor het noordelijke veenkoloniaal- en zandgebied. Ir. W. van Dijk, dr. A.C. van Swaaij, ing. K.H. Wijnholds en ing. G. Veninga, januari 1996 ..... f 15,-
207. Waarnemingsmethoden voor bepaling van verschillen in onvolledige resistentie bij vollegrondsgroenterassen. Ir. J. Hoek, ing. I.P.M. Commandeur, ir. W. Sukkel en ing. H.J. Hylkema, november 1995 ..... f 15,-
206. Vruchtwisselingsproef AGM 600 proefboerderij A.G. Mulderhoeve Emmercompascuum 1981-1989. Ing. K.H. Wijnholds en ir. W. van den Berg, november 1995 ..... f 20,-
205. Aanbod en opname van stikstof bij hoge produktieniveaus van wintertarwe op klei- en zavelgrond. Dr. ir. A. Darwinkel, oktober 1995 ..... f 15,-
204. Bedrijfssystemen-onderzoek Borgerswold 1986-1990. Ir. Y. Hofmeester, ing. A. Bos ir. F.G. Wijnands, drs. A.T. Krikke en drs. ing. B.J.M. Meijer, augustus 1995... f 25,-
203. Resultaten van onderzoek naar geïntegreerde bestrijding van onkruiden in zaaiuien. Ir. C.L.M. de Visser en ing. L. Hoekstra, juli 1995 ..... f 15,-
202. Stikstofbemesting en nutriëntenopname van witte kool. Dr. ir. A.P. Everaarts, augustus 1995 ..... f 15,-
201. Effecten van wintergewassen op verliezen en benutting van stikstof bij de teelt van snijmaïs. Ir. W. van Dijk, ir. J.J. Schröder, L. ten Holte en ing. W.J.H. de Groot, augustus 1995 ..... f 15,-
200. Interactie tussen rassen en proefplaatsen bij witlof. Ing. A.R. Biesheuvel en ir. G. van Kruistum, juni 1995 ..... f 15,-
199. Ontwikkeling van een gewasgroeimodel voor peen op basis van SUCROS 87. Ir. C.L.M. de Visser, ing. J.A. Schoneveld en ing. M.H. Zwart-Roodzant, juni 1995 ..... f 20,-
198. Stikstofbemesting en nutriëntenopname van bloemkool. Dr. ir. A.P. Everaarts en C.P. de Moel, maart 1995 ..... f 15,-
197. Toediening dierlijke mest op löss, dal- en lichte zavelgrond. Ing. S. Postma, maart 1995 ..... f 20,-
196. Innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw; beknopt overzicht technische en economische resultaten. Ir. F.G. Wijnands, ing. P. van Asperen, ing. G.J.M. van Dongen, ing. S.R.M. Janssens, ir. J.J. Schröder en ing. K.B. van Bon, maart 1995 ..... f 20,-
195. Inventarisatie naar de mogelijkheden van een waarschuwingssysteem voor *Phytophthora infestans* in aardappelen. Dr. ir. H.T.A.M. Schepers, ing. E. Bouma, ir. C. Bus en ir. W.A. Dekkers, maart 1995 ..... f 15,-
194. Beheersing van lage-temperatuurbederf bij witlof. Ir. G. van Kruistum, ing. A.R. Biesheuvel, ir. R.C.F.M. van den Broek, ing. P.M.T.M. Geelen en ing. J.G.M. Jeurissen, maart 1995 ..... f 15,-
193. Het forceren van asperges in een geconditioneerde ruimte. J.T.K. Poll, ir. W. van

	den Berg en ir. C.F.G. Kramer, maart 1995 .....	f 15,-
192.	Optimalisering van de N-voeding van zetmeelaardappelen. Ir. C.D. van Loon, ing. K.H. Wijnholds en ir. A.H.M.C. Baltissen, maart 1995.....	f 15,-
191.	De invloed van plantveredeling, zaaitijdstip en koude-tolerantie op de stikstof benutting door maïs tijdens de jeugdgroei. Ing. D.A. van der Schans, ir. W. van Dijk en dr. ir. O. Dolstra, juni 1995 .....	f 15,-
190.	Teelt van crambe. Ing. N. van Dijk en ir. G.E.L. Borm, april 1995.....	f 15,-
189.	Maatregelen tegen verbruiningsziekte ter vergroting van de opbrengstzekerheid van karwij. Resultaten van onderzoek 1990-1994. Ir. A. Evenhuis en ing. B. Verdam, maart 1995.....	f 25,-
188.	Stikstofbemesting, zaaidichtheid en groeiregulatie bij haver. Dr. ir. A. Darwinkel, A.H.J. Rops en ing. K.H. Wijnholds, maart 1995 .....	f 15,-
187.	Reactie van graszaad op fosfaatbemesting. Ing. J.W. Steenhuizen, ing. J.G.N. Wander, ir. P.A.I. Ehlert en S. Vreeke, februari 1995 .....	f 15,-
186.	Resultaten bedrijfssystemen-onderzoek intensieve vollegrondsgroenten 1991-1993. Ing. M. van der Ham, februari 1995.....	f 15,-

## Publicaties

99.	Beregenen van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen Ir. W.A. Dekkers MSC, juni 2000.....	f 25,-
98.	Economische perspectieven biologische vollegrondsgroenteteelt. Ing. C.G.M. Geven, december 1999 .....	f 20,-
97.	Zorg voor kwaliteit en voedselveiligheid. Ir. H.B. Schoorlemmer en ing. A. Jukema, oktober 1999 .....	f 25,-
96.	Wildschade in Nederland. Ing. M.H. Zwart-Roodzant en ir. R. Stokkers, augustus 1999.....	f 25,-
95.	Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Ir. W. van Dijk, maart 1999 .....	f 20,-
94.	Werkplan 1999, februari 1999 .....	f 25,-
93.	Perspectieven voor akkerbouwbedrijven in het zetmeelaardappeltelend gebied. Ir. J. Smid, februari 1999 .....	f 25,-
92.	Bedrijfssystemen-onderzoek vollegrondsgroenten Meterik Ing. B.M.A. Kroonen-Backbier, november 1998.....	f 25,-
91.	Bedrijfssystemen-onderzoek vollegrondsgroenten ROC Westmaas. Ing. J. Rovers, september 1998 .....	f 25,-
90.	Bedrijfssystemen-onderzoek vollegrondsgroenten proeftuin Noord-Brabant. Ing. M.H. Zwart-Roodzant, juni 1998.....	f 25,-
89.	Bedrijfssystemen-onderzoek vollegrondsgroenten/bloembollen proeftuin Zwaagdijk. Ing. M.H. Zwart-Roodzant, mei 1998.....	f 25,-
88.	Werkplan 1998, februari 1998 .....	f 25,-
87.	Perspectieven geïntegreerde akkerbouw in Noordoost-Nederland, februari 1998 .....	f 25,-
86.	Perspectieven voor de akkerbouw in het Zuidwestelijk kleigebied. Ir. J. Smid, december 1997 .....	f 15,-
85.	Kwantitatieve Informatie 1997/1998, december 1997 .....	f 60,-
84.	Bedrijfsbegroten in de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt. Ir. H.B.	



Schoorlemmer en drs. A.T. Krikke, september 1997 .....	f 15,-
83. Werkplan 1997, maart 1997 .....	f 25,-
82. Geagrificeerd ABC. Ir. H.B. Schoorlemmer, drs. J.P.P.J. Welten en drs. A.T. Krikke, maart 1997.....	f 25,-
81a. Jaarboek 1995/1996 akkerbouw, december 1996 .....	f 35,-
81b. Jaarboek 1995/1996 vollegrondsgroenteteelt, december 1996 .....	f 30,-
80. Jaarverslag 1995, juli 1996.....	f 20,-
79. Werkplan 1996, februari 1996 .....	f 20,-
78a. Jaarboek 1994/1995 akkerbouw, november 1995.....	f 30,-
78b. Jaarboek 1994/1995 vollegrondsgroenteteelt, november 1995 .....	f 30,-
77. Jaarverslag 1994, juni 1995.....	f 20,-
76. Werkplan 1995, januari 1995.....	f 20,-

### Themaboekjes

22. Naar maatwerk in de bemesting, december 1999.....	f 25,-
21. Ruwvoederproductie bij droogte, mei 1998 .....	f 20,-
20. Vollegrondsgroente telen met perspectief, januari 1998.....	f 15,-
19. Themadag maïs, november 1995 .....	f 15,-
18. Stikstofstromen in de vollegrondsgroenteteelt, december 1994.....	f 15,-

### Teelthandleidingen

89. Teelt van winterrogge, december 1999 .....	f 20,-
88. Teelt van zetmeelaardappelen, december 1999.....	f 35,-
87. Teelt van zomergerst, mei 1999 .....	f 25,-
86. Teelt van radicchio, mei 1999 .....	f 25,-
85. Teelt van vezelvlas, februari 1999 .....	f 25,-
84. Teelt van luzerne, december 1998.....	f 25,-
83. Teelt van sjalotten, september 1998.....	f 25,-
82. Teelt van rabarber, juni 1998 .....	f 25,-
81. Teelt van plantuien, april 1998.....	f 25,-
80. Teelt van witte asperges, januari 1998 .....	f 30,-
79. Teelt van witlof en roodlof, januari 1998.....	f 50,-
78. Teelt van kruidenwortelgewassen Angelica, Levisticum en Valeriana, oktober 1997 .....	f 25,-
77. Teelt van spruitkool, september 1997 .....	f 25,-
76. Teelt van wintertarwe, maart 1997.....	f 25,-
75. Teelt van knoflook, januari 1997 .....	f 15,-
74. Teelt van bosui, januari 1997 .....	f 15,-
73. Teelt van sluitkool, oktober 1996.....	f 35,-
72. Teelt van pootaardappelen, augustus 1996.....	f 35,-
71. Teelt van krotten, juli 1996 .....	f 35,-
70. Teelt van Chinese kool, februari 1996 .....	f 20,-
69. Teelt van graszaad, oktober 1995.....	f 25,-
68. Teelt van peulen en doperwten voor de verse markt, juli 1995.....	f 25,-
67. Teelt van courgette en pompoen, april 1995 .....	f 25,-
66. Teelt van stamslabonen, december 1994.....	f 40,-

65. Teelt van andijvie, december 1994 .....	f 30,-
64. Teelt van suikerbieten, september 1994 .....	f 30,-
63. Teelt van sla, augustus 1994 .....	f 40,-
62. Teelt van bleekselderij, maart 1994 .....	f 25,-
61. Teelt van haver, februari 1994 .....	f 20,-
60. Teelt van karwij, januari 1994 .....	f 15,-
59. Teelt van dille, januari 1994 .....	f 15,-
58. Teelt van maïs, december 1993 .....	f 25,-
57. Teelt van consumptie-aardappelen, november 1993 .....	f 30,-
56. Teelt van prei, oktober 1993 .....	f 30,-
55. Teelt van knolvenkel, augustus 1993 .....	f 25,-
54. Teelt van broccoli, juli 1993 .....	f 30,-
53. Teelt van suikermaïs, juli 1993 .....	f 25,-
52. Teelt van zaaiuien, juni 1993 .....	f 30,-
51. Teelt van bloenkool, april 1993 .....	f 35,-
50. Teelt van Digitalis lanata, februari 1993 .....	f 10,-
49. Teelt van thijm, februari 1993 .....	f 10,-

## WORDT ABONNEE VAN HET PAV

De uitgaven van het PAV zijn los te bestellen, maar ook via een abonnement. Wat zijn de mogelijkheden?

### Pakket-abonnementen:

PAV-uitgaven	Akkerbouw	Vollegrondsgroente	Totaal
Jaarverslag	+	+	+
PAV-bulletin Akkerbouw	+		+
PAV-bulletin Voll. groente		+	+
Kwantitatieve Informatie	+	+	+
Teelth. Akkerbouw	+		+
Teelth. Voll. groente		+	+
Publicaties Akkerbouw	+		+
Publicaties Voll. groente		+	+
Publicaties Algemeen	+	+	+
prijs per jaar (f)	135,-	135,-	245,-

### Deel-abonnementen

Deel-abonnementen zijn mogelijk op:

PAV-bulletin Akkerbouw (f 80,- per jaar)

PAV-bulletin Vollegrondsgroente (f 80,- per jaar)

Bestelabonnement voor losse PAV-uitgaven (f 25,- per jaar).

U kunt zich schriftelijk, telefonisch of per fax opgeven voor een pakket-abonnement of een deel-abonnement. Zie voor de benodigde gegevens onder colofon (binnenkant omslag).

### Losse bestellingen

U kunt losse exemplaren bestellen door het per titel vermelde bedrag over te maken op postgirorekening nr. 22.49.700 van het PAV, Lelystad, met vermelding van de uitgave(n) die u wilt ontvangen.