

Kas en gewas

Kas en gewas

W. Franken
T. van der Hoorn
J. van den Langenberg

eerste druk, 2005

Artikelcode: 27132.2

Colofon

Auteur(s): W. Franken, T. van der Hoorn, J. van den Langenberg
Redactie: Studio Maan, Hans Pel
Illustraties: Verbaal - bureau voor visuele communicatie
Onderwijskundige: Berlinda de Boer

Het Ontwikkelcentrum heeft ernaar gestreefd de auteursrechten te regelen volgens de wettelijke bepalingen. Bent u desondanks van mening dat we u hebben benadeeld, dan kunt u contact met ons opnemen.

© 2005 Ontwikkelcentrum, Ede, Nederland

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Ontwikkelcentrum.

Voorwoord

Deze uitgave bevat de onderwerpen die horen bij de deelkwalificatie Teelt B. Deze onderwijseenheid omvat een uitgave met opdrachten en bronnen en een uitgave met theorie.

Opdrachten

Aan het begin van elke opdracht staat het opdrachtdoel. Daar staat wat je aan het einde van de opdracht moet kunnen. De opdrachten bevorderen de zelfwerkzaamheid. Met de opdrachten kun je je kennis in de praktijk toetsen of bepaalde vaardigheden trainen. Als je alle opdrachten met voldoende resultaat hebt uitgevoerd, beheers je de stof.

Bronnenoverzicht

Om de opdrachten uit te voeren heb je informatie nodig. Hiervoor kun je het bijbehorende theorieboek gebruiken. Maar je kunt ook andere bronnen raadplegen. In het bronnenoverzicht staat waar je allemaal informatie kunt vinden over allerlei aspecten van het telen onder glas. Deze bronnen kunnen boeken zijn, maar ook vakbladen, folders, video's, internet et cetera.

Theorie

Het theorieboek bevat de theorie die je het meest nodig hebt en die niet gauw verandert.

Om het bestuderen en verwerken van de tekst gemakkelijker te maken kun je aan het einde van de meeste paragrafen verwerkingsvragen maken.

Wij wensen je veel succes bij het werken met deze uitgave.

De auteurs,
Willem Franken, Ton van der Hoorn, Jan van den Langenberg

Inleiding

De teelt is het centrale deel van het bedrijfsproces. In de deelkwalificatie Teelt B staat het sturen van het teeltproces dan ook centraal. Voordat je een nieuwe teelt start, bestel en controleer je het uitgangsmateriaal. Vervolgens maak je een planning van de teelt en teeltwerkzaamheden. Daarover gaat hoofdstuk 1. Voor het uitvoeren van de teelt kan het noodzakelijk zijn kleine of grote aanpassingen aan de kas te verrichten. Enig inzicht in de bouw van kassen is dan ook noodzakelijk. Dat leer je in hoofdstuk 2. Staan de planten eenmaal in de kas, dan begint de teeltsturing: verwarmen, belichten, CO₂ toedienen en schermen vormen daarbij het gereedschap dat je als tuinder kunt gebruiken om een optimaal resultaat te behalen. Hoofdstuk 3 gaat over verwarmen. In hoofdstuk 4 staat de belichting centraal. In hoofdstuk 5 wordt het toedienen van CO₂ behandeld en in hoofdstuk 6 krijg je informatie over schermen.

Maar het is niet zo eenvoudig als het lijkt. De verschillende klimaatfactoren hangen namelijk met elkaar samen. Het meten en regelen van het kasklimaat wordt dan ook apart behandeld in hoofdstuk 7. In hoofdstuk 8 wordt nog dieper ingegaan op de samenhang van de verschillende klimaatfactoren en de gevolgen voor de processen in de plant.

Inhoud

Voorwoord 5

Inleiding 6

1 Plantmateriaal en planning 9

- 1.1 Beoordelen en kiezen van uitgangsmateriaal 9
- 1.2 Kosten uitgangsmateriaal 18
- 1.3 Planning met behulp van planttijden 23
- 1.4 Planning bij daglengtegevoelige planten 26
- 1.5 Planning door groeiregulatie 30
- 1.6 Registeren van teeltgegevens 35
- 1.7 Afsluiting 38

2 Bescherming van de planten 39

- 2.1 Verschillende tunnels en kassen 40
- 2.2 Bouw van de kas 47
- 2.3 Gesloten kas 59
- 2.4 Klimrekkas 62
- 2.5 Afsluiting 64

3 Verwarmingsinstallaties 65

- 3.1 Centrale verwarming 65
- 3.2 Onderdelen afzonderlijk besproken 67
- 3.3 Waterverdeelsystemen 72
- 3.4 Verwarmingssystemen 75
- 3.5 Buisverwarming en kasklimaat 78
- 3.6 Warmteopslaginstallatie 79
- 3.7 Warmtekrachtinstallatie 81
- 3.8 Openbuffersysteem 82
- 3.9 Heteluchtverwarming 84
- 3.10 Elektrische verwarming 84
- 3.11 Afsluiting 85

4 Belichting 87

- 4.1 Licht en straling 87
- 4.2 Belichten 92
- 4.3 Onderhoud aan de assimilatielampen 96
- 4.4 Afsluiting 97

5 CO₂ in de kasteelt 99

- 5.1 Wat is CO₂? 99
- 5.2 De verwarmingsketel als CO₂-bron 100
- 5.3 Transport en verdeling van CO₂ 101
- 5.4 Overige CO₂-bronnen 104

-
- 5.5 Heteluchtverwarmers als CO₂-bron 106
 - 5.6 Samenstelling van rookgassen 107
 - 5.7 CO₂-meting en onderhoud meter 109
 - 5.8 Horizontale en verticale verdeling CO₂ 111
 - 5.9 Regelen van de CO₂-concentratie 112
 - 5.10 Afsluiting 113

6 Schermen 115

- 6.1 Instraling verminderen 115
- 6.2 Schermen en energiebesparing 119
- 6.3 Licht tegenhouden 121
- 6.4 Soorten schermdoek 122
- 6.5 Techniek bij het schermen 123
- 6.6 Regeltechniek in relatie tot kas- en buitenklimaat 124
- 6.7 Afsluiting 126

7 Meten en regelen van het kasklimaat 127

- 7.1 Meet- en regelkring 127
- 7.2 Meten van het binnenklimaat 129
- 7.3 Meten en regelen van de apparatuur in de kas 138
- 7.4 Meten van het buitenklimaat: het weerstation 141
- 7.5 Afsluiting 143

8 Vocht en groeiprocessen 144

- 8.1 Luchtvochtigheid en temperatuur 144
- 8.2 Luchtvochtigheid in de kas 149
- 8.3 Luchtvochtigheid verlagen 152
- 8.4 Luchtvochtigheid verhogen 154
- 8.5 Gewastemperatuur en verdamping 156
- 8.6 Plantveranderingen door de luchtvochtigheid 159
- 8.7 Verdamping en wateropname 161
- 8.8 Transport in de plant 164
- 8.9 Afsluiting 166

Trefwoordenlijst 169

1 Plantmateriaal en planning

Oriëntatie

Een goed begin is het halve werk! Dat geldt zeker als je een product onder glas gaat telen. Goed uitgangsmateriaal is onontbeerlijk voor succes bij een teelt. Maar tegelijk mag uitgangsmateriaal ook niet te duur zijn, want deze kosten zijn een belangrijk onderdeel van de kostprijs. Uitgangsmateriaal - of het nu zaailingen, stekken, bollen of knollen zijn - moet op tijd geleverd worden. Anders heeft planning van de teelt en de oogst weinig zin. Je kunt plannen aan de hand van verschillende plantdata, maar er zijn ook andere manieren om tot het juiste oogstmoment en de juiste oogstkwaliteit te komen.

1.1 Beoordelen en kiezen van uitgangsmateriaal

Als je een teelt start, heb je uitgangsmateriaal nodig. Soms meer keren per jaar bij kortdurende teelten zoals sla. Soms maar één keer per jaar, zoals bij tomaat en paprika. En soms zelfs maar eens in de vier of vijf jaar, zoals bijvoorbeeld bij rozen of Anthuriums.

Uitgangsmateriaal wordt tegenwoordig geproduceerd door gespecialiseerde veredelings- en vermeerderingsbedrijven. Het kopen van uitgangsmateriaal bij zo'n bedrijf heeft diverse voordelen:

- je hoeft geen tijd en aandacht te besteden aan de opkweek;
- je hoeft geen aparte ruimte te creëren voor de opkweek;
- het uitgangsmateriaal van een vermeerderingsbedrijf is van (zeer) goede kwaliteit;
- het uitgangsmateriaal wordt streng gecontroleerd;
- bij een tijdige bestelling kan het materiaal op de dag nauwkeurig geleverd worden.

Daar staat tegenover dat uitgangsmateriaal van gespecialiseerde vermeerderingsbedrijven relatief duur is, zeker als je een nieuw ontwikkeld ras wilt aanplanten. Daarvoor moet je dan ook nog licentie betalen.

Fig. 1.1
De productie van
uitgangsmateriaal is
specialistenwerk.



Het plantmateriaal dat je gebruikt voor de start van de teelt, kun je op verschillende manieren beoordelen volgens onderstaand schema.

Kwantiteit	De hoeveelheid moet kloppen. Het leveren van extra materiaal hoeft niet altijd als een voordeel gezien te worden, want als het een aanvulling moet zijn voor slechte planten in de partij is dat geen gunstig teken.
Kwaliteit Uitwendige beoordeling	Datgene wat aan de buitenkant van het uitgangsmateriaal zit. Soms is dat zichtbaar. Soms is dat niet goed zichtbaar, maar wel belangrijk. <ul style="list-style-type: none"> – visueel (lengte, bladkleur, uniformiteit); – niet visueel (gewicht).
Kwaliteit Inwendige beoordeling	Datgene wat aan de binnenkant van het uitgangsmateriaal zit. Soms zichtbaar, bijvoorbeeld bij het doorsnijden van een bol, maar soms ook niet, bijvoorbeeld de mate waarin plantmateriaal nog in rust is. <ul style="list-style-type: none"> – visueel (knopontwikkeling, stadiumonderzoek); – niet visueel (kiemkracht, rustfase).

Om het wat concreter te maken vind je hieronder een overzicht van criteria waar je als groenteteler op moet letten als je plantmateriaal ontvangt van je leverancier.

<p>Algemeen</p> <ul style="list-style-type: none"> – uniformiteit; – ontwikkeling van de plant moet; overeenkomen met de leeftijd van de plant; – kleur van het blad; – lengte van de internodiën; – ontwikkeling van de wortels; – goede weggroei; – juistheid van de gegevens van het leveringsdocument; – nakomen van afspraken over levering. 	<p>Tomaat</p> <ul style="list-style-type: none"> – gewenste troshoogte; – sterkte tros. <p>Paprika</p> <ul style="list-style-type: none"> – omvang van het blad; – kleur van het blad niet te donker. <p>Komkommer</p> <ul style="list-style-type: none"> – omvang van het blad. <p>Sla</p> <ul style="list-style-type: none"> – plantmateriaal groot genoeg volgens perspot; – glazigheid.
---	--

Het soort uitgangsmateriaal (stek, zaailing, bol) dat een tuinder nodig heeft, is natuurlijk gewasgebonden.

Uitgangsmateriaal voor de kasteelten kan afkomstig zijn van:

- de eigen kwekerij en van eigen moederplanten; het betreft dan vaak stekken of gescheurde planten;
- opkweekbedrijven die plantmateriaal opkweken vanuit zaad dat afkomstig is van zaadteeltbedrijven;
- bollenteeltbedrijven; het betreft hier bollen of knollen die gebruikt worden voor het vervroegd in bloei brengen;
- stekbedrijven; dat zijn vermeerderingsbedrijven die zich gespecialiseerd hebben in de vegetatieve vermeerdering en/of weefselteelt;
- importbedrijven; het betreft hier vaak stekgoed of halfwasmateriaal dat geïmporteerd wordt.

Eigen kwekerij

Voor al bij kleinere gewassen en zeker in de potplantenteelt vermeerderen telers nog zelf. Vaak betreft het dan vermeerdering door stek. Dit zou goedkoop zijn en probleemloos verlopen. Maar helaas is dat lang niet altijd zo.

moerplanten Ten eerste moet je zelf *moerplanten* opkweken en daar de nodige aandacht aan besteden. Er is namelijk een simpele regel die zegt: 'geen goede moederplanten, dan ook geen stek'. Moerplanten moeten dus gezond en krachtig zijn. Bovendien moet je moederplanten streng selecteren op ziekten, groeivorm, bontbladigheid en bloeisnelheid. Als je dat niet doet, is de kans groot dat de partij na verloop van jaren 'verloopt'. Daarom kom het in de praktijk voor dat dezelfde cultivar, afkomstig van verschillende kwekers, iets verschilt qua eigenschappen. In vaktaal wordt dan wel *selecties* eens gesproken van verschillende *selecties* van een bepaalde cultivar.

Ten tweede kan het produceren van stek van goede moederplanten toch nog tot uitval leiden. Stekken en het opkweken van stek vraagt nauwkeurigheid en zorgvuldigheid. Te veel uitval geeft planningsproblemen. Je hebt dan te weinig materiaal voor het vullen van de kas of afdeling. Heb je geen of weinig uitval, maar wel een late of slechte beworteling dan kun je niet tijdig oppotten of planten en ook dan is er sprake

van verlies. Om de hierboven genoemde redenen kiezen veel tuinders voor het kopen van uitgangsmateriaal. Er is dan veel meer zekerheid over het levertijdstip en het aantal te leveren planten.

Ook in de groenteteelt vind je bedrijven die hun plantmateriaal zelf opkweken. Zo zijn er komkommerkwekers die voor de vroegste teelt de planten zelf opkweken. Het is namelijk een prima opvulling voor het arbeidsdal in de rustige periode. Soms gebeurt dat in substraatpotten in een speciaal daarvoor ingerichte hoek van het bedrijf. Maar het komt ook voor dat zaailingen direct worden verspeend in de bakken met perliet waarin de planten voor de productie groeien. Dat geeft minder wortelbeschadiging en dus minder kans op schimmelziekten en groeivertraging, omdat overplanten niet nodig is. Bovendien bespaart het arbeidskosten bij het planten. En na afloop van de teelt hoeft je ook geen arbeid te steken in het afzagen en verwijderen van de lege steenwolkpotten. Je knipt de planten net boven het perliet af.

Opkweekbedrijven

De opkweek van groente- en perkplanten vindt meestal plaats op grote gespecialiseerde opkweekbedrijven. Het zaad dat zij nodig hebben als uitgangsmateriaal kopen ze doorgaans bij de grote zaadproducenten. De teelt van zaad is specialistenwerk. Nederland kent van oudsher een aantal gespecialiseerde zaadteeltbedrijven. Deze bedrijven telen het zaad in het buitenland, waar het klimaat beter en de arbeid goedkoper is. Maar de veredeling, de kennis en de handel zitten in Nederland. Zij zorgen voor de veredeling, productie en afzet van vooral groentezaden en zaden van een aantal snijbloemen en perkplanten. Zaadvermeerderingsbedrijven zijn tegenwoordig echte multinationals met productiebedrijven op verschillende plaatsen in de wereld met vaak honderden werknemers.

Zaadproductie

Als uitgangsmateriaal moet een partij zaad aan de volgende eisen voldoen.

- | | | |
|--------------------|---|--|
| <i>rasecht</i> | – | Het geteelde zaad moet <i>rasecht</i> zijn. Dat wil zeggen dat de naam van de cultivar die op de verpakking staat ook klopt met de inhoud. Als je zaad van pruimtomaten hebt besteld, wil je geen ronde tomaten. |
| <i>raszuiver</i> | – | Het geteelde zaad moet <i>raszuiver</i> zijn. Als je bijvoorbeeld de cultivar Impatiens (New Guinea Groep) 'Celebretti Scarlet' koopt, verwacht je alleen maar rood bloeiende planten. Er mogen na uitzaai geen roze of ander kleurige bloemen tussen zitten. Zo is het ook niet acceptabel als je tussen de gewone lange komkommers, minikomkommers hebt staan. |
| <i>uniform</i> | – | Het zaad moet <i>uniform</i> zijn. Dat wil zeggen dat de planten die uit het zaad opgroeien ongeveer even groot zijn, dezelfde vorm hebben en tegelijk bloeien. |
| <i>kiemkracht</i> | – | Het zaad moet een goede <i>kiemkracht</i> bezitten. Kiemkracht is het percentage gekiemde zaden in een monster. Als 40 van de 50 zaden kiemen, is de kiemkracht dus 80 procent. |
| <i>kiemenergie</i> | – | Het zaad moet voldoende <i>kiemenergie</i> bezitten. Kiemenergie of eerste telling is het aantal of percentage gekiemde zaden bij eerste controle. |
| | – | Andere kwaliteitseisen: het zaad moet vrij zijn van ziekten en geen beschadigingen vertonen. |

Opkweek jong plantmateriaal

Ook de opkweek van jong plantmateriaal is werk voor specialisten. Ze kunnen zorgen voor een hoge kwaliteit. Bovendien kunnen ze het uitgangsmateriaal op de dag nauwkeurig aan de tuinder leveren. Voor de tuinder heeft dit het voordeel dat hij er geen werk aan heeft, geen kasruimte voor de opkweek hoeft te reserveren en een korte teeltduur of snellere oogst kan realiseren. Er doen zich in deze bedrijfstak natuurlijk nieuwe ontwikkelingen voor. Zo is er tegenwoordig bijvoorbeeld veel belangstelling voor geënte tomatenplanten. Die hebben als voordeel dat ze een grotere weerstand hebben tegen virussen en sommige schimmels. Bovendien kunnen telers de geënte planten ook laten toppen en ze volgens het tweestengelsysteem opkweken. De productie ligt dan ook nog iets hoger.

Controle tijdens de opkweek bij paprikaplanten

Natuurlijk kun je wachten met het beoordelen van het plantmateriaal tot het moment van binnenkomst. Maar er zijn ook paprikatelers die tijdens de opkweek regelmatig gaan kijken bij hun leverancier. Als zo'n paprikateler zijn leverancier bezoekt, kijkt hij niet alleen naar het plantmateriaal, maar vraagt hij ook naar zaken als bespuitingen en meststofgiften. Zelfs via het web kan de klant de opkweek van planten volgen. De behoefte aan informatie over de ontwikkeling van plant en de omstandigheden waarin de planten zijn opgekweekt en de gezondheid van het materiaal is overigens bij de ene teler groter dan bij de andere. Dat geldt ook voor het *leveranciersdocument* met het *plantenpaspoort*. Dit document geeft heel veel informatie over de kwaliteit van het plantmateriaal. En dat is handig als zich later problemen met het gewas voordoen. In dat leveranciersdocument staat alles wat de planten hebben meegemaakt: gewasbescherming, bemesting, watergift, belichting, temperatuur, schermen enzovoort. Al deze gegevens staan in de computer en kunnen naar een teler opgestuurd worden. Soms hebben telers deze gegevens ook nodig voor certificering (Eurep-GAP, ISO).

Uniform plantmateriaal bij Eustoma

Bij veel gewassen die uit zaad vermeerderd worden, zoals Eustoma (lisianthus) is uniformiteit van de partij van groot belang. Met name bij de winterteelt - als de groeiomstandigheden niet ideaal zijn - leidt niet-uniform uitgangsmateriaal tot een langere teeltduur, grotere kwaliteitsverschillen en meer uitval.

Veredelings- en vermeerderingsbedrijven hebben verschillende mogelijkheden om uitgangsmateriaal uniformer te maken zoals:

- veredeling op (genetisch) uniform zaad;
- zaadbehandeling voor een gelijkmatige kieming;
- toepassing camerasortering bij planten in de laatste fase van de opkweek.

Ook telers zelf kunnen ervoor zorgen dat de verschillen die binnen een partij nu eenmaal altijd aanwezig zijn zo minimaal mogelijk blijven. Hierbij kun je denken aan:

- koeler opkweken, zodat de groeiverschillen beperkt blijven;
- aanpassen van de bemestingsstrategie en zelf eventueel overgaan op waterteelt.

Bollenteeltbedrijven

Bollentelers proberen uit een bol of knol zo veel mogelijk nieuwe bollen of knollen te krijgen. Bollen en knollen zijn plantendelen waarin de plant voedsel heeft opgeslagen. Stop je een bol in de grond, dan groeit daaruit een plant. Tijdens de groei en bloei

broeien

'eet' de plant de bol als het ware geheel (tulp) of gedeeltelijk (hyacint) op, maar maakt tegelijkertijd ook nieuwe voedingsstoffen. Met deze voedingsstoffen worden twee of meer nieuwe bollen gevormd op de plaats van de oude bol (tulp) of wordt de bestaande bol groter (hyacint). Bij tulpen zijn deze nieuwe bollen meestal te klein om te kunnen bloeien. Daarom plant en rooit de bollenteler ze nog een of meer jaren totdat ze de goede maat hebben. Bollen die groot genoeg zijn, worden verkocht aan particulieren, maar ook aan tuinders die de bollen in bloei trekken en de bloemen verkopen. Dit noemt je het *broeien* van bolgewassen. Deze zogenaamde bolbloemen (tulp, narcis, hyacint) kun je al in de winter als snijbloem of potplant kopen.

Fig. 1.2

Tulpenbollen van een bollenteeltbedrijf vormen het uitgangsmateriaal voor de teler van bolbloemen.



Bol- en knolgewassen als uitgangsmateriaal voor de bloemeteelt moeten aan diverse eisen voldoen. Het materiaal moet uniform zijn (zifmaat), ziektevrij (virus) en een goede preparatie hebben gehad. Bovendien moet het bij voorkeur van één partij zijn. Bollen van een kleigrond hebben als uitgangsmateriaal een andere kwaliteit dan bollen van een zandgrond. Ook al betreft het hetzelfde ras. Ook het groeiseizoen (nat, koud voorjaar) heeft invloed op de kwaliteit. Dat geldt ook voor het teeltgebied. Bollen uit Friesland kunnen anders reageren tijdens de broeierij dan bollen uit Zeeland. Vaak krijgen bollen of knollen voor het planten nog een extra behandeling. We noemen er hier enkele.

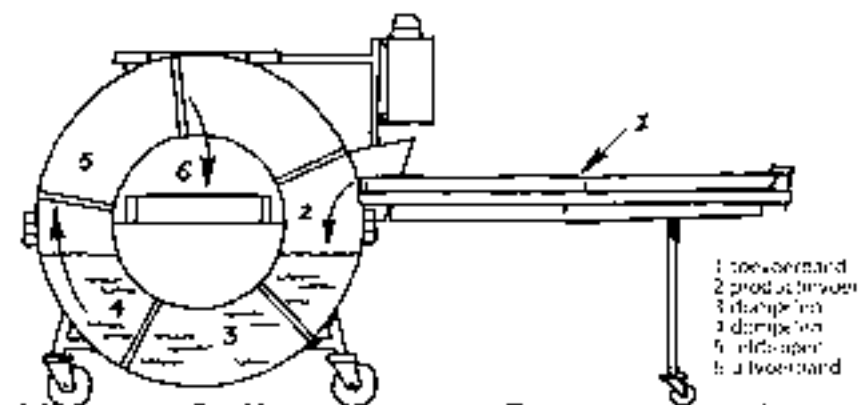
Dompelen van Gladiolus en Nerine

knolontsmetting

Knollen van kleinbloemige gladiolen (*Gladiolus Nanus* cultivars en *Colvillei* cultivars) zijn nogal eens aangetast door *Fusarium*. Dit geldt voor zowel voor onder glas geteelde gladiolen als voor die van buiten. Daarom is *knolontsmetting* noodzakelijk, liefst vlak voor het planten. De ontsmettingsduur is 5-15 minuten. Houd het dompelbad zo veel mogelijk in beweging met een pomp om het uitzakken van het middel te voorkomen. Bollen van *Nerine* worden vlak voor het planten gedurende 15 minuten gedompeld in een oplossing met fungicide om bolrot (*Fusarium*) te bestrijden. Naarmate de bollen schoner zijn, is het effect van de ontsmetting groter. Als de bollen sterk zijn ingedroogd, nemen ze in verhouding veel vocht op en daarmee ook veel middel. Deze bollen kun je het beste nat planten.

Fig. 1.3

Ontsmetten kan met een ontsmettingstrommel waarin de bollen worden gedompeld.



Warmwaterbehandeling bij Hippeastrum

Hippeastrumbollen die bestemd zijn voor de bloemproductie kun je kort na het rooien, als de bollen goed droog zijn, een warmwaterbehandeling geven van 30 minuten bij 50 °C. Daarmee kun je een aantasting door aaltjes goed bestrijden. Is er sprake van aantasting door narcismijt, dan voldoet een warmwaterbehandeling van één uur in schoon water van 43,5 °C. Deze behandeling kan de groei stimuleren.

Gassen van Irisbollen

Vroeger bracht de teelt van iris vaak 'nieten' voort. Dat waren bollen die wel bladeren vormden, maar geen bloemstengel gaven. Onderzoek wees uit dat een behandeling met *ethyleen* een veel hoger bloeipercantage gaf. Ethyleen is een verouderingshormoon dat bij iris een gunstig effect heeft op de bloemknopvorming. De ethyleenbehandeling wordt tijdens de bewaring van de bollen in de cel toegepast.

Bollen van weefselteelt bij Zantedeschia

Het is niet altijd eenvoudig om aan goed uitgangsmateriaal van Zantedeschia te komen. Voor de inwendige kwaliteit van de knollen moet je vooral vertrouwen op de leverancier van het materiaal. Verkeerde partijen komen vooral voor als de knollenkraam is ontstaan uit meer weefselkweekplanten. De vermeerdering door weefselkweek is dan misschien te snel of te onzorgvuldig gegaan of mogelijk ontbrak het ideale voedingsmedium nog. Daardoor kunnen klonen ontstaan met veel mutanten, veel vermenging en planten met veel blad en weinig bloemen. Zo kan het gebeuren dat je een aangekochte partij niet kunt samenvoegen met planten van dezelfde cultivar die je al op de kwekerij hebt staan. Alleen *stamselectie* kan dan tot de gewenste uniformiteit leiden.

bossigheid

Over uniformiteit en *bossigheid* van een partij kun je veel te weten komen door na te gaan hoe een aankooppartij op het veld groeit. Een bosjesplant kun je herkennen aan een knol die veel scheuten produceert. Maar ook veel en vreemd gevormd blad zonder spikkels is kenmerkend. Er zijn echter ook veel cultivars die van nature veel scheuten produceren. Tevens kunnen er door groeistagnaties in de knollenteelt meerdere spruiten tot ontwikkeling komen. Kennis van het sortiment en de teeltomstandigheden zijn dan ook belangrijk. Bossige planten van sommige snijcultivars zijn namelijk voor potplantentelers wel bruikbaar.

Er bestaat voor de teelt van Zantedeschiaknollen een verplichte keuring door de Bloembollenkeuringsdienst (BKD). De keuring betreft bossigheid, zuiverheid en virus.

Stekbedrijven

Een aparte groep bedrijven vormen de vermeerderingsbedrijven die materiaal via stek of weefselteelt produceren. Zij zorgen voor de massale productie van uitgangsmateriaal. Dit kunnen gewortelde stekken of plantjes van weefselkweek zijn.

Stekteelt

Stekken zijn plantendelen - zoals stukjes stengel met een of meer bladeren eraan, stukjes blad of wortel - waaruit na beworteling een plant groeit. In Nederland gebruiken telers bij vrijwel alle belangrijke snijbloemen en potplanten stek als uitgangsmateriaal. Hiervoor zijn zoveel stekken nodig dat er gespecialiseerde stekbedrijven zijn ontstaan. Op deze bedrijven staan de *moerplanten* waarvan de stek geplukt wordt. Deze moerplanten staan meestal op locaties in Zuid-Europa, Afrika of Midden- en Zuid-Amerika. Daar is meer licht en warmte en de arbeid is er goedkoper. Deze stekken worden dan daar of in Nederland aan de wortel gebracht en daarna verkocht.

Weefselteelt

Vooraf in de bloemen- en potplantenteelt wordt regelmatig weefselteelt toegepast. Bij de weefselteelt zet je een klein deel van de plant (meestal een groeipuntje) op een voedingsbodem. Het stukje weefsel begint snel nieuwe scheutjes te vormen. Na elke vier weken kun je dit stukje weefsel verder opdelen. Zo kun je in korte tijd zeer veel nakomelingen krijgen.

Weefselkweek wordt toegepast:

- als gewone vermeerderingsmethode bij bijvoorbeeld *Nephrolepis* (krulvaren) en gerbera;
- als methode om van nieuwe cultivars (via veredeling verkregen) snel veel nakomelingen te krijgen;
- als methode om virusvrij materiaal snel en massaal te vermeerderen en tevens virusvrij te houden.

Sommige grote vermeerderingsbedrijven hebben een eigen weefselkweeklaboratorium. Deze komen ook voor als op zichzelf staande ondernemingen. Vanwege het arbeidsintensieve karakter hebben veel weefselkweekbedrijven vestigingen in lagelonenlanden.

Fig. 1.4

Weefselteelt is arbeidsintensief. Je moet de plantjes regelmatig overzetten op een ander voedingsbodem.



Ook stekmateriaal heeft soms een nabehandeling nodig of extra aandacht. We noemen hier twee voorbeelden.

Dompelen of spuiten van stek bij Hedera

Veel stekmateriaal sorteert je voordat je het in de eindpot steekt. Daarnaast ontsmet je het om een zo goed mogelijk resultaat te behalen. Bij stek van Hedera bijvoorbeeld worden de ranken van de moederplanten geknipt. Deze moederplanten staan meestal boven in de kas. Van een rank worden meerdere stekken geknipt. Het aantal is afhankelijk van de lengte van de rank. De laatste stengelleden zijn onvoldoende afgerijpt, waardoor ze niet geschikt zijn als stek. De overige stekken zijn verschillend van leeftijd. Het leeftijdsverschil neemt toe met de lengte van de rank. De verschillen zijn van invloed op de beworteling. Oogst de ranken van de moederplanten niet te lang, anders worden de leeftijdsverschillen in het stek te groot. Na het stekknippen dompel je de stekken in een oplossing met fungicide om uitval tijdens de opkweek zo veel mogelijk te vermijden.

Problemen bij stekvermeerdering van Petunia

Hangpetunia's worden meestal door stek vermeerderd. Jarenlang ging dat uitstekend, totdat er virusproblemen opdoken. Het tabaksmozaïekvirus kon zich door het handmatig plukken razendsnel verspreiden. Visuele controle alleen bleek niet voldoende. Als de planten al niet dood gingen bij de teler, dan was dat toch meestal wel heel snel bij de consument. De stekpetuniateelt dreigde helemaal verloren te gaan. Doordat de Stichting Bedrijfslaboratorium voor Weefselkweek (SBW) zich er mee ging bemoeien en het uitgangsmateriaal virusvrij wist te maken, kon weer gestart worden met ziektevrij uitgangsmateriaal. Nu moeten stekken van moederplanten uit de meristeemcultuur de zekerheid bieden dat het materiaal virusvrij is. De Naktuinbouw zorgt voor de certificering. Inmiddels vallen meer dan zestig stekperkplanten onder het SBW-toetsingsprogramma. Ook Israël, een belangrijke leverancier van stekperkgoed heeft het toetsingsprogramma overgenomen. Het uitgangsmateriaal voor de stekperkplantenteelt is daarmee een stuk veiliger geworden.

meristeemcultuur

Importbedrijven

Tegenwoordig komt veel uitgangsmateriaal als stek, bol, knol of halfwas plant uit tropische landen. Vaak gaat het goed, maar soms doen zich toch problemen voor. Je hebt als teler namelijk geen zicht op de groei- en arbeidsomstandigheden in het land van herkomst. Toch kunnen we je wel enkele tips geven als je plantmateriaal wilt importeren.

- Maak eerst voor jezelf duidelijk wat je werkelijk wilt. En stel je op de hoogte van de lokale mogelijkheden en onmogelijkheden.
- Eis dat het toeleverende buitenlandse bedrijf de bedrijfshygiëne op orde heeft en kennis heeft van de aldaar voorkomende ziekten en plagen en mogelijkheden van bestrijding. Het werken met vaste relaties of partners op locatie maakt het stellen van eisen gemakkelijker.
- Houd regelmatig contact. Dat is met de huidige communicatiemiddelen geen probleem. Besef wel dat persoonlijk contact in veel landen meer doet dan honderd telefoontjes.

Nederlandse telers die materiaal importeren van buiten de Europese Unie doen er goed aan zich op de hoogte te stellen van de regelgeving. Houd je aan de Europese

importinspectie

regelgeving. Ongeacht de herkomst is voor transport binnen de EU een plantenpaspoort nodig. Meld de import tijdig (ongeveer een dag voor de aankomst op het bedrijf) bij het locatiekantoor van de PD, waarna *importinspectie* kan plaatsvinden. Pas wanneer de partij door de PD is vrijgegeven, kan deze verdeeld worden en hoeft ze niet meer geïsoleerd te staan van andere partijen. Bij invoer van producten of herkomst uit de EU is de melding niet nodig.

Zorg er verder voor dat de benodigde documenten in het exporterende land volledig zijn ingevuld. Deze papieren zijn noodzakelijk bij het inklaren bij de douane. Het toeleverende bedrijf in het buitenland kan in voorkomende gevallen altijd een beroep doen op de kennis van de diagnostische afdeling van de PD.

Ook aan verpakkingsmateriaal zijn eisen verbonden. Zo moet voor houten pallets uit de Verenigde Staten, Canada, Japan en China aantoonbaar zijn dat ze vrij zijn van het dennenhoutaaltje.

Controle op importmateriaal

Voor de Nederlandse potplantenteelt zijn Costa Rica, Guatemala en Honduras van belang. Er is een grote productie van 'stammen' van Yucca, Dracaena, Cordyline en Beaucarnea. Deze stammen worden geëxporteerd naar Nederland en de Verenigde Staten.

MPS-normen

Telers van deze producten die willen voldoen aan de *MPS-normen* moeten weten waar het uitgangsmateriaal vandaan komt, welke bemesting het heeft gehad en hoe de gewasbescherming is uitgevoerd. Aan een partij importmateriaal hangt meestal geen informatie, hooguit de naam van de farm die het geproduceerd heeft. Maar in genoemde Midden-Amerikaanse landen zijn talloze farms van heel groot tot zeer klein. Daarbij komt dat de handelsstromen kriskras door elkaar lopen. Diverse farms verkopen aan particulieren, collega-telers, importeurs en tussenhandelaren. Het is dan natuurlijk enorm lastig om de herkomst van een product te achterhalen.

Vragen 1.1

- a Noem vier redenen waarom het gewenst kan zijn uitgangsmateriaal te kopen bij een gespecialiseerd bedrijf in plaats van het zelf te produceren.
- b Hoe kunnen selecties van bepaalde cultivars in de praktijk ontstaan?
- c Waarom hebben veel zaadbedrijven hun productie in het buitenland gevestigd?
- d Hoe kan een vermeerderingsbedrijf een partij planten uit zaad uniform maken? Noem drie manieren.
- e Waarom moet je bij het dompelen van bollen en knollen het water in het ontsmettingsbad in beweging houden?
- f Wat is het nut van een warmwaterbehandeling van Hippeastrumbollen?
- g Wanneer is bossigheid bij Zantedeschia's gewenst en wanneer niet?
- h Waarom is stek van ranken van Hederaplanten nooit uniform?
- i Welke problemen hebben MPS-telers met importmateriaal?

1.2 Kosten uitgangsmateriaal

Aan uitgangsmateriaal hangt altijd een prijskaartje of je het nu zelf produceert of dat je het materiaal koopt bij een vermeerderingsbedrijf.

Kosten van eigen vermeerdering

Het maken van eigen uitgangsmateriaal is niet gratis, al lijkt dat vaak wel zo. Bij het vermeerderen van eigen materiaal moet je denken aan de volgende kosten.

- Kosten van de moerplanten. Je kunt hierbij het beste uitgaan van de veilingprijs van de moerplanten. Je moet echter wel bedenken dat je voor de vermeerdering de beste planten moet gebruiken.
- Arbeidskosten voor het maken en steken van stek. Zowel stek snijden of knippen als het stek steken vraagt veel tijd. Omdat arbeid in Nederland erg duur is, wordt stek vaak in eigen overuren gemaakt, wordt gezinsarbeid ingeschakeld of worden scholieren ingezet. Op die manier worden de arbeidskosten van het stek beperkt.
- Kosten van de opkweekruimte. Dat zijn onder meer stookkosten, elektriciteitskosten en kosten van duurzame productiemiddelen. Bovendien had de opkweekruimte ook als productieruimte kunnen dienen. Het ruimtegebruik van de moerplanten hoeft natuurlijk niet in rekening te worden gebracht, omdat je al een prijs voor de moerplanten hebt meegerekend.
- Kosten van uitval. Bij een uitval van 20 procent heb je natuurlijk planningsproblemen (te weinig uitgangsmateriaal voor de teelt), maar het werkt ook kostprijsverhogend voor het overblijvende stek.
- Algemene kosten. De kosten van controle (tijd), opkweekmaterialen (bakjes), substraat en bestrijdingsmiddelen vallen hieronder. De algemene kosten per stek zijn in het algemeen erg laag.

Een berekening

Stel je hebt moerplanten die gemiddeld 5,00 euro waard zijn en elk ongeveer 50 stekken leveren. Stek knippen en steken doe je ongeveer met een gemiddelde snelheid van 30 stekken per minuut. De arbeidskosten stellen we op 25 euro per uur. Bij het ruimtegebruik gaan we uit van 250 stekken per m² en een prijs van 10 euro per maand en een opkweekperiode van 2 maanden. Tot slot gaan we uit van een uitvalspercentage van 10 procent.

De algemene kosten stellen we op 0,5 eurocent per stek.

Met deze gegevens kun je de volgende berekening maken

Kosten van stekmateriaal 50 stekken van 1 plant van 500 eurocent. Dus per stek:	10,0 eurocent
Arbeidskosten: 30 stekken per minuut → 60×30=1800 stekken per uur. Dat is per stek 2500 eurocent/1800 stekken:	1,4 eurocent
Ruimtegebruik: 250 stekken voor 2×10=2000 eurocent. Dus per stek:	8 eurocent
Algemene kosten:	0,5 eurocent
Subtotaal	19,9 eurocent
Kostenverhoging door uitval 10%:	1,9 eurocent
Totale kosten per stek:	21,8 eurocent

Inkoop van plantmateriaal

Veel gebruikelijker dan het zelf produceren is het inkopen van uitgangsmateriaal. Bij de aankoop van plantmateriaal spelen een paar aspecten een rol:

- inkoopprijs;
- leverancier;
- kwaliteit van het uitgangsmateriaal;
- zekerheid van levering;
- kosten van licentie;
- kosten plantenpaspoort.

Fig. 1.5

Uitgangsmateriaal van een goede kwaliteit is de basis van een goede teelt.



Inkoopprijs

Een belangrijk criterium bij de aankoop van plantmateriaal is de inkoopprijs. De verschillen tussen de diverse leveranciers zijn vaak minimaal. Wel kan de prijs flink variëren per stek of zaailing als je kijkt naar de aantallen die je wilt kopen. Hoe groter de aantallen, hoe lager de prijs per eenheid. Soms speelt ook de herkomst van het materiaal een rol in de inkoopprijs van de planten. Steeds vaker komt plantmateriaal, geworteld en ongeworteld stek en zaailingen, uit de tropen. Het is voor de grote multinationale vermeerderingsbedrijven vaak goedkoper om daar te produceren in verband met de veel lagere arbeidskosten. Ook kan de kwaliteit in veel gevallen beter zijn, zeker in de winter, omdat de groeiomstandigheden daar idealer zijn voor de moerplanten en het stek. De concurrentie tussen de leveranciers van plantmateriaal is vaak groot en daar kun je als tuinder, zeker bij voldoende afname, van profiteren. Niet alleen wat betreft de inkoopprijs, maar ook wat betreft de betalingsvoorwaarden.

Leveranciers

Het plantmateriaal kun je vaak bij verschillende leveranciers kopen. Maar betreft het materiaal waarop de leverancier het alleenrecht heeft, omdat hij de veredelaar en de vermeerderaar ervan is, dan kun je natuurlijk alleen bij dat bedrijf kopen. Voor een tuinder kan het voordelen hebben als hij zijn plantmateriaal steeds bij dezelfde leverancier koopt. Als je dit jaarlijks doet, bouw je een relatie op met je leverancier en daar kun je altijd weer je voordeel uit halen. Je bent dan ook bekend met de wijze

van leveren, de correctheid van het afhandelen van de order en met de betalingsmogelijkheden.

Kopen bij meerdere bedrijven heeft ook voordelen. Het geeft risicospreiding en zorgt ervoor dat je de verschillende leveranciers goed met elkaar kunt vergelijken.

Veredelings- en vermeerderingsbedrijven die een nieuw ras op de markt brengen, verkopen zo'n ras vaak in kleinere hoeveelheden en aan een beperkt aantal vertrouwde klanten. Zouden ze het nieuwe ras massaal in de markt zetten, in de verwachting dat er veel belangstelling voor is, dan kan de prijs bij een tegenvallende afzet wel eens flink laag zijn. Tuinders zijn dan ontevreden, omdat zij hun omzet niet halen. En veredelings- en vermeerderingsbedrijven zijn niet blij, omdat het nieuwe ras niet aan de gewenste verwachting voldoet en vervolgvarkopen alleen maar moeilijker worden. Het is beter een nieuw ras langzaam in de markt te zetten, zodat je een goede relatie opbouwt met je afnemers die voor zo'n nieuw ras in aanmerking komen. Leveranciers zorgen meestal ook voor *teeltbegeleiding* en daar kun je natuurlijk je voordeel mee doen.

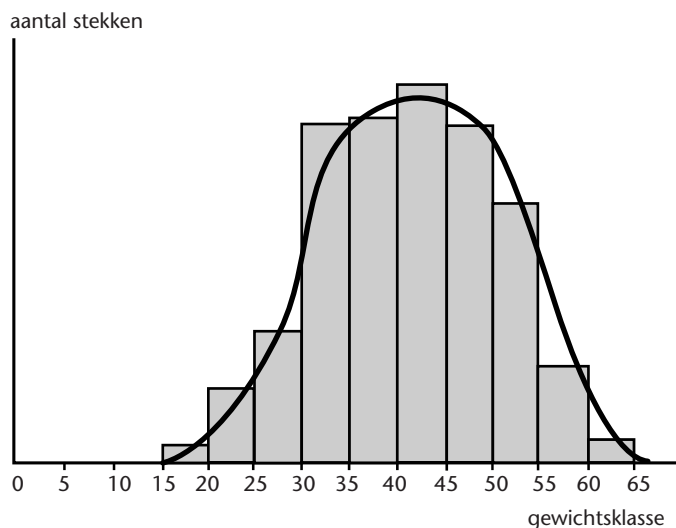
teeltbegeleiding

Kwaliteit van het uitgangsmateriaal

De kwaliteit van het uitgangsmateriaal is voor veel producten afhankelijk van het seizoen en wijze van opkweek. Bovendien moet je er als tuinder op letten dat het uitgangsmateriaal voor jouw teelt niet afkomstig is van een aantal bij elkaar gevoegde partijen. Een belangrijk aspect bij de beoordeling van uitgangsmateriaal is uniformiteit. Het is bekend dat verschillen in grootte tussen stekken en zaailingen tijdens de teelt doorgaans alleen maar groter worden. De grotere stekken en zaailingen hebben tijdens het groeiproces een voordeel ten opzichte van de kleinere. Ze kunnen bijvoorbeeld beter profiteren van het licht en daardoor harder groeien. Uniformiteit van stekmateriaal kun je verkrijgen door *gewichtssortering*. Door elke stek afzonderlijk te wegen krijg je een gewichtsverdeling volgens de bekende Gausskromme (figuur 1.6). Door de lichtste en zwaarste stekken weg te gooien (of als aparte partij op te zetten) krijg je een gelijkmatige uniforme partij.

gewichtssortering

Fig. 1.6
Door elke stek afzonderlijk te wegen krijg je een gewichtsverdeling volgens de bekende Gausskromme.



Zekerheid van levering

Eigenlijk bij alle teelten, maar zeker bij planmatige teelten, is het moment van levering van groot belang. Vaak wordt een leveringsdatum afgesproken. Het is belangrijk dat je het plantmateriaal op die datum ook daadwerkelijk krijgt, omdat je arbeids- en teeltplanning ervan uitgaat dat je dezelfde dag nog kunt planten of oppotten. Als het materiaal nog enige dagen moet wachten voordat het verwerkt kan worden, dan loopt de kwaliteit alleen maar achteruit.

Licentie

Voor alle nieuw ontwikkelde rassen moet je licentie betalen aan de oorspronkelijke winnaar van het ras. Deze licentie komt boven op de prijs van het stek of de zaailing. Licenties lopen per gewas uiteen van enkele tienden eurocenten tot meer dan een euro per m² (zie KWIN).

Als uitgangsregel geldt dat het zelf vermeerderen van materiaal dat je eenmaal met licentie hebt aangekocht alleen is toegestaan als je over het nieuw verkregen plantmateriaal opnieuw licentie betaalt aan de oorspronkelijke winnaar van het ras.

Kosten plantenpaspoort

Voor telers die hun uitgangsmateriaal moeten verantwoorden in verband met de certificering is een plantenpaspoort van groot belang. De kosten hiervan zijn niet gering, zeker als je werkt met grote aantallen planten. In de groenteteelt, bijvoorbeeld bij tomaat en paprika, kost dat al gauw 0,5 eurocent per plantje.

Vragen 1.2

- a Probeer met behulp van de volgende gegevens de kostprijs te bepalen van je eigen stekmateriaal.
- Moerplanten zijn gemiddeld 4,00 euro waard en elke moerplant levert ongeveer 80 stekken.
 - Stek knippen en steken doe je met een gemiddelde snelheid van 50 stekken per minuut. De arbeidskosten stellen we op 20 euro per uur.
 - Bij het ruimtegebruik gaan we uit van 400 stekken per m² en een prijs van 6 euro per maand en een opkweekperiode van 2 maanden.
 - Het uitvalspercentage stellen we op 20 procent.
 - De algemene kosten stellen we op 2,5 eurocent per stek.

- b Neem onderstaande tabel over en maak een vergelijking tussen eigen stekproductie en aankoop van stekken bij een leverancier. Vul de antwoorden in je eigen tabel in.

	Eigen stekproductie	Leverancier van stek
inkoopprijs		
nieuwigheden, nieuwe cultivars		
kwaliteit		
uniformiteit		
leveringszekerheid		
licentie		
uitvalspercentage		
teeltbegeleiding		
betalingsmogelijkheden		

1.3 Planning met behulp van planttijden

Van veel gewassen is bekend dat zij een aantal weken of maanden na het planten geoogst kunnen worden, zoals sla of Kaaps viooltje. Door verschillende planttijden te hanteren kun je de bloei spreiden of je richten op een bepaalde oogstperiode. Bij niet alle gewassen is het mogelijk om jaarrond te planten of te oogsten. Meestal heeft dit te maken met de te lage lichtintensiteit in de winter. Om verschillende planttijden te kunnen hanteren zijn er afhankelijk van het gewas een aantal technieken ontwikkeld om het uitgangsmateriaal op het juiste moment beschikbaar te hebben. De belangrijkste methoden om met planttijden te kunnen schuiven zijn: variëren in zaaitijden, invriezen en temperatuurbehandeling van het plantmateriaal.

Zaaitijden

Door vroeger of later te zaaien zijn planten eerder of later beschikbaar voor het uitplanten in de kas. En door het eerder of later uitplanten in de kas kun je ook eerder of later oogsten.

Je krijgt nu een voorbeeld van plannen met zaaitijden van Cyclamen F1-Hybriden. Cyclamen vermeerder je via zaad. Dit gebeurt op de vermeerderingsbedrijven. Het zaaien zelf levert weinig problemen op, maar goede kieming vereist speciale aandacht. Na ongeveer 4 maanden zijn opotbare planten beschikbaar die je direct in de eindpot kunt zetten.

De planten die je in de herfst oppot voor de voorjaarsbloei zijn vaak iets ouder. Je kunt de planten oppotten in een 9 cm of 11 cm pot. Voor het verkrijgen van een

grotere plantmaat kun je een 12 cm pot gebruiken. Na het oppotten is gedurende de eerste 6-7 weken een temperatuur van ongeveer 18 °C wenselijk voor een goede wortelontwikkeling.

Behalve met de planttijd is soms ook nog enige sturing mogelijk met behulp van de kasttemperatuur. De minimale temperatuur is ongeveer 14 °C. Aan het einde van de teelt mag dit wat lager zijn om een hardere plant te verkrijgen.

In principe is bij cyclamen een jaarrondproductie mogelijk, hoewel de verkoop van bloeiende planten in de zomer niet is aan te bevelen. Afhankelijk van de oppotdatum en de potmaat duurt de teelt van F1-Cyclamen 4-7 maanden. De kortste teeltduur bereik je wanneer je in mei/juni oppot. De bloei valt dan in de periode oktober/november. De langste teeltduur valt wanneer je oppot in oktober/november. De teelt duurt dan tot mei/juni (figuur 1.7).

Fig. 1.7

Door verschillende oppotdata te hanteren kun je Cyclamen zelfs jaarrond telen.

Zaaien	Leveren	Oppotten	Afleveren	Teeltduur
week 42	week 7	half februari	juni	17 weken
week 46	week 11	half maart	juni / juli	15 weken
week 52	week 15	begin april	juli	14 weken
week 01	week 17	eind april	augustus	14 weken
week 03	week 19	begin mei	augustus/ september	16 weken
week 05	week 21	eind mei	september	16 weken
week 07	week 23	begin juni	september/ oktober	17 weken
week 09	week 25	half juni	oktober / november	19 weken
week 11	week 27	eind juni/begin juli	november	19 weken
week 13	week 29	half juli	december / februari	20 weken
week 22	week 38	half september	februari / maart	22 weken
week 26	week 42	half oktober	april / mei	24 weken
week 30	week 46	half november	mei	25 weken
week 35	week 51	half december	mei / juni	23 weken

Invriezen

Om later te kunnen planten worden sommige bolgewassen (tulpen, lelies en een aantal vaste planten als Liatris en Astilbe) ingevroren. Het plantmateriaal wordt dan bijvoorbeeld eerst in plastic zakken met turfmolm verpakt om uitdroging van de bollen te voorkomen. Vervolgens wordt het ingevroren en gedurende een aantal weken of maanden bewaard. Zo kun je bij lelies tot een systeem van jaarrond planten komen. Bij langdurige bewaring kan de takkwaliteit van de lelies teruglopen.

Voor vaste planten geldt: zorg dat de planten zijn voorgekoeld voordat ze bij -2 °C worden bewaard tot de planttijd. Als het plantmateriaal te warm is bij het invriezen bestaat er kans op *broei* vlak voordat de planten bevroren. Vooral planten met relatief weinig 'vlees', zoals Solidago, broeien snel.

Vaste planten die voor bloeiverlating uit ijs worden geplant, moet je voldoende opwarmen voor het planten. Planten die net ontdooid zijn, maken langzamer wortels. Als de plant te koud is als hij wordt geplant, is de bovengrondse groei groter dan de wortelgroei. Omdat wortels bij ijsteelten van levensbelang zijn, moeten ze minimaal gelijke tred houden met het gewas. De plant koel laten ontdooien en daarna enkele dagen opwarmen tot kasttemperatuur is het beste. Let er wel op dat de plant niet verdroogt of verbroeit.

Temperatuurbehandeling

prepareren

Met name bol- en knolgewassen krijgen voor het uitplanten een temperatuurbehandeling. Je spreekt dan van het *prepareren* van de bollen. Zo'n temperatuurbehandeling is noodzakelijk om de planten uit rust te halen of om de bloemknopaanleg te stimuleren. Het prepareren van de bollen wordt meestal uitgevoerd op gespecialiseerde bedrijven die over voldoende klimaatcellen beschikken. In figuur 1.8 zie je het effect van deze behandeling bij enkele gewassen.

Fig. 1.8

De effecten van temperatuurbehandelingen bij enkele belangrijke gewassen

Gewas	Temperatuurbehandeling	Effect
Freesia	ca. 3 maanden 30 °C	doorbreken van de rust
	max. ca. 10 maanden	remmen of koelen
	10 –12 maanden	verpoppen (= ontwikkeling nieuwe knol)
Tulp	ca. 8 weken 20 °C	aanleg bloemknop
	enkele weken 17 °C	tussentemperatuur (= tegen knopverdroging)
	10 - 15 weken 9 °C	strekking van de scheut
Lelie	6 – 8 weken 2 °C	voor rustdoorbreking
	max. ca. 6 maanden – 2 °C	invriezen

Aan de hand van hyacint bekijken we hoe je met een temperatuurbehandeling tot een bepaalde planning kunt komen. Het is theoretisch mogelijk om hyacinten jaarrond te laten bloeien. In de praktijk kies je echter voor een aanvoer in de periode november/april.

De bollen worden gerooid van half juni tot begin juli. Voor de vroegste bloei gebruik je de eerst gerooide bollen die, voorafgaand aan het rooien, ook nog 6 weken lang een bodemtemperatuur hebben gehad van 20-23 °C. De bloemvorming is daardoor al op gang gekomen. Voor het vervroegd in bloei trekken gebruik je bollen met een diameter van 15-19 cm. Voor de vroegste bloei moet je de grootste maten gebruiken. Al naar de gewenste bloeidatum krijgen de bollen na het rooien in de klimaatcel vervolgens een speciale temperatuurbehandeling. In figuur 1.9 is een globaal voorbeeld van planning uitgewerkt. Deze kun je natuurlijk afhankelijk van cultivar en nauwkeurige plantdatumgegevens verder verfijnen. Zo kun je komen tot een planning van het moment van opplanten en bloei. Bij deze preparatie is het wel noodzakelijk regelmatig *stadiumonderzoek* te verrichten. Dat wil zeggen dat je tijdens de bewaring kijkt hoe de bloemknopontwikkeling verloopt.

stadiumonderzoek

Fig. 1.9 *Teeltplanning van de hyacint is mogelijk met preparatietechnieken.*

Voorbehandeling	Tussenbehandeling	Nabehandeling	Opplanten	Bloei in
1 week 30 °C + 2 weken 25,5 °C	20-23 °C totdat de topnagels stadium A1 of A2 hebben bereikt	13 °C tot aan het opplanten	vanaf half september	november/ december
25,5 °C tot half september	- -	17 °C tot aan het opplanten	eerste helft van oktober	januari/ februari
25,5 °C tot 1 november		17 °C tot aan het opplanten (minimaal 4 weken)	eerste helft van december	maart/ april

Vragen 1.3

- a Geef aan of onderstaande beweringen juist zijn.
- 1 Bij veel kortdurende teelten is jaarrond bloei niet mogelijk.
 - 2 Jaarrond bloei bij Cyclamen is niet mogelijk.
 - 3 Bij Cyclamen is de periode van zaaïen tot oppotten altijd ongeveer 4 maanden.
 - 4 De teeltduur van Cyclamen wordt vooral bepaald door de natuurlijke hoeveelheid licht.
 - 5 Leliebollen worden in turfmolm ingevroren om uitlopen mogelijk te maken.
 - 6 Vooral vaste planten met veel 'vlees' kunnen gemakkelijk gaan broeien.
 - 7 Planten die net ontdood zijn, maken snel wortels.
 - 8 Het geven van een temperatuurbehandeling in de klimaatcel bij bollen noem je prepareren.
 - 9 Bij de vroegste bloei van hyacinten moet je de grootste bolmaten gebruiken.
 - 10 Bij stadiumonderzoek kijk je naar de bloemknopontwikkeling boven de bol.

1.4 Planning bij daglengtegevoelige planten

Bij een aantal planten heeft de daglengte invloed op de bloemknopvorming. Planten kun je in drie groepen indelen: kortedagplanten, langedagplanten en dagneutrale planten. Kortedagplanten ontwikkelen de bloemknoppen bij korte dag; dus minder dan 12 uur licht per etmaal. Langedagplanten ontwikkelen bloemknoppen bij lange dag; dus meer dan 12 uur licht per etmaal. Bij dagneutrale planten heeft de daglengte geen invloed op de bloemknopontwikkeling. De roos is misschien wel de bekendste dagneutrale plant. Dit gegeven maakt het plannen met kortedagplanten en langedagplanten goed mogelijk. Je krijgt van beide een voorbeeld.

Kortedagplanten

Met name kortedagplanten worden veel geteeld, omdat ze zo goed te plannen zijn. Na een kortedagbehandeling bloeien de planten allemaal tegelijk. Bekende voorbeelden van kortedagplanten zijn: Kalanchoë, Begonia, Euphorbia (kerstster), Dendranthema (jaarrondchrysant) en Bouvardia. We werken hieronder de Kalanchoë als voorbeeld verder uit, maar voor andere kortedagplanten geldt in principe iets dergelijks.

reactietijd

Kalanchoë is een kortedagplant. Dit betekent dat bloemknoppen worden aangelegd bij een daglengte korter dan 12 uur (generatieve fase). Is de daglengte langer, dan blijft de plant vegetatief. De daglengte in Nederland varieert van 16 uur licht per etmaal in de zomer tot 8 uur licht per etmaal in de winter. Onder natuurlijke omstandigheden vormt een Kalanchoë in de winter dus bloemknoppen en blijft in de zomer vegetatief. Door belichten en verduisteren kun je de daglengte in de kas beïnvloeden en zo Kalanchoës jaarrond in bloei brengen. Het is namelijk zo dat de tijd vanaf het moment van korte dag (door natuurlijke kortedagomstandigheden in Nederland of door verduisteren) tot aan de bloei bekend is. Dit wordt de *reactietijd* van het ras genoemd. Bij Kalanchoë is de reactietijd bovendien enigszins afhankelijk van het seizoen. Als je dus geel bloeiende Kalanchoë op de markt wilt brengen in de week voor Pasen kun je precies uitrekenen wanneer je de planten moet oppotten en wanneer je moet belichten en verduisteren (figuur 1.10).

Fig. 1.10 De planning van een Kalanchoëteelt met als oppotdatum week 1 en oogstdatum week 15 (Pasen)

Weeknummer														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Vegetatieve fase					Generatieve fase = reactietijd									
Lange dag met behulp van belichten					Korte dag door natuurlijk omstandigheden of door verduisteren									

Het plannen van één Kalanchoëteelt is nog goed te overzien. Moeilijker wordt het als je praat over meerdere teelten van verschillende rassen met verschillende seizoensafhankelijke reactietijden, in verschillende afdelingen en in verschillende hoeveelheden. In zo'n geval kun je met een computerprogramma toch komen tot een optimale ruimtebenutting. Een voorbeeld van een teeltplan voor de jaarrondteelt van Kalanchoë vind je in figuur 1.11. Elke partij heeft een eigen volgnummer. Er worden op eindafstand 50 planten per m² geteeld. Het begin van de verduistering valt samen met het uitzetten op de eindafstand en is niet apart aangegeven in de figuur. Na de generatieve fase (reactietijd) volgt één week om de planten te veilen en de nieuwe planten neer te zetten.

Vegetatieve groei - opkweek

	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52
1	6	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
4	8	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
3	5	9	12	15	18	21	24	27	30	33	37	39	41	46	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
2	7	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

week no.

Generatieve groei - afkweek

5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

☆ ☆ veilen
⊗ ⊗ leegloop
[5] volg no. teelt

Fig. 1.11 Teeltplan voor de jaarronde teelt van Kalanchoë. In de afdeling moederplanten is geen planning opgenomen. In de afdeling vegetatieve groei-opkweek vind je de vegetatieve fase die 2-5 weken duurt. In de afdeling generatieve groei-afkweek vind je de planning van de partijen (die genummerd zijn).

Langedagplanten

Langedagplanten gaan bloeien onder invloed van lange dag. Meestal betekent dit meer dan 12 uur licht per etmaal. Bekende langedagplanten zijn Dianthus (anjer), Campanula (ster van Bethlehem), Tanacetum parthenium (matricaria), Pachystachys en veel perkplanten.

Fig. 1.12

Pachystachys is een langedagplant en door middel van belichting vervroegd in bloei te brengen

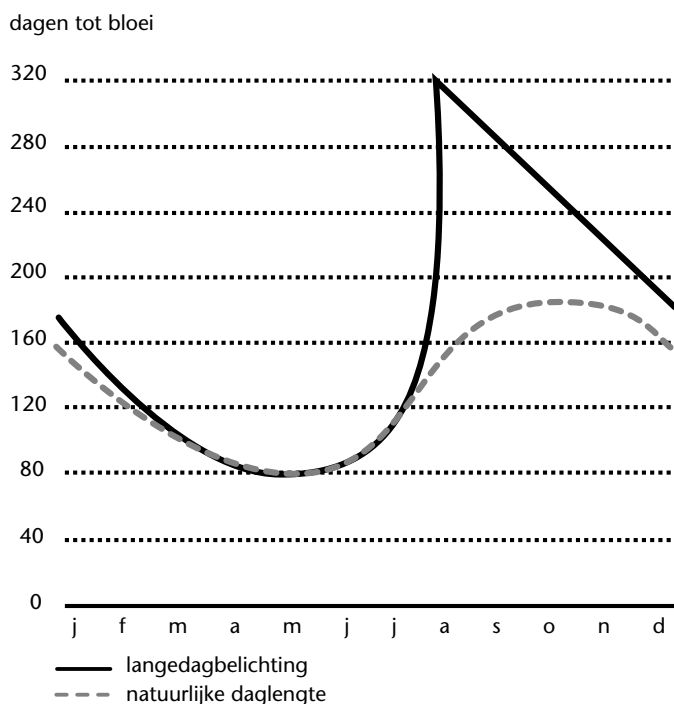


Langedagplanten reageren in het algemeen niet zo uniform als kortedagplanten. Ze zijn dan ook wat lastiger te plannen. Wel is het goed mogelijk om met belichting de bloei in het voorjaar te vervroegen en zo de hoofdproductie uit de zomer weg te houden. Soms is een goede planning wel mogelijk in combinatie met een bepaalde planttijd.

De grote invloed die de natuurlijke daglengte kan hebben op de teeltduur is te zien in figuur 1.13. Er is een duidelijk onderscheid te maken in de teeltduur onder normale omstandigheden en teeltduur bij gebruik van belichting in de vorm van dagverlenging.

Fig. 1.13

De invloed van de
zaaitijd en dus van de
daglengte op de teeltduur
van *Tanacetum*



Vragen 1.4

- Welke drie groepen planten kun je onderscheiden ten aanzien van de daglengtegevoeligheid? Geef van elk een voorbeeld.
- Wat versta je onder de reactietijd van een kortedagplant?
- Wanneer moet je Kalanchoës stekken, oppotten en beginnen met korte dag als je ze op 1 november in bloei wilt hebben (gebruik figuur 1.12)?
- Waarom is de reactietijd van Kalanchoë niet het hele jaar hetzelfde?
- Waarom zijn veel langedagplanten toch niet jaarrond te telen in de kas?

1.5 Planning door groeiregulatie

In een aantal gevallen is het mogelijk de bloei te vervroegen of te verbeteren door inzet van groeiregulatoren. Hierdoor kun je bepaalde gewassen laten bloeien op momenten dat je een hoge prijs verwacht. Je krijgt een paar voorbeelden.

Gebruik van ethyleen bij bromelia's

Om bromelia's optimaal te laten reageren op de bloeibehandeling krijgt de plant twee weken geen voedingsstoffen toegediend. Blijf je namelijk doorgaan met kunstmest geven, dan is de kans groot dat er geen of groene bloeiwijzen ontstaan. De bloeibehandeling bestaat uit het toedienen van water gemengd met acetyleen of uit het toedienen van Ethrel. Dat ook de planning van de bloei niet echt eenvoudig is, maakt de onderstaande beschrijving wel duidelijk.

Acetyleenbehandeling

Voordat je de planten gaat behandelen, is het belangrijk dat je een met water verzadigde acetyleenoplossing maakt. Laat het gas 30 minuten per 100 liter water opborrelen. Gebruik koel water (± 20 °C) in plaats van warm water, omdat het gas in

koel water beter wordt opgenomen. Voer deze behandeling uit in de ochtend, omdat de planten na de behandeling licht nodig hebben en omdat het 's morgens meestal koeler is.

Zorg ervoor dat je de kelk van de bromelia goed vult met de klaargemaakte acetyleenoplossing. Na de behandeling mag je de planten twee dagen geen water geven. Je moet de behandeling uiterlijk een week later herhalen. De plant reageert hierop door het aanmaken van de bloem. Twee weken na de bloeibehandeling kun je weer beginnen met de bemesting van de plant. Het succes van de behandeling is afhankelijk van het bemestingsniveau, de temperatuur en de hoeveelheid licht die de plant krijgt. Soortafhankelijk toont de plant na 8-20 weken zijn prachtige bloeivorm.

Ethrelbehandeling

Indien je de bloei wilt plannen met Ethrel is het belangrijk dat je de juiste concentratie gebruikt. De werkzame stof van de verschillende producten die onder de naam Ethrel Brom of Ethrel F10 in de handel zijn is steeds *Ethefon*. Alleen de concentratie verschilt (figuur 1.14).

Ethefon

Fig. 1.14 Verschillende concentraties van verschillende middelen. g/l staat voor grammen Ethefon per liter; ppm betekent delen per miljoen Ethefon

	Ethefon- concentratie	Guzmania Neoregelia in de zomer	Guzmania 'Empire' Neoregelia in de winter	Achmea 'Morgana' Vriesea 'Splendret' in de zomer	Achmea 'Morgana' Vriesea 'Splendret' in de winter	Tillandsia's in de zomer	Tillandsia's in de winter
Merknaam		300 ppm	400 ppm	500 ppm	800 ppm	1000 ppm	1200 ppm
Ethrel Brom	40 gr/l	7,5 ml/l	10,0 ml/l	12,5 ml/l	20,0 ml/l	25,0 ml/l	30,0 ml/l
Ethrel F10	100 gr/l	3,0 ml/l	4,0 ml/l	5,0 ml/l	8,0 ml/l	10,0 ml/l	12,0 ml/l
Ethefon	240 gr/l	1,4 ml/l	1,7 ml/l	2,1 ml/l	3,3 ml/l	4,2 ml/l	5,0 ml/l
Ethrel A/Creone	480 gr/l	0,6 ml/l	0,8 ml/l	1,0 ml/l	1,7 ml/l	2,1 ml/l	2,5 ml/l

Uit figuur 1.14 blijkt dat je bijvoorbeeld voor Guzmania's en Neoregelia's in de zomer een Ethefonconcentratie moet gebruiken van 7,5 ml Ethefon per liter water. Dat komt overeen met 40 gram Ethrel Brom per liter. Je hoeft Ethrel slechts één keer te geven. Sommige telers spoelen de planten na gebruik van Ethrel om het risico van bladverbranding te voorkomen. Maar dit is niet noodzakelijk. Als je de planten toch afspoelt, gebruik dan zo weinig mogelijk water, omdat de concentratie anders te laag wordt en de planten niet of onvoldoende reageren op de behandeling. Ook hier is het succes van de behandeling afhankelijk van het bemestingsniveau, de temperatuur en de hoeveelheid licht die de plant krijgt. Soortafhankelijk toont de plant na 8-20 weken zijn prachtige bloeivorm.

Gebruik van gibberelline bij Spathiphyllum

Ook gibberelline is een hormoon dat je kunt gebruiken bij de bloeibeïnvloeding en dus bij de planning. De gibberelline-oplossing wordt bovendoor of onderdoor op het gewas gespoten. Maar als zo vaak kleven aan het gebruik van dit middel ook voor- en nadelen.

De voordelen zijn:

- een grotere zekerheid van bloei. De kans op het wegblijven van bloemen bij een deel van de partij neemt sterk af bij het gebruik van dit hormoon.

- een meer gelijktijdige bloei. Bij gebruik van hogere concentraties neemt de teeltduur af met enkele dagen en ook het aantal dagen dat nodig is om de partij in zijn geheel af te leveren vermindert (veilspreiding).
- meer bloemen per plant. Bij gebruik van hogere concentraties neemt het aantal bloemen per plant toe.
- een betere planning. Door de kortere teeltduur en de grotere bloeizekerheid is er beter te plannen.

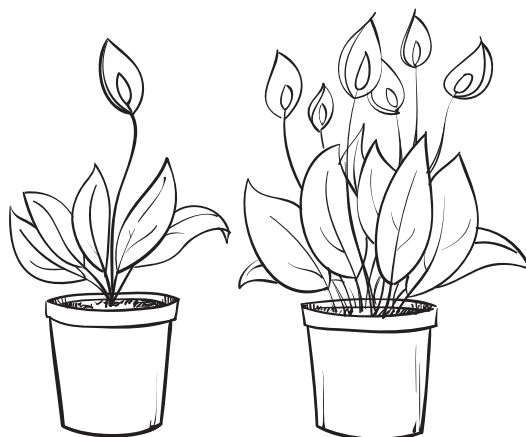
De nadelen kunnen zijn:

- de vorming van kwalitatief mindere bloemen. Dat wil zeggen de vorming van bijbloemen of misvormde bloemen. Dat komt vooral voor bij hogere concentraties en bij bepaalde cultivars.
- een bloeidip na de eerste bloei. Door het gelijktijdig in bloei komen van een groter aantal bloemen duurt het na de eerste bloei altijd even voordat de volgende serie bloemen komt. Dit is overigens vooral een nadeel voor de consument en op langere termijn misschien een nadeel voor het imago van het product.
- langer en smaller blad. Dit is waarschijnlijk te verklaren door de celstrekken werking van dit hormoon.
- een remming van de plantengroei, doordat er energie nodig is voor de extra bloemen.

Bovendien werd vanuit de praktijk aangegeven dat de reactie op het gebruik van gibberelline verschilt per cultivar en per seizoen. Per ras zijn er daarnaast verschillen waargenomen tussen de effectiviteit van onderdoor en bovendoor toedienen.

Fig. 1.15

*Gibberelline is een hormoon dat invloed heeft op de bloeirijkheid van *Spathiphyllum*.*



zonder gibberelline
behandeling

met gibberelline
behandeling

Groeiregulatie bij perkgoed

Bij veel perkplanten bestaat de groeiregulatie voor een groot deel uit het gebruik van remstoffen. Maar er zijn ook andere mogelijkheden om de teelt te sturen. Bij groeiregulatie van perkplanten gaat het niet zozeer om het moment van bloei, maar om de kwaliteit van het eindproduct.

Remstoffen

Remstoffen worden bij perkplanten veel toegepast om de planten gedrongen te houden. In feite zorg je door remstofbespuitingen voor korte internodiën. De remstof die je gebruikt, de concentratie die je toepast en het aantal gewenste bespuitingen per teelt varieert. Bij het gebruik van remstoffen moet je wel oppassen voor bladverbranding, chlorose of sterke na-effecten. Het laatste is vooral nadelig voor de consument, omdat die een perkplant krijgt die niet wil doorgroeien.

Assortiment

Hoe sterk de groei van perkgoed is, hangt in belangrijke mate af van de cultivarkeuze. Er bestaan grote verschillen in strekkingsgroei tussen de diverse cultivars. Bovendien variëren de reacties op de beschikbare remstoffen per cultivar. Door bewust voor compact groeiende cultivars te kiezen, kun je veel remstoffen besparen.

Klimaat

negatieve DIF

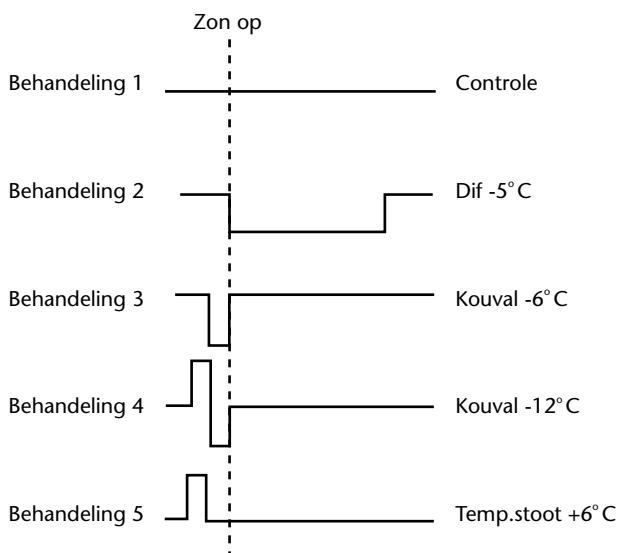
Klimaatfactoren als licht, temperatuur, *negatieve DIF*, *kouval* en luchtvochtigheid kun je inzetten om de groei te sturen. Weinig licht en hoge temperaturen bevorderen de strekkingsgroei. Kouval toepassen in de ochtenduren leidt daarentegen bij veel gewassen tot minder strekkingsgroei, net als een hogere nachttemperatuur ten opzichte van de dagtemperatuur (= negatieve DIF). Hierbij moet je er wel voor zorgen dat de etmaaltemperatuur gelijk blijft, omdat je anders naast de strekkingsgroei ook de ontwikkelingssnelheid van de plant verandert. Kouval pas je in de praktijk toe zodra een negatieve DIF vanwege de oplopende buitentemperaturen praktisch gezien niet meer haalbaar is.

Een andere manier om de groei te beïnvloeden is het sturen van het CO₂-gehalte. Hogere CO₂-concentraties leiden tot een hoger droge stofgehalte en dus een compacter gewas.

Tot slot kun je een te weelderigere groei voorkomen door de relatieve luchtvochtigheid niet te hoog te laten oplopen.

Fig. 1.16

Met negatieve DIF en kouval kun je de groei van perkplanten sturen.



Vochthuishouding

Veel gewassen kun je in toom houden door ze vrij droog te telen. Het is echter wel belangrijk deze strategie niet te ver door te voeren. Pas ook op met de combinatie

van droog telen en een hoge EC. Een hoge EC voelt een plant als fysiologisch droog en beide factoren versterken elkaar daardoor met kans op schade als gevolg. Daarnaast is een hoge EC een risico in de afzetfase. De detaillist kan gemakkelijk de fout maken om planten pas water te geven als ze slap gaan hangen. In combinatie met een hoge EC gaat de kwaliteit van het product dan snel achteruit.

Voeding

Meststoffen toedienen is een manier om de groei te sturen. Naast de EC-waarde is ook de verhouding N:K belangrijk. Een hoog stikstofcijfer leidt tot meer groei, terwijl een hoog kaliumcijfer voor meer stevigheid zorgt. In de praktijk kun je hiermee rekening houden tijdens de keuze van je mengmeststoffen of bij de keuze tussen A- en B-bak. Zorg er wel voor dat beide elementen in verhouding blijven. Enigszins sturen kan, maar overdrijf niet.

Plantdichtheid

De plantdichtheid is niet alleen van invloed op de strekkingsgroei, maar ook op het uiteindelijke financiële resultaat. Hierin moet je een goede balans zoeken. Te veel planten per m² gaat ten koste van de kwaliteit, maar te weinig planten per m² gaat ten koste van de opbrengst. Als je het perkgoed tijdens de teelt nog een keer wijder zet, doe dit dan op tijd. Je moet het gewas niet onnodig lang te dicht laten staan, want dat leidt tot het rekken van het gewas.

Daglengte

Bij daglengtegevoelige gewassen kun je de knopvorming sturen door middel van korte of lange dag. Daardoor stuur je ook indirect de groei. Wanneer de groei achterwege blijft en bloei nog niet gewenst is, kun je vegetatief sturen. Het omgekeerde krijg je door generatief te sturen. Bij de meeste perkplanten betekent generatief sturen het geven van lange dag.

Groeiregulatie bij tomaat

Bij de teelt van tomaten uit geënte planten is het mogelijk enige sturing te geven aan vroegheid, kwaliteit en kwantiteit van de productie. Tijdens en na de start van de teelt is het van belang generatief te sturen, bijvoorbeeld door een flink verschil aan te houden tussen dag- en nachttemperatuur. In het najaar zijn de nachten vaak warm, waardoor meer vegetatieve groei ontstaat. Zorg in dat geval voor zo veel mogelijk generatieve maatregelen zoals blad verwijderen bij de tros; verschil tussen dag- en nachttemperatuur zo groot mogelijk houden, voldoende blad onderin weghalen, een niet te lage EC in de mat hanteren en een voldoende kaliumniveau handhaven.

Je kunt bij de teelt met geënte planten vier methoden onderscheiden.

- Bij de eerste methode komen de geënte planten en de niet getopte planten op de gebruikelijke afstand van 50-55 cm te staan. De productie begint dan iets eerder en de extra kosten van plantmateriaal - in vergelijking met de andere methoden - verdienen je terug door de steenwolmatten een jaar langer te gebruiken.
- Bij de tweede methode houd je een ruimere plantafstand aan van 75-80 cm. Afhankelijk van het planttijdstip wordt de plant dan bij tros 1 tot tros 3 of 4 gesplitst naar de eindafstand van 37,5 of 40 cm. Dit levert een mooie stengelverdeling op, maar er ontstaat wel vroeg in het seizoen een dicht gewas.

- De derde methode is enten en toppen op de zaadlobben. Deze methode wordt vaak toegepast bij cocktail- en cherrytomaten. Dergelijke planten zijn beter beheersbaar in de zomer. Belangrijk bij deze methode is dat er twee voldoende sterke scheuten ontstaan. Hoe meer licht, hoe gemakkelijker dat gaat. Een aantal telers probeert sterke scheuten te krijgen door rustig telen en veel belichten. Getopte planten zijn wat betreft het ontstaan van scheuten 14 dagen trager dan planten die zelf scheuten produceren. Ook de arbeidspiek is groter, omdat je direct in het begin meer stengels moet vastzetten en indraaien.
- De vierde methode is enten en toppen op het tweede blad. Dan heeft de plant meer blad om de scheuten groot te brengen. Bij deze methode ontstaan wel snel verschillen doordat de bovenste scheut zich vaak iets sterker ontwikkelt. Bovendien ontstaan er trossen van verschillende hoogten. Dergelijke planten hebben bij het opkweekbedrijf dan ook ruimer moeten staan. Door in het begin van de teelt een iets ruimere plantafstand aan te houden, neemt het trossengewicht ietwat toe.

Vragen 1.5

- a Welke drie omstandigheden stimuleren in hoge mate het succes van een bloeibehandeling bij bromelia's?
- b Welke concentratie Ethrel Brom moet je in de winter gebruiken voor Achmea 'Morgana'?
- c Waarom is die concentratie hoger dan in de zomer?
- d Waarom wordt na een Ethrelbehandeling het gewas soms afgespoeld? Wat is het gevaar?
- e Welk verband zou je kunnen leggen tussen meer gelijktijdige bloei en bloeidip na de eerste bloei bij Spathiphyllum?
- f Welke van onderstaande beweringen zijn juist?
 - 1 Door de celstrekking hebben Spathiphyllumplanten na een behandeling met gibberelline smaller blad.
 - 2 Bij negatieve DIF is de nachttemperatuur hoger dan de dagtemperatuur.
 - 3 Kouval kun je slechts een kortere periode in het jaar toepassen.
 - 4 Bij negatieve DIF moet je zorgen voor een gelijkblijvende dagtemperatuur.
 - 5 Droog houden tijdens de teelt en de EC verlagen gaat goed samen.
 - 6 Opvoeren van de plantdichtheid bij perkplanten leidt tot strekkingsgroei.
 - 7 Verlagen van de plantdichtheid bevordert de ontwikkeling van een perkplant.

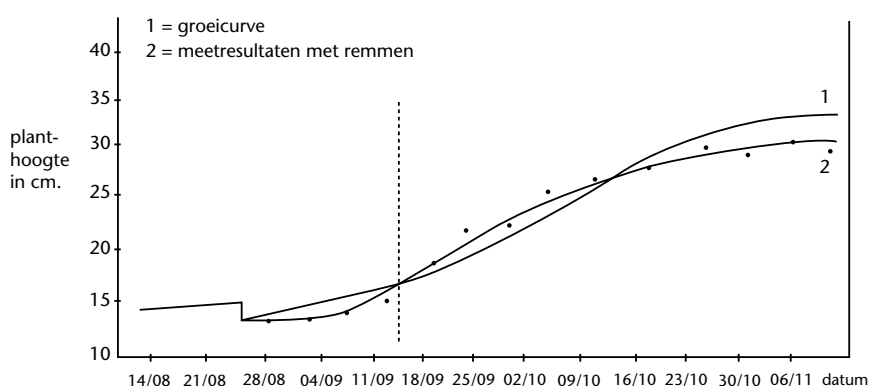
1.6 Registeren van teeltgegevens

Plannen doe je vóór een teelt. Je schat dan hoelang een teelt gaat duren. Maar ook tijdens een teelt plan je. Je moet tijdig kunnen aangeven hoeveel product (tomaten, paprika) je de komende week gaat aanvoeren. Je kunt echter ook dagelijks of wekelijks de teelt aanpassen en plannen. Een gebruikelijke methode hiervoor is graphical tracking. Een stap verder gaat het MSR-systeem. Beide komen hier aan de orde.

Graphical tracking

Een methode om de groei van de plant te volgen is graphical tracking. Deze methode kan behulpzaam zijn bij het nemen van beslissingen om de groei te reguleren. Bij graphical tracking wordt aan het begin van de teelt, afhankelijk van het gewenste eindproduct en de afleverdatum, een groeilijn berekend voor de ideale groei van het gewas. Deze groeilijn wordt uitgezet in een grafiek. Iedere week wordt vervolgens de lengte van tien planten uit de partij bepaald en uitgezet in dezelfde grafiek. Als de gemeten plantlengte onder die van de groeilijn ligt, moet je maatregelen nemen om de lengtegroei te bevorderen. Als de gemeten plantlengte van de partij boven de groeilijn ligt, moet je de groei remmen.

Fig. 1.17
De ideale groeilijn voor het gewas (1) en meetresultaten uit de praktijk (2) maken het sturen van het groeiproces inzichtelijk.



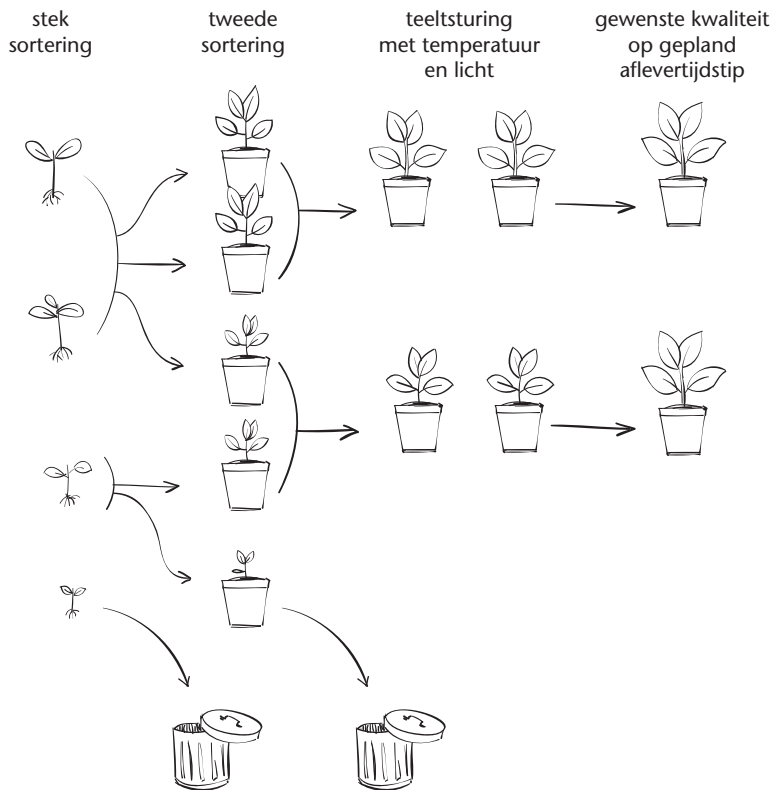
MSR-systeem

Door planmatig te telen kun je een vooraf vastgesteld kwaliteitsdoel bereiken. Je stuurt de teelt op basis van een bepaalde strategie. Hierbij is het gebruik van een computer onontbeerlijk. Een goed bruikbaar systeem is het meet-, sorteer- en regelsysteem (MSR). Het zwaartepunt van dit systeem ligt bij het sturen van het product naar het gewenste einddoel. Variatie in een partij is op te heffen door in een vroeg stadium planten te scheiden en deze vervolgens per partij met een aangepaste strategie naar hetzelfde einddoel te sturen. Sleutelwoorden bij MSR zijn uniformiteit, kwaliteit en aflevertijd.

Hoe werkt het systeem in de praktijk? Opgepote planten gaan eerst langs de camera. Deze legt de beginsituatie van de planten vast: hoogte, breedte, bladoppervlakte zij aanzicht en bladoppervlakte bovenaanzicht. De eindsituatie en de kwaliteit zijn door de teler gedefinieerd. Door de analyse van deze gegevens kiest het MSR-systeem een strategie om het gewenste einddoel te bereiken. Minstens één tussenmeting is van essentieel belang, verder is de noodzaak van meten en sorteren beperkt. Als het nodig is worden in een vroeg stadium partijen gesorteerd. Daarna volgen voor de verschillende sortering aparte teeltrecepten, waardoor toch weer een uniforme partij ontstaat (figuur 1.18).

Fig. 1.18

Het MSR-systeem meet, sorteert en stuurt de teelt om het gewenste doel te bereiken.



Om te weten bij welke gemeten waarden je de partij moet scheiden, wordt eerst een steekproef genomen. Hieruit bepaalt het systeem de variatie, de gemiddelde waarde en het aantal partijen dat wenselijk is. Het maximale aantal partijen stelt de teler zelf in. Door de geadviseerde strategieën te volgen haal je het gewenste einddoel. Een strategie kan zijn het aanhouden van een bepaald temperatuur- en lichtniveau. Dit laatste kan vertaald zijn naar een bepaalde plantafstand. Temperatuur en licht zijn tenslotte de factoren die het meeste effect hebben op de groei. Maar je kunt bij teeltsturing ook denken aan het wel of niet gebruiken van remstoffen, het wel of niet toepassen van DIF of het nat of droog telen om de groei te stimuleren of te remmen.

Er zijn drie redenen waarom planmatig telen in de toekomst belangrijk zal worden:

- de handel (en met name de grootwinkelbedrijven) zullen steeds meer vragen om zekerheid van afleveren en kwaliteit;
- planmatig telen is in het belang van de interne bedrijfsvoering;
- planmatig telen leidt tot het efficiënt inzetten van productiefactoren.

Vragen 1.6

- Op welk principe is graphical tracking gebaseerd?
- Hoe zou je groeiafwijkingen naar boven (te snelle groei) kunnen bijsturen?
- Hoe zou je afwijkingen naar beneden (te trage groei) kunnen bijsturen?
- Waar staan de letters MSR voor?
- Wat zijn de drie sleutelwoorden bij MSR?

1.7 Afsluiting

Als je een nieuwe teelt start, is het van groot belang dat het uitgangsmateriaal goed is. De kwaliteit van uitgangsmateriaal kun je uitwendig en inwendig beoordelen.

Uitgangsmateriaal voor een kasteelt kan afkomstig zijn van:

- de eigen kwekerij en van eigen moerplanten;
- opkweekbedrijven;
- bollenteeltbedrijven;
- stekbedrijven;
- importbedrijven.

Voor een goed resultaat is het van belang dat een teelt op de juiste wijze gepland wordt. Hoe je een teelt moet plannen is afhankelijk van het gewas. Bij kortdurende teelten kun je vaak plannen met behulp van planttijden. Het hanteren van verschillende zaaitijden leidt vanzelf tot verschillende oogsttijden. Door invriezen van het plantmateriaal kun je het planten verlaten. En door een temperatuurbehandeling bij veel bolgewassen kun je de oogst flink vervroegen.

Bij daglengtegevoelige planten kun je het moment van oogsten bepalen door op de juiste wijze te verduisteren of te belichten.

Bij een aantal gewassen kun je groeiregulatoren gebruiken om de bloei te verbeteren en te vervroegen. De laatste stap in de ontwikkeling van het plannen is graphical tracking. Daarbij wordt het groeiproces van week tot week gevolgd en op basis van de meetgegevens wordt er in het groeiproces ingegrepen.

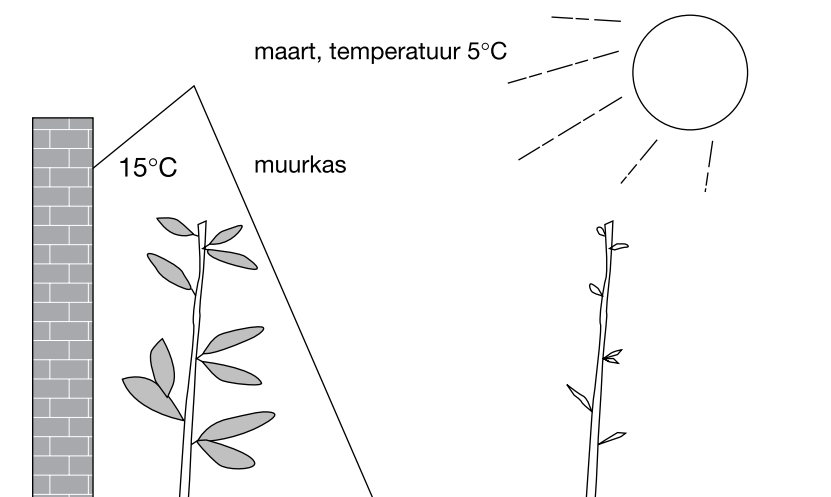
2 Bescherming van de planten

Oriëntatie

In Nederland is het seizoen voor teelten in de volle grond kort. In het voorjaar, het najaar en de winter is er te weinig licht en de temperatuur is te laag voor een goede groei. Toch slagen tuinders er al meer dan honderd jaar in het groeiseizoen te verlengen. Hierdoor kunnen ze tuinbouwproducten over een langere tijd verkopen, zodat hun inkomen hoger is en meer gespreid is over het jaar. Door de gewassen te beschermen met folie of glas wordt vooral de kou buiten gehouden. Het binnenvallende zonlicht wordt in warmte omgezet, zodat de temperatuur over een langere tijd op een hoger peil blijft. Het groeiseizoen wordt daardoor langer. In figuur 2.1 kun je dit principe zien aan de hand van de muurkas. Door kassen te verwarmen met kachels kun je het groeiseizoen nog langer maken.

Fig. 2.1

De voorloper van de huidige kassen was de muurkas. Bij kastelen en kloosters werden vroeger kassen gebouwd tegen zuidmuren. In het late voorjaar groeiden de gewassen in de kassen veel sneller dan buiten.



Met telen onder glas kun je de factor 'temperatuur' redelijk beheersen. Maar de factor licht blijft in Nederland altijd een probleem. In de winter is er gewoon te weinig licht om gewassen goed te laten groeien. Verlichten met lampen is duur en levert niet bij alle teelten rendement op. Daarom is geprobeerd de kassen steeds lichter te maken. De oudere kassen hadden veel schaduwgevende delen die licht tegenhielden. Moderne kassen zijn veel lichter.

De grote kassen zijn echter niet de enige beschermingsvormen. In dit hoofdstuk worden zes soorten beschermingsvormen behandeld aan de hand van praktijkvoorbeelden.

2.1 Verschillende tunnels en kassen

Je hebt meerdere mogelijkheden om een teelt tegen weersinvloeden te beschermen. Deze variëren van een lage tunnel tot een breedkapperkas. De keuze van de beschermingsvorm is afhankelijk van de teelt, de teeltomstandigheden en de financiële mogelijkheden van de tuinder. Kwekers kunnen kiezen uit de volgende mogelijkheden:

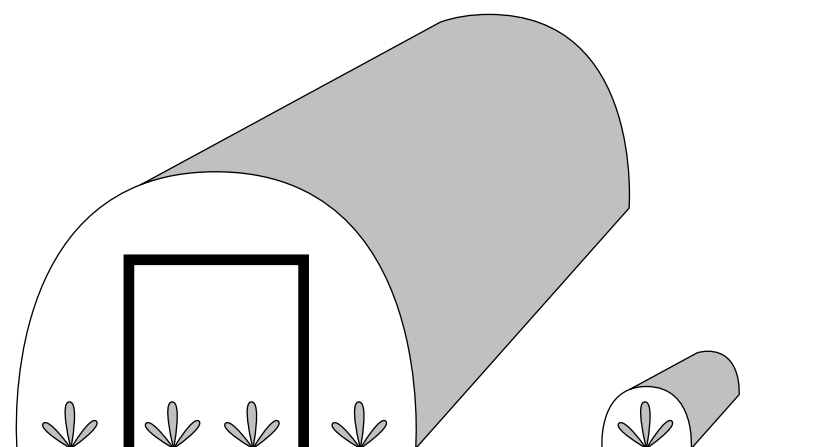
- lage tunnel;
- hoge tunnel;
- foliekas;
- rolkas;
- Venlokas;
- breedkapper.

Lage tunnel

Dit type tunnel wordt vaak gebruikt om de oogst in het voorjaar te vervroegen of in het najaar te verlaten. Boomkwekers gebruiken de lage tunnel om vorstschade aan hun gewas te voorkomen. Deze tunnels worden gebouwd met slagvaste pvc-buizen van 210 cm lang. De buizen worden om de 2,5-3 meter als bogen in de grond gestoken. Over deze bogen wordt vervolgens folie zeer strak gespannen om stormschade te voorkomen. Als je maar zelden in de tunnel hoeft te zijn, breng je aan de randen van de folie zand aan. Moet je echter regelmatig in de tunnels zijn om te werken of te luchten, dan wordt de folie met touw op de bogen gehouden. In de pvc-buizen worden gaatjes geboord waar spijkers doorheen gaan. Deze spijkers gebruik je om het touw vast te zetten. Met deze manier van bouwen kun je het plastic omhoog of omlaag schuiven. Bij zeer zware wind moet je echter nog zandzakken gebruiken om stormschade te voorkomen.

Fig. 2.2

Om in een lage tunnel te kunnen werken, moet je de folie verwijderen of omhoog schuiven. In een hoge tunnel is dit niet nodig. Boomkwekerijgewassen passen wel in een hoge tunnel, maar vaak niet in een lage.



Hoge tunnel

De hoge tunnel is meestal een tunnel die permanent op dezelfde plaats blijft staan en is doorgaans gebouwd van veel duurzamere materialen. De bogen zijn meestal van gegalvaniseerd ijzer en de folie is duurzaam. In sommige gevallen zijn de bogen vervangen door een ventilator die ervoor zorgt dat de folie als een tunnel overeind

blaastunnel blijft staan. Dit noemt je een *blaastunnel*. Het onderhoud aan tunnels bestaat meestal uit het om de vijf jaar vervangen van de folie. Als je dit werk uitvoert op een warme windstille dag in de zomer dan komt je folie mooi strak te liggen als het kouder wordt. Als het te hard waait, is het bijna onmogelijk om het plastic op de bogen te krijgen. Hoge tunnels zijn duurder dan lage tunnels, maar ze hebben als voordeel dat je er gemakkelijk in kunt werken en dat je meer vervroeging of verlating van je productie kunt realiseren. Bovendien zijn de kosten voor overwintering lager dan in een kas. Op sommige bedrijven zijn dit soort tunnels verrolbaar gemaakt, zodat je ze in een seizoen bij meerdere gewassen kunt gebruiken.

Foliekas

Foliekassen zijn eigenlijk aan elkaar gekoppelde tunnels. Ze zijn goedkoper te bouwen dan losse tunnels of een glazen kas. Een foliekas heeft drie voordelen ten opzichte van hoge tunnels.

- Bij een tunnel ben je gebonden aan bepaalde breedtematen. Een foliekas kun je bouwen in elke gewenste oppervlakte.
- Bij een groot teeltoppervlak moet de tuinder meerdere tunnels naast elkaar bouwen, terwijl er maar één foliekas nodig is. Dat levert ruimte op. Bij losse tunnels heb je immers ruimte nodig tussen de tunnels.
- In een foliekas is het klimaat in het algemeen beter te regelen dan in een tunnel, omdat je bij de meeste foliekassen het dak volledig kunt openen.

Soms worden foliekassen gebouwd met dubbele folie. Met een ventilator breng je lucht tussen de lagen folie. Als je deze foliekassen gaat verwarmen, heeft deze luchtlag een isolerend effect.

Rolkas

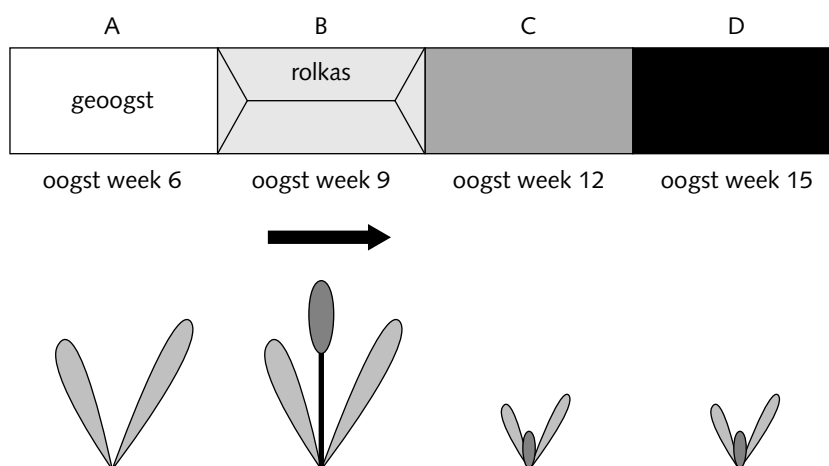
Er zijn gewassen die zich slecht ontwikkelen in een kas. Dit is het geval met bepaalde bolbloemen en vaste planten. Deze planten hebben een bepaalde hoeveelheid koude nodig om een goede bloem te ontwikkelen. In dit geval is de rolkas een goede oplossing.

Een rolkas is een rechthoekige constructie van staal, aluminium en glas die je verplaatst over een rail die op het perceel ligt. In figuur 2.3 kun je zien hoe je een rolkas kunt gebruiken. De teler verdeelt een perceel in vier stukken. Hij plant de bollen of vaste planten. De rolkas komt eerst boven perceel A te staan. Door de bescherming wordt het gewas op perceel A eerder in bloei getrokken. Nadat perceel A is geoogst, wordt de rolkas verplaatst naar perceel B, dat vervolgens in bloei getrokken wordt. Zo krijgt de teler een ideale spreiding van zijn productaanbod. Het geoogste product is vroeger en heeft een betere kwaliteit. Met een kleine oppervlakte kas kun je een groot stuk teeltoppervlak vervroegen of verlaten. Rolkassen kun je zo nodig verwarmen.

Fig. 2.3

Dit stuk grond is verdeeld in vier stukken. Door het verplaatsen van de rolkas kan een tuinder het buitengewas vervroegen.

Na de oogst kan hij er weer een nieuw gewas planten.



Venlokas

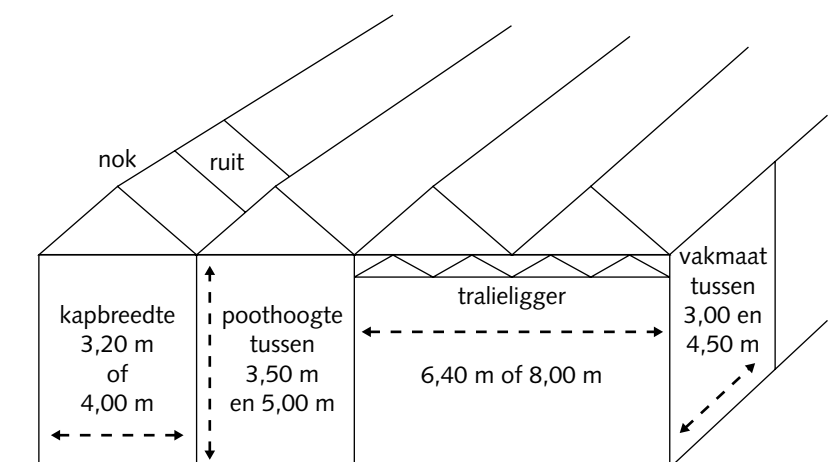
tralieligger

Het meest gebouwde kastype is de Venlokas ook wel het Venlowarenhuis genoemd. De onderbouw bestaat uit kaspoten waarop horizontaal liggers en dragende goten zijn gemonteerd. De liggers hebben soms de vorm van een tralieligger. Je noemt dit een *tralieligger*. Op de onderbouw komt het dek te liggen. Het dek bestaat uit de roeden, het glas en de nok. De kapbreedte was vroeger standaard 3,20 m en de afstand tussen de kaspoten, evenwijdig aan de goot, 3,00 m.

Traditioneel stond dus bij de Venlokas onder iedere goot een rij kaspoten. Dit beperkte de teelt- en werkruimte. Tegenwoordig is deze constructie daarom vervangen door een geraamte waarbij om de goot een rij kaspoten staat. Een (tralie)ligger draagt de tussenliggende goot. Hierdoor komt de helft van de kaspoten te vervallen (zie figuur 2.4). De overspanning wordt daardoor vergroot tot 6,40 m. Door deze wijziging ontstaat er meer teelt- en werkruimte. Bovendien valt er meer licht op de planten door het kleinere aantal onderscheppende kaspoten.

Fig. 2.4

In de loop van de tijd zijn de kapbreedte, vakmaten en poothoogte van de Venlokas groter geworden. Dit komt vooral door de invoering van de tralieligger, zodat er minder kaspoten nodig zijn voor het dragen van de kas.

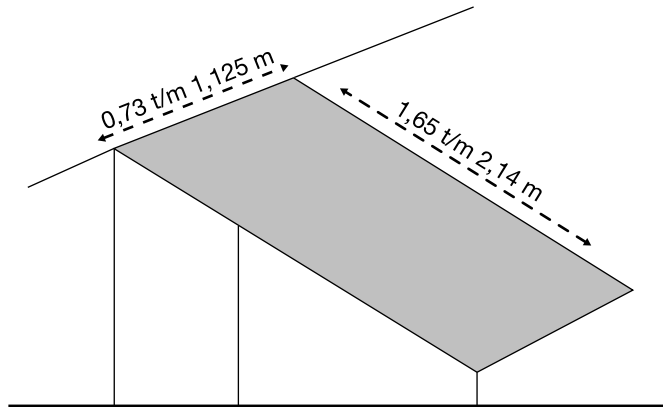


Deze ontwikkeling heeft zich, dankzij zwaardere constructies, verder doorgezet. Momenteel worden zelfs Venlokassen gebouwd met overspanningen tot en met

vakmaat 12,80 m. Ook de afstand tussen de kaspoten, ofwel de *vakmaat*, is in de loop der jaren steeds verder vergroot. Sinds de invoering van glas met een breedte van 1 m en meer is de *vakmaat* 4 of 4,50 m geworden. De traditionele standaardruit in het Venlodek van 0,73 m breed en 1,65 m lang is niet meer gewenst. Ook de ruiten van de Venlokas hebben nu grotere afmetingen. Er zijn dan minder roeden nodig in het dek, waardoor je minder schaduw in de kas hebt.

Fig. 2.5

De traditionele glasmaat van 0,73 bij 1,65 m is gegaan naar 1,125 bij 2,14 m. Hierdoor zijn er minder roeden nodig en dat geeft minder schaduw.



Tegenwoordig wordt hoofdzakelijk glas gebruikt met een breedte van ongeveer 1 m of, en dat is de meest gebruikte maat, 1,125 m. De lengte is vergroot naar 2,08 of 2,14 m bij een 4-meter-kap. Ook de goothoogte is in de loop van de tijd aangepast. Venlokassen hebben nu standaard een poothoogte van 3,50 tot 5,50 m.

De tuinder heeft nu veel keus bij het zoeken naar het geschikte model Venlokas. Mogelijkheden zijn:

- 6,40 m tralieligger met twee kappen van 3,20 m;
- 8 m tralieligger met twee kappen van 4 m;
- 9,60 m tralieligger met twee kappen van 4,80 m;
- 12 m tralieligger met drie kappen van 4 m;
- 12,80 m tralieligger met drie kappen van 4,27 m;
- 12,80 m tralieligger met vier kappen van 3,20 m.

De Venlokas is steeds gemoderniseerd. Nieuwe materialen hebben het mogelijk gemaakt om de kas sterker, ruimer en lichter te maken. Een paar speciale uitvoeringen van de Venlokas zijn:

- de kasschuur;
- de schuurkas;
- de cabrioletkas.

Kasschuur

De goedkope manier van bouwen van een Venlokas wordt ook vaak toegepast voor het bouwen van schuur- of verwerkingsruimte. Het dak en een gedeelte van de wanden bedek je dan met sandwichplaten om licht en temperatuur zo optimaal mogelijk te maken. Voor de bollenteelt dek je de kasschuur met glas, zodat je in deze ruimte ook nog kunt broeien. Een nadeel van de kasschuur vormen de staanders in de ruimte.

Schuurkas

De schuurkas heeft dezelfde constructie maar nu is het geraamte zo gemaakt dat er geen poten in de werkruimte staan. Deze manier van bouwen is duurder, omdat een zwaardere constructie nodig is die speciaal gemaakt moet worden.

Cabrioletkas

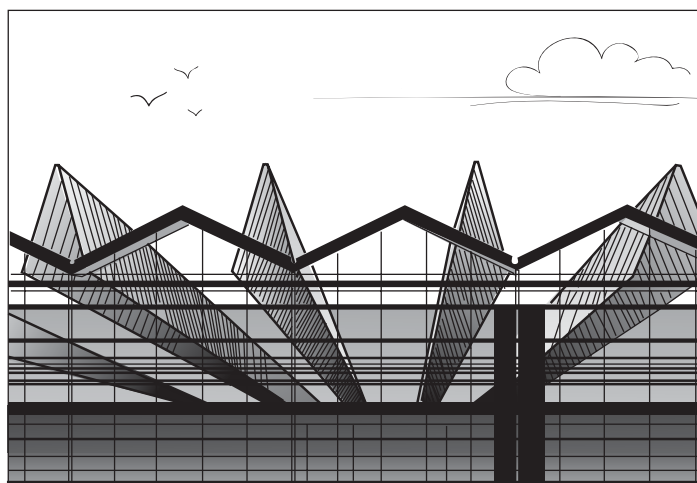
De cabrioletkas is eigenlijk een Venlowarenhuis waarvan je het dek volledig kunt openen. Dit type wordt ook wel *opentop-kas* genoemd. De kas is vooral populair bij kwekers die hun gewas willen afharderen aan het eind van de teelt zoals boomtelers of plantenkwekers. Met de cabrioletkas is het mogelijk om bijna volledig te luchten. Tegelijk kun je een scherm of zelfs assimilatielampen ophangen. Belangrijk bij deze kassen is de snelheid waarmee je het dek kunt sluiten bij regen of storm.

Er zijn grofweg drie type cabrioletkassen:

- folie op rol;
- harmonicadak;
- scharnier op gootrand.

Fig. 2.6

Doordat het dak van de kas geheel open kan, combineer je het telen in een kas met het telen buiten.



Bij folie op rol hangt onder de nok of in de goot een rol met folie. Die rol kan zeer snel worden uitgerold of weer worden ingerold. Het grote voordeel van dit type cabrioletkas is het ontbreken van staande wanden tijdens het luchten. De kosten zijn gelijk aan die van de normale kas.

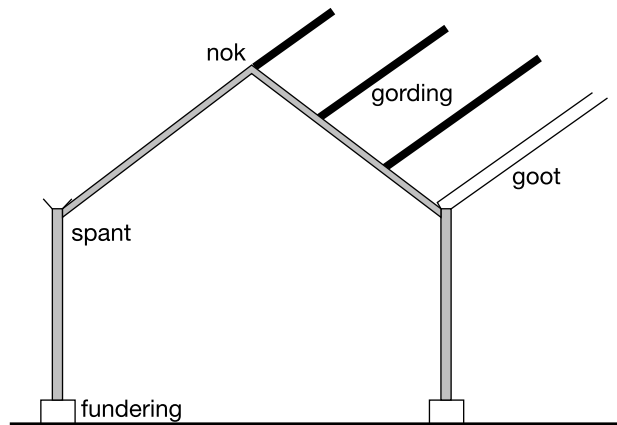
Bij het harmonicadak zijn beide kanten van het dak in de nok aan elkaar bevestigd met een scharnier. Ze scharnieren ook bij een van de goten. Tijdens het luchten schuiven beide kanten van het kasdek naar die goot. Deze constructie is erg stevig, maar onderschept wel meer licht. De kosten zijn 80-100 procent hoger dan bij een normale kas.

Bij scharnier op gootrand is het kasdek door een scharnier bevestigd aan de goot. De kas klapt open bij de nok en de ramen komen bijna recht boven de goot. Er zijn systemen te koop waarbij je de twee verschillende dekhelften afzonderlijk kunt bedienen. Hiermee kun je inregenen voorkomen. Dit type is ongeveer 20-50 procent duurder dan de normale kas.

Breedkapper

De constructie van een breedkapper bestaat gewoonlijk uit een geraamte van stalen spanten waarop gordingen zijn bevestigd. Tezamen met de goot dragen deze gordingen de glasroeden en het glas (zie figuur 2.7). In tegenstelling tot de Venlokas heeft de breedkapper meerdere ruiten tussen de goot en de nok. De goten en gordingen zijn gemaakt van staal of aluminium, de glasroeden hoofdzakelijk van aluminium. Hoewel met name in het Aalsmeerse glastuinbouwgebied veel maatwerk voorkomt, is de overspanning van spanten-/kapbreedte gestandaardiseerd op 6,40, 8, 9,60 en 12,80 m. Tegenwoordig is ook bij de breedkapper het gebruik van glas breder dan 1 m standaard geworden.

Fig. 2.7
Het geraamte van een breedkapper bestaat uit spanten, goten en gordingen.

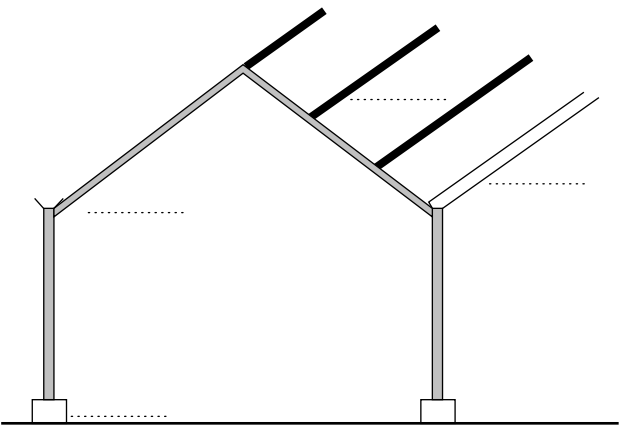


Ten opzichte van een Venlokas heeft een breedkapper bij gelijke kaspoothoogte een grotere luchtinhoud. Dit kan klimatologische voordelen opleveren. Ook de specifieke doorlopende nokluchting kan bij de keuze voor dit kastype een belangrijke rol spelen.

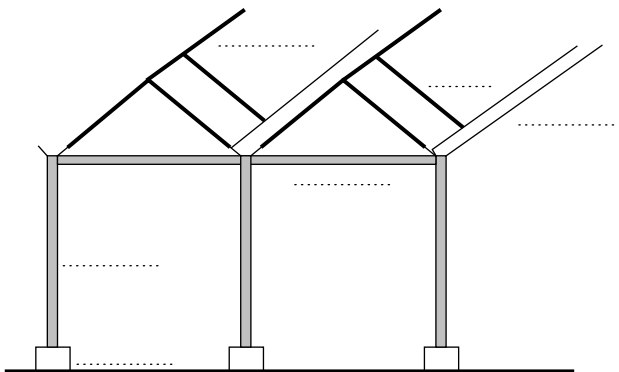
Vragen 2.1

- a Als je in de praktijk over kassen praat, moet je de verschillende onderdelen van de kas kunnen benoemen. Neem figuur 2.8 over en noteer de juiste namen bij de onderdelen van de breedkapper en de Venlokas.

Fig. 2.8
Onderdelen van de
breedkapper en een
Venlokas



Kastype:



Kastype:

- b In de volgende tabel worden onderdelen van het geraamte van de kas genoemd. Onder de tabel staan functies/eigenschappen van kasonderdelen. Neem de tabel over en noteer achter elk onderdeel de passende functie/eigenschap. Bij elk onderdeel kunnen meer omschrijvingen passen.

Onderdeel	Functies/eigenschappen
kaspoot	
tralieligger	
goot	
spant	
gording	

Functies/eigenschappen:

- draagt het dek;
- draagt de gordingen;
- draagt de goten;
- de verbinding tussen twee kaspoten;
- bestaat uit twee kaspoten en twee schuine liggers;
- draagt een tussenliggende goot;
- verbindt de spanten met elkaar;
- de verbinding tussen twee kaspoten.

- c Zijn de volgende beweringen over de breedkapper en Venlokas waar of niet waar?
- 1 De vakmaat is de afstand tussen twee kaspoten in de lengte van de goot.
 - 2 Bij een Venlokas is traditioneel de kapbreedte 3,20 m en de vakmaat 3 m.
 - 3 Bij een Venlokas liggen tussen goot en nok meerdere ruiten.
 - 4 Bij een breedkapper van 6,40 m en een Venlokas met een tralieligger van 6,40 m met even lange kaspoten liggen de nokken op dezelfde hoogte.
 - 5 Tussen goot en nok bevinden zich roeden waarop het glas rust.
 - 6 De traditionele standaardruit in het Venlodek is 1 m breed.
 - 7 Een spant bestaat uit twee kaspoten met daartussen twee gordingen die samenkomen in een nok.
 - 8 Bij een Venlokas draagt een tralieligger van 6,40 m twee tussenliggende goten.
- d Waarom zijn nieuwe kassen veel lichter dan oudere kassen?

2.2 Bouw van de kas

Je weet nu hoe een breedkapper en een Venlokas in elkaar zitten. Ook heb je de onderdelen van het geraamte van beide kastypen leren kennen. In deze paragraaf leer je hoe een kas gebouwd wordt. Hierdoor begrijp je beter hoe je een kas moet onderhouden.

Bij het bouwen van een kas heb je een programma van eisen waarin de volgende aspecten een rol kunnen spelen:

- de eisen die het geteelde gewas aan de kas stelt;
- de plaats waar de kas moet komen;
- de aan- en afvoerwegen, de plaats van de bedrijfsruimte en het ketelhuis en het interne transport;
- de verwarmingssystemen;
- de mogelijkheden van energiebesparing;
- de uitbreidingsmogelijkheden;
- de benodigde ventilatiecapaciteit;
- de gemeentelijke verordeningen betreffende de bouw- en milieueisen.

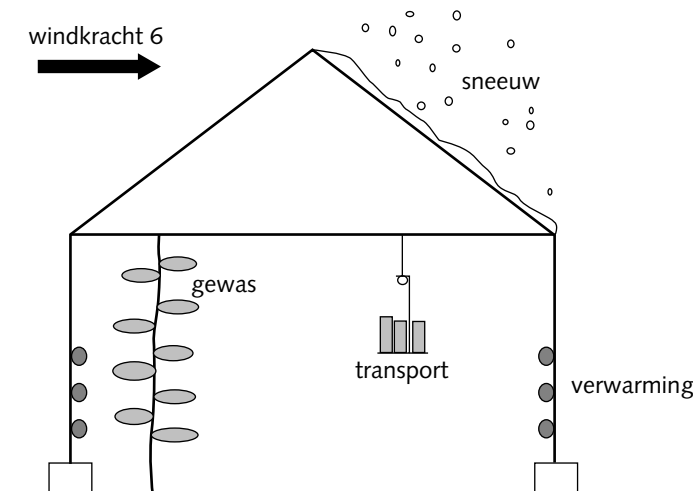
Op grond van het programma van eisen maakt de tuinder een voorlopig plan met een kostenraming.

Fundering

Wanneer de kas gebouwd is, staat er niet meer dan een leeg 'huisje'. Om in de kas te kunnen telen moet hij nog ingericht worden met allerlei installaties die mede de belasting van de kas op de fundering bepalen. De fundering is nodig voor de verankering van de kas in de grond. Alle op de kas werkende krachten worden via de fundering aan de grond doorgegeven. Het gaat om krachten als:

- het gewicht van de kas;
- de windbelasting;
- de sneeuwbelasting;
- de belasting door de gewassen;
- de belasting door installaties.

Fig. 2.9
Alle krachten die op de kas werken, worden door de fundering opgevangen.



Denk bij de belasting door de gewassen vooral aan opgroeiende groentegewassen zoals komkommer, tomaat, paprika en aubergine. Deze gewassen hangen aan het geraamte van de kas. Ook bij de teelt van bijvoorbeeld aardbeien in emmers en bij de teelt van diverse hangplanten wordt het gewas, inclusief teeltgrond, aan draden gehangen.

Voorbeelden van installaties die de constructie belasten zijn:

- installaties om water te geven;
- installatie om te belichten;
- verwarmingsinstallatie;
- scherminstallaties;
- CO₂-slangen of heteluchtkachels;
- transportrails;
- robots;
- glasreinigingsmachines.

De fundering van de kassen is de laatste jaren steeds belangrijker geworden. Drie ontwikkelingen zijn hiervoor verantwoordelijk.

- Door schaalvergroting van de kassen en de extra belastingen zijn de krachten op de fundering de afgelopen jaren drie tot vijf keer zo groot geworden.

- Precieze, computergestuurde lucht- en schermmechanieken vragen een zeer nauwkeurige plaatsing.
- Door het gebruik van ruiten met grotere afmetingen kunnen ogenschijnlijk kleine verzakkingen grote schade aan het glas en de gewassen tot gevolg hebben.

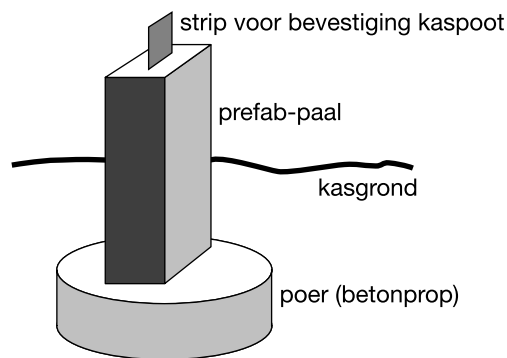
De fundering is van beton, prefab (vooraf gemaakt in de betonfabriek) of ter plekke gestort (stampbeton). Beton bestaat uit cement, zand, grind en water. Voor de sterkte worden staven betonstaal in de fundering verwerkt: de *wapening*. De staven moeten voldoende dik zijn. Verder moet de wapening goed met beton zijn afgedekt om aantasting van het staal te voorkomen.

Er zijn twee soorten fundering: de binnenfundering en de randfundering. De *binnenfundering* is het fundament onder de kaspoten en dient voor het overbrengen van de belastingen van de kaspoten aan de grond. De *randfundering* ligt onder de kasgevels en dient voor het overbrengen van de belasting van de buitengevels aan de grond. Wanneer de draagkracht van de grond onvoldoende is, wordt de binnen- en de randfundering op palen gezet. Dan is er sprake van *paalfundering*.

Bevestiging onderbouw aan fundering

Op de fundering komen twee soorten poten: de kaspoten die het geraamte dragen en de gevelroeden die de gevelkrachten opvangen. De stalen kaspoten van de onderbouw worden aan de binnenfundering bevestigd. In figuur 2.10 is een bevestiging met een metalen strip afgebeeld. De gevelroeden rusten op de randfundering en worden met een voetregel vastgezet. Elke verticale gevelroede moet aan een voetregel zijn bevestigd.

Fig. 2.10
De binnenfundering dient voor overbrenging van de belasting via de kaspoten aan de grond.



Afschot bij de fundering

Het regenwater dat op de kas valt, moet snel afgevoerd worden. Daarom moeten de goten een zekere helling hebben. Doordat de goten een beetje schuin aflopen, loopt het water sneller weg. In de bouwwereld heet een dergelijke helling een 'afschot'. Omdat de kaspoten meestal een gelijke lengte hebben, wordt de fundering een beetje aflopend aangelegd, zodat ook de goten schuin aflopen.

In de gootrichting bedraagt het afschot enkele millimeters per strekkende meter. Hiermee komen de goten *op schot* te liggen, meestal 10 millimeter per 6,50 m gootlengte. Bij kassen met een lengte groter dan 65 m wordt geadviseerd het afschot van de goten naar twee kanten te laten lopen. Dus met het hoogste punt in het midden. Bij grote kaslengten neemt de kans op het overlopen van de goten tijdens

een flinke bui toe. Dit is afhankelijk van de doorsnede van de goot en het aantal afvoerpunten per goot.

Onderbouw van een kas

De onderbouw van een kas heeft tot taak het glas en de roeden te dragen. Er zijn verschillen tussen een breedkapper en een Venlokas. In figuur 2.11 staan de constructie-elementen genoemd waaruit de onderbouw van een Venlokas en een breedkapper bestaat.

Fig. 2.11
Constructie-elementen
van een breedkapper en
een Venlokas

Breedkapper	Venlokas
spanten	kaspoten
goten	goten
nok	tralieligger
gordingen	

De genoemde constructie-elementen krijgen belastingen zoals eigen gewicht van de kas, wind en sneeuw te verwerken. Deze belastingen veroorzaken spanningen in de constructiedelen als gevolg van:

- buiging;
- druk;
- trek;
- wringing (torsie).

Fig. 2.12
Onderbouw van een
Venlokas

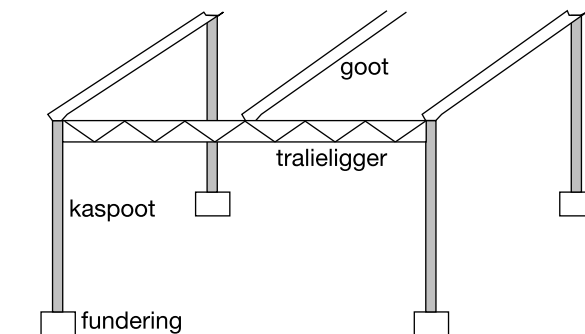
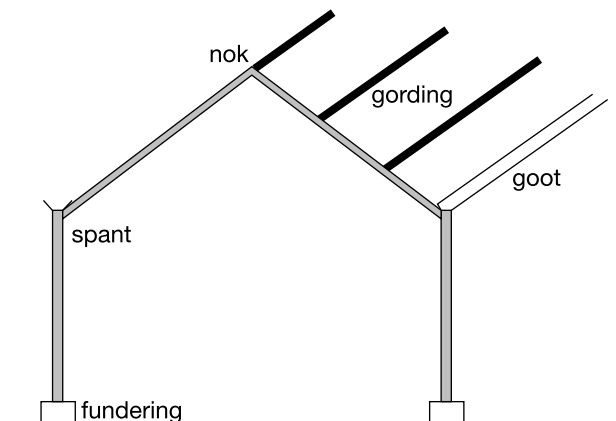


Fig. 2.13
Onderbouw van een
breedkapper



Kolommen

De kolommen (*kaspoten*) zijn gemaakt van thermisch verzinkt staal. Ze worden op drie manieren belast:

- neerwaartse, verticale belasting: de kolommen dragen het dek en bijbehorende constructiedelen.
- opwaartse, verticale belasting: als de kas door windzuiging wordt 'opgetild', worden de kolommen op 'trek' belast.
- horizontale belasting: als de wind tegen de gevels blaast, brengen de kaspoten de windbelasting van de gevels over op de fundering.

Kaspoten zijn bijna altijd gemaakt van buis- of kokerprofielen, omdat die het grootste draagvermogen bij een minimaal materiaalgebruik leveren.

Liggers en spanten

De liggers vormen samen met de kaspoten en goten het geraamte van de Venlokas. Zij nemen alle belastingen op en dragen deze af aan de fundering. Daarnaast hebben de liggers tot taak de kaspoten in de dwarsrichting van de kas met elkaar te verbinden. Wat de liggers doen in een Venlokas, doen de spanten bij een breedkapper. Dwars op de spanten komen de gordingen waarop de roeden worden aangebracht. Verder worden aan de liggers en de spanten onder meer het luchtmechaniek, de beregeningsinstallatie, de verwarmingsbuizen en de gewasdraden bevestigd. De liggers zijn tegenwoordig vaak even breed als de kolommen. Zodoende sluit het schermdoek naadloos aan op de liggers en kolommen.

Goten

Goten dienen in de Venlokas niet alleen voor de afvoer van regenwater, maar hebben ook een functie als ligger. Goten verbinden de kolommen met elkaar en geven een gedeelte van de krachten op het dek af aan de kaspoten en tralieliggers. De goten zijn gemaakt van verzinkt staal of aluminium.

Schoren

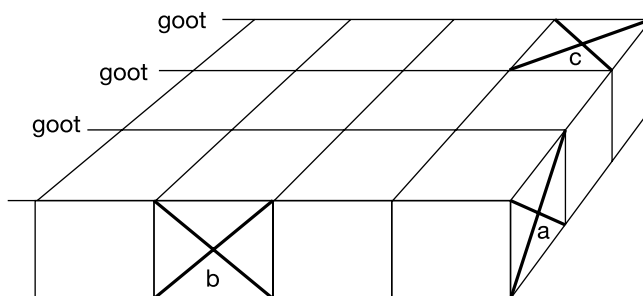
Tot nu toe hebben we het gehad over haakse verbindingen tussen kasonderdelen. Door de haakse verbindingen tussen liggers en kaspoten goed aan te leggen, is de kas bestand tegen verticale krachten. Om te voorkomen dat de kas in andere richtingen vervormt, wordt gebruikgemaakt van stabiliteitsverbanden, schoren genaamd (zie figuur 2.14). Alle belastingen - eigen gewicht, gewassen, sneeuw en wind - moeten via de constructie worden afgevoerd naar de fundering.

Schoren komen op veel plaatsen in de kas voor:

- tussen de kolommen in de gootrichting (verticale kruisschoren);
- tussen de goten (horizontale windverbanden) bij de tralieliggers;
- in de kopgevels;
- in de zijgevels;
- in het dek (windverband).

Fig. 2.14

Schoren zijn schuine verbindingen. Ze komen op veel plaatsen in de kas voor bijvoorbeeld tussen kaspoten en liggers. In de tekening zie je op drie plaatsen schoren: in de kopgevel (a), in de zijgevel (b) en tussen de goten (c).



Dek

Op de fundering en de onderbouw rust het dek van de kas. De nokrichting van de kas heeft invloed op het rendement dat het gewas heeft van het zonlicht. Hierin speelt ook het seizoen een belangrijke rol. Een nok in de oost-westrichting levert in het voor- en najaar 's morgens en 's avonds de meeste energiewinst op.

In het dek is het mechaniek voor het beluchten gemonteerd. Hierbij staan we eerst stil. Daarna krijg je informatie over glas als meest gebruikt bedekkingsmateriaal. Ten slotte leer je hoe het dek gebouwd moet worden om weerstand te kunnen bieden aan verschillende natuurkrachten.

Luchtmechaniek

Voor de klimaatbeheersing is het van groot belang dat kassen aan de bovenkant gelucht kunnen worden. De beluchtingsmogelijkheden zijn afhankelijk van de manier waarop het dak van de kas geconstrueerd is.

In een Venlokas kan de afstand tussen de goot en de nok door één roede overbrugd worden. Er zijn dus geen tussen-bevestigingspunten nodig. De roeden komen samen in een zwevende nok. Je noemt dit een zwevende nok, omdat de nok alleen maar gedragen wordt door de roeden. De afstand is niet meer dan de lengte van één ruit. Bij een breedkapper is dit anders. Daar liggen meer ruiten tussen de goot en de nok. Ter ondersteuning van de langere roeden die het glas dragen, worden gordingen aangebracht. Hoe langer het dakvlak en hoe groter de afstand tussen de spanten, hoe meer gordingen er nodig zijn en hoe zwaarder ze moeten zijn. De gordingen zijn vaak gemaakt van verzinkt staal of aluminium.

Het luchtmechaniek voor een Venlokas wordt in het algemeen op drie manieren uitgevoerd:

- schommelmechaniek (zie figuur 2.15);
- schuifmechaniek (zie figuur 2.16);
- schuif-schommelmechaniek (zie figuur 2.17).

Fig. 2.15

Bij het schommelmechaniek is de trek-/drukstang door raamstangen verbonden met de onderregel van het luchtraam en met de nok.

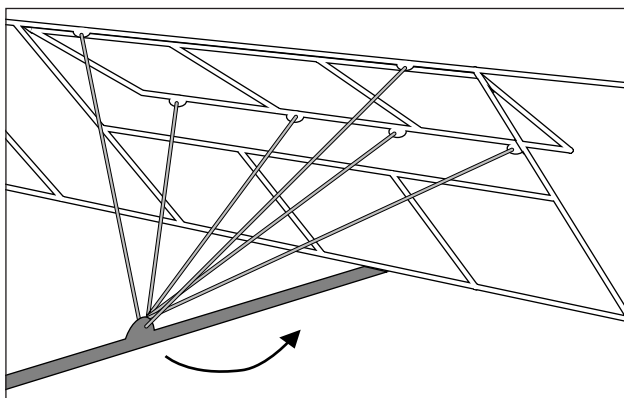


Fig. 2.16

Bij het schuifmechaniek schuift de trek-/drukstang over de bovenrand van de tralieligger; deze stang is door de raamstangen alleen verbonden met de onderregel van het luchtraam.

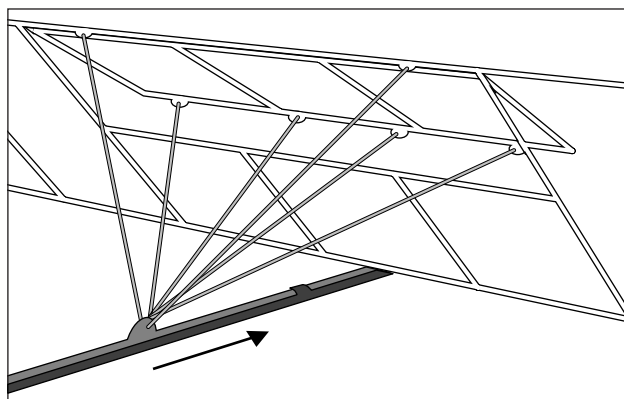
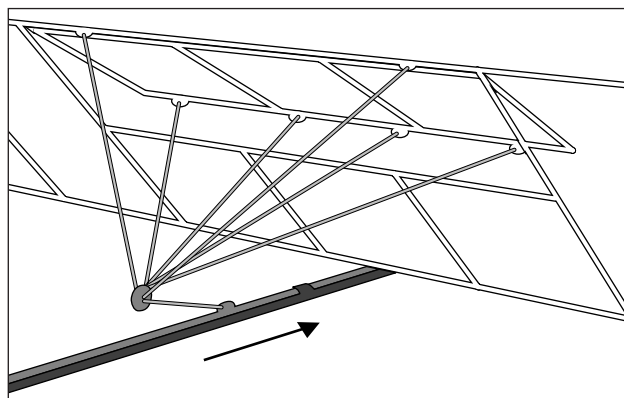


Fig. 2.17

Het schuifschommelmechaniek is een combinatie van het schommelmechaniek en het schuifmechaniek.



Bij de breedkapper maakt de constructie, bestaande uit spanten met gordingen, het mogelijk om een doorlopende nokluchting aan te brengen. Over de hele nok kunnen links en rechts luchtramen worden aangebracht. Daardoor kun je de breedkapper effectiever luchten.

Bedekkingsmaterialen

Van oudsher wordt glas gebruikt voor de bedekking van kassen. Tegenwoordig kun je een kas bedekken met:

- kunststof kanaalplaten;
- kunststof folie;
- glas.

Fig. 2.18
Lichtdoorlatendheid,
levensduur en
prijsindicatie van
kasomhullingsmaterialen
in 2004

Materiaal	Percentage licht		Levensduur jaren	Prijs in € / m ²
	direct	diffuus		
glas				
Float glas 4 mm	89 - 91	82	25	5
Gehard glas	89 - 91	82	25	10
Wit glas	90 - 92	84	25	10
kunststof				
PC	80 - 85	61	15	13 - 18
PMMA	89	76	15	20 - 25
PC zigzag dubbel	90	80	15	?
folie				
PE	89 - 91	81	5 - 6	0,50 - 0,80
PE thermisch	89 - 91	81	5 - 6	0,60 - 0,80
EVA	90 - 91	82	5 - 6	0,70 - 0,90
ETFE	93 - 94	88	15 - 20	10 - 12

Kunststof kanaalplaten

Het aantal kassen dat gebouwd is met platen van PC en PMMA is gering. De voordelen van dit type kanaalplaten voor kasbedekking zijn:

- minder kwetsbaar dan glas;
- minder gewicht dan glas en daardoor beter te verwerken;
- in geval van dubbelwandige kunststof platen betere isolatie dan enkel glas.

In de praktijk heeft kunststof ook nadelen:

- minder lichtdoorlatend, ongeveer 10 procent minder dan glas;
- soms meer kans op brand;
- relatief snelle veroudering en dus eerder aan vervanging toe;
- duurder dan glas.

Sinds 2003 is er een nieuwe kunststof kanaalplaat leverbaar, de PC-zigzag dubbelplaat. De plaat dankt zijn naam aan de vorm van de kanalen. Deze kanalen zorgen enerzijds voor stevigheid zonder toepassing van dekroeden en hebben anderzijds een hogere lichtdoorlatendheid dan de bestaande platen: 90 procent voor de directe straling en 80 procent voor diffuus licht. De binnenzijde van de zigzagplaat wordt gecoat met een nodrop-coating (antidruppelvorming) om ongewenste (kleine) druppelvorming waardoor lichtverlies optreedt te voorkomen. De nodrop-coating zorgt ervoor dat de oppervlaktespanning tussen het kasdek materiaal en het condenswater vermindert, waardoor het condenswater op het binnenoppervlak uitvloeit als een waterfilm.

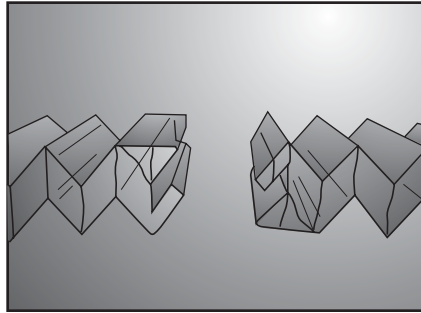
Andere kenmerken van de zigzagplaten zijn:

- gemaakt van onbrandbaar polycarbonaat;
- zonder roede met een klikverbinding aan elkaar te leggen (dit geeft je nog eens 3 procent extra licht);
- maximale lengte van 2,56 m (voor breedkappers per gording een onderbreking);
- Venlokassen uitgevoerd met een doorlopende nokluchting;
- gewicht van de platen: 4 kg per m².
- simpel, snel en veilig te bouwen.

De zigzagkas combineert een hogere lichtdoorlatendheid met energiebesparing. Bij toepassing als gesloten kas heb je geen luchtramen nodig en kan de bouw prijs van de kas omlaag.

Fig. 2.19

*Veel licht, goede isolatie
en veilig te bouwen
zonder roeden door de
vorm van de kanalen.*



Kunststof folie

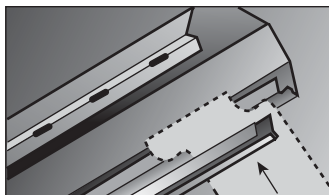
Vooraf in het zuiden van Nederland in de boomkwekerij en op bedrijven met perkplanten en aardbeien zie je steeds meer met plasticfolie bedekte kassen of tunnels. In tegenstelling tot glas kun je met folie ultraviolet licht op je gewas krijgen. Dit voorkomt extra strekking van je gewas. Door twee afzonderlijke lagen folie toe te passen en tussen die lagen met een ventilator lucht te blazen krijg je een isolerende laag. Dat bespaart energie. Door gebruik van folie kun je volstaan met een veel lichtere en dus goedkopere onderbouw. Om de folie te bevestigen kun je gebruikmaken van verschillende soorten klikprofiel. Er zijn verschillende folies in de handel zoals Solar EVA, Copperfilm, Lenzo film, MDR-3 en F-Claen (ETFE).

Wanneer je folies selecteert kun je letten op verschillende kenmerken. We noemen de belangrijkste.

- Lichtdoorlatendheid. Hier gaat het om het gedeelte van het licht dat in de kas komt. Dit percentage kan oplopen tot 92 procent van het buitenlicht.
- Diffuusheid. Op bewolkte dagen is er geen directe zonnestraling en toch is er licht. Dit licht noem je diffuus licht. Diffuus licht heeft als voordeel een betere lichtverdeling en minder verbranding bij felle zon. De diffusiteit voor F-Claenfolie is 87,5 procent, van glas 82 procent en van andere folies maximaal 75 procent. De doorlatendheid van diffuus licht is erg belangrijk, omdat je in de winter vooral te maken hebt met diffuus licht vanwege de weinige instraling.
- Thermiciteit. De folie voorkomt dat infrarood licht verdwijnt door reflectie. Hierdoor beperk je het warmteverlies in de nacht.
- Anticondens. Een speciale toevoeging die ervoor zorgt dat druppels uitvloeien tot een dunne waterfilm voorkomt het druppelen van de folie op het gewas en op de mensen in de kas. De AC-grondstof wordt in de folie verwerkt en heeft een langdurige werking.
- Fotoselectiviteit. Een bepaald deel van het lichtspectrum wordt geblokkeerd of omgevormd.
- Gelaagdheid. De folies kunnen bestaan uit meerdere lagen waarbij iedere laag specifieke eigenschappen heeft.
- Elasticiteit. Dit is van belang voor een lange levensduur en het goed kunnen aanbrengen van de folie.
- Maten. Folies zijn leverbaar tot een breedte van 14,50 m en een lengte van 115 m.
- Levensduur. Sommige fabrikanten garanderen een gebruiksduur van tien jaar.

Fig. 2.20

Door het gebruik van speciale profielen kun je de folie eenvoudig vastklemmen.



Glas als bedekkingsmateriaal

Glas dat voor kassengebouw gebruikt wordt, moet bij voorkeur prefab gesneden zijn. Dit geldt uiteraard voor hele ruiten, maar zeker ook voor halve en derde ruiten. Prefab gesneden glas is gelijkmatig van vorm en afmeting en kent geen onvolkomenheden aan de snijvlakken. Het is dus goed en snel te verwerken.

glasdikte

De *glasdikte* van standaard blankglas moet minimaal 4 mm bedragen met een afwijking van 0,2 mm. Dat wil zeggen dat het glas minimaal 3,8 en maximaal 4,2 mm dik mag zijn. In de lengte en de breedte mag het glas maximaal 1 mm afwijken van de aangegeven standaardmaat.

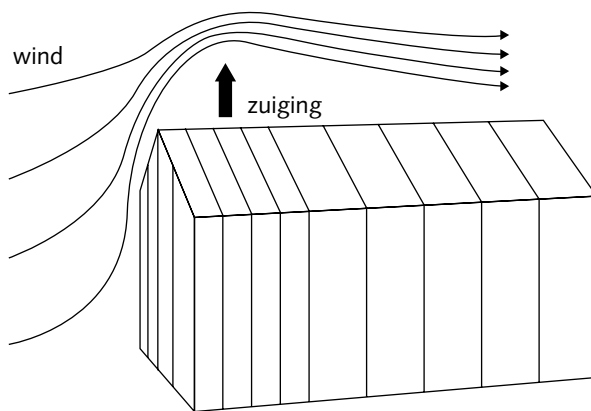
Beglazen van de gevel

De gevel van een kas ondervindt grote invloed van windkrachten. Er zijn twee soorten windkrachten: winddruk en windzuiging. De winddruk drukt op de gevel en de windzuiging heeft de neiging om het glas van het dak of de zijgevel te tillen. Een gevel die in de wind staat, moet de winddruk opvangen. Een gevel die uit de wind staat, moet de windzuiging weerstaan. Op de hoeken van de kas wordt extra windkracht uitgeoefend, omdat de wind op die plaatsen 'afbuigt', waardoor extra windzuiging ontstaat.

In de afgelopen jaren zijn de kassen hoger geworden. Door de grotere oppervlakten zijn ook de windkrachten op de gevel sterker geworden. En door het gebruik van grotere ruiten is ook de windkracht per ruit toegenomen. In alle opzichten zijn kassen tegenwoordig veel meer onderhevig aan windkrachten dan vroeger.

Fig. 2.21

Wind op de kopgevel veroorzaakt op het dek een verhoogde windzuiging over een strook van 2 m, gemeten van de kopgevel.



De ruit geeft de windkrachten af aan de roeden. De verbinding tussen ruit en roede moet sterk genoeg zijn om deze krachten over te kunnen brengen. Op zijn beurt moet de roede sterk genoeg zijn en ook stevig genoeg gemonteerd zijn om de krachten op te kunnen vangen en door te kunnen geven aan de kasconstructie.

Een ruit kan maximaal op vier roeden rusten: twee roeden boven- en onderaan en twee roeden opzij. Gebleken is dat tweezijdig opleggen - het opleggen van glas op slechts twee roeden - bij groot glas onvoldoende sterkte biedt bij een forse windbelasting. Wel wordt voldoende sterkte verkregen als het glas vierzijdig is opgelegd: het glas wordt dan aan vier zijden ondersteund. Het verschil tussen tweezijdig en vierzijdig opleggen is goed te zien in figuur 2.22.

Fig. 2.22
Tweezijdig opgelegde ruiten hebben minder steun dan vierzijdig opgelegde ruiten.

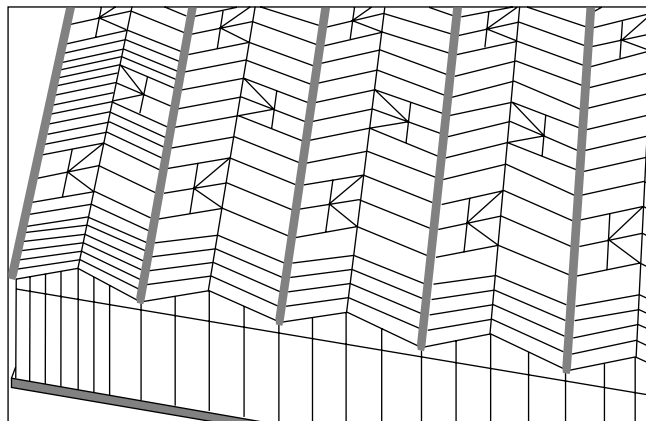


beglazingsrichtlijnen

Naar aanleiding van schadegevallen zijn enkele *beglazingsrichtlijnen* voor de gevels opgesteld. Enkele van deze richtlijnen voor beglazing en opleggen geven we hier weer.

- Bij tweezijdig opgelegd gevelglas en een poothoogte van meer dan 4 m is maximaal 0,75 m breed glas toegestaan.
- Bij een glasbreedte van 0,8 m of meer en een poothoogte groter dan 4 m is vierzijdige oplegging van het glas vereist. Vierzijdig opgelegd gevelglas vereist een speciaal daartoe ontwikkelde horizontale gevelroede.
- De gevel moet ten minste tot 2 m uit de hoeken met half glas worden beglaasd. In figuur 2.23 wordt gedemonstreerd wat bedoeld wordt met half glas en eenderde glas. Half glas is glas met een omvang van de helft van de standaardbreedtemaat, eenderde glas heeft een omvang van een derde deel van de betreffende standaardbreedte. Door de glasmaat kleiner te maken, kan het glas meer krachten opvangen.

Fig. 2.23
De gevel wordt op de hoeken met half glas beglaasd evenals het dek van elk eerste vak; het dek van de eerste kap wordt met eenderde glas beglaasd.



Beglazen van het dek

Het dek staat hoofdzakelijk onder invloed van windzuiging. Dit geldt in versterkte mate voor de dekranden, dat is het dek bij de kopgevels en zijgevels. In nog sterkere mate geldt dit voor het dek in de hoeken, want daar treedt de meeste zuiging op. Het glas en de roeden moeten de krachten van deze windzuiging kunnen dragen. Vooral de sterkte van de roeden en hun verbinding met de goot en nok verdienen in het dek de nodige aandacht.

Omdat in het dek de laatste jaren ook steeds grotere ruiten worden gebruikt, dient er voor de veiligheid van de kas en het gewas op de juiste wijze te worden beglaasd.

beglazingsrichtlijnen

Voor het dek gelden de volgende *beglazingsrichtlijnen*.

- Het dek boven het eerste vak vanaf de kopgevels moet over een afstand van ten minste 2 m met half glas worden beglaasd.
- Het dek boven de kappen langs de zijgevels moet over de volle lengte en aan weerszijden van de nok met half glas worden beglaasd.
- Het dek boven de vakken in alle kashoeken - de hoekvakken - moet over een afstand van ten minste 2 m vanaf de kopgevel met eenderde glas worden beglaasd.

Voor de beglazing van breedkappers gelden de volgende richtlijnen.

- In het dek moet de glasbreedte maximaal 0,73 m zijn, indien de ruiten tweezijdig worden opgelegd.
- Bij het gebruik van glas van 1 m of breder moeten de ruiten vierzijdig worden opgelegd.
- Het dek boven het eerste vak vanaf de kopgevels moet over een afstand van ten minste 2 m met half glas worden beglaasd.
- In het eerste dekvlak vanaf de zijgevel moeten over de volle lengte ten minste de onderste twee rijen ruiten met half glas worden beglaasd.

Als extra beveiliging tegen het uitzuigen van het dek neem je de volgende maatregelen.

Een roede-nok-roedeverbinding en een roede-goot-roedeverbinding die ervoor moet zorgen dat de roede tijdens zware windstoten niet uit het dek worden gezogen. In de praktijk is echter gebleken dat een stormvaste bevestiging van de roeden aan de nok en de goot niet altijd stormvast is. Daarom wordt geadviseerd om in Venlokassen rondom aanvullende voorzieningen te treffen in de vorm van goot-nok-gootverbindingen of nokvangers. Deze verbindingen zorgen ervoor dat de nok niet naar boven gezogen kan worden.

Vragen 2.2

- a Noem drie redenen waarom fundering van kassen de laatste jaren meer aandacht gekregen heeft.
- b Wat versta je onder afschot? Waarom wordt de fundering met afschot gebouwd?
- c Zijn de volgende beweringen juist of niet juist?
 - 1 Een tomatengewas zorgt voor buiging van de tralieligger.
 - 2 Een glasreinigingsmachine zorgt voor trek in de goot.
 - 3 Een glasreinigingsmachine zorgt voor druk op de kaspoten.
 - 4 Wind zorgt voor trek op de schoren.
 - 5 Liggers en kolommen vormen samen het geraamte van de Venlokas.
 - 6 Goten dienen alleen voor het afvoeren van het regenwater.

-
- 7 Een horizontaal windverband is een schoor tussen kolommen.
- 8 Kolommen zijn tegenwoordig even breed als de liggers.
- d Welk woord ontbreekt in de tekst. Neem de tekst over en vul de juiste woorden in. Je kunt kiezen uit de volgende woorden: hoger, opleggen, gevelrand, hogere, lager, onvoldoende, groot, lagere, vierzijdig, winddruk, groter, afleggen, goede, dekrand, afgeven, windzuiging, voldoende, windkracht, tweezijdig.

Een gevel die in de wind staat, moet de opvangen; een gevel die uit de wind staat, moet de weerstaan. In de afgelopen jaren zijn de kassen geworden. Door het grotere oppervlak zijn ook de windkrachten op de gevel geworden. Door het gebruik van ruiten is de windkracht per ruit toegenomen. De ruit moet de krachten aan de roeden. Gebleken is dat het van groot glas op slechts twee roeden (opleggen) sterkte biedt bij een forse windbelasting. Wel wordt sterkte verkregen als het glas opgelegd is; het glas wordt dan aan vier zijden ondersteund. Het dek staat hoofdzakelijk onder invloed van Dit geldt in versterkte mate voor de , dat is het dek bij de kopgevels en zijgevels.

- e Welk kastype heeft volgens jou de grootste luchtcapaciteit: de Venlokas of de breedkapper? Welke verklaring heb je hiervoor?
- f Een kassenbouwer overweegt de afstand tussen de spanten in de kas te vergroten. Welk gevolg heeft dit voor de zwaarte van de gordingen? Licht je antwoord toe.

2.3 Gesloten kas

Een kas is in wezen knap inefficiënt. In de winter verstook je veel gas en in het voorjaar gaat er veel warmte verloren om van het teveel aan vocht af te komen. In de zomer is het dan weer zo warm dat je moet luchten waardoor je het CO₂-gehalte niet op peil kunt houden en daardoor dus groei verliest. De jaarlijkse hoeveelheid zonlicht is ongeveer gelijk aan 100 m³ aardgas, terwijl je bij zwaar gestookte teelten 60 m³ gas gebruikt per m². Als je het overschot aan warmte in de zomer kunt opslaan en in de winter kunt gebruiken bereik je een behoorlijke energiebesparing. Bovendien kan je groei optimaal zijn, omdat je het koolzuurgasgehalte op peil kunt houden. Je moet deze warmte dus kunnen opslaan in plaats van weg te luchten. Dit betekent dat je de luchtramen dicht moet houden en de warmte op een gecontroleerde manier moet afvoeren.

Luchtbehandeling

luchtbehandelingskast

Om de warmte te kunnen afvoeren en toch de luchtvochtigheid en de temperatuur in de kas constant te houden zonder de ramen te openen moet je de kaslucht behandelen. Het behandelen van je kaslucht vindt plaats in de *luchtbehandelingskast (LBK)*. Je zuigt de lucht dan uit de kas om te koelen en te ontvochtigen of om te verwarmen en te bevochtigen. Bij een luchttemperatuur van 1,5 graad boven de stooktemperatuur start je met koelen. Daarna breng je de lucht via slurven weer terug in de kas. De warmte die aan deze lucht wordt onttrokken, wordt via de warmtewisselaar opgeslagen in de warme bel van de aquifer. Op deze manier kun je de temperatuur in de kas op 26 °C houden ook al is het buiten 30 °C. Zelfs bij zeer veel instraling blijft de temperatuur van de kaslucht onder de buitentemperatuur. Door

het beheersen van de temperatuur en bevochtigen van de kaslucht heerst er een veel gelijkmatiger klimaat in de kas. Als de luchtvochtigheid buiten 45 procent is, kun je binnen nog een luchtvochtigheid van 75 procent halen en vertoont het gewas geen stressreactie.

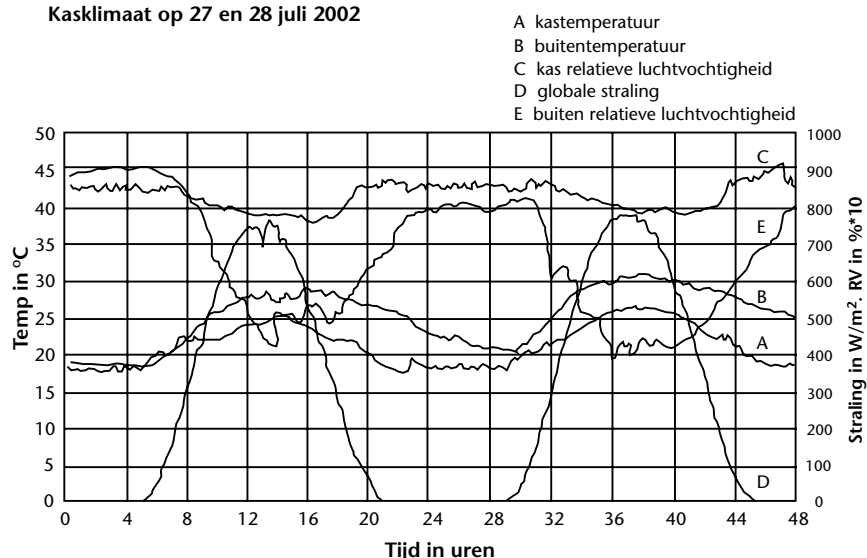
Opvallende effecten van het gelijkmatige klimaat zijn:

- geen productiepiek als gevolg van hete dagen;
- een relatief lage vruchttemperatuur waardoor de rijping in normaal tempo verloopt;
- het later op gang komen van de extra productie als gevolg van meer instraling;
- een meer gespreide productie;
- een betere oogstvoorspelling en een regelmatige arbeidsplanning.

Fig. 2.24

In de grafiek zijn twee etmalen (27 juli en 28 juli 2002) in de gesloten kas weergegeven. Uit de grafiek valt onder meer af te lezen dat de kastemperatuur amper boven de 25 °C stijgt, ondanks de hoge buitentemperatuur en de hoge instraling.

Kasklimaat op 27 en 28 juli 2002



In een gesloten kas is het verder mogelijk om steeds 1000 dpm CO₂ te doseren. Normaal ben je al blij dat je als teler 500 dpm CO₂ kunt bereiken. De ziektedruk ligt in gesloten kassen bovendien lager, schimmelinfecties krijgen minder kans en er is geen insectendruk van buiten.

Bij een tomatengewas kan de productie door de controle van het klimaat wel met 20 procent stijgen.

Warmte winnen en opslaan

aquifer

De warmteopslag vindt plaats in een *aquifer*. Een aquifer bestaat uit twee bellen water in een watervoerende bodemlaag die opgesloten zit tussen twee ondoorlatende lagen. De koude bel is 4 °C, de warme bel is 18 °C. Normaal gesproken is het grondwater 12 °C. Je start het systeem op in de winter om eerst een koude bel te maken. In de zomer ga je dan de kaslucht koelen met de koude bel. Dat water wordt daarbij opgewarmd tot 18 °C en gaat vervolgens terug de grond in. In de winter pomp je het warme water op om de kas te verwarmen. Maar de temperatuur van het opgepompte water is veel te laag om de kas te verwarmen. Met een warmtepomp kun je de temperatuur van het water verhogen tot maximaal 55 °C. De benodigde

stroom wordt geleverd door een warmtekrachtinstallatie. De warmte en de CO₂ die hierbij vrijkomt, kun je weer gebruiken voor de groei van je gewas.

Als je dit systeem wilt aanleggen moet je rekening houden met enkele punten.

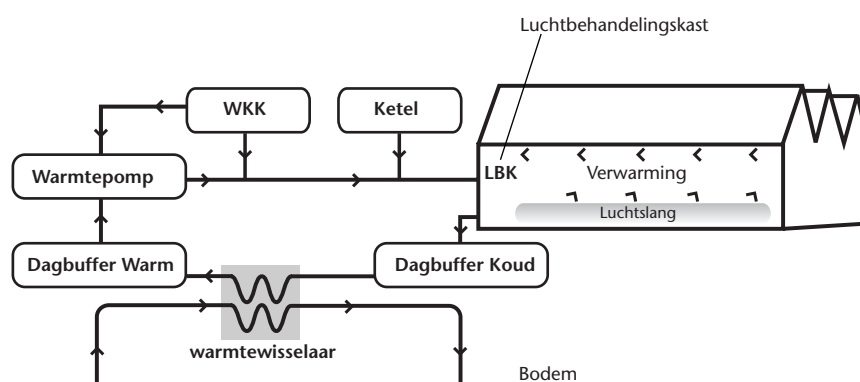
- Je hebt per ha kas een waterbel van 500.000 m³ nodig.
- De kosten voor aanleg zijn tussen de 50 en 100 euro per m² kas, afhankelijk van de aanlegdiepte van de aquifer.
- Je kunt meer warmte opslaan dan je gebruikt. Deze warmte kun je in een open kas gebruiken of voor de verwarming van bijvoorbeeld het woonhuis of de schuur.

De voordelen van een gesloten kas even op een rijtje:

- 22 procent hogere productie door directe beïnvloeding van de groeifactoren luchtvochtigheid, temperatuur en koolzuurgasgehalte.
- minder gewasbescherming. Er komen geen insecten van buitenaf binnen. Schimmels krijgen minder kans door de gelijkmatige luchtvochtigheid en het voorkomen van dode hoeken in de kas.
- 40-50 procent minder waterverbruik. Tijdens het koelen van de kas wordt er tevens koud water in de kas gebracht. Vocht in de kas slaat neer op koelelementen. Op deze manier win je ongeveer 50 procent van het irrigatiewater terug.
- 30-40 procent duurzame energie door de opgeslagen overtollige zonnewarmte te gebruiken op het moment dat daar behoefte aan is.
- verbetering van de arbeidsomstandigheden, omdat de temperatuur maximaal 26-28 °C is.
- door de reductie van corrigerende gewasbescherming is ook het gebruik van bestrijdingsmiddelen in de kas nihil.

Fig. 2.25

De werking van het systeem van de gesloten kas bij verwarming



Vragen 2.3

- Noem vier voordelen van de gesloten kas.
- Leg uit wat een aquifer is.
- Hoe kun je de luchtvochtigheid in een gesloten kas sturen?

2.4 Klimrekkas

Alle nieuwe kassen lijken in grote lijnen op elkaar. Maar er is tegenwoordig een afwijkend kasconcept met dubbel foliedek, een sterk verbeterde lichtdoorlatendheid en logistieke voordelen. De zon voorziet in alle benodigde warmte en zelfs meer dan dat. We hebben het over de klimrekkas. De naam klimrek voor dit kasconcept is een samentrekking van de hoofdprincipes: klim en rek. Klim komt van klimaatruimte en duidt op het revolutionaire klimaatregelsysteem. Rek geeft aan dat de sterk lichtdoorlatende kasconstructie ook gebruikt kan worden om er systemen voor interne logistiek en dergelijke aan op te hangen.

De klimrekkas heeft als basis een gedraaide kas met een zelfdragend foliedek. Het is een lichte constructie zonder tralieliggers waarbij de nokken haaks op de normale onderbouw staan. Naast de forse lichtwinst is de kas ook nog eens goedkoper te bouwen dan de huidige kassen. Bovendien heeft de kas een riante vrije teeltruimte door een vakmaat van 20 m².

Gunstige lichtdoorlatendheid

De lichtdoorlatendheid van de kas met een gedraaid dek is veel gunstiger dan bij de gebruikelijke standaardversies. Zeker bij licht dat onder een hoek op de kas valt, wat een groot deel van de dag het geval is. De klimrekkas is voorzien van panelen met een dubbelwandig dek van sterk *ETFE-folie*. Daardoor laat de kas ongeveer 10 procent meer licht binnen dan een standaardkas met een enkel dek. De ETFE-folie weerkaatst minder licht dan glas, waardoor het meer licht benut. Daarnaast vervuilt de folie minder snel dan glas. Tevens is een lichtonderscheppend (beweegbaar) scherm overbodig door de volledige energiebeheersing en zonwering via vloeistof in het kasdek.

Volledige klimaatbeheersing

De dekpanelen dienen tevens als intelligent klimaatregelsysteem. Druppelaars bij de nok zorgen dat er een vloeistoffilm over de onderste folielaag stroomt. Het kasdek fungeert als warmtewisselaar. De warmte die de vloeistof in het kasdek opneemt (met name in de zomer), wordt opgeslagen in een dagvoorraad. Die kan de teler bijvoorbeeld deels 's nachts gebruiken. De warmte die dan nog overblijft, wordt afgegeven aan water in een ander systeem dat volledig van de kasdekvloeistof is gescheiden. Dit opgewarmde water kan worden opgeslagen in de bodem. In koude perioden is het 'warme' bodemwater weer te benutten voor verwarming van het kasdek. De volledige klimaatbeheersing in de kas wordt zo via het kasdek geregeld. Een ketel is hooguit nog nodig om CO₂ te produceren.

Omdat de vloeistof in het kasdek in een geheel afgesloten systeem rouleert, kun je er stoffen aan toevoegen. Te denken valt aan antivries voor het gebruik in de winter. Of in de toekomst bepaalde pigmenten waardoor de golflengte van het licht in de kas gunstiger wordt voor de ontwikkeling van het gewas. Door de vloeistof via een aantal achter elkaar gekoppelde panelen in het dubbele foliedek te laten stromen, kun je de temperatuur van deze vloeistof stapsgewijs verder opvoeren of verlagen. Behalve temperatuurbeheersing van de kas kun je hiermee ook de relatieve luchtvochtigheid in de teeltruimte regelen met condensatie tegen een gekoeld dek.

In tegenstelling tot het gebruikelijke van onderaf opstoken met buisverwarming bouw je met de kasdekverwarming van bovenaf een warmtelaag op.

Met sterke instraling en hoge buitentemperaturen in de zomer kan een gekoeld foliedek warmtepieken opvangen op momenten dat in een standaardkas met openstaande luchtramen niets meer aan het klimaat te regelen valt. Om het laatste deel van de warmte via het kasdek te koelen zou onevenredig veel koelvermogen nodig zijn. Daarom kan de folie van de klimrekas om de zes kappen aan één zijde worden opgerold met behulp van een bespanning met gaas. Zo kun je aanvullend luchten.

Enorme vrije werkruimte

Door de gedraaide kasconstructie ontstaan vakken met een vrije overspanning van 20 m. Dit betekent dat je in de kas over een enorme vrije werkruimte beschikt. Door de zelfdragende kasdekconstructie kunnen de spanten als railsysteem worden uitgevoerd. Hierdoor kan de teler bijvoorbeeld een overgewaswagen met een overspanning van 20 m inzetten van waaraf hij diverse geautomatiseerde werkzaamheden kan verrichten. Te denken valt aan gerobotiseerd oogsten of het transporteren van product en fust. Bovendien kan door de grote vormvastheid van de kasconstructie veel nauwkeuriger worden gemechaniseerd en geautomatiseerd dan met de huidige buisrailsystemen op de grond.

Zelfs tijdens de bouw van de kas is het in de constructie geïntegreerde railsysteem al te gebruiken. Eerst moeten de palen worden gezet met de dwarsverbindingen. Via werkplatforms die zich via het railsysteem verplaatsen, kun je de kas verder afbouwen zonder op de grond te komen. Dit voorkomt problemen bij een natte ondergrond met het oog op de strenge veiligheidseisen tijdens de bouw. Ook onderhoudswerkzaamheden zijn zo zonder problemen volgens alle Arbo-normen uit te voeren.

In de nok kan als onderdeel van de zelfdragende kapconstructie ook mobiele belichting worden gehangen. Dit maakt extra lichtonderscheppende railsystemen overbodig en de vaak beperkende afstand van gewas tot lamp neemt toe.

Opvang zonnewarmte

Bestaande kassenbouwers, installateurs en toeleveranciers gaan het nieuwe kastype leveren. Het zou ideaal zijn wanneer deze in een groter clusterproject wordt toegepast, omdat dit sterk kostenbeperkend is voor de aanleg van aquifers. Met de warmteopslag in de bodem is het klimaat in de kas qua koeling en verwarming optimaal te regelen. Berekeningen geven aan dat het nieuwe kasconcept een jaarlijks overschot van dertig aardgasequivalenten per m² oplevert aan opgevangen zonnewarmte.

Vragen 2.4

- a Wat is het verschil in klimaatregeling tussen de gesloten kas en de klimrekas?
- b Kun je nog andere verschillen noemen tussen beide systemen?

2.5 Afsluiting

Als je het hele jaar rond allerlei planten wilt kweken, moet je gebruikmaken van manieren om de planten te beschermen tegen hagel, regen, warmte en koude. Dit kun je doen door het bouwen van tunnels en kassen die je bedekt met glas of plastic.

Twee in Nederland veelvoorkomende kassen zijn de breedkapper en de Venlokas. De breedkapper is ontstaan uit een ouderwetse druivenserre en heeft als basis een spant met daarop de gordingen waarop de roeden en het glas gemonteerd zijn. De Venlokas is ontstaan vanuit een dubbele platte bak die verhoogd is met poten. Kenmerkend voor de bouw van de Venlokas is het dek met de zwevende nok dat rust op de goten en de onderbouw.

Door allerlei vernieuwingen is er veel meer licht in de huidige moderne kassen. Een paar vernieuwingen zijn:

- tralieliggers maken minder staanders nodig in de kas;
- een grotere vakmaat: 4 m bij 4,50 m in plaats van 3 m bij 3,20 m;
- schuifmechanieken voor de luchting op de tralies;
- dunnere roeden en smallere goten;
- grotere glasmaten en daardoor minder roeden;
- hogere kaspoten.

Een aantal van deze vernieuwingen zijn ook gebruikt om de breedkapper lichter te maken.

Voor het bedekken van de kas kun je nog steeds glas gebruiken. De maten van het glas worden wel steeds breder. Voor buitenste kappen en voor het eind en het begin van de kap gebruik je nog steeds halve ruiten om uitzuigen door de wind te voorkomen. Een vernieuwing bij glas is het gebruik van gehard glas. Dit geeft meer veiligheid voor de werkers in de kas.

Je kunt ook gebruikmaken van de zogenaamde zigzagplaten. Deze platen geven energiebesparing en veel licht, omdat er veel minder constructiemateriaal nodig is.

Met betrekking tot het gebruik van folie vinden ook veel ontwikkelingen plaats. Er zijn folies met een erg lange levensduur die niet of nauwelijks vervuilen. Voordelen zijn ook hier veel licht door minder constructiemateriaal in het dek. Door het geringe gewicht van de folie kan ook de onderbouw lichter uitgevoerd worden.

Voor de boomkwekerij, maar ook voor andere doeleinden worden kassen gebouwd waarvan het dak kan openen, de zogenaamde cabrioletkassen. Deze zijn vaak gedekt met folie.

Hele nieuwe ontwikkelingen zijn kassen zonder luchtramen waarbij je door te koelen in de zomer, warmte wint die je in de winter gebruikt voor verwarming. Door het betere klimaat, het hogere CO₂-gehalte en extra licht zijn flinke besparingen en opbrengstverhogingen mogelijk.

Voorbeelden van deze kassen zijn de gesloten kas en de klimrekkas.

3 Verwarmingsinstallaties

Oriëntatie

De meesten van jullie hebben thuis centrale verwarming. Er zijn weinig huizen met een kolen- of houtkachel. Houtkachels zie je wel vaak in huizen waar ook centrale verwarming is. De houtkachel is dan vaak voor de gezelligheid. Elektrische kacheltjes worden wel gebruikt als bijverwarming.

Centrale verwarming zie je ook in kassen, alleen het formaat is daar een stuk groter. Met de warmte die vrijkomt bij het verstoken van een brandstof wordt water verwarmd. Dat water wordt door buizen in de kas geleid. Dit is een goede manier om de kas te verwarmen. Nieuwere methoden zijn de warmteopslaginstallatie en warmtekrachtinstallatie. Bedrijven gebruiken warmteopslaginstallaties, omdat ze CO₂ willen geven op momenten dat er geen warmte in de kas nodig is. De warmtekrachtinstallatie is interessant, omdat je daarmee zelf elektriciteit kunt opwekken en warmte die daarbij vrijkomt kunt gebruiken om de kas te verwarmen. Nog nieuwer is het openbuffersysteem. Hierbij is de verwarmingsketel onderdeel van de warmteopslagsysteem.

Een andere manier om de kas te verwarmen zijn heteluchtkachels. Op stekbedrijven zie je ook elektrische verwarming. Al deze verwarmingssystemen komen aan de orde.

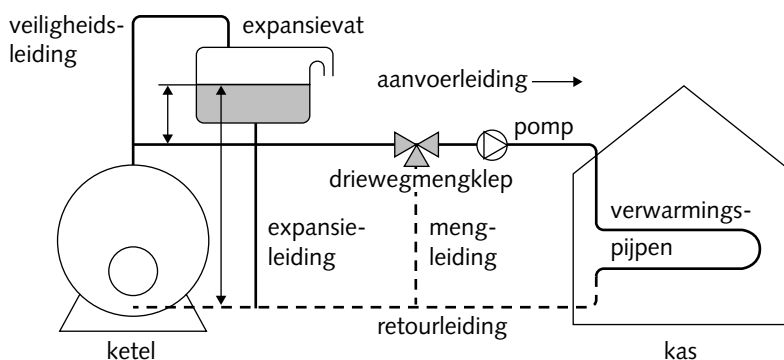
3.1 Centrale verwarming

Bij centrale verwarming wordt water verwarmd dat via buizen wordt vervoerd naar de plaatsen waar warmte nodig is. In deze paragraaf krijg je informatie over de onderdelen en de werking van dit systeem.

Onderdelen van een centrale verwarming

Een c.v.-installatie bestaat uit vele onderdelen. De belangrijkste zie je in figuur 3.1. Daar zie je ook hoe de verschillende onderdelen met elkaar zijn verbonden.

Fig. 3.1
Een eenvoudig model
van een centrale
verwarming



Werking van een c.v.-installatie

In de ketel brengen branders het water op verwarmingstemperatuur. In de tuinbouw is de verwarmingstemperatuur meestal 90 °C. Je spreekt nog van warmwaterverwarming tot en met een watertemperatuur van 110 °C.

Vanuit de ketel begint de aanvoerleiding. In de aanvoerleiding is een circulatiepomp gemonteerd die het warme water rondpompt. Door de aanvoerleiding gaat het warme water naar de kas waar het wordt verdeeld over de verwarmingspijpen of -buizen. Hier vindt de warmteafgifte plaats. De verwarmingspijpen verzamelen zich weer in een gemeenschappelijke afvoerleiding (retourleiding) waardoor het water terugstroomt naar de ketel. Als het water weer in de ketel is aangekomen, is de temperatuur ervan enigszins gedaald. In de aanvoerleiding bevindt zich een mengklep. Deze is door een mengleiding verbonden met de retourleiding. Via de mengklep kan een deel van het retourwater weer meecirculeren door de verwarmingspijpen zonder dat het eerst door de ketel is gegaan.

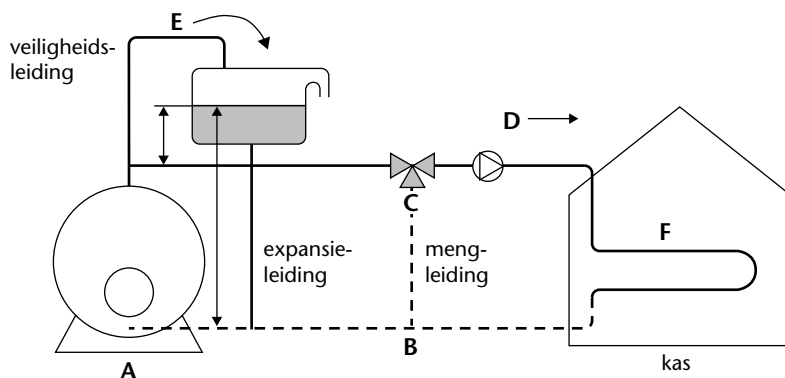
De ketel wordt bij het mengklepsysteem op 90 °C gehouden. De temperatuurregeling van de kas vindt plaats door het verstellen van de mengklep. Staat de mengklep open, dan is het water in de verwarmingspijpen iets minder warm en wordt de temperatuur in de kas lager. Is de kastemperatuur erg laag, dan blijft de mengklep dicht. Daardoor stroomt er uitsluitend heet water uit de ketel door de buizen.

Als je water verwarmt, zet het uit. Het heeft dus meer volume nodig. Om te voorkomen dat de buizen springen hebben c.v.-installaties een apart vat waar het kan expanderen (uitzetten). Dit is het expansievat en daarin wordt het overtollige water opgeslagen. Als de watertemperatuur hoger wordt, stijgt het waterpeil in het expansievat. Omgekeerd daalt het waterpeil in het expansievat als de watertemperatuur daalt. In een gesloten vat hangt een rubberen balg die gevuld wordt met het expanderende water. Tussen het stalen vat en de buitenkant van de balg zorgt lucht voor tegendruk. Bij expansie ontsnapt deze via een ventiel. Bij krimp pompt een compressor lucht in de tank.

Het expansievat heeft nog een andere functie. In de ketel kan zich bij een storing stoom ontwikkelen. Om te voorkomen dat de ketel daardoor ontploft, loopt er vanaf de ketel een veiligheidsleiding naar het expansievat. De overtollige stoom kan hierdoor worden afgevoerd.

- Vragen 3.1** a Een c.v.-installatie bestaat uit diverse onderdelen. Benoem de onderdelen die bij de letters in figuur 3.2 horen.

Fig. 3.2



3.2 Onderdelen afzonderlijk besproken

We gaan de diverse onderdelen in deze paragraaf nader bekijken. Het gaat om:

- ketel en brander;
- circulatiepomp;
- driewegmengklep;
- aanvoer- en retourleiding;
- verdeelstuk;
- verwarmingspijpen;
- ontgasser.

Ketel en brander

De werking van de ketel en de brander wordt aangestuurd door de klimaatcomputer. De computer meet de feitelijke keteltemperatuur en vergelijkt deze met de ingestelde keteltemperatuur. Als de gemeten en de ingestelde keteltemperatuur van elkaar verschillen, berekent de computer de warmtebehoefte. Het opstarten verzorgt de branderautomaat zelf, onafhankelijk van de klimaatcomputer.

Fig. 3.3

Een verwarmingsketel in een kas is heel wat maatjes groter dan bij jou thuis.

Bron: Verzekerd van bewust energieverbruik, uitgave Hagelunie



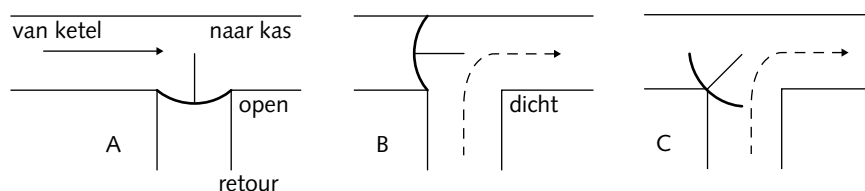
Circulatiepomp

De klimaatcomputer kan de pomp AAN/UIT en eventueel HOOG/LAAG/UIT zetten. Bij warmtevraag draait de pomp. Een tweetoerenpomp schakelt bij een toenemende warmtevraag over van LAAG naar HOOG. Ligt de kasttemperatuur 0,5-1,00 °C boven de verwarmingstemperatuur, dan is de pomp uit. Tijdens langere stilstand, bijvoorbeeld in de zomer, kan de pomp vast gaan zitten. De computer voorkomt dit door de pomp iedere 24 uur enkele minuten te laten draaien.

Driewegmengklep

In de driewegmengklep bevindt zich een draaibaar segment dat verschillende standen kan innemen (zie figuur 3.4).

Fig. 3.4
De driewegmengklep heeft drie verschillende standen.



In stand A staat de mengklep helemaal open. Naar de kas gaat nu water met een keteltemperatuur van 90 °C. Deze stand komt voor als het flink vriest. In stand B is de ketelaanvoer afgesloten, de klep is dicht. Het water in de kas wordt nu rondgepompt en niet meer opgewarmd. De verwarmingsbuizen koelen dan af tot de kastemperatuur. Deze stand komt voor op dagen waarop de zon voor een aangepaste temperatuur in de kas kan zorgen. In stand C staat de mengklep half open: er gaat dan 50 procent heet ketelwater gemengd met 50 procent minder warm retourwater naar de kas. De schijf van de mengklep kan elke stand tussen open en dicht innemen, waardoor elke gewenste watertemperatuur in de kas mogelijk is. In de praktijk gebeurt regeling van de klepstand meestal geheel automatisch. Als de temperatuur in de kas of van het water afwijkt van wat de tuinder heeft ingesteld, gaat er een signaal naar de servomotor van de mengklep die de klep in de gewenste stand zet.

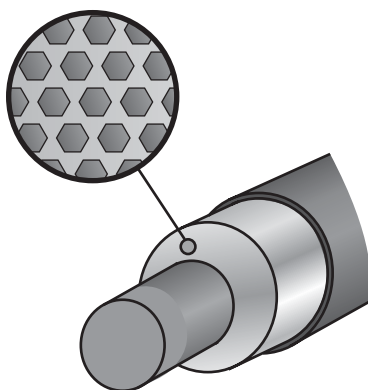
Aanvoerleidingen en retourleiding: ligging en isolatie

De ligging van de leidingen moet zodanig zijn dat er zo weinig mogelijk bochten en overbodige stukken in zitten. De leidingen mogen geen belemmering vormen voor verkeer van personen of goederen in de kas. Meestal worden ze op een bepaalde hoogte aangebracht.

De pijpen moeten op voldoende punten worden ondersteund. Ook dient de ondersteuning of ophanging zodanig te zijn dat de pijpen in de lengte vrij kunnen uitzetten en inkrimpen.

De delen van de aanvoer- en retourleiding die buiten de kas liggen, moet je isoleren. De stalen buis isoleer je met 30 mm steenwol en daarover een 0,6 mm dikke aluminium plaat. In de grond wordt stadsverwarmingsbuis gebruikt. Zo'n buis is opgebouwd uit drie onderdelen. Van binnen naar buiten zijn dat de stalen buis, vervolgens een laag pur-isolatie en tot slot een PE-buitenmantel.

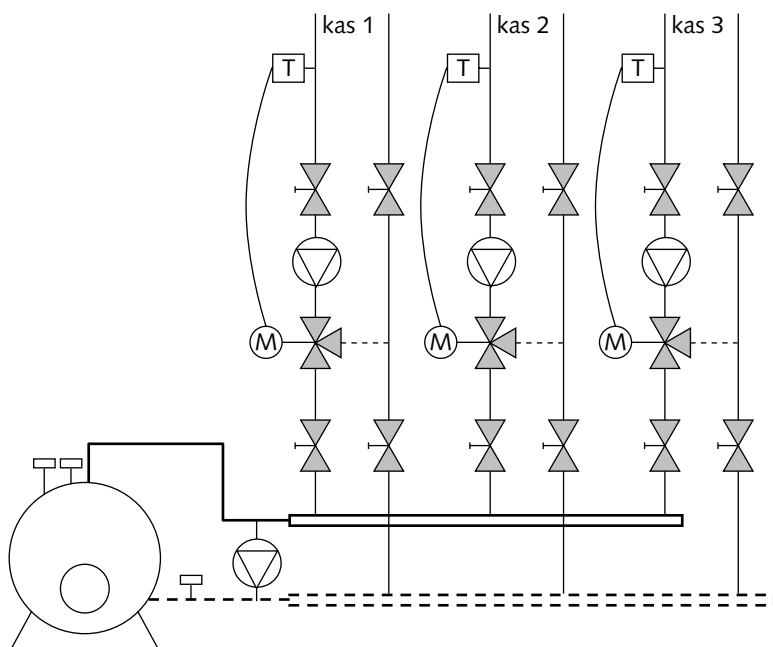
Fig. 3.5
De pur-isolatie is opgebouwd als een soort honingraat. De lucht daarin zorgt voor goede isolatie.



Verdeelstuk

Tuinbouwbedrijven hebben meestal meer dan één kas. Vaak beschikken ze over een kassencomplex dat is verdeeld in teeltafdelingen waarin verschillende gewassen worden geteeld. Elk gewas heeft zijn eigen optimale temperatuur. Tuinders willen voor elke afdeling de temperatuur apart kunnen regelen. Daarom is voor elke afdeling een aparte *menggroep* nodig. Een menggroep bestaat uit een driewegmengklep, een circulatiepomp en een aantal thermostaten. Bestaat een installatie uit meerdere menggroepen, dan zijn deze vaak overzichtelijk in het ketelhuis naast de ketel opgesteld. Je spreekt dan van een verdeelstuk. In figuur 3.6 is zo'n verdeelstuk schematisch getekend.

Fig. 3.6
Schematische voorstelling van een verdeelstuk met drie menggroepen



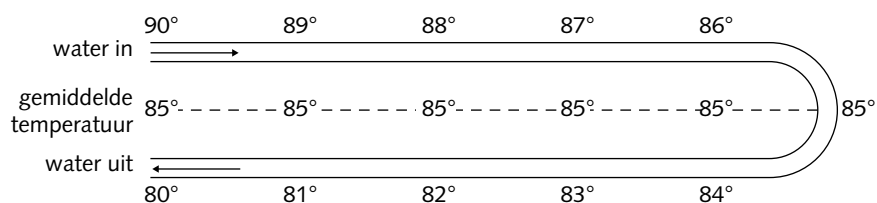
Als er een storing in een mengklep of circulatiepomp optreedt, draai je de handbediende afsluiters dicht. Nu kun je het betreffende onderdeel vervangen zonder dat de hele installatie afgetapt hoeft te worden. De andere groepen kunnen dan gewoon doordraaien.

Verwarmingspijpen: vorm, kleur, ligging en maat

De verwarmingspijpen hebben meestal de vorm van een haarspeld (zie figuur 3.7). De gemiddelde temperatuur van de 'benen' van de haarspeld is dan over de gehele lengte gelijk en daarmee ook de warmteafgifte.

Fig. 3.7

Verwarmingsbuizen in de vorm van een haarspeld. De gemiddelde temperatuur tussen de benen is over de gehele lengte gelijk, dus ook de warmteafgifte.



De haarspelden kunnen evenwijdig aan de nokrichting liggen (in Venlokassen bijvoorbeeld). Soms zijn ze bevestigd aan de staanders van de kas of aan speciale steunen voor de verwarmingspijpen en ze worden ook wel eens opgehangen aan een kaspant.

De pijpen moeten vrij kunnen uitzetten en inkrimpen. In alle gevallen liggen de haarspelden op vastgestelde afstanden van elkaar. Deze afstand wordt mede bepaald door het aantal meter pijp dat je in een kas wil leggen.

De kleur van de pijpen blijkt bij de heersende temperaturen niet van invloed te zijn op de warmteafgifte. Maar metaalhoudende verfsoorten (aluminiumverf bijvoorbeeld) mag je niet gebruiken. In kassen worden de pijpen wit geschilderd. Deze kleur kaatst het licht het beste terug. Een veelvoorkomende maat voor verwarmingspijpen is 51 mm buitenwerks.

Ontgasser

De zuurstof in het water zorgt voor corrosie (roest) van binnenuit en kan op den duur leiden tot lekkages. Een installatie op een nieuw bedrijf wordt gevuld met bijvoorbeeld 250 m³ water, maar daarmee ook met een aantal kruiden zout en met 10 m³ lucht. In leidingwater zit namelijk zout dat in het systeem komt. Lucht in een verwarmingssysteem kan voor grote problemen zorgen. De zuurstof in de lucht zorgt voor corrosie (roest) van de buizen. Dit kan tot lekken in het systeem leiden. Daarnaast komt er lucht door de zwarte PE-verwarmingslangen. Door deze slangen komt jaren achter elkaar steeds nieuwe lucht in het verwarmingswater. Telers van onder meer freesia, alstoemia, potplanten en chrysanten zullen dit herkennen. Telers die stomen, weten hoeveel water ze telkens aan het systeem moeten toevoegen. Lucht kun je op verschillende manieren uit het water in het verwarmingssysteem verwijderen.

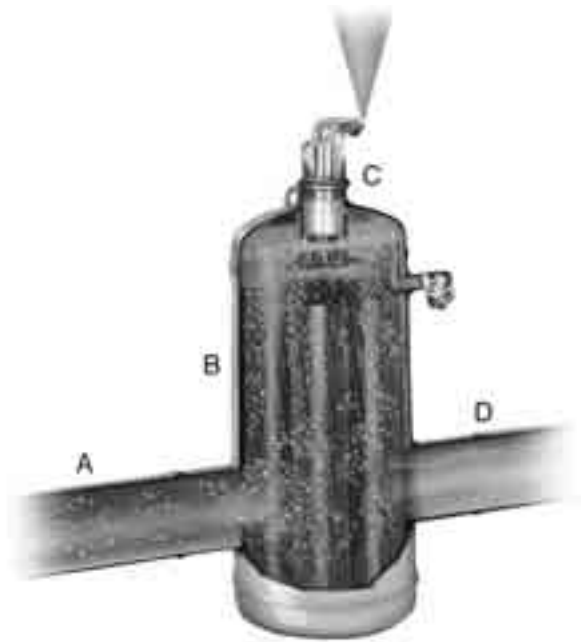
Verhitting

Hoe kouder het water, hoe meer lucht het in oplossing neemt. Door het water te verhitten kan het minder lucht bevatten en het teveel komt als luchtbelletjes te voorschijn. Deze luchtbelletjes kunnen worden afgevangen door een microbellenafscheider. Deze manier van ontgassen wordt tot nu het meeste in de tuinbouw toegepast.

Fig. 3.8

Ontluchting van een c.v.-installatie. Bij A wordt het luchtrijke water aangevoerd; bij B worden de luchtbelletjes gescheiden; bij C wordt de lucht afgevoerd via een ventiel en bij D stroomt het luchtarme water verder door het systeem.

Bron: Spirotech Helmond



Drukstap-ontgasser

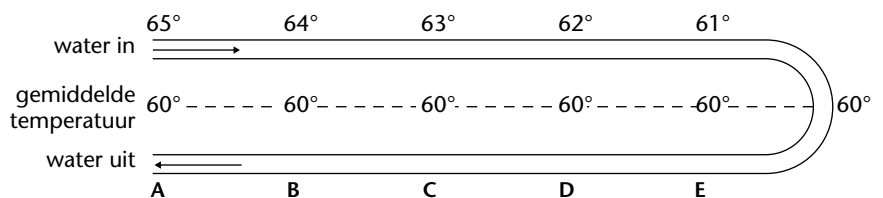
Water houdt bij een lagere druk minder gas in oplossing dan onder normale druk. De drukstap-ontgasser pakt een hoeveelheid water uit het systeem en brengt de druk omlaag. Het gas komt vrij en verdwijnt via een ontlufter.

Vragen 3.2

- In figuur 3.4 zie je drie standen waarin de driewegmengklep kan staan. Welke temperatuur heeft het water bij stand A dat door de aanvoerbuizen stroomt?
- Wanneer kiest de klimaatscomputer voor stand B?
- Wanneer kiest de klimaatscomputer voor stand C?
- Bekijk figuur 3.9. Je ziet een verwarmingsbuis in de vorm van een haarspeld. Welke temperaturen moeten er heersen in de buis bij A t/m E om aan de gemiddelde temperatuur van 60 °C te komen?

Fig. 3.9

Een verwarmingsbuis in de vorm van een haarspeld



- Waarom is het slecht voor het verwarmingssysteem wanneer er lucht in zit?
- Op welke manieren kan er lucht in het systeem komen?
- Op welke manieren kun je lucht uit het systeem halen?

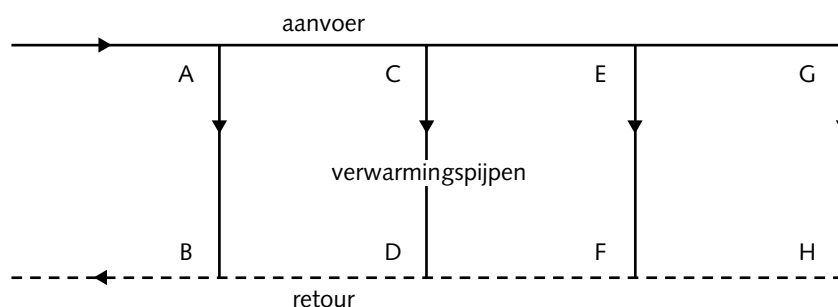
3.3 Waterverdeelsystemen

De temperatuur in de kas moet overal gelijk zijn. Daarvoor zorgt het waterverdeelsysteem. Een goed waterverdeelsysteem laat door alle haarspelden evenveel water stromen zodat de warmteafgifte in de kas overal gelijk is. De bekendste waterverdeelsystemen zijn het stortstelsel en het stelsel Tichelmann.

Stortstelsel

Het stortstelsel wordt schematisch weergegeven in figuur 3.10. Tussen de aanvoerleiding en de retourleiding liggen de haarspelden evenwijdig naast elkaar. Voor de duidelijkheid zijn de haarspelden als rechte lijnen getekend.

Fig. 3.10
Schematische
voorstelling van het
stortstelsel voor de
waterverdeling



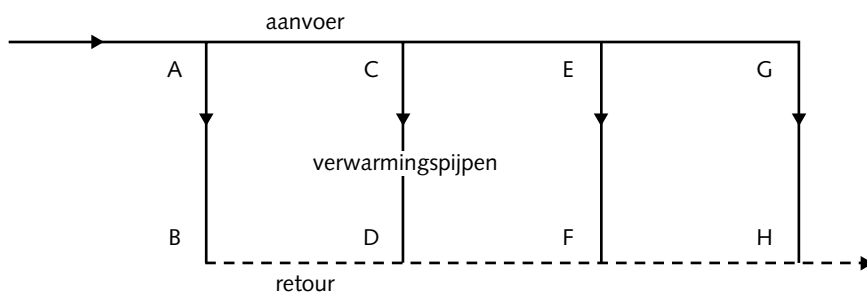
Het warme water komt door de aanvoerleiding binnen. Bij punt A stroomt een deel van het water via een vertakking naar punt B. Bij punt C is de waterdruk al wat minder en bij punt G nog veel minder. Tussen de punten A en B heerst dus het grootste drukverschil, omdat A het beginpunt en B het eindpunt van het waterverdeelsysteem is. Tussen C en D heerst een iets geringer drukverschil dan tussen A en B, omdat in C de druk iets lager is dan in A, terwijl in D de druk iets hoger is dan in B. Over het traject AC moet immers de hoeveelheid water worden vervoerd die door de drie pijpen CD, EF en GH stroomt. Dit gaat ten koste van een zeker drukverlies. Hetzelfde drukverlies treedt op bij het traject DB, maar nu in omgekeerde richting. Ook tussen E en F heerst weer een iets geringer drukverschil dan tussen C en D. Het geringste drukverschil heerst tussen G en H. Door de haarspeld waarin het drukverschil het grootst is, stroomt ook het meeste water.

De waterverdeling is bij het stortstelsel dus niet ideaal. Door de pijpen dicht bij het aanvoerpunt stroomt meer water dan door de verder weg liggende pijpen. Daarom wordt in het stortstelsel bij de eerste pijpen een vernauwing aangebracht om de ongelijke verdeling op te heffen.

Tichelmann-systeem

Het Tichelmann-systeem heeft van nature een goede waterverdeling over de pijpen. Iedere warmwaterstroom legt dezelfde afstand af in het leidingennet en geeft overal dezelfde warmte af. Het Tichelmann-principe wordt schematisch weergegeven in figuur 3.11.

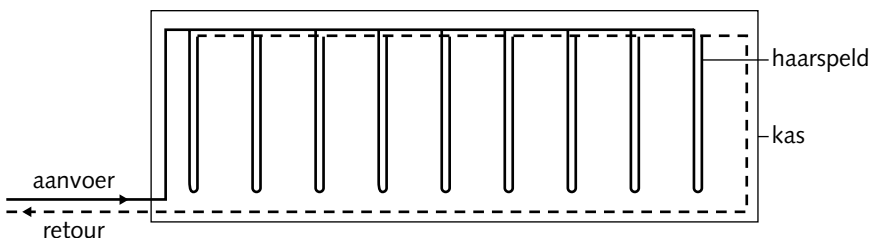
Fig. 3.11
Schematische
voorstelling van het
Tichelmann-systeem voor
de waterverdeling



Het water in de retourleiding loopt in dezelfde richting als het water in de aanvoerleiding. Het grootste drukverschil heerst hier tussen de punten A en H. Om van A naar H te komen kan het water vier verschillende wegen volgen, namelijk ABDFH, ACDFH, ACEFH en ACEGH.

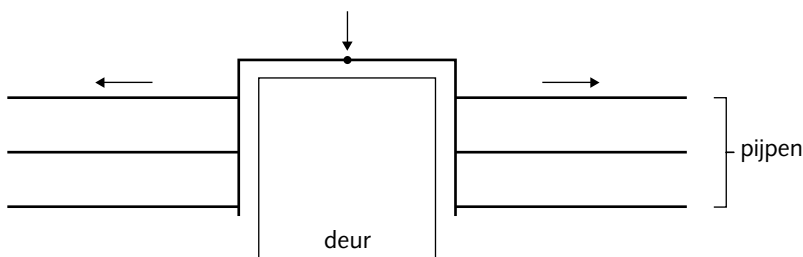
De weerstand die het water op deze wegen ondervindt, is echter gelijk. Elke weg bevat namelijk behalve een verwarmingspijp een stuk aanvoer- en een stuk retourleiding, waarvan de gezamenlijke lengte steeds gelijk is, namelijk AG (of BH). Om deze reden wordt het water bij het Tichelmann-systeem nagenoeg gelijk over de pijpen verdeeld.

Fig. 3.12
Het Tichelmann-systeem
voor een enkelvoudige
kas. De aanvoerleiding
wordt nauwer naarmate
er meer haarspelden van
aftakken. De
retourleiding wordt
breder naarmate er meer
haarspelden op
uitkomen.



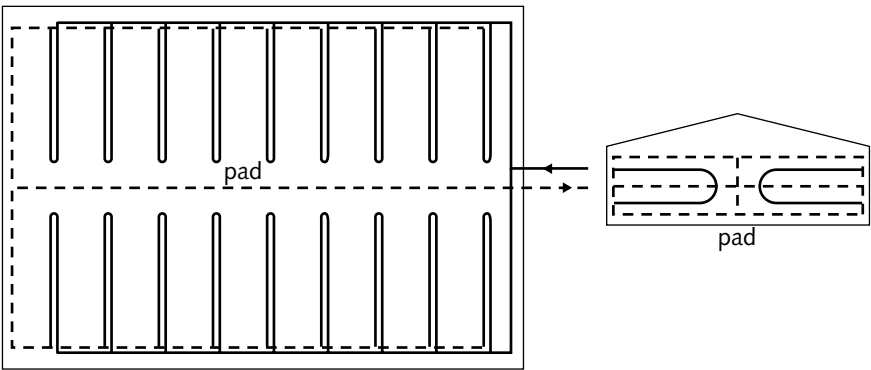
Figuur 3.12 toont het Tichelmann-systeem voor een enkelvoudige kas. De haarspelden liggen dwars op de nokrichting. De aanvoerleiding wordt nauwer naarmate er meer haarspelden van aftakken, terwijl de retourleiding wijder wordt naarmate er meer haarspelden op uitkomen. De retourleidingen die langs de gevel teruglopen, zijn vaak gesplitst in enkele boven elkaar liggende leidingen. Deze leidingen doen dan dienst als gevelverwarming (zie figuur 3.13).

Fig. 3.13
Een retourleiding die is
gesplitst en daardoor
dienst doet als
gevelverwarming.



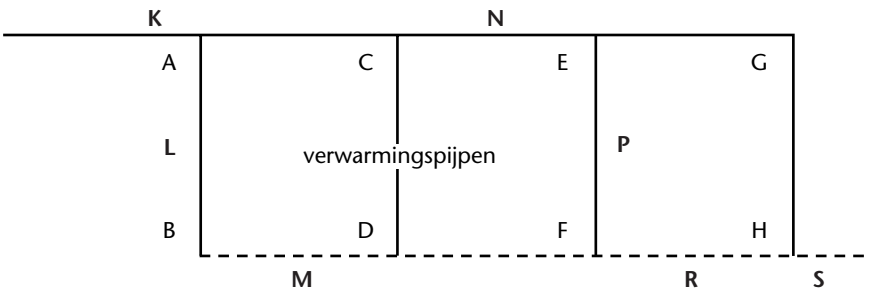
Figuur 3.14 toont het Tichelmann-systeem voor een grote kas. De aanvoerleiding komt de kas binnen en verdeelt zich dan in twee takken. Elke tak bestaat uit enkele haarspelden die zich weer verenigen in twee retourleidingen. Aan het einde van de kas buigt elke retourleiding om en gaat als centrale retourleiding weer terug naar de ketel. In het midden van de kas blijft een pad vrij.

Fig. 3.14
Het Tichelmann-systeem voor een grote kas. Er zijn twee aanvoerleidingen, één voor elke helft van de kas. Boven het middenpad wordt niet verwarmd.



Vragen 3.3 a Het Tichelmann-systeem heeft van nature een goede waterverdeling over de pijpen. Bekijk figuur 3.15.

Fig. 3.15



Kies bij de letters de juiste stroomrichting. Neem de tabel over en zet een kruisje in het goede vak.

Letter	Links	Rechts	Omhoog	Omlaag
K				
L				
M				
N				
P				
R				
S				

3.4 Verwarmingssystemen

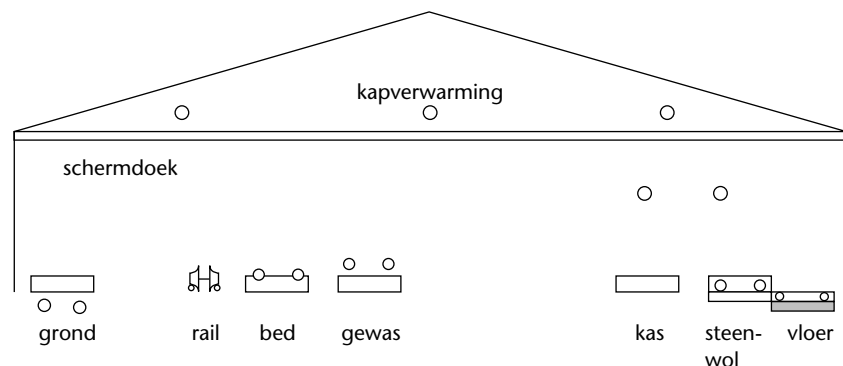
Tot nu toe heb je kunnen lezen hoe het warme water in de kas terechtkomt en hoe het binnen de kas wordt verdeeld. Maar hoe bereikt de warmte de plant? Dat is de zorg van het verwarmingssysteem dat in de kas is aangelegd. Afhankelijk van het gewas, kastype en/of teeltsysteem, wordt de warmte op vele manieren in de kas verspreid. Je leest in deze paragraaf welke verwarmingssystemen er mogelijk zijn. Twee van deze systemen worden apart besproken: de heteluchtverwarming en elektrische verwarming.

Alle verwarmingssystemen op een rijtje:

- heteluchtverwarming;
- elektrische verwarming;
- lucht- of kasverwarming;
- bodem- of grondverwarming;
- kasverwarming;
- buis-railsysteem;
- steenwolverwarming;
- bedverwarming;
- vloerverwarming;
- gewasverwarming;
- tafolverwarming.

De warmte wordt bij al deze systemen, met uitzondering van de heteluchtverwarming en de elektrische verwarming, via buizen naar de plant gebracht. De verwarmingsbuizen kunnen op heel veel plaatsen in de kas aanwezig zijn. Figuur 3.16 geeft een overzicht van de plaatsen waar je de buizen van de verschillende verwarmingssystemen in de kas kunt vinden.

Fig. 3.16
Verwarmingssystemen
naar plaats in de kas



De buistypen variëren per verwarmingssysteem. Figuur 3.17 geeft de verschillende maten en materialen van de buizen voor de genoemde verwarmingssystemen.

Fig. 3.17

Het materiaal en de diameter verschilt per buistype.

verwarmings-type	buismateriaal en diameter	max. temperatuur aanvoer	max. temperatuur retour
grond	1/2" - 3/4" polytheen	40 °C	30 °C
buisrail	ø 51 staal	90 °C	70 °C
bed	1/2" - 3/4" polytheen	40 °C	30 °C
gewas	ø 26 - ø 33 staal, gemoffeld	50 °C	40 °C
kas	ø 51 staal	90 °C	70 °C
tafel	1/2" - 3/4" buthyleen	70 °C	60 °C
kap	ø 51 staal	90 °C	70 °C
vloer	1/2" - 3/4" polytheen	pottemp. max. 25 °C	

Hieronder volgt een korte beschrijving van enkele verwarmingssystemen met warm water.

Grondverwarming

Bij grondverwarming liggen de buizen in de grond. Daardoor kunnen ze worden aangetast door mest en organische stoffen. De buizen van de grondverwarming zijn daarom gemaakt van polytheen. De maximumtemperatuur van het water is bij grondverwarming 40 °C. Boven deze temperatuur droogt de grond zo sterk uit dat de buis in een isolatielaag komt te liggen. De warmteafgifte daalt dan sterk.

Bedverwarming

Bij bedverwarming ligt de polytheen buis op de grond. De buis geeft warmte af naar boven en beneden. Naar beneden ontstaat door geleiding een warmtestroom in de richting van de wortels. Hierdoor is het systeem geschikt voor een gewas. Naar boven produceert de buis stralings- en stromingswarmte die ten goede komt aan het gewas. De maximumtemperatuur van het water is 40 °C.

Gewasverwarming

Gewasverwarming vindt meestal plaats via buizen die boven het gewas worden gehesen. Bij hijsverwarming kun je verschillende soorten buizen gebruiken. Er zijn stalen buizen met een diameter van 26, 33 en 51 mm, al dan niet wit gelakt en gemoffeld. Ook wordt wel gewerkt met aluminium buizen met geleidingsstrippen waarvan de vleugelhoogte 50, 70 of 100 mm is.

De buistemperatuur kan nu, afhankelijk van het gewas, tot 50 °C worden opgevoerd. Bij steenwolteelt is een tussenvorm aanwezig. De polytheen buis ligt op de betonvloer, in de polystyreen goot of op steenwol.

Kasluchtverwarming

Ook de kaslucht kan worden verwarmd. Dit gebeurt meestal met stalen buizen met een diameter van 51 mm. De buizen hangen aan de trekstang van de kap. Dit wordt het *bovennet* genoemd. Een *bovennet* geeft pas warmte af als het *ondernet*, de gewasverwarming, niet warmer mag worden.

bovennet
ondernet

Tabletverwarming of tafelverwarming

In de potplantensector wordt geteeld op tabletten of tafels. Voorheen werd de teelt verwarmd door onder de tabletten stalen verwarmingsbuizen te monteren. De buis verwarmt dan eerst de lucht onder het tablet en vervolgens via de lucht de potten. Dit is een indirecte verwarmingsmethode.

Momenteel wordt er ook met directe verwarmingstechniek gewerkt. Een polytheen buis wordt in de aluminium steunen van de tafel of het tablet gedrukt. Het aluminium geleidt de warmte naar de aluminium bodem van het tablet, waardoor de potplanten een warme voet krijgen en de luchtvochtigheidsproblemen afnemen.

Een andere mogelijkheid is om een polystyreen bodem te gebruiken waarin de polytheen buis al is verwerkt, al dan niet voorzien van een bevochtigingsmat of een losse aluminium bodemplaat. Een grote warmteoverdracht bereik je door polytheen buizen in een vochtig zandbed te leggen. Het zandbed is omgeven door kunststoffolie en geleidt de warmte die uit de buizen stroomt.

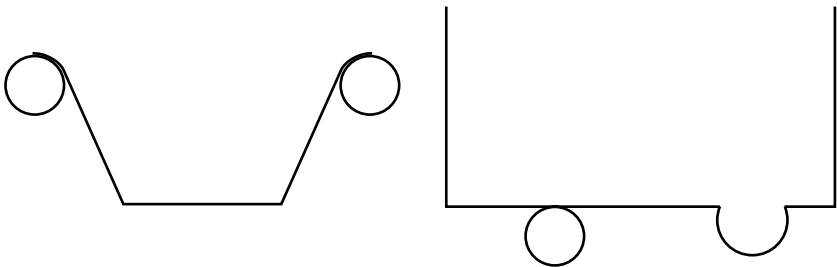
Extra verwarming onder de kasgoot

Bij kasdaken van dubbelglas en duoplaten blijft de sneeuw te lang op het dak liggen. Een extra verwarmingsbuis onder of in de goot moet de sneeuw laten smelten.

Verwarming van de plantengoot

Enkele typen plantengoten kunnen worden gebruikt als verwarmingselement (zie figuur 3.18).

Fig. 3.18
Links zie je een plantengoot van pvc en rechts een plantengoot van aluminium.



Vragen 3.4 De verwarmingsbuizen of slangen kunnen op verschillende plaatsen in de kas worden aangebracht. Dit heeft veel te maken met gewas dat er geteeld wordt. Voor welk buismateriaal kies je in de volgende situaties? Wat is de maximale temperatuur van het aanvoerwater?

Verwarmingstype	Buismateriaal	Max. temperatuur aanvoer in °C
Kas		
Tafel		
Vloer		

Grond		
Gewas		

3.5 Buisverwarming en kasklimaat

stralingswarmte
stromingswarmte

Buizen geven de warmte af als stralings- en stromingswarmte. *Stralingswarmte* verwarmt rechtstreeks vaste delen in een kas (vooral planten). *Stromingswarmte* verwarmt de kaslucht. De verhouding tussen de stromings- en stralingswarmte is afhankelijk van het buistype en de buistemperatuur. Elk buistype verwarmt de kaslucht en het gewas dus op zijn eigen manier.

De buisverwarming wordt meestal verdeeld in een *ondernet* en een *bovennet*. Het ondernet ligt tussen het gewas. De stromingswarmte van het ondernet verwarmt de kaslucht en brengt die lucht daardoor in beweging. Door deze luchtbeweging wordt vocht tussen het gewas afgevoerd waardoor het microklimaat verbetert en schimmelziekten minder kans krijgen. Met een boven- en een ondernet kun je een goede verticale temperatuurverdeling verkrijgen. En door het grootste deel van de verwarmingscapaciteit onder of tussen het gewas te leggen kun je veel energie besparen.

Op welke manier heeft de uitvoering van het verwarmingssysteem invloed op het kasklimaat?

vochtproblemen

- Een te groot gedimensioneerde verwarming (te veel buizen per kap) geeft relatief lage buistemperaturen. Daardoor wordt de kaslucht minder opgewarmd en ontstaat er weinig luchtstroming. Het vocht wordt nu onvoldoende afgevoerd waardoor *vochtproblemen* kunnen ontstaan.
- Een te klein gedimensioneerde verwarming (te weinig buizen per kap) geeft relatief hoge buistemperaturen. Dit kan gewasverbranding veroorzaken. Met hoge buistemperaturen daalt ook het rendement van de installatie.
- Met de keuze van het buistype kun je de snelheid van het verwarmingssysteem beïnvloeden. Een buis met weinig waterinhoud reageert sneller dan een buis met veel waterinhoud. Een warmtestoot met een dunne buis heeft daarom meer effect dan met een dikke buis.
- Je moet de pomp niet te vaak inschakelen. Wanneer je de circulatiepomp maar heel kort aanzet, worden alleen de buizen in het eerste deel van de buisverwarming warm. Dit heeft een ongelijke temperatuurverdeling in de kas tot gevolg.
- Alle verwarmingsbuizen moeten op gelijke afstand (10 cm) vanaf de bodem worden gelegd in verband met warmteafgifte. Zakt een buis door, dan verdwijnt er plaatselijk meer warmte naar de ondergrond. Dit leidt tot horizontale temperatuurverschillen.
- De verwarming in een kas moet bij voorkeur worden opgedeeld in regelbare secties (bijvoorbeeld 5000 m²). Dit kan groter of kleiner zijn. Je kunt dan beter inspelen op temperatuurverschillen binnen een kasafdeling. Maar meer regelbare secties zijn kostbaar. Er is meer meet- en regelapparatuur nodig en ook het regelprogramma moet uitgebreider zijn.

- Het bovennet kun je gebruiken om tijdens heldere nachten condensvorming in de kop van het gewas te voorkomen. Het bovennet kun je ook gebruiken om koudeval na het openen van het schermdoek te verminderen. Boven het schermdoek daalt de kastemperatuur. Na het openen valt deze koude lucht op het gewas. Bij gebruik van een bovennet ontstaat een sterk opgaande luchtbeweging die de koudeval tegenwerkt.

Vragen 3.5

- a Zijn de volgende stellingen goed of fout?
- 1 Stralingswarmte verwarmt eerst de lucht en vervolgens de plant.
 - 2 Het ondernet verwarmt de kaslucht en brengt daardoor lucht in beweging.
 - 3 Verwarmingsbuizen met weinig waterinhoud reageren sneller op een verandering van temperatuur dan een verwarmingsbuis met veel waterinhoud.
 - 4 Bij een nieuwe kas kun je het beste kiezen voor één regelbaar systeem.
 - 5 Het bovennet dient om koudeval te voorkomen na het openen van het scherm.

3.6 Warmteopslaginstallatie

Warmteopslag wordt toegepast in situaties waarbij er op bepaalde momenten van de dag een warmteoverschot is en op andere momenten van de dag een warmtetekort optreedt.

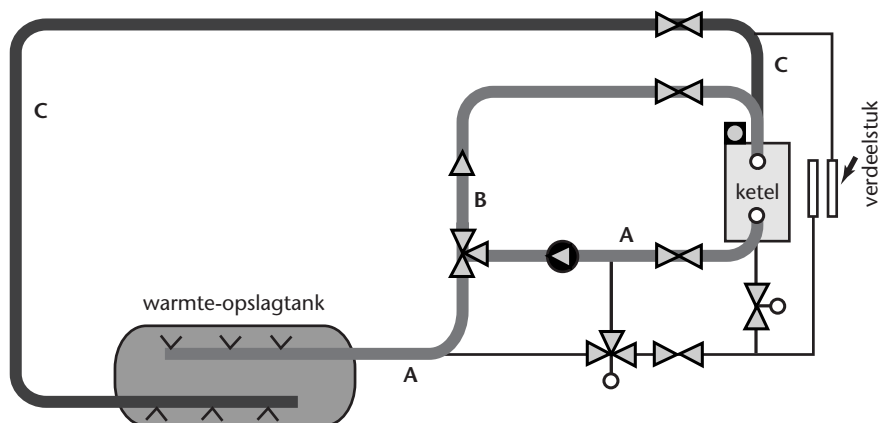
Dit kan zich in de volgende situaties voordoen:

- bij het opwekken van CO_2 met de ketelinstallatie waarbij tevens warmte wordt opgewekt die je niet direct nuttig kunt gebruiken;
- bij het opwekken van elektriciteit met een warmtekrachtinstallatie waarbij tevens warmte wordt opgewekt die je niet direct nuttig kunt gebruiken.

Beide situaties doen zich meestal in het voorjaar en in de zomer voor.

Fig. 3.19

Er is geen warmtevraag in de kas. De geproduceerde warmte wordt opgeslagen in de warmteopslagtank.

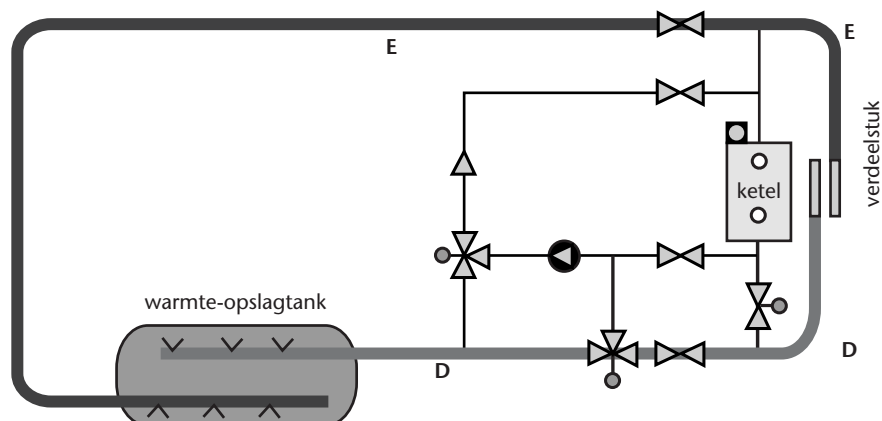


In de situatie van figuur 3.19 is er geen warmtebehoefte in de kas, maar wel behoefte aan CO_2 . De CO_2 die bij de verbranding wordt geproduceerd in de ketel gaat naar de kas. De geproduceerde warmte gaat via A naar de warmteopslag. Het hete water wordt via een sproeibuis gelijkmatig verdeeld. Een gedeelte van het hete water gaat via B naar de ketel. Dit hete water wordt gemengd met het koude water dat via C

van de warmteopslag komt. Dit wordt gedaan om te voorkomen dat het koude water uit de tank grote materiaalspanningen veroorzaakt in de ketel.

Fig. 3.20

Er is geen CO₂-vraag, maar wel warmtevraag. De warmteopslagtank levert de warmte aan de kas.



In de situatie van figuur 3.20 is er warmtebehoefte in de kas, maar geen behoefte aan CO₂. Deze situatie doet zich alleen voor tijdens de nacht. Het warme water gaat via D naar de verdeelstukken in de kas die het naar de verschillende afdelingen vervoeren. Het koude retourwater gaat via E terug naar de tank.

De inhoud van de tank

Bij de berekening van de inhoud van de warmteopslagtank zijn de volgende aspecten van belang:

- het warmteoverschot gedurende (een bepaalde periode van) de dag;
- de warmtevraag gedurende (een bepaalde periode van) de nacht.

De warmtevraag in de nacht is de beperkende factor voor de inhoud van de warmteopslagtank. Het leegtrekken van de tank is afhankelijk van de warmtebehoefte in de nacht (voorjaar en zomer) en van de gevraagde watertemperatuur in de kas (afhankelijk van de teelt).

De inhoud van de warmteopslagtank varieert van 50 m³ tot 120 m³ per hectare (afhankelijk van de teelt en de CO₂-behoefte).

Opslagverliezen

Bij het opslaan van warmte in een warmteopslagtank gaat een deel van de warmte verloren.

Deze warmteverliezen bestaan uit:

- verlies via de wand van de warmteopslagtank;
- verlies via de aanvoer- en retourleidingen;
- verlies via de steunen van de warmteopslagtank;
- verlies door slecht of onvolledig gebruik van de warmteopslagtank;
- verlies door een onjuiste temperatuurregeling.

Veel van deze verliezen kun je op eenvoudige wijze beperken door isolatie met minerale isolatiedekens.

Vragen 3.6

- Wanneer maakt een tuinder gebruik van een warmteopslaginstallatie?
- Wanneer is er in het algemeen warmteopslag en wanneer warmteonttrekking?

3.7 Warmtekrachtinstallatie

Een warmtekrachtkoppelingsinstallatie (*WKK-installatie*) is een installatie waarmee je elektriciteit opwekt. De vrijgekomen warmte kun je nuttig gebruiken. Een WKK-installatie bestaat doorgaans uit een aardgasmotor die een generator aandrijft. Het rendement van de WKK-installatie is hoog. Gemiddeld wordt 91 procent van de vrijgekomen energie benut. De percentages staan in figuur 3.21.

Fig. 3.21

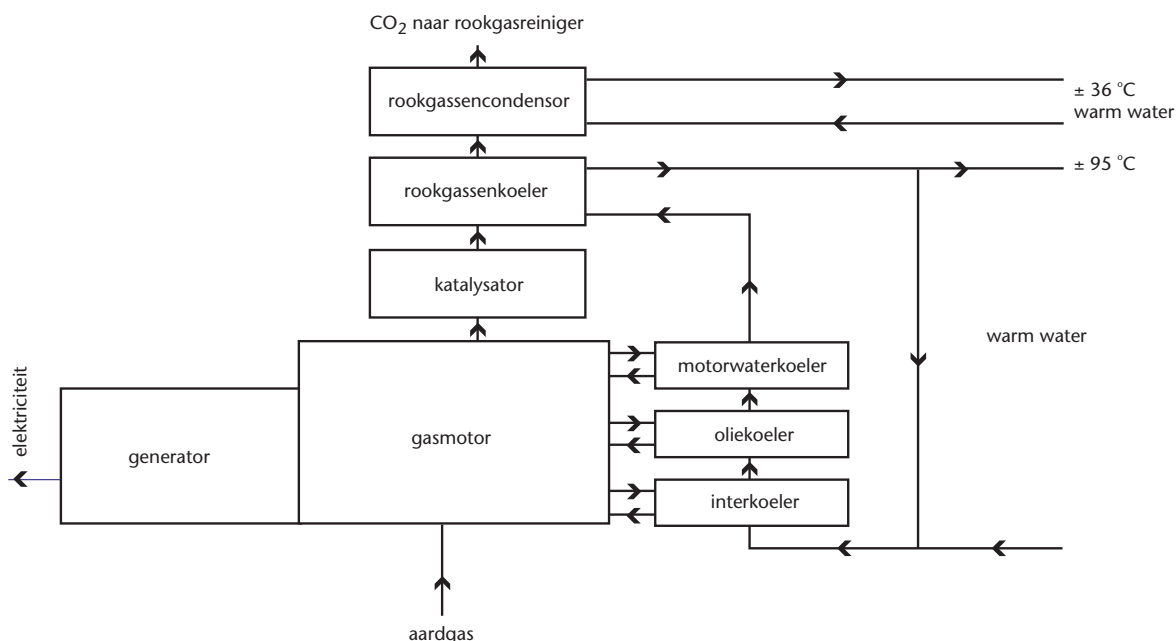
Een onderverdeling van het rendement van een WKK-installatie. HW betekent hoogwaardig en LW betekent laagwaardig.

	gemiddelde waarde (%)
elektrisch rendement	33
thermisch rendement (HW)	53
thermisch rendement (LW)	5

De opgewekte elektriciteit kan door het bedrijf zelf gebruikt worden voor bijvoorbeeld de belichting van gewassen, maar kan ook geleverd worden aan een elektriciteitsmaatschappij.

Fig. 3.22

Een schematische tekening van een warmtekrachtinstallatie



De warmte komt uit de volgende motoronderdelen:

- motorwaterkoeler;
- oliekoeler;
- interkoeler;
- rookgassenkoeler;
- rookgassencondensor.

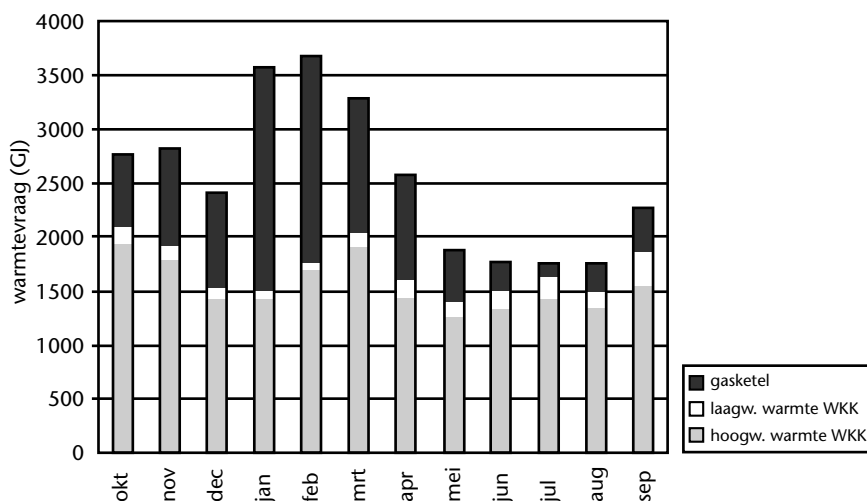
rookgaskoeler
rookgascondensor

De rookgassen worden in twee fasen gekoeld. Eerst in de *rookgaskoeler*. Hierbij treedt geen condensatie van waterdamp op. Vervolgens wordt in de *rookgascondensor* de laatste warmte onttrokken aan het rookgas. Daarbij treedt condensatie op.

Je ziet in figuur 3.22 dat er hoogwaardige warmte (95 °C) en laagwaardige warmte (36 °C) wordt geproduceerd. Beide soorten warmte kunnen door het bedrijf gebruikt worden. Het rendement van een WKK-installatie stijgt wanneer het bedrijf een warmteopslagsysteem bezit.

In figuur 3.23 zie je de verdeling in de warmteproductie tussen de WKK en de ketel van een bedrijf. Dit bedrijf is in bezit van een warmteopslagsysteem.

Fig. 3.23
De verdeling van de
warmteproductie op een
bedrijf



Op dit bedrijf heeft de WKK gedurende de meeste maanden continu gedraaid. Alleen in de zomermaanden wordt de WKK 's nachts gedurende een aantal uren stilgelegd, meestal van 24.00 u tot 5.00 u.

Vragen 3.7

- Wat doet een WKK-installatie?
- Wat doet het bedrijf met de gemaakte elektriciteit?

3.8 Openbuffersysteem

Veel telers laten hun verwarmingsinstallatie met een ketel, een buffer en vaak een WKK-installatie ombouwen naar een openbuffersysteem. Dit systeem, waarin de buffer centraal staat, vermindert het gasverbruik per uur, vlakkt de piek af en maakt het stoken goedkoper. Met een goede vermogensregeling kun je nog meer rendement behalen als er in de toekomst sprake is van piek- en daltarieven voor gas.

Werking openbuffersysteem

De *warmteopslagketel* (WOK) en het *Velzo Opslagsysteem* (VOS) zijn beide openbuffersystemen. Als de kas meer warmte vraagt dan de ketel kan leveren, wordt het tekort aangevuld door een buffer die is gevuld in de periodes waarin de warmtevraag uit de kas laag was. Zo blijft het gasverbruik gelijk en ontstaat er dus geen piek. Op ieder bedrijf moet de ervaring leren hoeveel voorraad warm water er

3.9 Heteluchtverwarming

Anders dan bij centrale verwarming wordt de lucht in heteluchtkachels direct opgewarmd en door een ventilator in de kas geblazen. Een heteluchtkachel beschikt over een open verbrandingskamer en zuigt lucht aan uit de ruimte waarin hij hangt of van buiten de kas. De aangezogen lucht wordt verhit door verbranding in een open verbrandingskamer en de verbrandingsgassen worden weer in dezelfde ruimte uitgeblazen. De hete lucht verwarmt de kaslucht en de kaslucht verwarmt de planten.

Heteluchtkachels zijn direct in de kasafdelingen opgesteld, staand op de grond of hangend. Staande kachels voeren de rookgassen naar buiten af. Hangende heteluchtkachels blazen samen met de warmte ook rookgassen de teeltruimte in. Het rookgas bestaat uit CO_2 en H_2O en beïnvloedt dus de vochtigheid en de CO_2 -concentratie. Bij de verbranding van 1 m^3 aardgas komt 1800 gram CO_2 en 1400 gram H_2O vrij. Tijdens koude perioden, als de heteluchtkachel voortdurend draait, kan de CO_2 -concentratie heel hoog oplopen, tot meer dan 3000 ppm. In deze perioden kan ook onvolledige verbranding optreden door zuurstofgebrek. Vaak wordt buitenlucht aangezogen voor een optimale verbranding. Als er geen buitenlucht wordt aangezogen, kan de zuurstofconcentratie in de kas bij langere brandperioden dalen en de verbranding onvolledig worden. Hierbij komen gassen vrij (ethyleen, CO) die schade toebrengen aan het gewas. Voor een optimale warmtebenutting moet je de kachels niet te hoog ophangen.

De warmteverdeling is bij heteluchtkachels onregelmatiger dan bij buisverwarming. Je kunt beter meer kleinere kachels plaatsen dan enkele grote. De kachels worden door de computer aan- of uitgezet (AAN/UIT). Enkele heteluchtkachels kun je op verschillende standen instellen. Bij elke schakeling is de verbranding korte tijd onvolledig. Heteluchtkachels mag je niet te vaak aanzetten, omdat dan de concentratie aan schadelijke gassen toeneemt.

Vragen 3.9

- a Hoe werkt een heteluchtkachel?
- b Welke stoffen komen er vrij bij de verbranding van het gas?

3.10 Elektrische verwarming

De elektrische verwarmingsmat, een vinding uit Israël, werd in 1999 voor het eerst beschreven.

Uitgangspunt van het systeem is: waarom ga je zo'n heel groot kasvolume verwarmen als alleen maar de planten onderin warmte moeten hebben? Voor dat doel is de *elektrische onderzetter* ontworpen. Deze bestaat uit twee gesealde folielagen met daartussen een geleidend materiaal. Het geheel is omhuld met plastic om vervuiling van de elementen tegen te gaan. Het materiaal bepaalt de verwarmingscapaciteit. Verkrijgbaar is een range van 50-120 watt per m^2 .

De elementen zijn via koperbanen aangesloten op de elektriciteit. Vooralsnog is dat 48 volt. Wettelijk gezien is dat zwakstroom waarvoor geen veiligheidseisen gelden. De elementen worden warm en geven op hun beurt warmte af aan de potten. Daarmee ontstaat een gunstig microklimaat voor de plant. De warmte van onderaf bevordert niet alleen de wortelgroei, maar daarnaast profiteert de hele plant van de

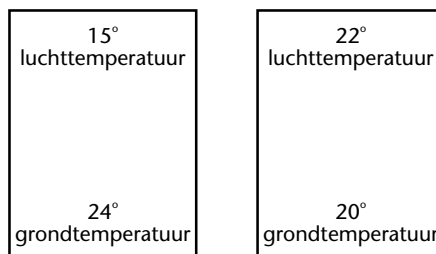
opstijgende warmte. Maar hoe groter de plant, hoe meer massa zich in de koudere bovenlucht bevindt. Bij een bepaalde plantgrootte moet je dus bijstoken met normale ruimteverwarming.

Uit onderzoek kwam naar voren dat 15-35 procent meer wortels worden gevormd. Doordat de ruimtetemperatuur drastisch omlaag kan, hoeft je niet de hele kasruimte te verwarmen, hetgeen energiebesparing oplevert. Het aanhouden van een ruimtetemperatuur die 5 °C lager is, maakt de elektriciteitskosten al goed.

De folie kan met een isolerende laag eronder gewoon op de grond worden gelegd of op een betonvloer. Het materiaal is flexibel, zodat je er overheen kunt lopen. Het is ook op te rollen en mee te nemen. Daarnaast is de mat geschikt voor roltafels en in rolcontainers.

Bij de toepassing in Nederland gaat het om allerlei gewassen, waaronder ook stekgoed.

Fig. 3.25 *De temperatuuropbouw in de kas is bij elektrische verwarming (links) en een conventioneel ruimteverwarmingssysteem (rechts) anders. Links wordt alleen het onderste deel verwarmd voor de planten en niet de grote massa lucht daarboven. Rechts wordt de hele ruimte verwarmd met uitsluitend als doel de planten onderin te verwarmen. Dat laatste vreet energie.*



- Vragen 3.10**
- a Hoe is de elektrische verwarming opgebouwd?
 - b Welk voordeel heeft dit systeem?

3.11 Afsluiting

In de tuinbouw worden diverse soorten verwarmingsinstallaties gebruikt: de centrale verwarming, de warmtekrachtkoppeling (WKK), de heteluchtverwarming en elektrische verwarming. Hiervan wordt centrale verwarming verreweg het meest toegepast.

Bij centrale verwarming wordt eerst water verwarmd. Vervolgens gaat dat warme water via buizen of pijpen naar het gewas. Daar wordt de warmte afgegeven. Het afgewerkte water gaat via een retourleiding terug naar de ketel. Onderweg splitst de retourleiding zich in tweeën. De tweede leiding, de mengleiding, zorgt dat een deel van het afgewerkte water wordt vermengd met water dat uit de ketel komt of opnieuw in circulatie wordt gebracht. Op deze manier kun je de temperatuur van het water naar behoefte regelen.

Tijdens het verwarmen van een kas ontstaan luchtstromen. Warme lucht heeft immers de neiging om op te stijgen. Deze luchtbeweging kan worden benut om de vochtigheidsgraad rondom de planten onder controle te houden.

Voor sommige teelten kun je heteluchtverwarming inzetten. Deze kachels verwarmen de kaslucht en de kaslucht brengt de warmte naar de planten. Bij heteluchtkachels is de warmtetoevoer minder goed te regelen dan bij centrale verwarming. Daarom worden vaak geperforeerde plastic slurven voor de heteluchtkachel gemonteerd om de warmtetoevoer beter te kunnen richten.

Warmteopslag wordt toegepast in situaties waarbij op bepaalde momenten van de dag sprake is van een warmteoverschot en op andere momenten van de dag een warmtekort optreedt.

Dit kan zich voordoen:

- bij het opwekken van CO₂ met de ketelinstallatie waarbij tevens warmte wordt opgewekt die niet direct nuttig gebruikt kan worden;
- bij het opwekken van elektriciteit met een warmtekrachtinstallatie waarbij tevens warmte wordt opgewekt die niet direct nuttig gebruikt kan worden.

Een warmtekrachtkoppelingsinstallatie (WKK-installatie) is een installatie waarmee je elektriciteit kunt opwekken en waarvan de vrijgekomen warmte nuttig wordt gebruikt. Een WKK-installatie bestaat doorgaans uit een aardgasmotor die een generator aandrijft. Het rendement van de WKK-installatie is hoog. Gemiddeld wordt 91 procent van de vrijgekomen energie benut. De opgewekte elektriciteit kan door het bedrijf zelf gebruikt worden voor bijvoorbeeld de belichting van gewassen, maar kan ook geleverd worden aan een elektriciteitsmaatschappij.

Veel telers laten hun bestaande verwarmingsinstallatie ombouwen naar een openbuffersysteem. Dit systeem vermindert het gasverbruik, vlakkt de piek af en maakt het stoken goedkoper. Met een goede vermogensregeling kun je nog meer rendement behalen als er in de toekomst sprake is van piek- en daltarieven voor gas.

Met een elektrische verwarmingsmat verwarm je alleen de pot waarin de plant staat en niet een heel groot kasvolume. De elektrische mat bestaat uit twee gesealde folielagen met daartussen een geleidend materiaal. Het geheel is omhuld met plastic om vervuiling van de elementen tegen te gaan.

4 Belichting

Oriëntatie

Bij belichten denk je aan kunstlicht. Bij voetbal en popconcerten wordt er belicht om ervoor te zorgen dat spelers en artiesten goed voor het publiek te zien zijn. In de tuinbouw wordt er ook belicht, maar niet om gewas goed te kunnen zien. Waarom dan wel, dat komt in dit hoofdstuk aan de orde. Voordat je over het onderwerp belichten leest, krijg je eerst informatie over licht in het algemeen.

4.1 Licht en straling

Er zijn nogal wat verschijnselen die met licht en straling te maken hebben. We noemen de drie belangrijkste.

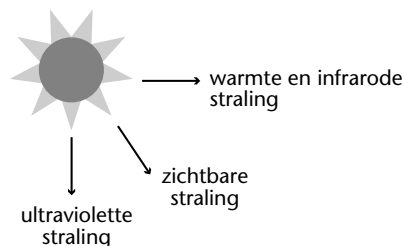
- Overdag kan een mens voorwerpen waarnemen, in het donker niet.
- Een plant groeit alleen onder invloed van licht (fotosynthese).
- Als de zon schijnt, wordt het warmer in een kas.

In deze paragraaf gaan we het licht nader onderzoeken.

Zonlicht

De zon zendt straling uit die zich voortplant als een golf. De zonnestraling bestaat uit een mix van golven met verschillende golflengtes. Van zonnestraling met een korte golflengte (ultraviolet) wordt een mens bruin. Zonnestraling met een grotere golflengte is warmtestraling (onder meer infrarood). Deze veroorzaakt het verwarmend effect van de zon. Tussen ultraviolet en infrarood ligt de straling die een mens kan waarnemen: licht.

Fig. 4.1
Zonnestraling bestaat uit drie soorten straling.



De golflengte wordt uitgedrukt in nanometer (nm). Eén nanometer is 0,000000001 meter. De golflengte van de uitgezonden zonnestraling varieert van 300-3000 nm.

De drie effecten van de zon (licht, warmte, bruin worden) hebben alle drie een ander gebied tussen 300 en 3000 nm. De golflengte van ultraviolette straling is 300-400 nm. De golflengte van 400-700 nm is zichtbaar voor een mens. De golflengte van 700-3000 nm is warmtestraling (waaronder infrarode straling). Samenvattend:

300 tot 400 nm	ultraviolette straling
400 tot 700 nm	zichtbare straling: licht
700 tot 3000 nm	warmte en infrarode straling

Licht

Tussen 400 en 700 nm liggen alle lichtkleuren die een mens kan waarnemen. Elke kleur heeft z'n eigen golflengte. Zie figuur 4.2.

Fig. 4.2
Elke kleur heeft een eigen golflengte.

Lichtkleur	Golflengtegebied
blauw	400 - 500 nm
groen	500 - 550 nm
geel	550 - 600 nm
oranje	600 - 650 nm
rood	650 - 700 nm

Een mens kan niet alle kleuren even goed waarnemen. De kleuren groen en geel kun je het beste zien. Met de kleuren blauw, oranje en rood hebben we meer moeite. Overdag heb je daar geen last van, maar wanneer het donker is, merk je dat wel degelijk.

Groeilicht

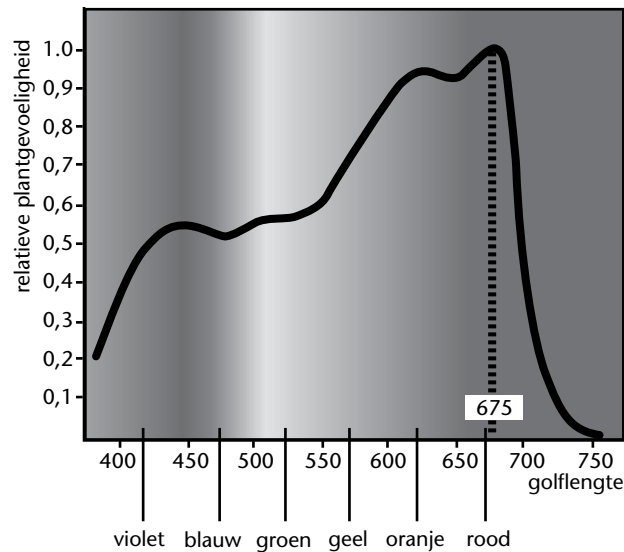
Een plant heeft licht nodig voor de fotosynthese. Het licht levert de energie om suikers te maken met behulp van CO₂ en water. Het licht dat een plant voor de fotosynthese nodig heeft, is hetzelfde licht dat een mens kan waarnemen. Het licht dat een plant nodig heeft voor de fotosynthese wordt wel groeilicht genoemd. Het licht waarvoor het menselijk oog gevoelig is, wordt *kijklicht* genoemd.

De gevoeligheid van een plant voor verschillende kleuren licht kun je testen door een plant in een klein, afgesloten kasje te plaatsen. Bestraal de plant achtereenvolgens met verschillende kleuren licht. Als je vervolgens meet hoeveel CO₂ de plant opneemt onder invloed van de verschillende kleuren licht, blijkt dat een plant veel CO₂ opneemt bij rood licht. Bij blauw licht is dit veel minder het geval.

Een assimilatielamp moet de fotosynthese, dus de CO₂-opname, stimuleren. Rood licht is hiervoor het meest geschikt. Een natrium hogedruklamp geeft oranje licht af. Het licht is een mix van veel rood licht en minder geel, blauw en groen licht.

Fig. 4.3

Het rode licht in het spectrum draagt het meest bij aan de fotosynthese. Bij een golflengte van 675 nm is de bijdrage maximaal.



Metten van licht

luxmeter
groeilichtmeter

Voor het meten van kijklicht en groeilicht moet je verschillende meters gebruiken. Een kijklichtmeter of *luxmeter* meet volgens de ooggevoeligheid. De luxmeter meet dus vooral geel en groen licht en minder blauw en rood. Een *groeilichtmeter* meet volgens de plantgevoeligheid. De groeilichtmeter meet vooral rood licht en minder geel, groen en blauw. Luxmeters zijn eigenlijk ongeschikt om het groeilicht te meten. De eenheid lux is een term die is overgenomen uit de verlichting in huizen en kantoren.

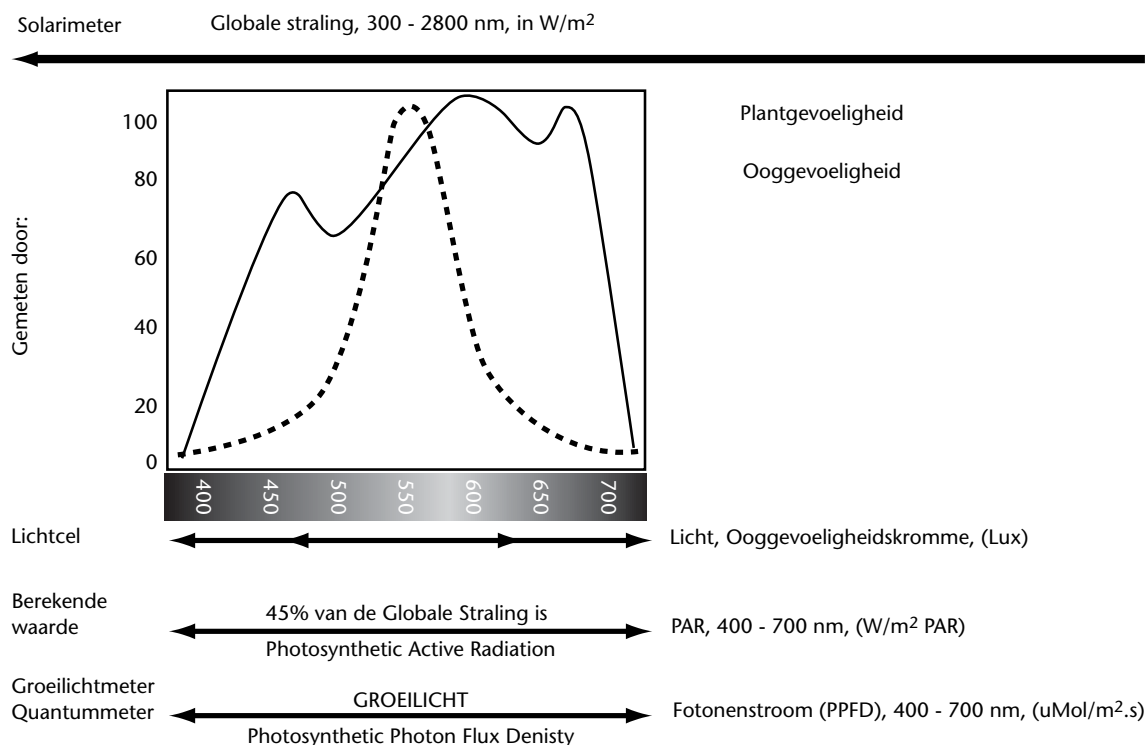
Kipp-solarimeter

De *Kipp-solarimeter* meet de globale straling (300-2800 nm) in watt per m². Uit deze waarde kun je de PAR (400-700 nm) berekenen. PAR staat voor Photosynthetic Active Radiation, ofwel fotosynthesegevoelige straling.

PPF-meter

Om precies te weten wat licht voor een plant kan betekenen, kun je het best de eenheid mol per vierkante meter per seconde gebruiken. Deze eenheid drukt de hoeveelheid energie uit die op een bepaalde oppervlakte valt. Straling bestaat uit pakketjes energie (fotonen) met een bepaalde golflengte. Deze golflengte bepaalt of het gaat om warmte of licht. Rood en blauw licht zijn de energiepakketjes die planten gebruiken voor de fotosynthese. Je meet deze fotonen met een groeilichtmeter (een *PPF-meter*). PPF staat voor Photosynthetic Photon Flux.

Fig. 4.4 In de tekening zie je het verschil in gevoeligheid voor licht van het oog en de plant. Tevens zie je de maten waarin je straling kunt meten.



Eenheden en meters

Een teler is geïnteresseerd in twee grootheden: de intensiteit en de lichtsom. De *intensiteit* geeft de felheid van het licht aan. Ieder weet dat een lamp van 500 watt intenser licht geeft dan een lamp van 50 watt. De andere grootheid is de *lichtsom*. De hoeveelheid licht per dag bepaalt namelijk de groei van het gewas en niet de paar felle zonnestralen op een zwaarbewolkte dag. In figuur 4.5 zie je alle gebruikte meters en eenheden bij elkaar.

Fig. 4.5
Drie soorten licht en de meter die je daarvoor gebruikt.

	Meter	Intensiteit	Som
zichtbaar licht	Luxmeter	Klux	Klux-uren
globale straling	Kippsolarimeter	Watt/m ²	Joules/cm ²
groeilicht	PPF-meter	Micromol/m ² /sec	Mol/m ²

- Een luxmeter meet het zichtbare licht.
- Een kippsolarimeter meet een groter golflengtegebied.
- Een PPF-meter meet de energie die gebruikt wordt voor de fotosynthese.

Omrekenen verschillende meeteenheden

De luxmeter, de Kipp-solarimeter en de PAR-meter meten het licht op een geheel verschillende manier. Voor daglicht kun je de eenheden goed omrekenen. Het weer en de zonnestand hebben invloed op de omrekenfactor. Groeilichtlampen zenden licht met een totaal andere samenstelling uit. De omrekenfactor is dan ook telkens anders.

Op een bepaald moment meet je de straling buiten. Dan kun je de volgende waarden aflezen of uitrekenen.

Je meet met een luxmeter 10.000 lux.

Je meet met de solarimeter 89 W/m² globale straling.

Je rekent dit om in 40 W/m² PAR.

Je meet met een groeilichtmeter 188 µmol/m².sec.

De waarden hierboven kun je gebruiken wanneer je een meting moet omrekenen. Je meet 5.000 lux. Je wilt de fotosynthesegevoelige straling (PAR) uitrekenen.

5000 lux : 10.000 lux×40 W/m² PAR=20 W/m² PAR.

Een groeilichtlamp zendt in verhouding veel meer groeilicht uit dan daglicht. Ook hier kun je lux omrekenen in µmol/m².sec De omrekenfactor is afhankelijk van het lichtspectrum. Dit wordt bepaald door soort lichtbron, veroudering lamp en toegevoerde spanning.

De omrekenfactor is het getal waarmee je het aantal Klux vermenigvuldigt om tot µmol/m².sec te komen. In figuur 4.6 staan enkele voorbeelden.

Fig. 4.6
De omrekenfactor om lux
om te rekenen in
µmol/m².sec bij enkele
lampen.

Type lamp	400 W / 230 V (oude Son -T)	Huidige 400 W / 230 V	Huidige 600 W / 400 V
aantal lux	5000	5000	5000
factor	11,0	12,0	13,1
micromol/m ² .sec	55	60	65,5

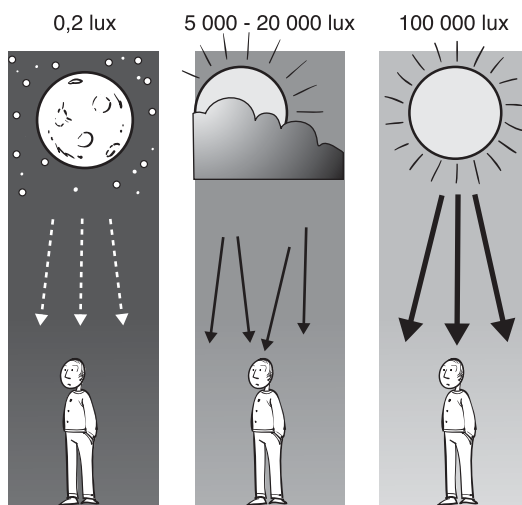
Lichtsterkte daglicht

Lux is geen goede maat om groeilicht te meten, maar geeft wel een goede indruk van de hoeveelheid daglicht. Om je een beeld te geven van de lichtintensiteit staan hieronder een aantal voorbeelden. Let op de enorme verschillen.

- straatlamp: 3-30 lux;
- gangen, trappen, restaurants: 50-250 lux;
- werkplaatsen, tekenzaal: 250-1000 lux;
- bewolkte ochtend: 10.000 lux;
- heldere ochtend: 40.000 lux;
- zonnige dag tot: 100.000 lux.

Fig. 4.7

De hoeveelheid zichtbaar licht wordt aangegeven in lux.



Vragen 4.1

- De zon schijnt. Welke drie effecten geeft dit?
- Noem de drie soorten straling waaruit zonnestraling bestaat.
- Welk deel van het zichtbare licht gebruikt de plant vooral bij de assimilatie?
- Wat is het verschil tussen een luxmeter en een groeilichtmeter?
- Hoe komt het dat je met een luxmeter toch de hoeveelheid groeilicht kunt meten?

4.2 Belichten

Licht is de zwakste schakel in het telen van gewassen. Telers zouden in de herfst, de winter en het voorjaar graag niet alleen meer licht willen hebben, maar ook een grotere lichtintensiteit (lichtsterkte) om een gewas beter te laten groeien. Veel bedrijven werken met groeilicht om de opbrengsten te verhogen en de kwaliteit te verbeteren. Een andere reden om te belichten is om het langedag-effect te verkrijgen. Door daglengtegevoelige gewassen te belichten kun je bloemknopaanleg tegengaan. Hiervoor heb je geen assimilatielampen nodig, gewone gloeilampen of speciale spaarlampen volstaan. Deze lampen hangen zodanig in een streng dat het gewas ongeveer $2 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{sec}$ licht krijgt. Dit is voldoende voor het langedag-effect. Wanneer het bedrijf assimilatielampen gebruikt, dan kun je deze ook gebruiken voor het langedag-effect.

In de praktijk zie je dat in rozen veel belicht wordt en in komkommers helemaal niet. Bij elk gewas kun je ongeveer uitrekenen of belichten rendabel is. Je moet je altijd afvragen: wat kost het per m^2 per jaar en wat levert het op per m^2 per jaar.

Assimilatielampen

Eigenlijk is het woord assimilatielampen onjuist. Je schaft namelijk niet alleen een lamp aan, maar ook een kastje waarin de lamp wordt vastgezet en een reflector die het licht de gewenste richting uitstuurt. Het bedrijf Hortilux gebruikt de naam gloeilichtarmatuur.

De gloeilichtarmatuur bestaat uit drie onderdelen:

- lamp;
- voorschakelapparaat;
- reflector.

Lamp

De meest gebruikte lampen zijn hogedruk-natriumlampen. Daarnaast zie je ook hogedruk-kwiklampen. Er zijn lampen van 400, 600 en 750 watt. Wanneer je lampen met een hoger wattage neemt, heb je minder armaturen nodig per oppervlakte. Vanouds werken de armaturen op 230 V, maar tegenwoordig zijn er ook armaturen die werken op 400 V. De 400 V- armaturen zijn energetisch efficiënter, omdat een groter gedeelte van de energie in lichtdeeltjes wordt omgezet, namelijk 33 procent (tegenover 30 procent bij de traditionele 230 V-armaturen). Dit betekent bovendien dat de warmteafgifte evenredig minder is bij de 400 V-armaturen.

Voorschakelapparaat

In het voorschakelapparaat zitten de elektrische componenten die de lamp gelijkmatig moeten laten branden. Zo kan een armatuur schakelbaar zijn, zodat je deze kunt gebruiken voor 600 W en voor 750 W lampen. In het voorschakelapparaat zit onder meer een condensator. Deze zorgt ervoor dat de lampstroom in de pas blijft met de lampspanning.

Fig. 4.8

In het voorschakelapparaat zitten de elektrische componenten die de lamp gelijkmatig laten branden.

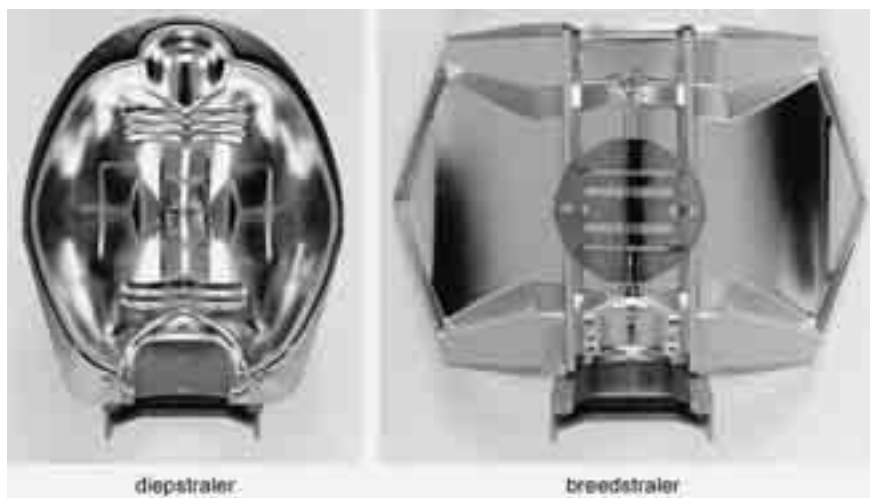


Reflector

De reflector stuurt het licht naar het gewas. Het type reflector bepaalt of het licht diep in het gewas dringt (diepstralers) of breed uitstraalt (breedstralers). Elke leverancier heeft verscheidene typen reflectoren. De keuze wordt bepaald door meerdere factoren. Wie een oudere, lage kas heeft, kiest voor breedstralers. In moderne, hoge kassen gaat de voorkeur doorgaans uit naar diepstralers. De leverancier kan een gericht advies geven.

Fig. 4.9

*Het model reflector
bepaalt hoe het licht in de
kas verspreid wordt.*
Bron: Hortilux Schreder



Gloeilichtarmatuur per m²

Was een aantal jaren 2500 lux al heel wat op een kwekerij, tegenwoordig wordt er bij bepaalde gewassen meer dan 131 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{sec}$ (10.000 lux) gebruikt.

Een voorbeeld: voor de standaardlampen van 230 volt/600 watt is het uitgangspunt dat er een lichtintensiteit van 10.000 lux in de kas is te realiseren met één armatuur per 7,5 m² (met diepe reflector). Door het voltage van 230 naar 400 te verhogen stijgt het rendement van de armatuur. Er komt zo ongeveer 10 procent meer groeilicht in de kas met hetzelfde toegevoerde elektrische vermogen. Je kunt dus met minder armaturen per m² kas toe. Maar in de praktijk gebeurt dat niet. De winst van 10 procent meer groeilicht wordt hoger gewaardeerd dan een besparing op de investering.

Een nieuwe ontwikkeling is mobiele belichting die over het gewas heen en weer kan bewegen en zo een homogene lichtverdeling in de kas geeft. Je kunt dit systeem combineren met stationaire verlichting (armaturen die op een vaste plaats hangen). De installatie hangt aan een rail in een kap. Bij de keuze spelen onder meer de volgende zaken een rol:

- afstand tussen lamp en gewas;
- lichtniveau in lux;
- vermogen van de lamp;
- voltage;
- soort reflector;
- stationair of mobiel licht of beide;
- tijdsduur van het belichten.

We zien dat steeds meer kwekers de laatste tijd toch weer overgaan naar vaste belichting, omdat ze de hogere investering van de mobiele belichting, in de huidige marktsituatie niet kunnen terugverdienen.

Fig. 4.10

In dit paprikagewas zie je bovenin een rail waarlangs mobiele lampen op-en-neer bewegen. Dit mobiele station telt twee lampen.



Warmteoverschot

Elke extra assimilatielamp in de kas betekent een extra warmtebron. Een vuistregel is 1 °C temperatuurstijging per 1.000 lux in een kas met cactussen. Een bladgewas verdampt echter. Dat kost energie en geeft verkoeling. In een kas met rozen wordt gerekend met een temperatuureffect van 0,7 °C per 1.000 lux. Voor een aantal gewassen kan dit warmteoverschot problemen opleveren en dan moet je luchten. Het is zaak dat de CO₂-concentratie in de kas op peil blijft. De streefwaarde is 700-1200 dpm.

Remotesysteem

Bij het zogenaamde *Remotesysteem* hangen de reflector en de lamp boven het gewas, terwijl het voorschakelapparaat tussen het gewas hangt. De voordelen daarvan zijn:

- aanzienlijk hogere lichtopbrengst door minder lichtonderschepping en minder schaduw;
- optimale benutting van warmte tussen het gewas;
- eenvoudiger onderhoud.

Energieleverantie

Voor de stroomkosten maakt het verschil of je de elektriciteit opwekt met een eigen WKK-installatie of dat je die betreft van het net. Bij eigen stroomopwekking wordt vaak gerekend met € 0,03-0,04 per kWh bij volledige warmtebenutting en ongeveer € 0,05 als er geen volledige warmtebenutting is. Koop je alle elektriciteit in, dan moet je ook rekenen op € 0,05-0,06 per kWh.

Vragen 4.2

- a Welke redenen kunnen er zijn om een gewas te belichten?
- b Waarom kun je beter 400 V gebruiken dan 230 V?
- c Reflectoren kun je indelen in diep- en breedstralers. Wat is het verschil?
- d Welke keuzen moet je maken om zo min mogelijk lampen per oppervlakte te krijgen?
- e Een rozengeas wordt belicht met 6000 lux. Hoeveel graden Celsius stijgt de temperatuur door deze belichting?

4.3 Onderhoud aan de assimilatielampen

Voor een optimaal belichtingsrendement moet je goed onderhoud plegen aan de assimilatielampen.

Reflectoren

Reflectoren worden vies. Bij de ene teelt gebeurt dat sneller dan bij de andere. Zwavelpotten in de rozen en opstuivende grond in de chrysanten zijn notoire vervuilers. Vervuiling kost licht, dus schoonmaken loont al gauw de moeite. Dit wordt echter in de praktijk nog veel te weinig, gedaan. Het schoonmaken van de reflectoren gaat het best in een badje van een geschikt schoonmaakmiddel. Dat is pertinent niet Glassex, omdat het residu daarvan door de lampwarmte in het metaal inbrandt en dat kost licht. Een goed middel is schoonmaakazijn. Denk er wel aan na te spoelen met gedemineraliseerd water.

heranodiseren

chemisch glansen

Zodra reflectoren niet meer op de gewone manier zijn schoon te maken, is het tijd voor *heranodiseren*. Dit gebeurt buiten het tuinbouwbedrijf. De reflectoren worden eerst in een reinigingsbad behandeld om het ergste vuil van de reflectoren te verwijderen. Hierna wordt de glanslaag hersteld, zodat de reflector het licht weer goed kan reflecteren. Dit gebeurt in een bad met zeer agressieve zuren. Dit *chemisch glansen* is eigenlijk zoets als heel fijn slijpen, waardoor alle kleine oneffenheden verdwijnen en er een glans ontstaat. Als dit gebeurd is, moet er nog een bescherm laag op de reflector aangebracht worden. Hiervoor wordt de oppervlakte elektrolytisch geoxideerd. Deze verkregen oxidelaag beschermt de reflector tegen krassen en andere vuiligheid.

Heranodiseren dient na drie tot vijf jaar te gebeuren. Deze operatie kost 7-8 euro per stuk en levert een reflector op met een reflectiewaarde van een splinternieuwe. Het kopen van een nieuwe reflector, waar in de praktijk veel gemakkelijker over wordt gedaan, is drie tot vier keer duurder dan het heranodiseren van de oude.

Lampen

Net als reflectoren worden ook lampen vies. Aan de bovenkant van de bol kan stof of ander vuil neerslaan waardoor daar de lichtoutput vermindert. Het aflappen van de bol heeft dus zeker zin.

Bij lampen neemt de lichtoutput af naarmate ze ouder worden. Het is daarom verstandig om de totale lichtopbrengst van de lamp in de gaten te houden. Je kunt dat visueel doen of aan de hand van een tabel van de lampenfabrikant. Je doet er goed aan om de lichtafgifte te laten checken om het juiste moment voor vervanging te kunnen bepalen.

Condensator

In het voorschakelapparaat zit een condensator. Deze zorgt ervoor dat de stroom niet te groot wordt en in de pas blijft met de spanning. Een te grote stroom zorgt voor te veel warmte.

Fig. 4.11

Dit is een condensator die in een armatuur kan zitten.



Je doet er verder goed aan de conditie en leeftijd van condensatoren in de gaten te houden. Als ze te oud worden, gaan er grotere stromen lopen. Dat kost elektriciteit. En door grotere stromen kan de bekabeling bovendien zo warm worden dat brand kan ontstaan, vooral bij armaturen van kunststof. Ook de condensatoren zelf kunnen door ouderdom bij gebruik warm worden, waardoor ze open kunnen scheuren of zelfs exploderen. Bij goedkopere typen met een plastic behuizing gebeurt dat gemakkelijker dan bij de betere typen met een metalen behuizing. Nieuwere typen condensatoren bezitten vaak een zogeheten trekbeveiliging die de spanning onderbreekt bij mechanische vervorming van de behuizing.

Installatiebedrijven adviseren om condensatoren na vier jaar in ieder geval te controleren. Als vervanging nodig is, kost dat per stuk € 5,50 tot € 8,00. Als montage in de armatuur gemakkelijk gaat, komt daar een paar euro bij, maar bepaalde typen armaturen moeten half gedemonteerd worden om een nieuwe condensator te kunnen monteren. Daardoor kunnen de kosten verdubbelen.

Spanning

Een vorm van onderhoud is ook het in de gaten houden van de aan de lampen aangeboden spanning. De vuistregel is dat 1 procent ondervoltage 2 procent minder licht geeft. Uit praktijkmetingen blijkt dat er bij 230 volt-installaties spanningsvariaties voorkomen van 215-245 volt. Een hogere spanning van bijvoorbeeld 6 procent is dan mooi meegenomen, omdat de lamp dan 12 procent meer licht geeft, maar daar staat een wat snellere veroudering tegenover. Een lagere spanning van 6 procent betekent 12 procent minder licht. Dat is behoorlijk veel. En daarom loont het de moeite om daarover bij je stroomleverancier afspraken te maken.

Vragen 4.3

- a Welk onderhoud kun je zelf aan de reflectoren doen?
- b Waarom is het verstandig om na een aantal jaren de lichtopbrengst te laten meten?

4.4 Afsluiting

Licht is voor planten onmisbaar. De straling van de zon bestaat uit een mix van golven met een verschillende golflengte tussen de 300 en 3000 nm. Alleen straling met een golflengte van 400 tot 700 nm is zichtbaar. Tussen 400 en 700 nm liggen alle lichtkleuren die een mens kan waarnemen. Elke kleur heeft zijn eigen golflengte.

Een plant heeft voor de fotosynthese licht nodig. Het levert namelijk de energie om suikers te maken met behulp van CO₂ en water. Het licht dat een plant voor de fotosynthese nodig heeft, is de zichtbare straling met een golflengte van 400-700 nm. Voor de groei van een plant is rood licht het meest geschikt. Het wordt ook wel groeilicht genoemd. Het licht waarvoor het menselijk oog gevoelig is, wordt kijklicht genoemd.

Voor het meten van kijklicht en groeilicht moet je verschillende meters gebruiken. Een kijklichtmeter of luxmeter meet volgens de ooggevoeligheid. De luxmeter meet dus vooral geel en groen licht en minder blauw en rood. Een speciale groeilichtmeter meet volgens de plantgevoeligheid. De groeilichtmeter meet vooral rood licht en juist minder geel, groen en blauw.

De meest gebruikte assimilatielampen zijn hogedruk-natriumlampen. Een groeilichtarmatuur bestaat uit drie onderdelen: lamp, voorschakelapparaat en reflector. Het aantal armaturen per kas hangt af van het gewenste aantal lux, het vermogen van de lamp en het voltage.

De meeste lampen zijn stationaire lampen. Mobiel licht is in opkomst. Hierbij hangen lampen aan een rail waarlangs ze door de kas kunnen bewegen.

Het onderhoud van de assimilatiebelichting bestaat uit het schoonhouden van de reflector en de lamp en het controleren van de condensator.

5 CO₂ in de kasteelt

Oriëntatie

Planten hebben overdag CO₂ nodig om te kunnen groeien. Lucht bevat ongeveer 0,036 procent CO₂. In de winter is dat wat meer. In een gesloten kas zakt het percentage doordat de planten CO₂ opnemen. Het weer verhogen van de concentratie CO₂ leidt tot een betere groei. Over de wijze waarop je CO₂ kunt inzetten gaat dit hoofdstuk.

5.1 Wat is CO₂?

CO₂ is een kleurloos gas dat ook wel koolstofdioxide, kooldioxide of koolzuurgas wordt genoemd. Het is niet brandbaar, niet giftig gas en heeft een prikkelende smaak en geur. Het zorgt onder andere voor de belletjes in bier en frisdranken. Je ademt het ook uit. Het komt van nature in de lucht voor in een concentratie van 350-360 *dpm* (delen per miljoen). Deze concentratie stijgt met name door de hoge CO₂-uitstoot. Op aarde worden jaarlijks grote hoeveelheden koolstofhoudende brandstoffen zoals olie, gas en hout verbrand. Hierdoor stijgt het gehalte ieder jaar met 1-1,5 procent! Chemisch gezien is CO₂ een verbinding die bestaat uit één atoom koolstof en twee atomen zuurstof. CO₂ is ongeveer 1,5 keer zo zwaar als lucht en lost gemakkelijk in water op (spuitwater). Door diffusie wordt dit gas evenwichtig verdeeld in de ruimte. CO₂ zakt niet naar de bodem. Eén m³ buitenlucht bevat ongeveer 0,7 gram CO₂.

Eigenschappen van CO₂

Om CO₂ optimaal te kunnen inzetten moet je er het nodige van weten. We zetten enkele gegevens op een rijtje.

- 1 liter CO₂ weegt bij 20 °C 1,78 gram.
- 1 kg CO₂ heeft bij 20 °C een volume 555 liter.
- 1 m³ aardgas geeft 1,78 kg CO₂.
- 1 kg CO₂ komt uit 0,56 m³ gas.
- Een volgroeid gewas neemt maximaal 5-8 gram CO₂ per m² per uur op.

Een kas met een gemiddelde hoogte van 5,5 meter heeft een inhoud van 55.000 m³ en bevat bij een gelijke CO₂-concentratie als de gemiddelde buitenlucht, ongeveer 38 kg CO₂. Dit komt overeen met de hoeveelheid CO₂ van 21 m³ verbrand aardgas.

Vragen 5.1 Je hebt een volgroeid tomatengewas in een kas van 20.000 m² staan.

- Hoeveel kg CO₂ neemt dit gewas per uur op?
- Hoeveel m³ aardgas moet je daarvoor verstoken?

5.2 De verwarmingsketel als CO₂-bron

De c.v.-ketel heeft op het glastuinbouwbedrijf twee functies. De installatie dient in de eerste plaats voor het verwarmen van de kas. In de tweede plaats gebruik je de ketel als CO₂-bron voor CO₂-bemesting van het gewas. De gassen die bij de verbranding van aardgas ontstaan, noem je rookgassen of afgassen. De afgekoelde verbrandingsgassen die voor CO₂-bemesting worden gebruikt, noem je *doseergassen*. De doseergassen worden door een doseerinstallatie en een daaraan gekoppeld verdeelsysteem in de kas verspreid.

Fig. 5.1

Deze c.v.-ketel levert naast warmte ook CO₂.



Brander

In de glastuinbouw is de gasbrander de meest gebruikte CO₂-producent voor CO₂-dosering. De verbrandingsgassen bevatten maar heel weinig schadelijke bijgassen wanneer de aardgasbranders tenminste aan de wettelijke eisen voldoen en goed zijn afgesteld en onderhouden. De verbrandingsgassen zijn direct geschikt voor CO₂-dosering. Rookgassen van een oliebrander zijn meestal ongeschikt voor CO₂-dosering. Ze bevatten te veel schadelijke bijgassen zoals zwaveldioxide (SO₂).

Rookgassen

De temperatuur van de rookgassen die uit de ketel komen varieert van circa 100 °C bij een kleine vlam tot zo'n 200 °C bij een grote vlam. Deze rookgassen moeten tot beneden de 60 °C afkoelen alvorens je ze als doseergas kunt gebruiken. Dit is noodzakelijk, omdat de doseerleidingen, die meestal van kunststof zijn gemaakt, niet bestand zijn tegen temperaturen boven de 60 °C. Ook het gewas kan niet tegen hete gassen.

Je kunt rookgassen op twee manieren afkoelen.

buitenlucht

- bijmengen van *buitenlucht*

De hete rookgassen meng je met zoveel buitenlucht dat de temperatuur onder de 60 °C zakt. De hoeveelheid bij te mengen buitenlucht hangt af van de

-
- temperatuur van de rookgassen en de buitenlucht. Bijmengen heeft als nadeel dat het volume van de doseergassen sterk toeneemt. Hoe groter dit volume, hoe groter de doseerleidingen en de transportventilator moeten zijn en dus ook het stroomgebruik.
- rookgascondensor* – gebruik van een *rookgascondensor*
- Een rookgascondensor is een warmtewisselaar die je achter de ketel plaatst. Deze onttrekt warmte aan de rookgassen. Deze warmte kun je nuttig gebruiken voor het verwarmen van de kas. Door de condensor zakt de temperatuur en krimpt het volume van de rookgassen. Je kunt deze dan direct als doseergas gebruiken. Als de rookgastemperatuur beneden de 58 °C daalt, condenseert de waterdamp die in de rookgassen aanwezig zijn. Daar komt de naam vandaan. Als gevolg hiervan krijg je een droger doseergas. Daardoor komt er minder vocht in het doseersysteem en in de kaslucht.

Bij nog lagere rookgastemperaturen vermindert de hoeveelheid doseergas nog verder. Om een goede verdeling van de doseergassen in de kas te krijgen, meng je extra lucht bij tot bijvoorbeeld minimaal 500-1000 m³ doseergas per hectare per uur. Met een kleppensysteem kun je verschillende mengverhoudingen tussen rookgas en lucht bewerkstelligen. Je kunt zodoende bij een vast doseergasvolume de hoeveelheid CO₂ in het doseergas verhogen of verlagen. En op die manier kun je naar wens meer of minder CO₂ in de kas brengen.

Een ventilator zuigt de rookgassen uit de schoorsteen en brengt deze, eventueel gemengd met buitenlucht, als doseergas de kas in via een leidingensysteem. Door net boven het aanzuigpunt in de schoorsteen een weerstand te plaatsen, ben je er zeker van dat de rookgassen aangezogen worden.

- Vragen 5.2**
- a De rookgassen die vrijkomen bij de verbranding zijn heet. Voordat deze bij het gewas komen moet ze worden afgekoeld. Op welke twee manieren kan dit gebeuren?

5.3 Transport en verdeling van CO₂

Met het winnen van doseergassen ben je er nog niet. Die gassen moeten nog wel op de juiste plaats worden gebracht. Dat gebeurt via de transport- en verdeelleidingen.

Transport

De transportleiding vervoert de doseergassen vanaf de ventilator naar de verdeelleiding in de kas. Om voldoende druk te houden moet je de drukval in de leidingen laag houden. Dit betekent dat er in de leiding zo weinig mogelijk en zeker geen scherpe bochten mogen zitten. Verder mag de stroomsnelheid niet hoger zijn dan 10 m/s. De leidingdiameter moet ruim genoeg zijn. Meestal wordt een pvc-leiding met aflopende diameter van 400, 315, 250, 200, 160, 125 en 90 mm gebruikt. De verdeelleiding met daaraan de CO₂-darmen moet de doseergassen vervolgens gelijkmatig over de kas verdelen. Om breuk of barsten te voorkomen moet je leidingen nemen met voldoende dikke wanden.

CO₂-darmen

De CO₂ stroomt via de transport- en verdeelleidingen vervolgens door de CO₂-darmen. Deze vormen de laatste stap in het verdeelsysteem. CO₂-darmen zijn geperforeerde slurven van plasticfolie die tussen het gewas liggen. Via kleine gaatjes in die slurven komen de doseergassen in de kas. Het aantal gaatjes bepaalt de weerstand die de doseergassen in de darmen ondervinden. Hoe groter het aantal gaatjes, hoe kleiner de weerstand. Door deze weerstand bouwt er zich een druk in de darmen op: de zogenaamde *darmdruk*. Voor een goede verdeling van de doseergassen moet de druk in de darmen hoog genoeg zijn, want dan knellen vruchten of stengels de CO₂-darmen niet af en kan het condensvocht gemakkelijk uit de darmen stromen.

darmdruk

Fig. 5.2

In dit jonge chrysantengewas zie je naast de verwarmingsbuis een CO₂-darm die CO₂ tussen het gewas verspreidt.



prikafstand

Om deze druk te realiseren, moet het aantal gaatjes in de darmen afgestemd zijn op de hoeveelheid doseergassen. Het aantal gaatjes geef je aan met de *prikafstand*. De prikafstand is de afstand tussen de gaatjes in de lengterichting van de darm. Per prikafstand prik je standaard vier gaatjes (rondom) met een diameter van 0,8 mm. In figuur 5.3 zie je de benodigde prikafstand in verhouding tot het doseergasvolume. Als de diameter van de gaatjes afwijkt van de standaard van 0,8 mm, dan pas je ook de prikafstand aan.

Fig. 5.3

Benodigde prikafstand bij twee darmafstanden in relatie tot het volume doseergassen per hectare per uur. De diameter van de darm is hier 41 mm.

Doseergasvolume (m ³ /ha)	Darmafstand	
	3,20 m	1,60 m
600	80 cm	160 cm
750	60 cm	120 cm
900	50 cm	100 cm
1200	40 cm	80 cm
1500	30 cm	60 cm
1800	25 cm	50 cm

Door de weerstand in de CO₂-darmen is de druk vooraan hoger dan achter in de darm. Dit betekent dat de afgifte vooraan ook groter is dan achteraan. Om dit verschil

in afgifte binnen aanvaardbare waarden te houden, mag het drukverschil tussen de druk voor en achter in de darm niet groter zijn dan 20 procent. Het is natuurlijk zonneklaar dat de darmen heel moeten zijn. Je snapt dat scheuren en gaten in de darmen leiden tot een onregelmatige CO₂-verdeling.

De lengte van de darm mag niet te groot zijn. De verschillen in de CO₂-verdeling in de kas zouden dan te fors worden. Een belangrijke factor is de diameter van de darm. Een darm met een diameter van 60 mm kun je langer maken dan een darm van 41 mm.

Smoorplaatjes

Een gelijkmatige verdeling van de doseergassen over de kas bereik je als de druk in de darmen overal gelijk is. Maar de doseergassen die aan het einde van de verdeelleiding de kas instromen, leggen een veel langere weg af dan de doseergassen die aan het begin van de verdeelleiding de kas instromen en ondervinden dus meer weerstand. Om de darmdruk overal gelijk te houden, is in elke aftak van de verdeelleiding een weerstand ingebouwd in de vorm van smoorplaatjes. Smoorplaatjes zijn ronde plaatjes met een gaatje van een bepaalde diameter. De verhouding tussen de diameter van het gaatje en de diameter van de aftak bepaalt de mate waarin je de druk smoort. Hoe kleiner de verhouding, hoe meer je smoort. Als de smoorplaatjes niet goed berekend zijn, ontstaan er in de kas concentratieverschillen. Laat dit daarom door deskundigen uitvoeren.

Fig. 5.4

*Deze smoorplaatjes
bepalen de druk die in
een darm heerst.*



Condensafvoer

Een van de grootste problemen bij CO₂-verdeelininstallaties is condensvocht. Condensvocht in de transport- en/of verdeelleiding veroorzaakt grote weerstand. Daardoor blaast de ventilator minder doseergassen de kas in. De doseergassen verdelen dan slecht. Vochtproblemen in een CO₂-installatie kun je voorkomen door enkele maatregelen te nemen.

- Monteer afvoerpunten voor condenswater in de transport- en verdeelleiding.
- Leg de leidingen altijd onder afschot naar achter toe.
- Voorkom dat de leidingen verzakken.

Door een zwanenhals (sifon) kan het condenswater zonder drukverlies uit de leidingen wegstromen. Doordat er in een zwanenhals altijd water blijft staan, kunnen er langs die weg nooit doseergassen ontsnappen. Belangrijk is dat de zwanenhals lang genoeg is. Is dat niet het geval, dan blaast de ventilator het water uit de zwanenhals, waardoor er alsnog doseergassen kunnen ontsnappen.

Als je de leidingen onder afschot legt, stroomt het water vanzelf naar de condensafvoerpunten. Zorg dat je ondergrondse leidingen goed ingraaft, zodat ze niet kunnen verzakken. Een verzakking kan namelijk als waterslot gaan werken.

Vragen 5.3

- a De transport- en verdeelleidingen brengen het gas naar de CO₂-darmen. Hoe zorg je ervoor dat de druk voldoende hoog blijft?
- b Welke twee factoren in de darm beïnvloeden de druk?
- c Wat is de functie van de smoorplaatjes?

5.4 Overige CO₂-bronnen

Naast de centrale verwarming zijn er nog andere bronnen die voor CO₂ kunnen zorgen. De verspreiding van de CO₂ gaat wel op dezelfde wijze als bij de c.v.-installatie.

De alternatieve bronnen zijn:

- doseren van zuivere CO₂;
- warmte/kracht als CO₂-bron;
- CO₂ bij centrale warmtelevering.

Doseren met zuiver CO₂

Zuiver CO₂ dat langs industriële weg is gemaakt, kun je ook in de glastuinbouw gebruiken. Het is altijd in voldoende hoeveelheden beschikbaar. CO₂ ontstaat onder meer als bijproduct bij kunstmestproductie. Het bevat geen ongewenste bijgassen. Het gebruik van zuiver CO₂ veroorzaakt verder geen warmteproductie. Bij geen of geringe warmtebehoefte is dit een voordeel. Een nadeel is dat het duurder is dan rookgas-CO₂.

Een tuinder heeft de volgende apparatuur nodig om zuiver CO₂ te kunnen doseren:

- een opslagtank voor CO₂ dat in vloeibare vorm geleverd wordt;
- een CO₂-doseerinstallatie;
- een leidingnetwerk om het gasvormige CO₂ effectief in de kas te verdelen;
- een klimaatregeling (regelprogramma) voor economisch doseren.

Fig. 5.5

In zo'n tank bewaart de tuinder vloeibaar CO₂. Verdamping van het gas vraagt veel warmte uit de omgeving. Dit kun je zien aan de bevroren waterdamp aan de buitenkant van de leiding.



Zuiver CO₂ sla je onder druk vloeibaar op in tanks. Het opslagsysteem bestaat uit een dubbelwandige tank. De tussenruimte is gevuld met perliet en vacuüm getrokken. Dat zorgt voor een uitstekende isolatie. Het vloeibare CO₂ in de tank heeft een temperatuur van ongeveer -25 °C. Ondanks de isolatie kan er toch nog wel wat CO₂ verdampen. Om ervoor te zorgen dat de druk niet te hoog wordt - bij 20 °C bedraagt de druk van CO₂ in vloeibare vorm circa 57 bar - zijn tanks soms uitgerust met een koelinstallatie. Andere typen blazen alleen de te hoge druk af.

Tuinders die ook rookgas-CO₂ hebben met een centraal CO₂-verdeelsysteem, kunnen vloeibaar CO₂ injecteren bij de ventilator van het centrale systeem met een speciale doseerset. De aangezogen buitenlucht of lucht uit het ketelhuis zorgt voor de verdamping van het vloeibare CO₂. Als de verdeling met rookgas-CO₂ goed is, dan is de verdeling met zuiver CO₂ ook goed.

Warmte/kracht als CO₂-bron

Een WKK-installatie is een combinatie van een doorgaans aardgasgestookte verbrandingsmotor en een generator (soort dynamo). De verbranding zet het aardgas om in warmte en stroom. Het is dus een soort minicentrale. De opgewekte warmte gebruik je om de kas te verwarmen. Zowel de stroom als de warmte worden nu benut. Door stroom op te wekken met een WKK-installatie op een tuinbouwbedrijf in plaats van in een centrale, bespaar je tot ongeveer 29 procent op brandstof. Hierdoor vermindert ook de CO₂-emissie met 29 procent.

Fig. 5.6

In het gebouwtje staat de WKK-installatie. De ontstane rookgassen kunnen na reiniging gebruikt worden. Rechts op de foto zie je een warmteopslaginstallatie.



Rookgasreiniging (RGR) is noodzakelijk. De uitlaatgassen van de gasmotor van de WKK-installatie bevatten namelijk veel te hoge concentraties schadelijke stoffen, met name stikstofverbindingen (NOX) en ethyleen (C_2H_4), om ze ongereinigd voor CO_2 -dosering te kunnen gebruiken.

CO_2 bij centrale warmtelevering

Bij de opwekking van elektriciteit komt naast warmte ook CO_2 vrij. Milieuoverwegingen vereisen dat de restwarmte en het afval- CO_2 op een nuttige manier worden gebruikt. De warmte die bij elektriciteitsopwekking vrijkomt, kun je benutten om kassen te verwarmen. Dit is in Nederland voor het eerst toegepast door de Amercentrale in Brabant. Hierdoor ontstond het glastuinbouwgebied 'Plukmade' bij Made-Drimmelen. Behalve warmte levert de centrale ook CO_2 .

Vragen 5.4

- a Wanneer zou je gebruik kunnen maken van zuivere CO_2 ?
- b Wat moet er met het rookgas van WKK-installatie gebeuren voordat je het kunt gebruiken in de kas?

5.5 Heteluchtverwarmers als CO_2 -bron

Heteluchtverwarmers geven de verbrandingswarmte direct af aan de kaslucht. Een ventilator blaast de kaslucht langs de verbrandingsruimte en daarna de kas in. Heteluchtverwarmers staan in de ruimte die ze moeten verwarmen. Daarom horen ze goed bestand te zijn tegen de condities in de kas. Hierbij moet je denken aan gewasbeschermingsmiddelen, beschijning door de zon en grote schommelingen in temperatuur en luchtvochtigheid.

De opstelling van de heteluchtverwarmers dient zodanig te zijn dat:

- er een gelijkmatige verdeling van warmte en CO_2 plaatsvindt;

- de planten geen last hebben van een te hoge lichtsnelheid of een te hoge temperatuur van de verbrandingsgassen of door hittestraling;
- de apparatuur geen hinder heeft van sproei- of druipwater.

heteluchtkanon

De bekendste heteluchtverwarming is het *heteluchtkanon*. Een heteluchtkanon beschikt over een open verbrandingskamer. Het apparaat zuigt lucht aan uit de ruimte waarin het hangt of via een slang uit de buitenlucht.

Fig. 5.7

Deze heteluchtkachel haalt via de flexibele slang lucht van buiten voor de verbranding van het gas.



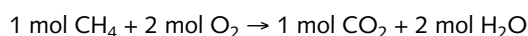
De in de tuinbouw gebruikte toestellen noemt men ook wel CO₂-branders. Het zijn heteluchtkanonnen die zo zijn geconstrueerd dat bij toevoer van voldoende zuurstof de verbranding volledig is en dat er maar heel weinig schadelijke verbrandingsgassen worden geproduceerd. Hierdoor zijn ze geschikt om als CO₂-bron dienst te doen en mag je ze gebruiken in kassen waarin mensen aanwezig zijn. Als de verbranding niet optimaal is, neemt de hoeveelheid schadelijke verbrandingsgassen (bijgassen) sterk toe, met name koolmonoxide (CO), ethyleen (C₂H₄) en stikstofoxiden (NO_x). Daarom is regelmatig onderhoud van de apparatuur en controle van de verbrandingsgassen op de aanwezigheid van niet-verbrande koolwaterstoffen noodzakelijk. Bij lage buitentemperaturen kan de concentratie van schadelijke gassen hoog oplopen, zeker als de luchtramen gesloten zijn en er veel branduren gemaakt worden. Zorg daarom voor een goede zuurstofvoorziening voor de brander.

Vragen 5.5

- Waar komt de lucht vandaan die nodig is voor de verbranding bij een heteluchtkachel?
- Waar moet je rekening mee houden bij plaatsen (hangen) van de heteluchtkachels in de kas?

5.6 Samenstelling van rookgassen

Je weet nu dat de voor CO₂ gebruikte verbrandingsgassen meestal afkomstig zijn van een aardgas gestookte brander of van een gasmotor (WKK-installatie). Aardgas is voor dit doel de meest veilige brandstof. Bij volledige verbranding wordt aardgas omgezet in CO₂ en waterdamp. In formule ziet dit er als volgt uit:



In de verbrandingsgassen komen naast CO₂ en waterdamp nog andere gassen voor, waarvan enkele in zeer geringe concentraties. De rookgassen zijn een mengsel van de volgende gassen:

Ar	argon (een gas dat ongeveer 0,9% van de buitenlucht uitmaakt)
CO	koolstofmonoxide (alleen bij onvolledige verbranding)
CO ₂	koolstofdioxide (maximaal 11,7% bij aardgas)
C ₂ H ₄	etheen of ethyleen (alleen bij onvolledige verbranding)
H ₂ O	water (in dampvorm)
N ₂	stikstof
NO _x	stikstofoxiden (afhankelijk van de vlamtemperatuur)
O ₂	zuurstof (bij zuurstofovermaat)
SO ₂	zwaveldioxide (alleen bij oliestook, bij aardgas een minimale hoeveelheid afkomstig van de toegevoegde geurstof)

De volgende gassen kunnen problemen geven:

- koolstofdioxide;
- koolstofmonoxide;
- ethyleen;
- stikstofoxide;
- zwaveldioxide.

Koolstofdioxide (CO₂)

MAC-waarde
Hoewel CO₂ op zich niet giftig is, kunnen zeer hoge concentraties wel degelijk tot problemen leiden. De oorzaak is een zuurstoftekort. Daarom geldt voor werkruimten, dus ook voor kassen, een MAC-waarde (Maximaal Aanvaardbare Concentratie) van 5000 dpm. Dit komt overeen met 0,5 procent.

Koolstofmonoxide (CO)

Koolstofmonoxide (CO), ook wel kolendamp genoemd, ontstaat door onvolledige verbranding. Het is kleur- en reukloos en zeer giftig (kolendampvergiftiging!). CO in de verbrandingsgassen vermindert het rendement, immers nog brandbare stoffen worden niet verbrand. Daarom moet je de CO₂-dosering in geval van onvolledige verbranding onmiddellijk stoppen. Voor de detectie van CO kun je een CO-sensor gebruiken. De MAC-waarde voor CO in werkruimten bedraagt 25 dpm bij een werkdag van 8-9 uur. Met een goedwerkende brander ligt het CO-gehalte in de rookgassen daar ver onder.

Ethyleen (C₂H₄)

Ethyleen (etheen) ontstaat tegelijk met koolstofmonoxide (CO) door onvolledige verbranding. Het gas is voor de plant uiterst schadelijk. De maximaal toelaatbare waarde in de kaslucht bedraagt 0,008 dpm. Directe detectie van ethyleen is nog vrij duur. Maar je kunt ook indirect detecteren met een CO-sensor, omdat er een bepaalde verhouding is tussen CO en C₂H₄. Gelijktijdig met ethyleen wordt immers CO gevormd en CO is eenvoudig en relatief goedkoop te detecteren.

Stikstofoxide (NO_x)

Lucht bestaat voor 78,1 procent uit stikstofgas (N₂) en voor 20,9 procent uit zuurstofgas (O₂). Bij een hoge verbrandingstemperatuur ontstaan hieruit stikstofoxiden NO en NO₂ (samen NO_x). Een lagere verbrandingstemperatuur geeft minder uitstoot van NO_x, maar meer kans op onvolledige verbranding en dus vorming van CO en C₂H₄. NO_x is in principe schadelijk voor gewas en milieu en moet dus zoveel mogelijk beperkt worden. Voor NO geldt een MAC-waarde van 25 dpm en voor NO₂ van 2 dpm.

Zwavedioxide (SO₂)

In de tuinbouw worden voornamelijk gasbranders ingezet. In noodgevallen kun je bepaalde branders ook stoken met stookolie. Dit product bevat echter verontreinigingen zoals zwavel, waaruit na verbranding zwavedioxide (SO₂) ontstaat. Deze rookgassen mag je beslist niet gebruiken voor CO₂-doseran. Als je op olie overschakelt, moet je de klep naar de afzuigleiding voor de CO₂ in de schoorsteen van de ketel sluiten en de CO₂-ventilator uitschakelen.

Vragen 5.6 a Wat hebben koolmonoxide en ethyleen met elkaar te maken?

5.7 CO₂-meting en onderhoud meter

Voor het meten en regelen van de CO₂-concentratie in de kas kun je een CO₂-meter gebruiken. De meeste uitvoeringen hebben een bereik van 0 tot 3000 dpm. Je hebt pas iets aan een CO₂-meting als die betrouwbaar is. De CO₂-meters die momenteel in de praktijk worden gebruikt, zijn tot 1 procent nauwkeurig. Ze wijken dus niet meer af dan 30 dpm op een schaal van 3000 dpm. Maar in de praktijk zie je regelmatig afwijkingen tot meer dan 100 dpm. Als de meter te hoog meet, doseer je te weinig en dat gaat ten koste van de productie. Meet hij te laag dan de werkelijke concentratie, dan slaat de doseringsapparatuur te vaak aan. En dat kost je extra geld, vooral als je de geproduceerde warmte niet kunt benutten.

Fig. 5.8

Deze CO₂-meter moet elke drie maanden geijkt worden om meetafwijkingen te voorkomen.



Meten CO₂

Voor de CO₂-meting zijn de eigenlijke meter en het aanzuigpunt erg belangrijk. De CO₂-meter kun je op veel plaatsen ophangen, zolang de aanzuigpunten maar op de juiste plek hangen ten opzichte van de meter. Hang de meter niet in de zon, maar in een goed geventileerde ruimte met een gelijkmatige temperatuur. Meet de CO₂ in iedere afdeling van het bedrijf, je regelt de CO₂-dosering immers altijd per afdeling. Eén aanzuigpunt per afdeling is voldoende. Omdat er altijd concentratieverschillen in de afdeling bestaan, dient het aanzuigpunt tussen het gewas in het midden van de afdeling te hangen. De meeste fotosynthese vindt boven in het gewas plaats. Voor hoog opgaande groentegewassen, zoals tomaat, is de beste plaats voor het aanzuigpunt op ongeveer een derde van de gewashoogte onder de kop van de plant. Bij veel bloemisterijgewassen is een positie op gelijke hoogte of net boven het bovenste blad de beste optie. Het aanzuigpunt moet ten minste één meter van de darmen verwijderd zijn om te verhinderen dat lucht direct uit de darmen wordt aangezogen.

Overige aandachtspunten

condenspot

Probeer horizontale en verticale verschillen in CO₂-concentratie in de kas zo veel mogelijk te voorkomen. Houd in de gaten dat een hoge luchtvochtigheid van de aangezogen lucht de meting kan beïnvloeden. Hierdoor kan er ook condens in de meter optreden. Om condensvorming in de aanzuigleiding te voorkomen moet je de leiding niet langs koude constructiedelen laten lopen. Condens in de aanzuigleiding vang je op in de *condenspot*. Als je gewasbeschermingsmiddelen gebruikt, moet je het aanzuigen van lucht vanuit de kas tijdelijk staken, om te voorkomen dat het stoffilter vervuult. Ook wanneer je 's nachts zwavelverdamper gebruikt, kun je de CO₂-meting beter stopzetten. In het donker heeft CO₂ doseren namelijk geen enkele zin.

Meting buitenlucht

De buitenlucht kun je als extra meting meenemen. Soms verklaart de buitenwaarde namelijk een afwijkende CO₂-concentratie in de kas. Meet wel op een goede plek, dat wil zeggen op de meettoren, minimaal drie meter boven de nok van de kas. De meettoren moet je op een afstand van minimaal 30 m vanaf de gevel en uit de buurt van de schuur en het ketelhuis monteren.

- Vragen 5.7** a Waar bevindt zich het beste punt om CO₂ aan te zuigen voor het meten bij een hoog opgaand gewas?

5.8 Horizontale en verticale verdeling CO₂

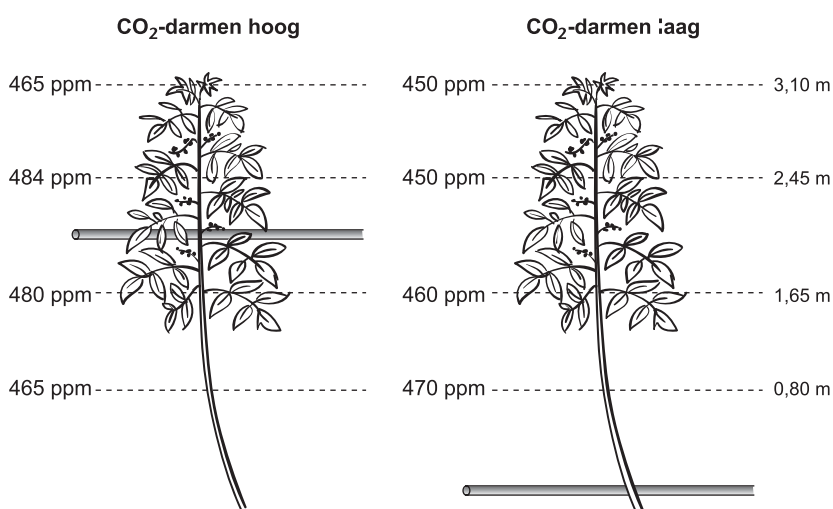
Een slimme teler maakt zo optimaal mogelijk gebruik van de beschikbare CO₂. Hierbij speelt de verdeling een belangrijke rol. Voor een goede horizontale verdeling behoren de ventilator, de hoofdleiding en de prikafstand van de darmen op elkaar afgestemd te zijn. Niet alleen een goede horizontale verdeling is van belang, ook de verticale verdeling is belangrijk. Zowel onderzoek als de praktijk toont aan dat de hoogte waarop je de CO₂-darmen aanbrengt voor een goede CO₂-benutting belangrijk is.

Verticale verdeling

De meeste fotosynthese vindt plaats boven in het gewas. Hier adsorbeert het blad een groot deel van het zonlicht. Verhoging op die plaats van de CO₂-concentratie levert het meeste profijt op. Rond een vrij hangende doseerdarm is de CO₂-concentratie 20-25 dpm hoger dan de gemiddelde concentratie in de kas. Als je de darmen hangt op de hoogte waar de fotosynthesecapaciteit het grootst is, kun je met dezelfde gedoseerde hoeveelheid CO₂ een hoger rendement halen. Uit berekeningen blijkt dat je - wanneer je de darmen op de gunstigste plaats ophangt - in de zomer bij een gezond gewas ongeveer 1,5 procent extra fotosynthese realiseert in vergelijking met darmen op de grond. In het voor- en najaar is dat zo'n 1 procent.

Fig. 5.9

Door de darmen omhoog te brengen krijg je een hogere CO₂-concentratie tussen het gewas waardoor de fotosynthese toeneemt.



Horizontale verdeling

Ondanks een goede verdeling kunnen er in de kas toch concentratieverschillen ontstaan onder meer door temperatuurverschillen of wind. Daar waar de temperatuur het hoogst is, is ook de CO₂-concentratie het hoogst en omgekeerd. Immers, warme lucht stijgt op en zuigt de met CO₂ verrijkte omgevingslucht onder in de kas omhoog. De lucht koelt boven in de kas af en raakt CO₂ kwijt door uitwisseling met buitenlucht en komt vervolgens naar beneden met een veel lagere CO₂-concentratie. Soms lopen de temperatuurverschillen tussen warme en koude plekken op tot 2 °C of meer. En dat kan concentratieverschillen van wel 100 dpm veroorzaken.

De wind heeft een grotere invloed op de luchtstromingen dan de temperatuurverschillen. Wind zorgt voor drukverschillen boven de kas waardoor de lucht in de kas gaat circuleren: boven in de kas met de wind mee en onderin tegen de wind in. Deze laatste stroom voert lucht met een hoge CO₂-concentratie mee. Daarom is de CO₂-concentratie het hoogste bij de gevel waarop de wind staat. Bij de tegenoverliggende gevel komt de lucht van boven uit de kas naar beneden. Door luchtuitwisseling met buitenlucht heeft deze een lage concentratie gekregen. Dit effect wordt sterker naarmate de windsnelheid groter is.

Vragen 5.8

- a Op welke hoogte moet je de CO₂ doseren?
- b Welke twee factoren hebben invloed op de horizontale verplaatsing van CO₂?

5.9 Regelen van de CO₂-concentratie

Welke CO₂-concentratie je in de kas het beste kunt nastreven, hangt sterk af van zowel de beschikbaarheid van CO₂ als het klimaat in en buiten de kas. Je kunt CO₂ alleen goed regelen als je per afdeling kunt meten en regelen. Op veel bedrijven is de CO₂-meter gekoppeld aan de klimaatcomputer. Op de computer kun je de invloed van allerlei factoren op de CO₂-regeling (warmtebehoefte, raamstand, windsnelheid, straling) instellen. De instelmogelijkheden en benamingen kunnen per fabrikant enigszins verschillen.

Beschikbaarheid van CO₂

hoog CO₂ Tijdens het verwarmen van de kas is er gratis rookgas-CO₂ beschikbaar. Je kunt zoveel doseren als je nuttig vindt voor het gewas. Deze maximum CO₂-concentratie vul je in bij de instelling *hoog CO₂*. In de winter is het bij donker weer niet zinvol hoger dan 600 dpm te doseren. Bij een laag lichtniveau neemt de fotosynthese boven deze concentratie nauwelijks toe. Bij zonnig weer in de winter kun je de concentratie via de instelling 'stralingstraject' opvoeren tot 800-1000 dpm. In de zomer kun je de concentratie bij *hoog CO₂* op 1000 dpm instellen.

laag CO₂ Omdat CO₂ in de zomer schaars is, is een optimale regeling juist dan van groot belang. Bij een toenemende instraling, neemt de warmtebehoefte af. Ook gaan de ramen verder open, waardoor het ventilatieverlies toeneemt. Juist bij een hoge instraling is de CO₂-behoefte groot. Je moet nu afwegen hoeveel CO₂ je doseert. Bij de instelling *laag CO₂* kun je de concentratie instellen waarbij de CO₂-dosering ook start als er geen behoefte aan warmte is. Afhankelijk van de raamstand en/of windsnelheid (instellingen raamtraject en windinvloed) verlaag je de gewenste concentratie tot een minimum CO₂-concentratie. Dit is de concentratie die je minimaal moet handhaven,

als je tenminste de eventueel geproduceerde warmte kunt afvoeren. Boven een bepaalde raamopening kun je de CO₂-dosering eventueel uitzetten. Om te kunnen doseren zet je de brander bij een c.v.-installatie in de minimum branderstand en voer je in eerste instantie de keteltemperatuur op. Zodra de maximale keteltemperatuur is bereikt, sla je de warmte op in de warmtebuffer. Als er geen warmtebuffer is, voer je de warmte af. Bij afvoer naar buiten (warmteverlies) kun je de buistemperatuur zo instellen dat de CO₂-dosering op het juiste moment stopt. Niet alle gewassen kunnen tegen een hoge kastemperatuur, de grenswaarde verschilt per gewas.

Afweging tussen opname en verlies van CO₂

Bij meer straling is de fotosynthese hoger en heeft CO₂-dosering dus meer effect. De instelling 'stralingstraject' houdt hiermee rekening. Hierin geef je aan binnen welk stralingstraject de CO₂-concentratie moet stijgen tot het gewenste niveau. Bij meer instraling neemt ook de ventilatie en dus ook het CO₂-verlies toe. Hoe groot het verlies is, hangt af van het concentratieverschil tussen de lucht in de kas en de buitenlucht, de openingsstand van de ramen en de windsnelheid.

In de tabel hieronder zie je de instelmogelijkheden voor CO₂ op de klimaatcomputer. De benamingen kunnen bij de diverse merken wat verschillen.

hoog CO ₂	gewenste maximum CO ₂ -concentratie bij warmtevraag (gratis rookgas-CO ₂)
laag CO ₂	gewenste CO ₂ -concentratie als er geen warmtevraag is en de ramen gesloten zijn. Deze waarde wordt afgebouwd tot minimum CO ₂
minimum CO ₂	gewenste CO ₂ -concentratie die boven een bepaalde raamstand geldt
drempelwaarde straling	het stralingsniveau waarboven CO ₂ gedoseerd mag worden (boven een stralingsniveau van 15 W/m ² buiten de kas wordt CO ₂ door het gewas opgenomen)
stralingstraject	traject waarbinnen de gewenste CO ₂ -concentratie met een bepaalde waarde stijgt
windinvloed	snelheid waarmee de gewenste CO ₂ -concentratie daalt bij toenemende windsnelheid

- Vragen 5.9** a De klimaatcomputer kent meerdere instellingen die te maken hebben met het toedienen van CO₂. Wat betekenen de volgende instellingen: hoog CO₂; laag CO₂ en stralingstraject?

5.10 Afsluiting

Planten hebben overdag CO₂ nodig om te kunnen groeien. Lucht bevat ongeveer 0,036 procent CO₂. CO₂, kooldioxide, koolstofdioxide of koolzuurgas, is een kleurloos, niet brandbaar, niet giftig gas met een prikkelende geur en smaak.

De gasgestookte c.v.-ketel heeft op een glastuinbouwbedrijf een dubbele functie. De installatie dient in de eerste plaats voor het verwarmen van de kas. In de tweede plaats wordt de ketel gebruikt als CO₂-bron voor CO₂-bemesting van het gewas.

De rookgassen die uit de ketel komen zijn heet. De temperatuur varieert van circa 100 °C bij een kleine vlam tot circa 200 °C bij een grote vlam. De rookgassen moeten tot beneden de 60 °C worden afgekoeld alvorens je ze als doseergas kunt gebruiken. Afkoeling van de rookgassen kan op twee manieren: door het bijmengen van buitenlucht of door het gebruik van een rookgascondensor.

De transportleiding brengt de doseergassen vanaf de ventilator naar de verdeelleiding in de kas. Via de transport- en verdeelleidingen stromen ze vervolgens door de CO₂-darmen.

Via kleine gaatjes in de CO₂-darmen komen de doseergassen in de kas. Het aantal gaatjes in de darm bepaalt de weerstand die de doseergassen in de darm ondervinden. Bij veel gaatjes is er weinig druk. Om de gewenste druk te realiseren moet je het aantal gaatjes in de darmen afstemmen op de hoeveelheid doseergassen. Het aantal gaatjes wordt aangegeven met de prikafstand.

Om de darmdruk overal gelijk te maken, wordt in elke aftak van de verdeelleiding een weerstand ingebouwd in de vorm van smoorplaatjes.

Door een zwanenhals (sifon) kan het condenswater zonder drukverlies uit de leidingen wegstromen.

Zuiver CO₂ dat langs industriële weg is gemaakt, kun je ook in de glastuinbouw gebruiken. Het is altijd in voldoende hoeveelheden beschikbaar. CO₂ ontstaat onder meer als bijproduct bij kunstmestproductie. Het bevat geen ongewenste bijgassen. Het gebruik van zuiver CO₂ veroorzaakt verder geen warmteproductie. Bij geen of geringe warmtebehoefte is dit een voordeel. Een nadeel is dat het duurder is dan rookgas-CO₂.

Een WKK-installatie produceert ook uitlaatgassen waarin CO₂ zit. Deze gassen bevatten veel te hoge concentraties schadelijke stoffen, met name stikstofverbindingen (NO_x) en ethyleen (C₂H₄) om ze ongereinigd voor CO₂-dosering te kunnen gebruiken. Door ze te reinigen worden ze wel geschikt voor CO₂-dosering.

Bij de opwekking van elektriciteit door grote elektriciteitscentrales komt naast veel warmte ook CO₂ vrij. Beide zijn op een nuttige manier te gebruiken. De warmte kan onder meer benut worden om kassen te verwarmen.

In de verbrandingsgassen komen naast CO₂ en waterdamp nog andere gassen voor. Het rookgas kan een mengsel van de volgende gassen zijn: argon, koolstofmonoxide, koolstofdioxide, ethyleen, waterdamp, stikstof, stikstofoxiden, zuurstof en zwaveldioxide.

Voor het meten en regelen van de CO₂-concentratie in de kas kun je een CO₂-meter gebruiken. Voor de CO₂-meting is behalve de eigenlijke meter ook het aanzuigpunt van wezenlijk belang.

Slimme telers maken zo optimaal mogelijk gebruik van de beschikbare CO₂. Hierbij speelt zowel de horizontale als de verticale verdeling een belangrijke rol. Voor een goede horizontale verdeling behoren de ventilator, de hoofdleiding en de prikafstand van de darmen op elkaar afgestemd te zijn.

6 Schermen

Oriëntatie

Elke goede tuinder probeert een klimaat te scheppen dat optimaal is voor de groei en ontwikkeling van zijn teelt. Een belangrijk onderdeel daarbij is het regelen van de temperatuur. Te felle zoninstraling leidt in de kas tot een ongewenst hoog niveau van lucht- en gewastemperatuur. Bij een gewastemperatuur boven de 30 °C neemt de fotosynthese namelijk af en wordt een steeds groter deel van de suikers gebruikt voor de instandhouding van de verschillende levensprocessen in de plant. Hierdoor blijven er maar weinig suikers over voor plantengroei. Door te schermen kun je te felle zoninstraling voorkomen. Maar er zijn ook nog andere motieven om te schermen. Door een scherm te gebruiken kun je dure energie besparen. Bedrijven die hun gewassen in de nacht belichten zijn verplicht om dat licht binnen de kas te houden. Ook dit wordt met een scherm gedaan. Door het gewas af te sluiten met een scherm kunnen er wel problemen ontstaan zoals een te hoge luchtvochtigheid.

Samengevat zijn de redenen om te schermen:

- vermindering van zoninstraling;
- besparing van energie;
- tegenhouden van licht.

6.1 Instraling verminderen

Je kunt de instraling van de zon verminderen door:

- een schermklaag op het glas aan te brengen;
- schermdoek in de kas te monteren.

Schermklaag op het glas

Welk krijtscherm het beste past, is afhankelijk van:

- het gewas;
- de leeftijd van de kas;
- de wijze van telen;
- de noodzaak van een al dan niet wisselende grootte van de scherming;
- de noodzaak of al dan niet het hele jaar door geschermd moet worden;
- de prijs;
- de reinigingskosten van de kas.

Fig. 6.1

Door op de buitenkant van de kas krijgt aan te brengen kun je veel direct zonlicht tegenhouden.



De huidige krijtmiddelen zijn vrij van zware metalen. Je mag ze op het oppervlaktewater lozen zolang er geen onaanvaardbare witkleuring van het water optreedt. Lozen op het riool is toegestaan zolang de middelen het systeem niet aantasten.

Producenten bieden vier soorten krijtmiddelen aan, elk met zijn eigen mogelijkheden. Zie figuur 6.2.

Fig. 6.2 *De middelen die door de producenten op de markt worden gebracht.*

Producent	Krijt	Krijt met hechtmiddel	Transparant bij regen	Krijtsysteem
Brinkman (Hermadix)	Spuitfix	Whitefix (kort) Shadefix (lang)	Transfix	
Hermadix	Temperzon poeder	Temperzon poeder kortscher	Temperzon T-74	
		Temperzon poeder langscher		
Houwelingen	Spuitskrijt	Witvast (kort) La Blanche (lang)	La Blanche liquide	
Mardenkro	Vloeibaar krijt		Redutrans	Redusol+ Reduclean
Sosef (Hermadix)		Sowhite		

Je krijgt nu over de vier soorten krijtmiddelen die in figuur 6.2 zijn genoemd, nadere informatie.

Krijt

Het bekendste middel is calciumcarbonaat, het ouderwetse krijt. Het bevat geen hechtmiddel. Bij een regenbui, natuurlijk of via de daksproeiers, spoelt het middel weer van het dek. Het is erg geschikt voor kortdurende toepassingen van een krijtscher. Het middel wordt soms gebruikt om een ander middel wat 'dikker' te maken. Dat mag alleen als het volgens de gebruiksaanwijzing is toegestaan. De kosten van het krijt liggen tussen 2 en 3 eurocent per m² per laag, afhankelijk van de dikte van het scherm.

Fig. 6.3

Het bedrijf Hermadix
brengt meer soorten krijt
op de markt.

Bron: Hermadix Coatings
BV



Krijt met hechtmiddel

- kortscher*m Als er aan het krijt een hechtmiddel is toegevoegd, blijft het scherm na een regenbui intact. Er is onderscheid tussen een kortscher
- langscher*m Bij een *langscher*m (meer hechtmiddel) breng je het krijt indien nodig twee of drie keer op. De dikte van het scherm wordt op die manier aangepast aan de hoogte van de instraling. De kosten van het middel liggen tussen 3 en 5 eurocent per m² per laag. Het dek wordt gereinigd met een zwak zuur, bijvoorbeeld oxaalzuur, zwavelzure ammoniak, Greenhouse Clean CC. Verouderde krijtlagen waaruit de lijmlaag verdwenen is, kun je ook goed reinigen met citroenzuur. Het dek is prima schoon te maken met een *dekwasser*.

Transparant bij regen

Enkele producenten leveren een krijtscher

De schermwerking wordt dan ongeveer 80 procent minder. Als hoofdbestanddeel worden niet langer krijtsoorten gebruikt, maar silicaten of andere stoffen met bindmiddelen uit de verfindustrie. De kosten van deze middelen liggen op 10 tot 12 eurocent per m² per laag. De arbeidskosten voor het aanbrengen liggen ongeveer 30 procent hoger dan bij gebruik van krijt. Het middel moet secuur worden aangebracht en dat kost wat meer tijd.

Dekreiniging doe je bij voorkeur met een dekwasser. Fluorhoudende reinigingsmiddelen werken niet op transparante middelen. Producenten adviseren om de laatste laag niet te laat in het jaar aan te brengen, omdat anders het verwijderen erg lastig wordt.

Krijtsysteem

Krijtpasta's met speciale bindmiddelen zijn alleen met een ander middel te verwijderen. In de praktijk is er slechts één producent die dit systeem aanbiedt. De mengverhouding en het aantal lagen bepalen het schermingspercentage. De kosten van dit middel bedragen ongeveer 14 eurocent per m² per laag. Het bijbehorende reinigingsmiddel kost ongeveer de helft. Door de grote duurzaamheid is één laag meestal voldoende.

Het aanbrengen van een gelijkmatige dekking vraagt daarom meer aandacht. De kosten van het opbrengen zijn dan ook ongeveer 30 procent hoger dan bij krijt. Voor het verwijderen wordt het dek bespoten met een speciaal middel, waardoor het scherm oplosbaar wordt in water. Daarna kun je het dek schoonspelen met water. Je kunt wachten op een regenbui, want het scherm blijft oplosbaar.

Tips

Veel telers voorzien de kas nog zelf van een krijtscherm. Daarom krijg je hier enkele belangrijke tips.

- Plaats je eigen veiligheid voorop. De kassen met een goothoogte van 2,5 m en een superbrede goot van bijna 20 cm komen steeds minder voor. Nieuwe kassen zijn 4,5 m hoog en hebben een goot waarover je vaak niet meer kunt lopen. Een val heeft ernstige gevolgen. Volgens de Arbo-wetgeving zijn telers verplicht de risico's voor hun werknemers te verkleinen. Werk daarom met goed geoefend personeel.
- Roer goed. Vooral poeders, maar ook de pasta's, moet je goed roeren om de krijtdeeltjes zo gelijkmatig mogelijk met het water te mengen. Je moet blijven roeren tijdens het spuiten. Als je niet goed roert, wordt de verdeling van het krijt over de kas ongelijkmatig. De schermende werking en dus ook de invloed op het kasklimaat is dan eveneens ongelijkmatig.
- Laat het krijtscherm opdrogen. Als je het scherm in de namiddag aanbrengt, bestaat zeker bij een hoge RV de kans dat het in de nacht niet opdroogt. Een deel van de vloeistof kan dan wegstromen. Een eventuele regenbui spoelt het grootste deel van het scherm dan weg, zelfs als je hechtmiddelen hebt gebruikt.
- Meng geen krijtmiddelen als het niet nadrukkelijk is toegestaan. Puur krijt wordt nog wel eens gemengd met andere middelen om ze wat dikker te maken. Dat kan soms tot problemen leiden. Zeker als dat gebeurt met schermmiddelen die niet op basis van krijt gemaakt zijn (transparantscherm).
- Gebruik bij het reinigen van het kasdek milieuvriendelijke methoden. De genoemde middelen mogen onder voorwaarden op het oppervlaktewater worden geloosd. Door onevenredig gebruik van bijvoorbeeld fluorhoudende stoffen zou het toepassen van deze middelen op termijn onder druk kunnen komen te staan. Krijtschermen die weinig gesleten zijn, kun je dan wellicht beter eerst met borstelen verwijderen.
- Krijt niet bij kans op vorst. Vooral in het begin van het voorjaar moet je vroeg op de dag spuiten. Anders bestaat de kans dat het dek niet opdroogt. Nachtvorst levert wel krijtschermen met prachtige ijsbloemfiguren, maar ook met een ongelijkmatige scherming. Sommige middelen vriezen van het glas los.

Schermdoek in de kas

Beweegbare schermen zijn prima geschikt om de binnenkomende zonnestraling te verminderen. Het resultaat is een aanzienlijke daling van zowel de lucht- als de gewastemperatuur. De eenvoudigste regel in het optimaliseren van het lichtniveau is: 's morgens vroeg al het beschikbare licht binnenlaten, het scherm sluiten tijdens het warmste deel van de dag en het scherm later in de middag weer openen. Het juiste schermingspercentage hangt af van de maximale zoninstraling op de plaats waar het bedrijf zich bevindt en van het geteelde gewas. Schermen zijn verkrijgbaar in schermingspercentages van 15-85 procent.

Fig. 6.4

Schermdoek boven in de kas neemt ook licht weg wanneer het niet gebruikt wordt. Dit geldt ook voor buizen en leidingen. In een lichtarme periode is dat een nadeel.



Vragen 6.1

- a Om welke drie redenen wordt een scherm gebruikt?
- b Welk krijtscherm moet je gebruiken wanneer je bij donker weer (regen) toch meer licht wenst?
- c Waarom moet je het mengsel blijven roeren tijdens het spuiten?

6.2 Schermen en energiebesparing

Tijdens heldere stralingsnachten, maar ook onder invloed van wind, sneeuw en regenval kan de temperatuur van het gewas te laag worden voor een snelle groei en ontwikkeling. Daarvoor is namelijk bij de meeste gewassen een temperatuur van minimaal 15 °C vereist. In kassen met verwarming leidt een en ander tot een flinke stijging van de energiekosten. Je kunt met schermen de inhoud van de kas kleiner maken waardoor je een kleinere ruimte warm hoeft te stoken. Schermen hebben ook een isolerende werking waardoor er minder koude de kas in kan.

Scherinkeuze

Je kunt kiezen voor een vast scherm of een beweegbaar scherm en daarnaast heb je de keuze tussen schermfolie en schermdoek. Een vast scherm is altijd tijdelijk en wordt alleen toegepast in het begin van een teelt. Hiervoor wordt algemeen folie gebruikt vanwege de prijs. Een beweegbaar scherm is meestal van doek en kan tijdens de gehele teelt gebruikt worden.

Vast scherm

In tegenstelling tot doek laat folie geen vocht door. Bij gebruik van gewoon plastic valt het water dat tegen de folie condenseert, als een regen van druppels naar beneden. Dit is ongunstig en onplezierig. Anticondensfolie (AC-folie) verspreidt de waterdruppel, zodat een filmlaagje ontstaat dat via de zijkanalen naar beneden loopt. Omdat het waterfilmje meer licht doorlaat dan plastic vol waterdruppels kiezen eigenlijk alle telers tegenwoordig voor AC-folie. Een foliescherm heeft veel invloed op het kasklimaat. Bij de start van een teelt is de hogere luchtvochtigheid als gevolg van het foliescherm welkom, maar al snel belemmert dit de teelt. Vooral in oudere kassen zie je dat telers kiezen voor een vast scherm in het begin van de teelt. Een beweegbaar scherm verdient zich niet terug. Een vast AC-foliescherm kost ongeveer 10 eurocent per m². Je kunt de folie perforeren waardoor er toch luchtuitwisseling

kan ontstaan. Door boven het scherm te luchten kun je dan tevens vocht afvoeren. Later in het groeiseizoen wordt het vaste scherm geheel verwijderd.

Beweegbaar scherm

Bij jonge planten in de groenteteelt mag een beweegbaar scherm vaak 24 uur per dag dicht blijven, ook bij licht weer. Wanneer de hoeveelheid gewas toeneemt moet het steeds meer open om de plant te blijven activeren. Bij weinig licht en koud weer weegt de zeer geringe lichtwinst bij een geopend schermdoek meestal niet op tegen het economisch voordeel van de energiebesparing. Zeker voor 10.00 uur en na 16.00 uur blijft het lichtverlies beperkt.

Streef er in de morgen naar dat de zon de kasttemperatuur overneemt bij het openen van het scherm, bijvoorbeeld met een computerregeling die het scherm open stuurt op basis van instraling en buitentemperatuur. Hoe lager de buitentemperatuur, hoe hoger het aantal watts instraling waarbij het scherm open mag lopen. Verhoog de gekozen instellingen bij wind en met regen nog eens een graad.

De stand van het gewas bepaalt mede hoe snel het scherm boven de planten weg moet. Bij weinig plantstrekking kan het gunstig zijn het scherm iets langer dicht te houden. Bij een gerekte plant is juist een generatieve actie gewenst door het scherm tijdig te openen.

kouval Stapsgewijs openen voorkomt *kouval*. Kouval veroorzaakt condensvorming en geeft schimmels een kans. Het stapsgewijs openen gebeurt afhankelijk van de buitentemperatuur. Hoe kouder het buiten is, hoe langer de tijd tussen de stappen moet zijn. Geeft de weersvoorspelling koud weer aan, doe dan ook langer over de eerste stap. Extra meetboxen boven het scherm kunnen helpen om dit te regelen op basis van temperatuurverschillen tussen kaslucht onder en boven het scherm. De eerste stap is vaak klein, bijvoorbeeld 1 procent. Regelingen die het doek een aantal centimeters open sturen zijn beter. Trek het scherm in een keer verder open, nadat gevaar van directe kouval na een aantal tussenstops is geweken. Anders ontstaan in de kas horizontale temperatuurverschillen die ongelijkheid in het gewas geven. Een gevelscherm is eveneens noodzakelijk om temperatuurverschillen in de kas tegen te gaan.

Net als bij het openen kun je het beweegbare scherm sluiten op grond van buitentemperatuur en instraling. Het scherm moet altijd dicht liggen voordat de temperatuur van het buisrailnet begint op te lopen. Wacht je te lang dan veroorzaken de hete buizen warmteophoping onder het scherm. Het kost dan veel moeite om de nachttemperatuur naar beneden te krijgen.

Door te schermen kan de luchtvochtigheid te hoog oplopen. Een hoge RV vergroot de kans op schimmelaantasting in het gewas. Een te hoge luchtvochtigheid kan dus een reden zijn om het scherm gedeeltelijk of geheel te openen.

Vragen 6.2

- a Wanneer wordt een vast scherm gebruikt en waar is dit scherm van gemaakt?
- b Welke vijf factoren hebben invloed op het snel of langzaam openen van een scherm?

6.3 Licht tegenhouden

Waarom wil je als teler eigenlijk licht tegenhouden? Het eerste motief is dat je de dag wilt verkorten om daglengtegevoelige planten zoals chrysant, kerstster en kalanchoë bloemknoppen te laten vormen. Dit verkorten van de dag doe je door de kas te verduisteren. Je stelt hoge eisen aan het schermdoek, omdat de geringste lichtdoorlatendheid de aanleg van de bloemknoppen negatief beïnvloedt. Het tweede argument is het tegenhouden van kunstlicht. Dit heeft te maken met de wettelijke regels om de overlast van assimilatiebelichting te beperken.

Fig. 6.5

Dit scherm heeft twee functies. De hoofdfunctie is verduisteren om de dag te verkorten. Daarom is de onderkant van het scherm zwart. De tweede functie is energiebesparing. De bovenkant van het scherm is daarom zilverkleurig.



Wettelijke regels

Besluit Glastuinbouw

In het *Besluit Glastuinbouw*, de milieuwetgeving voor de sector die sinds april 2003 van kracht is, zijn daarom strikte regels opgenomen waaraan je moet voldoen als je assimilatiebelichting wilt gebruiken. Hier volgt korte opsomming van regels voor zijn bovenschermen.

Zijschermen

Wie wil belichten moet de zijwaartse lichtuitstraling voor 95 procent tegenhouden. Hoe je dat doet, mag je zelf bepalen. Je kunt kiezen voor een zijscherm, een muur of een haag. Iemand die buiten staat, mag geen direct zicht hebben op de lampen. De voorziening die licht tegenhoudt, moet aan de gevel worden aangebracht of binnen 10 meter van de gevel staan. Je moet de lichtuitstraling vanaf de gevel van zonsondergang tot zonsopgang tegenhouden. En ook al maakt wat uitstralend licht je buurman niets uit, toch ben je verplicht om het licht tegen te houden.

Bovenschermen

In de periode van 1 september tot 1 mei mag je tussen 20.00 uur en 24.00 uur niet belichten, tenzij je over een bovenscherm beschikt. Voor deze verplichting wordt geen enkele uitzondering meer gemaakt.

Vragen 6.3

- a Welke twee redenen zijn er om licht tegen te houden?

6.4 Soorten schermdoek

Er zijn diverse fabrikanten van schermdoek. In figuur 6.6 zie je de indeling van schermen zoals fabrikant Svensson die heeft gemaakt. In figuur 6.7 zie je de lichtdoorlatendheid en de energiebesparing van diverse schermen.

Fig. 6.6

Fabrikant Svensson heeft de schermen ingedeeld in vijf groepen.

Schermsort	Doel
energieschermen	energiebesparing, beheersing van de luchtvochtigheid
energie- en zonweringschermen	energie besparen, zonwering
zonweringschermen	zonwering
assimilatiescherm	verduistering, energiebesparing
verduisteringsscherm	verduistering, energiebesparing

Fig. 6.7

Enkele voorbeelden van schermen met gegevens over de lichtdoorlatendheid en de energiebesparing.

Energieschermen	Lichtdoorlatendheid		Energiebesparing
	Direct	Diffuus	
SLS 10 ULTRA PLUS	88 %	81 %	43 %
XLS 10 FIREBREAK	85 %	78 %	47 %
Energie- en zonweringschermen			
XLS 13 FIREBREAK	70 %	65 %	49 %
XLS 16 FIREBREAK	36 %	34 %	62 %
XLS 18 FIREBREAK	18 %	17 %	72 %
Zonwering			
XLS 14 F FIREBREAK	59 %	56 %	20 %
XLS 18 F FIREBREAK	19 %	19 %	35 %
Assimilatiescherm			
XLS OBSCURA FIREBREAK B/W	<0.1%	<0.1%	75%
Verduisteringsscherm			
XLS OBSCURA FIREBREAK A/A	<0.1%	<0.1%	75%

XLS FIREBREAK-schermen zijn opgebouwd uit 4 mm brede aluminium en polyester bandjes die bij elkaar gehouden worden door sterke, transparante polyester garens. De verhouding tussen de aluminium en transparante bandjes bepaalt de mate van lichtdoorlatendheid. In figuur 6.8 zie je de verhoudingen tussen aluminium en transparante bandjes bij enkele schermen.

Fig. 6.8

De verdeling tussen aluminium en transparante bandjes bij enkele schermen.

	Deze kleur geeft aluminium weer. Dit houdt het licht tegen.		XLS 10 FIREBREAK
	Deze kleur geeft transparante bandje weer. Dit is lichtdoorlatend.		XLS 13 FIREBREAK
			XLS 16 FIREBREAK
			XLS 18 FIREBREAK

De kas, het gewas en de teler bepalen de keuze van het scherm. In bepaalde gewassen zie je een dubbelscherm, bestaande uit een energiescherm en een verduisteringsscherm. Dit kunnen twee aparte schermen zijn, maar beide schermen kunnen ook op één dradenbed. Dit laatste systeem zie je bijvoorbeeld bij rozenkwekers die met assimilatiebelichting werken. In de avonduren doen ze het assimilatiescherm

dicht en overdag kunnen ze het energiescherm gebruiken. Voordelen van het werken met één dradenbed zijn lagere investeringskosten en minder lichtonderschepping.

Vragen 6.4 a Wat bepaalt in het schermdoek de lichtdoorlatenheid?

6.5 Techniek bij het schermen

Er zijn twee systemen om het scherm boven te sluiten en te openen:

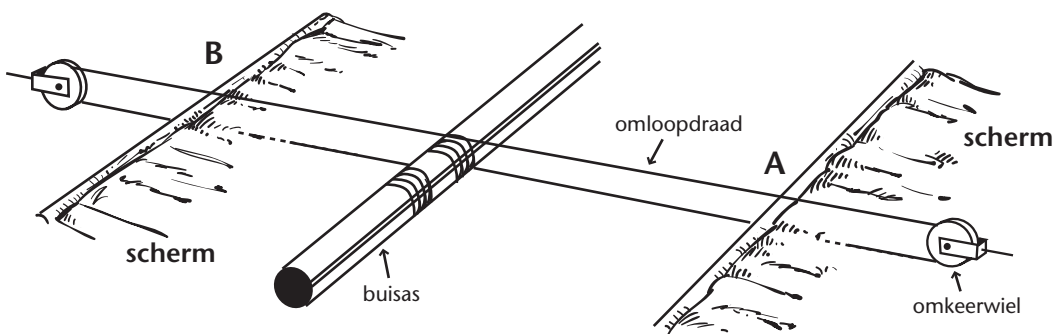
- trekdradensysteem;
- trek-duwsysteem.

Bij beide systemen zit het doek aan één kant vast aan de ligger. Aan de andere kant zit een aluminiumprofiel met een rubberrand. Dit aluminiumprofiel is bevestigd aan een trekdraad of trek-duwsysteem die zorgen voor het openen en sluiten.

Trekdradensysteem

In figuur 6.9 zie je het principe van het trekdradensysteem. Een buis die door een elektromotor wordt aangedreven kan linksom of rechtsom draaien. De omloopdraad (staalkabel) zit vast aan de buis en loopt via het omkeerwiel terug naar de buis. Bij de punten A en B is het scherm aan de omloopdraad bevestigd. Wanneer de buis in deze figuur linksom draait, dan gaat het scherm dicht.

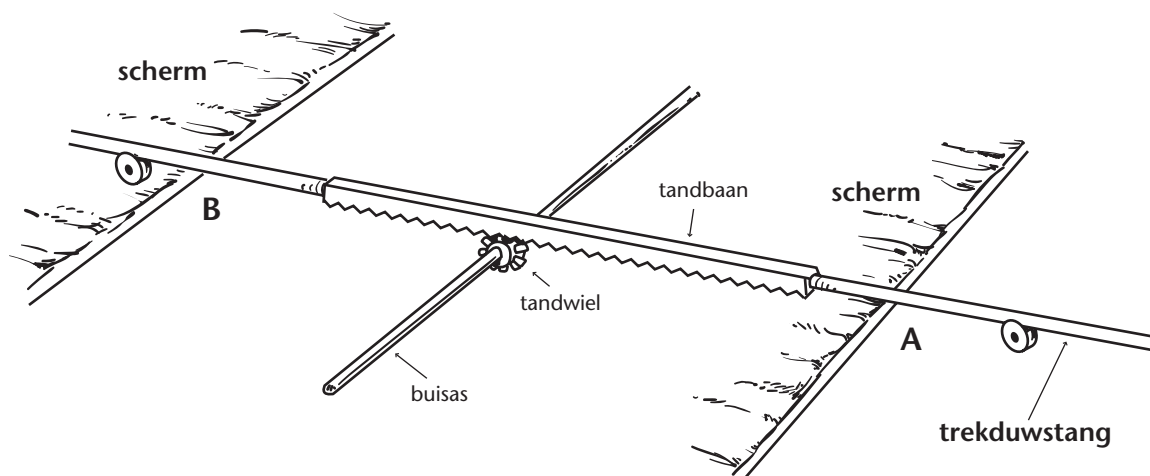
Fig. 6.9 Wanneer de buis linksom draait, gaat het scherm dicht. Draait de as rechtsom, dan gaat het scherm open.



Trek-duwsysteem

In figuur 6.10 zie je het principe van het trek-duwsysteem. Ook hier zie je weer een buis die door een elektromotor wordt aangedreven en linksom of rechtsom kan draaien. Het tandwiel op de buis pakt in de tandbaan. Door het draaien van de buis gaat de tandbaan, waaraan de trek-duwstang bevestigd is, naar links of naar rechts. Het scherm zit bij de punten A en B bevestigd aan de trek-duwstang. De tandbaan heeft de lengte van een vakmaat.

Fig. 6.10 Wanneer de buisas naar rechts draait, dan gaat het scherm dicht. Draait de as naar links, dan gaat het scherm open.



Bij beide systemen bevindt zich in elk vak van de kas een trekdraad of een trekduwstang. Het schermdoek wordt gedragen door steundraden die ongeveer 50 cm van elkaar bevestigd zijn. Boven het schermdoek bevinden zich opwaaidraden die voorkomen dat het doek bij wind opwaait waardoor het systeem schade kan oplopen.

- Vragen 6.5**
- Welke twee technieken zijn er om het schermdoek te openen of te sluiten?
 - Op welke manier wordt bij beide systemen voorkomen dat het doek naar beneden gaat hangen?

6.6 Regeltechniek in relatie tot kas- en buitenklimaat

Afhankelijk van het type schermdoek (folie, energie- of verduisteringsscherm) regelt de klimaatcomputer specifieke schermfuncties. Met de klimaatcomputer kun je de specifieke eigenschappen van schermen optimaal benutten. Daarnaast bevat het computerprogramma ook functies die voor alle typen schermen van toepassing zijn, zoals bijvoorbeeld de relatie buitentemperatuur en het sluiten van het scherm. De meeste leveranciers van klimaatcomputers hebben de volgende schermfuncties in hun programma's verwerkt:

- verduisteren;
- vocht;
- zonwering;
- energie.

Veel functies zijn niet onafhankelijk van elkaar en moeten dan ook in samenhang met elkaar worden geprogrammeerd. We zullen de functies nu nader bekijken.

Verduisteren

Bepaalde gewassen hebben in een etmaal een bepaalde donkerperiode nodig. Met de verduisterfunctie kun je de nachtperiode verlengen. Je stelt de volgende zaken in:

- schermtijd: de tijdstippen waartussen het scherm gesloten moet worden om de kas te verduisteren;
- uitzonderingen: door het scherm te sluiten kan het klimaat zodanig worden beïnvloed dat de kasluchttemperatuur en/of het vochniveau zo oplopen dat het gewas er schade van ondervindt.

Vocht

Het vochniveau kan door het schermen te hoog oplopen. In de computer staat een regeling waarbij het scherm een bepaald percentage wordt geopend wanneer vochniveau boven een bepaalde waarde komt.

Zonwering

Veel gewassen kunnen niet goed tegen te hoge stralingsniveaus. Bij grote weersveranderingen kunnen sommige gewassen de sterk toegenomen verdamping niet aan. Met het scherm kun je een zonwering creëren waardoor de instraling en verdamping afneemt. De belangrijkste instellingen zijn:

- schermtijd: de periode waarbinnen het scherm open en gesloten is;
- stralingstraject: vanaf welk stralingsniveau moet je schermen en wanneer moet het scherm geheel gesloten zijn?

Energie

Wat betreft energie zijn de belangrijkste instellingen op de klimaatcomputer:

- schermtijd: de tijdstippen waartussen het scherm gesloten moet worden om de kas te verduisteren;
- stralingsgrens: de hoeveelheid licht waarbij het scherm sluit bij koud weer. Bij weinig licht is de groei minimaal. Je kunt dan beter energie besparen;
- schermstand: hierbij kun je meestal twee mogelijkheden instellen:
 - een absolute buitentemperatuur waarbij het scherm bijvoorbeeld beneden de 7 °C gesloten wordt;
 - een relatieve buitentemperatuur waarbij het scherm gesloten wordt bij bijvoorbeeld een verschil tussen binnen- en buitentemperatuur groter dan 6 °C.
- openen: om kouval te voorkomen kan het scherm in gedeelten worden geopend. Dit wordt onder meer geregeld door het scherm in kleine stappen te openen voor aanpassing van de verwarming. Bij grote kou kan het opengaan van het scherm op deze wijze veel tijd in beslag nemen (wel meer dan een uur). Maar je voorkomt er kouval mee;
- windinvloed: de windsnelheid kan een reden zijn om het scherm te sluiten. Immers bij grote windsnelheid nemen de energieverliezen toe. Er is ook nog een stormbeveiliging. Om stormschade te voorkomen wordt de computer zodanig geprogrammeerd dat het scherm boven bepaalde windsnelheden niet meer gesloten mag worden;

-
- verwarming: bij het sluiten van het scherm stopt de verwarming om doorschieten van de temperatuur te voorkomen. Vlak voor het openen van het scherm wordt de verwarming automatisch aanzet om koude te voorkomen.

Vragen 6.6

- a Een van de instellingen bij zonwering is het stralingstraject. Wat betekent dit?
- b Een van de instellingen bij energiebesparing is de stralingsgrens. Wat versta je daaronder?

6.7 Afsluiting

Door te schermen kun je te felle zoninstraling voorkomen, energie besparen en licht binnen de kas houden. Ook om de ontwikkeling van kortedagplanten te beïnvloeden worden kassen verduisterd.

De instraling kun je verminderen door een schermklaag op het glas of schermdoek in de kas. Een schermklaag op het glas kun je met verschillende soorten krijt aanbrengen. Welk krijtscherm het beste past, is afhankelijk van diverse factoren.

Beweegbare schermen zijn zeer geschikt om binnenkomende zonnestraling te verminderen. Het resultaat is een aanzienlijke daling van zowel de lucht- als gewastemperatuur. Het juiste schermingspercentage hangt af van de maximale zoninstraling op de plaats waar het bedrijf zich bevindt en van het geteelde gewas.

Onder sommige omstandigheden kan de temperatuur van het gewas te laag worden. Je kunt met schermen de inhoud van de kas kleiner maken waardoor je kleinere ruimten hoeft warm te stoken. Schermen hebben ook een isolerende werking waardoor er minder koude kas in komt. Er zijn vaste schermen (bijvoorbeeld anticondensfolie) en beweegbare schermen.

Door schermen kun je daglengtegevoelige planten bloemknoppen laten vormen door de dag te verkorten. Er zijn wettelijke regels om de overlast van assimilatiebelichting te beperken.

De samenstelling van het schermdoek is afhankelijk van het doel. Er zijn twee systemen om het scherm boven te sluiten en te openen: het trekdradensysteem en het trek-duwsysteem.

Afhankelijk van het type schermdoek regelt de klimaatcomputer specifieke schermfuncties. De meeste leveranciers van klimaatcomputers hebben de volgende schermfuncties in hun programma's verwerkt: verduisteren, vocht, zonwering en energie.

7 Meten en regelen van het kasklimaat

Oriëntatie

Je weet inmiddels welke effecten relatieve luchtvochtigheid, temperatuur, CO₂ en licht hebben op een plant. Met deze gegevens kun je als tuinder het klimaat in de kas naar je hand zetten. Voor ieder gewas bestaat een ideaal kasklimaat, aangepast aan het groeistadium van de plant, de buitentemperatuur, dag en nacht. Dit ideale kasklimaat wordt vertaald in een klimaatplan. Het is de bedoeling dat het klimaat in de kas zo precies mogelijk overeenkomt met het klimaatplan.

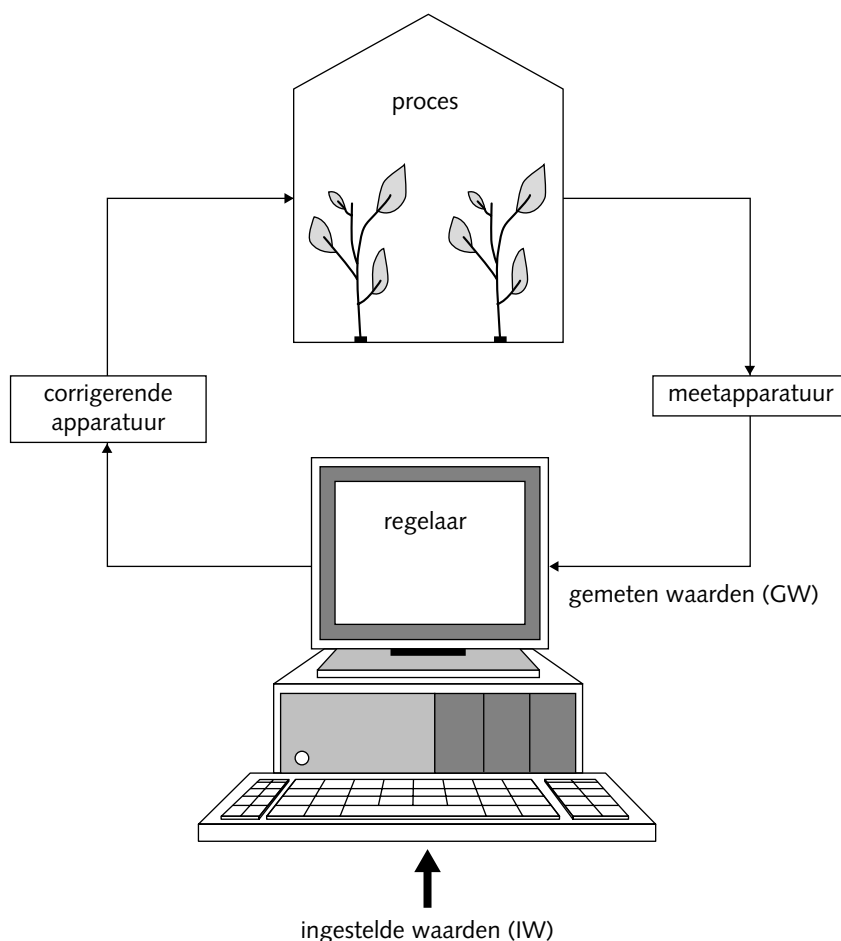
7.1 Meet- en regelkring

In de moderne tuinbouw wordt het klimaatplan automatisch gerealiseerd door meet- en regeltechniek. In en rondom de kas is een ingewikkeld systeem aangelegd van apparaten die de waarden van de klimaatfactoren continu meten. De thermometers meten de temperatuurwaarden en de windmeter houdt de windsnelheid bij. Wat gebeurt er met die gegevens?

- De meetapparaten geven de waarden door aan het hart van het regelsysteem: de klimaatcomputer. De tuinder heeft de klimaatcomputer ingesteld op een bepaalde waarde. Hij heeft bijvoorbeeld de temperatuur ingesteld op 19 °C.
- De computer vergelijkt nu de gemeten waarde met de ingestelde waarde. Als de meetwaarde afwijkt van de normwaarde, berekent de klimaatcomputer hoeveel er moet worden bijgestuurd, welke actie nodig is en hoe groot die actie moet zijn.
- De klimaatcomputer vertaalt de getallen in elektrische signalen. De signalen gaan naar de verwarmingsketel, de schermmotoren of de CO₂-installatie. Hierdoor geeft de verwarming meer of minder warmte, gaan de schermen open of dicht of produceert de CO₂-installatie meer of minder koolzuur. Op deze manier stuurt de computer de klimaatapparaten aan.
- Al die stuurmiddelen zorgen voor een bijstelling van het klimaat in de kas. De meetapparaten geven de nieuwe waarden door aan de computer en zo is de meet- en regelkring weer gesloten.

Fig. 7.1

In of buiten de kas worden klimaatfactoren gemeten. In de computer worden deze vergeleken met de ingestelde waarden. Komen die niet overeen, dan gaat de apparatuur corrigerende maatregelen nemen. Vervolgens worden de klimaatfactoren opnieuw gemeten.



De invoering van automatische meet- en regelsystemen in de tuinbouw heeft grote voordelen.

- De kwaliteit van de gewassen wordt beter en de opbrengst groter.
- Een geautomatiseerde klimaatregeling reageert sneller op veranderende omstandigheden dan de tuinder zelf.
- Het bespaart arbeid en biedt de tuinder meer rust. Hij hoeft namelijk niet bij iedere weersverandering direct in te grijpen. Hij hoeft zelfs niet eens op het bedrijf aanwezig te zijn.
- Het bespaart energie, doordat de invloed van de zonnestraling optimaal wordt benut.

De onderdelen van het meet- en regelsysteem zijn van elkaar afhankelijk. Een fout in het ene onderdeel maakt de andere onderdelen minder effectief. De zwakke plek van ieder automatisch klimaatstelsel is het meten. Als de metingen niet betrouwbaar zijn, loopt het hele proces verkeerd. Stel, de thermometer meet een hogere kastemperatuur dan feitelijk aanwezig is. De klimaatcomputer ontvangt dit signaal en zet allerlei temperatuurverlagende maatregelen in werking. De kastemperatuur wordt nu nog lager dan aangegeven en de planten groeien slechter. Een onbetrouwbare meting leidt tot ongewenste regelacties die schade aan het gewas, een verminderde opbrengst of onnodig energieverbruik veroorzaken. Onbetrouwbare metingen kunnen ook in een latere teeltfase negatief uitwerken.

De programma's in de klimaatcomputers worden regelmatig bijgewerkt op grond van metingen uit het verleden. Als die metingen zijn gebaseerd op onjuiste meetresultaten, zijn de toekomstige instellingen ook weinig optimaal. Werken met een klimaatcomputer betekent dus vooral: zorg voor een goede en betrouwbare meting. Goed regelen van het kasklimaat, begint dus met goed meten.

Oorzaken van onjuiste meetresultaten

Onbruikbare metingen blijken veroorzaakt te worden door drie factoren.

- De plaats waar de meetapparaten staan: als de thermometer op de warmste plek van de kas hangt, geeft hij constant te hoge temperaturen door.
- Mankementen door gebrekkige controle en slecht onderhoud. De meetapparaten moeten consequent worden gecontroleerd. Onderdelen die versleten zijn, moet je tijdig vervangen en bewegende delen hebben af en toe een likje olie nodig.
- Slechte ijking. Meetapparaten worden in de fabriek ingesteld op een standaardmaat. Na verloop van tijd klopt de instelling niet meer precies met de standaardmaat. Meetapparaten 'verlopen'. Het apparaat geeft dan waarden door die boven of onder de standaardmaat liggen. De computer wordt dan op het verkeerde been gezet. Het verlopen apparaat moet opnieuw worden geijkt of vervangen.

In de volgende paragrafen worden de meetinstrumenten beschreven, eerst voor het binnenklimaat in de kas, daarna voor het buitenklimaat. Ook wordt besproken waar ze zijn geplaatst en welke onderhoudswerkzaamheden bij elk apparaat moeten worden uitgevoerd.

Vragen 7.1

- a Het klimaat in de kas wordt aangestuurd door een meet- en regelkring. Beschrijf de stappen in deze kring.
- b Welke voordelen heeft de invoering van automatische meet- en regelsystemen in de tuinbouw?
- c Noem drie oorzaken van onjuiste meetresultaten.

7.2 Meten van het binnenklimaat

Binnen in de kas zijn drie soorten metingen nodig om het kasklimaat volgens plan te laten verlopen:

- kasluchttemperatuur en relatieve luchtvochtigheid;
- CO₂;
- de apparatuur: buiswatertemperatuur, stand van de luchtramen, stand van de schermen.

Voor deze metingen gebruik je verschillende instrumenten. In deze paragraaf krijg je informatie over instrumenten voor het meten van:

- kastemperatuur en luchtvochtigheid;
- CO₂.

Meetinstrumenten voor kastemperatuur en luchtvochtigheid

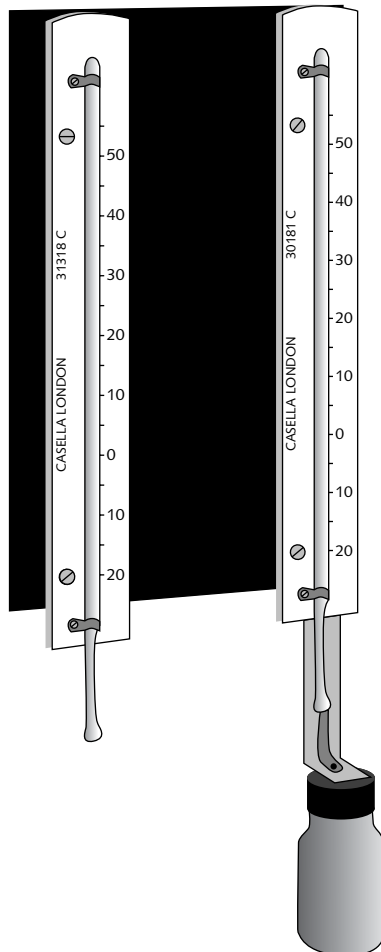
Zowel de kastemperatuur als de luchtvochtigheid zijn essentiële klimaatfactoren. Een correct afgestemde kasluchttemperatuur is nodig om alle processen binnen de plant optimaal te laten verlopen. Als de luchtvochtigheid te hoog is, kan de plant het overtollige vocht moeilijk kwijtraken. Ook kan condensatie op het gewas ontstaan, wat weer gemakkelijk leidt tot schimmelvorming.

meetbox

De temperatuur van de kaslucht en de relatieve luchtvochtigheid worden gemeten in een *meetbox*. In iedere afdeling van een kassencomplex hangt zo'n meetbox. Een meetbox is een metalen doos met twee temperatuurvoelers: een droge bol voor de kastemperatuur en een natte bol voor de luchtvochtigheid. De droge bol meet de temperatuur van de kaslucht en stuurt de temperatuurwaarden naar de klimaatcomputer. De natte bol meet de luchtvochtigheid en stuurt ook deze naar de computer. Door de waarden voor de kastemperatuur en luchtvochtigheid te combineren berekent de klimaatcomputer de relatieve luchtvochtigheid (RV). Boven in de box zit een ventilator. De ventilator zuigt de kaslucht in een constante stroom langs de voelers. De voelers mogen niet in de zon hangen. De box wordt beschermd tegen straling om meetfouten te voorkomen. Om deze reden heeft de meetbox een witte buitenkant.

Fig. 7.2

*De relatieve
luchtvochtigheid wordt
bepaald door de
meetgegevens van de
natte bol te combineren
met die van de droge bol.*



Natte bol

De natte bol bestaat uit een thermometer waaromheen een kousje van stof is bevestigd. Het kousje hangt in een waterreservoir waaruit het water opzuigt. Het water in het kousje verdampt. Daardoor wordt warmte onttrokken aan de temperatuurvoeler die dus afkoelt. De thermometer meet die afkoeling: de temperatuur van de natte bol daalt. Bij de verdamping staat het kousje watermoleculen af aan de kaslucht. Hoe lager de relatieve luchtvochtigheid van de kaslucht, hoe meer moleculen het kousje kan afstaan, dus hoe meer afkoeling. Is de luchtvochtigheid in de kas hoog, dan bevat de lucht al van zichzelf veel watermoleculen en kan dus minder water uit het kousje opnemen. Bij hoge luchtvochtigheid geeft de natte bol een hogere temperatuur aan. Zie je de temperatuur van de natte bol stijgen, dan stijgt ook de luchtvochtigheid.

Doordat voortdurend verdamping plaatsvindt, is de temperatuur van de natte bol altijd lager dan de temperatuur van de droge bol. Door het verschil te bepalen tussen de temperatuur van de droge en de natte bol, krijgt de klimaatcomputer informatie over de relatieve luchtvochtigheid van de kaslucht. Is er veel verschil, dan is de relatieve luchtvochtigheid laag. Zijn beide temperaturen bijna gelijk, dan is sprake van 100 procent relatieve luchtvochtigheid. De relatieve luchtvochtigheid van de kaslucht wordt dus op indirecte wijze, via temperatuurmeting gemeten. In formulevorm:

$RV = \text{temperatuur droge bol} - \text{temperatuur natte bol}$

De ventilator zorgt ervoor dat de verdamping in het kousje constant blijft. Zou de voeler in stilstaande lucht hangen, dan raakt het kousje verzadigd van water. De gemeten temperatuurwaarde komt dan niet overeen met de werkelijkheid. Veel mensen denken dat de ventilator bedoeld is om de voelers te koelen. Dat is niet zo. Het gaat erom dat de ventilator een constante stroom lucht langs het kousje zuigt, waardoor ook de verdamping constant blijft.

Handmatig aflezen van de RV

Tuinders die willen weten hoe het met de relatieve luchtvochtigheid is gesteld, kunnen de RV ook handmatig aflezen. Daarvoor moeten ze de gegevens van de droge bol combineren met de gegevens van de natte bol. Het aflezen van de RV gaat als volgt.

- 1 Lees de temperatuur van de droge en natte bol af.
- 2 Trek de waarde van de droge bol af van de waarde van de natte bol.
- 3 Lees in de RV-tabel de relatieve luchtvochtigheid af. De RV-tabel is opgenomen in figuur 7.3.

Fig. 7.3 Met een RV-tabel kun je de RV bepalen door de stand van de droge bol te combineren met het verschil tussen NBT en DBT.

Stand droge bol	0	$\frac{1}{4}$	1	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{2}$	3	$3\frac{1}{2}$	4	$4\frac{1}{2}$	5	$5\frac{1}{2}$	6	$6\frac{1}{2}$	7	$7\frac{1}{2}$	8	$8\frac{1}{2}$	9
0	100	90	82	72	64	56	48	40	32	25	18	12	8	0					
1	100	91	83	74	66	58	50	41	34	26	19	12	8	0					
2	100	91	84	75	68	60	52	45	37	30	22	15	9	2	0				
3	100	92	84	76	69	62	54	47	40	32	26	18	11	5	0				
4	100	92	85	77	70	64	56	50	42	35	29	24	15	10	3	0			
5	100	93	86	78	72	65	58	51	43	38	32	26	19	13	7	2	0		
6	100	93	86	79	73	66	60	54	47	40	35	29	24	17	10	5	0		
7	100	93	87	79	74	67	61	55	49	43	37	31	26	20	15	9	3	0	
8	100	93	87	80	74	69	63	56	50	45	40	34	29	23	18	13	7	3	0
9	100	94	88	81	76	70	64	59	53	47	42	36	31	26	21	16	11	6	2
10	100	94	88	82	76	71	65	60	54	49	44	39	34	29	24	19	15	10	5
11	100	95	88	84	77	72	66	61	56	51	45	41	36	31	27	22	18	13	8
12	100	95	89	84	78	73	68	63	57	53	47	43	38	33	29	25	20	17	12
13	100	95	89	84	78	74	69	64	59	54	48	45	40	36	32	27	23	19	15
14	100	95	90	84	79	74	70	65	60	55	50	47	42	38	34	30	26	22	18
15	100	95	90	84	80	75	71	66	61	57	52	48	44	40	36	32	28	24	20
16	100	95	90	85	81	76	71	67	63	58	53	50	46	42	38	34	30	26	22
17	100	95	90	85	81	77	72	68	64	60	55	51	47	43	40	36	32	28	25
18	100	95	90	86	82	77	73	69	65	61	56	52	49	45	42	38	34	30	27
19	100	95	91	86	82	78	74	70	66	62	57	54	50	46	43	39	36	32	28
20	100	96	91	87	83	78	74	71	66	62	58	55	51	47	45	41	38	34	31
21	100	96	91	87	83	79	75	71	67	63	60	56	53	49	46	42	39	36	33
22	100	96	92	87	83	80	76	72	68	64	61	58	54	50	47	44	40	37	35
23	100	96	92	87	84	80	76	72	69	66	62	59	55	52	48	45	42	37	37
24	100	96	92	88	84	80	77	73	70	67	63	60	56	53	50	47	43	40	38
25	100	96	92	88	84	80	77	74	70	67	63	61	57	54	51	47	45	42	39
26	100	96	92	88	85	81	78	74	71	68	64	61	58	55	52	49	46	43	40
27	100	96	92	88	85	81	78	74	71	69	65	62	58	56	52	50	47	44	42
28	100	96	92	89	85	82	78	75	72	69	65	62	59	57	54	51	48	45	42
29	100	96	93	89	86	82	79	75	73	69	66	63	60	58	55	52	49	46	44
30	100	96	93	89	86	82	79	76	73	69	67	63	61	58	55	52	50	47	45
31	100	97	93	90	86	83	80	76	73	70	67	64	62	59	56	53	51	48	46
32	100	97	93	90	86	83	80	77	74	71	68	65	62	60	57	54	52	49	47
33	100	97	93	90	87	84	80	77	74	71	69	65	62	61	58	55	53	50	48
34	100	97	94	91	87	84	81	78	75	72	69	66	64	61	58	56	53	51	49
35	100	97	94	91	87	84	81	78	75	73	70	67	64	62	59	56	54	52	50
36	100	97	94	91	87	85	82	79	76	73	70	67	65	62	60	57	55	52	50
37	100	97	94	91	87	85	82	79	77	74	71	68	66	63	60	57	56	53	51
38	100	97	94	91	87	85	82	80	77	74	72	69	66	63	61	58	56	54	52
39	100	97	94	91	87	86	82	80	77	74	72	69	66	64	62	59	57	55	52
40	100	97	94	92	88	86	83	80	77	75	73	70	67	65	62	60	57	55	54

We leggen het aflezen van de RV-meter uit aan de hand van een voorbeeld. Stel, in een kas is de temperatuur van de droge bol (DBT) 15 °C. De temperatuur van de natte bol (NBT) is 14 °C. Het verschil is dan 1 °C. Hoe kom je nu de RV te weten? Je zoekt in de kolom met de DBT het getal 15 op. Leg nu een potlood of een liniaal onder de rij getallen naast 15 en zoek het getal in de kolom met de verschilwaarde 1 op. Je vindt een RV van 90.

Belang van de meetplaats

In een kas is de temperatuur niet overal gelijk. Er zijn plekken die warmer of kouder zijn dan het gemiddelde. Op de ene plek heerst een andere relatieve luchtvochtigheid dan op de andere. Dat is nooit helemaal te voorkomen. Het heeft echter geen zin de meetbox in een koude hoek te plaatsen, want dat is geen maatstaf voor de hele kas. Overigens is het verstandig de oorzaak van grote temperatuurverschillen op te (laten)

sporen en te verhelpen. Je kunt er wel voor zorgen dat de meetbox op een plaats hangt waar de temperatuur en luchtvochtigheid representatief zijn voor de hele kas. Meestal is dit midden in de afdeling. In de meeste bedrijven vind je daar dan ook de meetbox.

Er zijn nog andere aandachtspunten voor plaatsing.

- Plaats de meetbox niet direct boven of in de buurt van een verwarmingspijp. De voelers reageren dan op de warmte van de pijp en geven een hogere temperatuur door aan de computer dan de werkelijke kastemperatuur. Ook later kan dit problemen geven. De klimaatcomputer houdt namelijk over langere tijd de temperatuur- en RV-waarden bij en verwerkt de gemiddelden in het klimaatprogramma. Als de temperatuuraanduidingen permanent te hoog zijn, wordt het hele klimaatprogramma aangepast aan de foutieve temperatuur.
- Hang de meetbox bij de kop van de plant. Bij snelgroeïende gewassen moet je de box regelmatig verhangen. Als het gewas aan de draad is komt de box 50 cm onder de draad te hangen.
- Zorg ervoor dat het waterreservoir van de natte bol is afgeschermd tegen de zon. Het water in het reservoir moet ongeveer dezelfde temperatuur hebben als de omgeving. Door zonnestraling kan de watertemperatuur te hoog worden.

Controle en onderhoud van de RV-meetapparatuur

Een RV-instrument is een ingewikkeld geheel. Er kan vrij veel misgaan. Zo kan de ventilator uitvallen of vastlopen, het water in het reservoir opraken en het kousje vuil worden. Daarom moet je de meetbox wekelijks controleren en onderhouden.

Daarbij zijn de volgende handelingen van belang.

- 1 Maak de buitenkant van de meetbox schoon. De glimmende verf dient als afscherming tegen straling en moet je daarom stofvrij houden.
- 2 Controleer of de ventilator nog werkt en niet aanloopt. Tijdens het spuiten, roken en foggen moet de ventilator van de meetbox uitstaan. Vaak wordt vergeten de ventilator daarna weer aan te zetten.
- 3 Maak eventuele stoffilters schoon. Vuile stoffilters belemmeren de luchtstroom en dus de constante verdamping.
- 4 Maak het kousje van de natte bol schoon. Dit moet minstens één keer in de twee weken gebeuren. Is er sprake van hard leidingwater, dan moet je het kousje iedere week schoonmaken. Werk hierbij met schone handen. Spuit het kousje af met een waterspuitje om vet en zweet te verwijderen. Als het kousje hard aanvoelt, moet je het vervangen.
- 5 Maak elke maand het waterreservoir schoon en ververs het water. Gebruik uitsluitend gekookt water. Nog beter is gebruik te maken van gedistilleerd of gedemineraliseerd water. Het kousje gaat dan langer mee.

RV-meeteenheid ijken

Kwikthermometers en elektronische handthermometers kunnen verlopen. Op den duur wijken ze af van de waarden die in de fabriek werden ingesteld. Een slecht geijkte thermometer geeft 0 °C aan, terwijl het in feite bijvoorbeeld 0,7 °C is. Je kunt alle thermometers op het bedrijf ijken door zelf een *ijkthermometer* te maken. Dat gaat als volgt.

ijkthermometer

- 1 Breng water aan de kook en houd de *ijkthermometer* in het kokende water. Dit is precies 100 °C.

-
- 2 Vul een thermosfles gedeeltelijk met water. Voeg kleine stukjes ijs toe. Schudt de fles. Na enige tijd is de temperatuur van het water 0 °C. Er moeten wel nog enkele stukjes ijs in rondrijven. Houd de ijkthermometer vijf tot tien minuten in het water. Dan wijst hij precies 0 °C aan.

Je hebt nu een ijkthermometer waarmee je alle thermometers en voelers van de RV-meetapparatuur op het bedrijf kunt controleren. Hoe doe je dat?

- 1 Verwijder het kousje van de natte bol.
- 2 Plaats de geijkte thermometer zo mogelijk in de meetbox, zodat ook de ijkthermometer is afgeschermd tegen straling.
- 3 Wacht tien minuten en laat de printer de meetwaarden van de voelers uitprinten.
- 4 Lees de uitgeprinte meetwaarden af en beoordeel de afwijking.

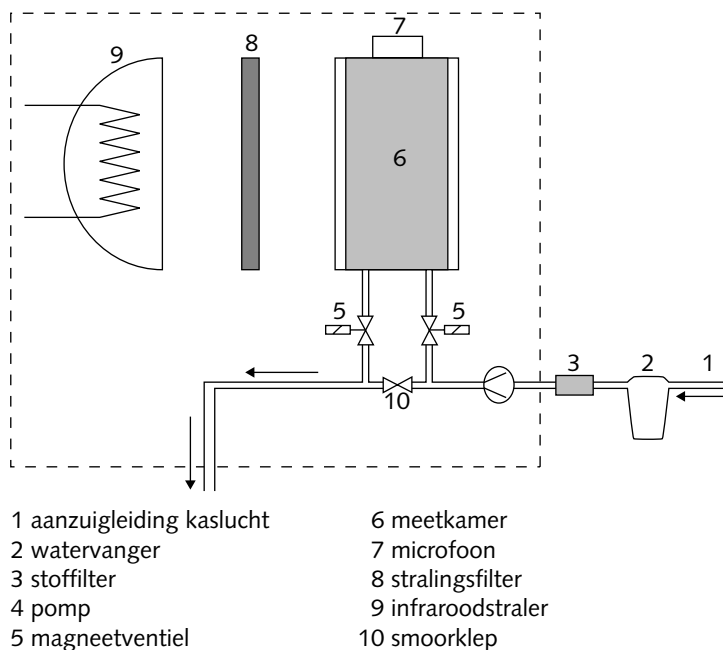
De waarde van de droge bol mag niet meer dan 0,5 °C afwijken van de waarde die de ijkthermometer aangeeft. Tussen de droge en natte bol (zonder kousje) mag het verschil niet groter zijn dan 0,2 °C. Als beide voelers zonder kousje worden gemeten, zou de temperatuur gelijk moeten zijn en de relatieve luchtvochtigheid dus 100 procent. Bij een afwijking van 0,2 °C is de feitelijke relatieve luchtvochtigheid 96 procent. Dit is de maximaal toegestane meetfout waarbij de klimaatcomputer nog correct kan aansturen.

Sommige klimaatcomputers berekenen ook het vochtdeficit. Bij 18 °C mag de afwijking van het vochtdeficit maximaal 0,5 gram per kubieke meter bedragen. Zo nodig moet de installateur de meting uitvoeren.

CO₂-meter

Ergens in de kas staat een aparte CO₂-meter. De CO₂-meter meet het gehalte aan koolzuurgas van de kaslucht in delen per miljoen. In tabellen wordt dit afgekort tot dpm of ppm (parts per million). In figuur 7.4 vind je een schematische voorstelling van een CO₂-meter. De onderdelen worden met cijfers aangegeven.

Fig. 7.4
Schematische weergave
van een CO₂-meter.



Werking van de CO₂-meter

De kern van een CO₂-meter bestaat uit een meetkamer, een infraroodstraler en een stralingsfilter.

Een CO₂-meter werkt als volgt.

- Kaslucht wordt in een meetkamer (6) gezogen. Daarbij passeert de lucht een watervanger (condenspot) en een stoffilter.
- De infraroodstraler stuurt infraroodstralen door het stralingsfilter. Deze komen in de meetkamer terecht.
- CO₂ absorbeert infraroodstralen, andere gassen doen dit niet. Hoe meer CO₂, hoe meer infraroodstralen worden geabsorbeerd.
- Door het absorberen van de infraroodstralen verandert de druk in de meetkamer.
- De drukverandering wordt doorgegeven aan een microfoontje en daar gemeten.

Vaak wordt in een afdeling het CO₂ gedoseerd. De standaardwaarde wordt bijvoorbeeld ingesteld op 500 dpm. Het is dan zaak dat de CO₂-meter deze standaard nauwkeurig meet. Want als door meetfouten wordt afgeweken van de standaard, kan een te lage CO₂-concentratie ontstaan of wordt er onnodig gedoseerd.

Controle en onderhoud

De CO₂-meter is bijzonder gevoelig voor stof, vocht en bestrijdingsmiddelen. Daarom zijn de volgende onderhoudswerkzaamheden noodzakelijk.

- Vervang elke drie maanden het stoffilter.
- Maak de condenspot regelmatig leeg.
- Zet de meter op een vochtvrije plaats, vocht kan de meter inwendig vernielen.
- Voorkom dat de meter in aanraking komt met bestrijdingsmiddelen of dat bestrijdingsmiddelen via de leidingen worden aangezogen.
- Controleer de leidingen op verstoppingen, knikken en lekkages.

CO₂-meter ijken

ijkprocedure

Eenmaal per drie maanden dien je de meter te ijken. In ieder geval moet je dit aan het begin en halverwege de zomer doen. Bij het ijken volg je de *ijkprocedure* zoals die bij het apparaat hoort. Eerst voer je een *nulijking* uit met een gas zonder CO₂ (nulgas) of met een nulpatroon (buis met koolzure kalk dat alle CO₂ uit de lucht absorbeert). Daarna doe je een *spanijking* met een gas van een concentratie die voor de regeling van belang is. In de winter is dat 1000 dpm en in de zomer 350 tot 400 dpm.

De ijking kan afwijken onder invloed van luchtdruk en temperatuur. Standaard is een druk van 1013 mbar en een temperatuur van 20 °C. De afwijking bedraagt –1 procent voor elke drie graden temperatuurstijging en +1 procent per procent drukstijging. Bij het ijken moet je hiermee rekening houden. Voer de ijking indien mogelijk uit bij een luchtdruk van ongeveer 1013 mbar. Kijk tijdens het ijken niet alleen naar de aanwijzing op de meter zelf, maar controleer ook of de klimaatcomputer de juiste waarde aangeeft. Als je de netspanning uitschakelt moet de wijzer exact op nul staan. Als dit niet zo is, moet je de wijzerstand corrigeren. Hiervoor dient het stelschroefje op de meetschaal. Aan dit stelschroefje mag je alleen bij een volledig uitgeschakelde meter draaien.

Controleer regelmatig het condenspotje en leeg het indien nodig. Het filter bij het aanzuigpunt in de kas moet je minstens eenmaal per zes maanden reinigen of vervangen. Reinigen is mogelijk door dit filter enige tijd in wasbenzine te leggen, het vervolgens te spoelen en daarna goed door te blazen. Minimaal eens in het jaar dien je het gehele meetsysteem te controleren. Vervang dan het stoffilter in de meter en controleer de aanzuigleiding op lekkage. Dit kun je doen door op de aanzuigplaats een *nulbuis* aan te sluiten. De meting moet dan na verloop van tijd zakken richting 0 dpm. Als de meter dat niet doet, dan hang je de nulbuis ook een keer direct aan de meter. Als de meter dan wel naar nul gaat, betekent dit dat de aanzuigleiding lek is. De aanzuigleiding moet je dan vervangen. Als de meter niet naar nul gaat, moet je deze opnieuw afstellen, waarna opnieuw een nulmeting vanaf de aanzuigplaats noodzakelijk is.

Fig. 7.5
 Voor het ijken van CO₂-
 meter gebruik je
 ijkgasen. Een ijkgas
 bevat 0 procent CO₂.



- Vragen 7.2**
- a Welke metingen worden er in de kas gedaan?
 - b Welke onderdelen bevat een meetbox waarmee je de kastemperatuur en luchtvochtigheid meet?
 - c Wat is de luchtvochtigheid bij de volgende temperaturen? Gebruik figuur 7.3. Neem de tabel over en vul hem in.

Droge bol	Natte bol	RV
18 °C	17 °C	
18 °C	15,5 °C	
24 °C	17 °C	
24 °C	23,5 °C	

- d Wat zijn de belangrijkste aandachtspunten bij het plaatsen van een meetbox?
- e Welk onderhoud moet je plegen aan de RV-meetapparatuur?
- f Met welke licht (straling) kun je de concentratie CO₂ meten?
- g Welk onderhoud moet je plegen aan een CO₂-meter?

7.3 Meten en regelen van de apparatuur in de kas

raamstandmelders

De klimaatcomputer haalt gegevens binnen over de invloed van de temperatuur van het water in de verwarmingsbuizen en de stand van de lichtschermen en de luchtramen. Van bijzonder belang zijn de *raamstandmelders*, want deze vergen enig onderhoud. De raamstandmelders geven aan de computer door hoe ver de ramen van de luchtinstallatie openstaan. De klimaatcomputer krijgt uit andere bronnen informatie binnen, waaruit hij de ideale grootte van de raamopening berekent. De berekende waarde wordt dan vergeleken met de werkelijke grootte. Wijkt de ideale waarde af van de werkelijke, dan stuurt de computer een seintje naar de luchtingsmotor. Die past de raamopening aan. De raamstandmelder bevat een mechanische overbrenging naar een elektrische meter. Zo'n constructie is gevoelig voor afwijkingen. Een defect of afwijking aan de raamstandmelder leidt tot onnodig energieverlies. Bovendien kunnen de ramen bij storm niet of niet op tijd worden gesloten. Je moet de raamstandmelders eens per kwartaal controleren. De tuinder vergelijkt de waarde die de computer aangeeft in het afdelingsoverzicht met de werkelijke raamstand en controleert bij gesloten ramen of de computer inderdaad aangeeft dat de ramen dicht zijn.

Plantsensoren

Tot enkele jaren geleden pasten telers uitsluitend klimaatmeting toe om het de plant naar de zin te maken. Of de plant het ook daadwerkelijk naar zijn zin had, was eigenlijk gissen. Immers, of de gekozen instelling of bijsturing de juiste was, kon je pas na 3-10 dagen zien. Maar tegenwoordig kun je met plantsensoren en de daarbij behorende software de reactie van de plant op het ingestelde klimaat direct meten. Op basis van de plantreactie kun je het klimaat nu meteen bijsturen.

Veelgebruikte sensoren zijn:

- bladtemperatuurmeter;
- planttemperatuurmeter;
- bodemvochtgehaltemeter;
- stengeldoorsnedemeter;
- sapstroommeter;
- vruchtdiktemeter;
- parlichtmeter;
- grenslaagmeter.

Bladtemperatuurmeter

Een bladtemperatuurmeter meet de temperatuur van een enkel blad. De bladtemperatuur kan wel 3-4 graden lager zijn dan de traditioneel met de meetbox gemeten ruimtetemperatuur in bijvoorbeeld een heldere winteravond. Dit heeft gevolgen voor de etmaaltemperatuur en de generatieve-vegetatieve balans van het gewas. Het omgekeerde kan ook het geval zijn. Bij hoge instraling kan de planttemperatuur 2-3 graden hoger zijn dan de kasluchttemperatuur. Bij verdampingsproblemen loopt dit temperatuurverschil nog verder op en kan de plant in stress raken. Dit apparaat controleert of de planttemperatuur niet te veel uit de pas loopt met de nagestreefde temperatuur.

Fig. 7.6

Met deze sensor meet je de temperatuur van het blad.

Bron: Phytech



Planttemperatuurmeter

Deze meter meet niet de temperatuur van een enkel blad, maar van een vlak in het gewas. Het ene bedrijf noemt dit de infrarood-temperatuurcamera, terwijl het andere bedrijf dit de Pt-meter noemt. Beide meten met infrarood de gemiddelde temperatuur van een vlak van 1-14 m² in het gewas afhankelijk van de ophanghoogte boven het gewas. Bij voorkeur is dit een vlak in de buurt van de meetbox van de klimaatcomputer. Uit de combinatie van planttemperatuur en de luchtvochtigheid wordt de verdampingsdruk berekend. De verdampingsdruk is de nauwkeurigste voorspelling van de mate waarin de plant kan verdampen.

Bodemvochtgehaltemeter

Met deze sensor kun je de temperatuur, de ec (de elektrische geleidbaarheid) en de vochtigheid van bodem of substraat continu meten.

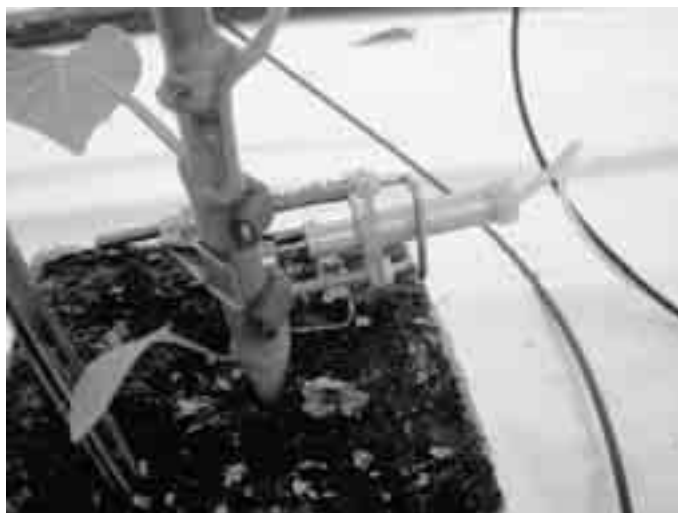
Stengeldoorsnedemeter

Hiermee meet je het uitzetten of inkrimpen van de stam van je plant en kun je tijdens de groei van het gewas zien of er storingen zijn. De stamdiameter varieert gedurende de dag. Wanneer de stam echter meer slinkt dan groeit, is er sprake van een groeistoring.

Fig. 7.7

Met deze sensor meet je diameter van de stengel.

Bron: Phytech



Sapstroommeter

Met een sapstroommeter meet je de snelheid en richting van de sapstroom in de stam van de plant. Sluit een plant zijn huidmondjes, dan neemt de sapstroomsnelheid af. Dit kan gebeuren als de zon plotseling doorkomt, terwijl het substraat niet voldoende vocht bevat.

Vruchtdiktemeter

Dit is dezelfde meter als de stengeldoorsnedemeter. De vruchtdiameter kan bijvoorbeeld slinken als de plant zo sterk verdampt dat hij onvoldoende vocht uit de wortels kan aanvoeren.

PAR-lichtmeter

PAR staat voor Photosynthetic Active Radiation, het gedeelte van de instraling dat de plant gebruikt voor fotosynthese. Steeds meer belichtende telers willen weten hoeveel licht de plant ontvangt. In sommige gevallen wordt de belichtingsinstallatie aan de hand van deze metingen aan- uitgeschakeld.

Grenslaagmeter

Deze meter bootst de beïnvloeding van het microklimaat door het blad na. Het apparaat geeft bijvoorbeeld aan of de plant wel voldoende kan verdampen. De luchtvochtigheid is daarvoor namelijk niet onder alle omstandigheden een goede indicator.

phytomonitor

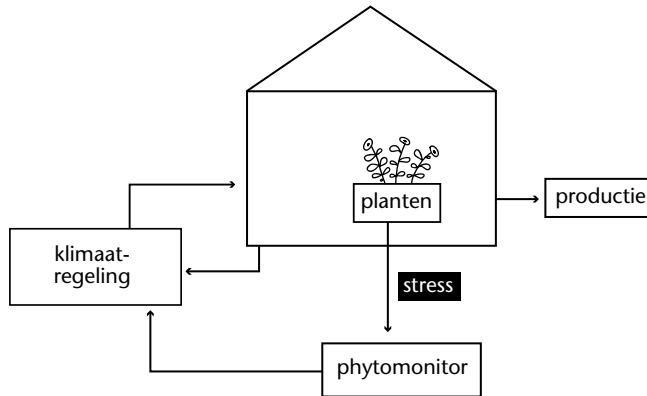
De besproken plantsensoren zijn gekoppeld aan een computersysteem (*phytomonitor*) die de metingen kan evalueren. Wordt er stress gemeten, dan wordt er actie ondernomen. De klimaatcomputer krijgt waarden binnen die in en buiten de kas worden gemeten. Deze waarden vergelijkt hij met ingestelde waarden en vervolgens wordt wel of geen actie ondernomen. Is bijvoorbeeld de gemeten temperatuur te laag, dan wordt actie ondernomen door bijvoorbeeld te verwarmen. Op dit regelsysteem kan worden ingebroken door de phytomonitor. Meet de phytomonitor bijvoorbeeld dat de planttemperatuur te hoog is en de klimaatcomputer meet dat de luchttemperatuur goed is, dan worden er toch maatregelen genomen

om de planttemperatuur te laten zakken, zoals stoppen met verwarming, luchten of schermen.

Is de stresssituatie voorbij dan kan de klimaatcomputer de regeling weer overnemen.

Fig. 7.8

Schematische voorstelling waarin de phytomonitor de klimaatregeling kan aansturen in geval van stress.



Vragen 7.3

- Wat is het verschil tussen het bijsturen van het klimaat door de klimaatmeting en door plantsensoren?
- Welke plantsensoren ken je? Geef aan wat elke sensor meet.

7.4 Meten van het buitenklimaat: het weerstation

Ook factoren buiten de kas hebben invloed op het klimaat binnen de kas. Deze factoren worden gemeten met een weerstation dat meestal boven op de kas op een mast is geplaatst. Het weerstation bevat vijf tot zes verschillende meters. Die meten de:

- buitentemperatuur;
- windsnelheid;
- windrichting;
- lichtsterkte en/of de stralingshoeveelheid;
- hoeveelheid regen.

De gegevens van het weerstation worden door de klimaatcomputer gebruikt om allerlei bijsturingen in de kas te berekenen. Zo wordt de gemeten windsnelheid gebruikt om de ideale stand van de luchtramen te berekenen. Hiervoor is informatie over de windsnelheid nodig, omdat het ventilatievoud bij dezelfde raamopening veel groter wordt als er wind op de luchtramen staat. De computer combineert de gegevens over de windsnelheid met het temperatuurverschil tussen kaslucht en buitenlucht. Hieruit berekent hij de juiste raamopening bij een gegeven windsnelheid en temperatuurverschil. De windsnelheid is ook van invloed op de warmtebehoefte in de kas. De computer neemt het signaal over de windsnelheid mee als hij de warmtebehoefte berekent en de verwarmingsketel of -brander aanstuurt.

Plaatsing weerstation

Om zijn werk goed te kunnen doen, moet het weerstation op een adequate plaats staan: op 1,5 m boven de nokhoogte van de kas en buiten de invloedssfeer van objecten die de meting kunnen verstoren zoals hoge gebouwen (ketelhuis), schoorsteen en bomen.

Fig. 7.9

Dit weerstation is op de goede hoogte geplaatst en meet de volgende factoren: 1 windsnelheid, 2 windrichting, 3 temperatuur, 4 regen en 5 licht/straling.



Controle en onderhoud

Je dient de meters in het weerstation, zoals de lichtmeter en de regenmeter, maandelijks te controleren. De lichtmeter raakt op den duur vervuild door stof en vettige aanslag. De gemeten waarden zijn hierdoor minder betrouwbaar. Maak het kapje van de lichtmeter schoon met water en afwasmiddel. Als er een stralingsmeter aanwezig is, moet je het droogpatroon één keer per jaar verwisselen. In een stralingsmeter zit een droogpatroon om mogelijk binnengedrongen vocht te absorberen. Controleer of er geen vochtaanslag aan de binnenkant van de meter zit en verwijder dit desnoods.

Ook de werking van de regenmeter kan verminderen door vervuiling. De regenmeter werkt op het elektrische geleidingsprincipe en de elektrische geleiding wordt aangetast door stof en vettige aanslag. De geleidingswaarde neemt af en als het regent wordt dit niet meer of veel te laat doorgegeven aan de computer. Ook de regenmeter kun je schoonmaken met water en afwasmiddel.

Ijking

De instrumenten in het weerstation moet je regelmatig ijken. De buitentemperatuurmeter ijk je door de waarden te vergelijken met die van een ijkthermometer. Je weet intussen hoe je een ijkthermometer kunt maken. Kies een bewolkte dag uit en houd de ijkthermometer vijf minuten lang op 15 m boven het maaiveld. Is er zon, bescherm de ijkthermometer dan tegen straling. Lees de temperatuur af van de ijkthermometer en vergelijk deze met de temperatuur die de buitenluchtthermometer in het weerstation aangeeft. Een afwijking van 1 °C is toelaatbaar.

De betrouwbaarheid van de instrumenten voor windsnelheid en windrichting kun je het best controleren door de gemeten waarden te vergelijken met die van de bureu. Als deze meetapparaten eenmaal goed functioneren, verlopen ze zelden. Het ijken van de windsnelheidsmeter gebeurt met een hand-anemometer.

Ook de lichtmeter en/of stralingsmeter wordt gecontroleerd door de gemeten waarden te vergelijken met die van de burens. De burens moeten dan wel dezelfde meter hebben. Vergelijk licht met licht en straling met straling. Bij twijfel bel je een meteodienst in de buurt voor de juiste windsnelheidsgegevens. Het KNMI in De Bilt verstrekt daarvoor de adressen. Vooral de betrouwbaarheid van de lichtmeter moet je regelmatig controleren. Lichtmeters werken op lichtcellen en deze verouderen snel. De lichtgevoeligheid neemt af waardoor de gemeten waarde te veel gaat afwijken van de werkelijke lichtsterkte. Een stralingsmeter veroudert minder snel. Licht- en stralingsmeters kun je in principe alleen door de installateur of de fabrikant laten iken.

Vragen 7.4

- a Met welke meters meet je het buitenklimaat?
- b Waar kun je het weerstation het beste plaatsen?
- c Hoe kun je de betrouwbaarheid van de windsnelheidsmeter controleren?
- d Welke van de twee veroudert het snelst: de lichtmeter of de stralingsmeter? Wie kan deze meters in principe iken?

7.5 Afsluiting

Voor ieder gewas bestaat een ideaal klimaatplan, aangepast aan het groeistadium van de plant, de buitentemperatuur en dag en nacht. Met een klimaatcomputer kun je het ideale klimaat gedurende de gehele teeltperiode realiseren. De computer krijgt hiervoor gegevens van een groot aantal voelers en meetapparaten binnen en buiten de kas. De computer vergelijkt de binnenkomende gegevens met de ideale gegevens en stuurt zo nodig de apparaten aan die de klimaatfactoren beïnvloeden. Zo is de computer het hart van de meet- en regelkring.

Binnen de kas gebruik je als meetinstrumenten de droge bol voor de kastemperatuur, de natte bol voor de relatieve luchtvochtigheid, de CO₂-meter, de instelling van apparaten zoals de raamstandmelders en de stand van de schermen. Buiten de kas zijn de meetinstrumenten de thermometer, de windmeter, de regenmeter en de stralingsmeter. Deze zijn ondergebracht in een weerstation. Je dient de meetapparatuur regelmatig te controleren, reinigen en onderhouden.

De meetgegevens zijn cruciaal. Onbetrouwbare meetwaarden leiden tot een verkeerde aansturing. Er zijn drie mogelijke oorzaken van onbetrouwbare metingen. Ten eerste kunnen de meetapparaten op een plaats staan die niet representatief is voor de werkelijke situatie. In de tweede plaats kunnen de apparaten gebreken vertonen, bijvoorbeeld door slecht onderhoud. En ten derde kunnen de ingestelde standaardwaarden na verloop van tijd verlopen.

Tegenwoordig kun je met plantsensoren en de daarbij behorende software de reactie van de plant op het ingestelde klimaat direct meten. Op basis van de plantreactie kun je het klimaat direct bijsturen.

Als alles klopt, creëert de klimaatcomputer een optimaal kasklimaat door de gegevens van alle binnen- en buiteninstrumenten te combineren.

8 Vocht en groeiprocessen

Oriëntatie

Elke tuinder probeert het klimaat in zijn kas zo goed mogelijk aan te passen aan de processen in de plant. Dat doet hij met een klimaatcomputer. De nieuwste klimaatcomputers reageren direct op de groeiprocessen in de plant. Hierdoor kun je streven naar een optimale inzet van licht, temperatuur, luchtvochtigheid, CO₂-gehalte en luchtbeweging voor twee processen die de basis vormen voor de plantengroei te weten: fotosynthese en verdamping. Beide processen zijn via klimaatregeling te optimaliseren. In dit hoofdstuk staan de luchtvochtigheid en haar invloed op de groei van het gewas centraal.

8.1 Luchtvochtigheid en temperatuur

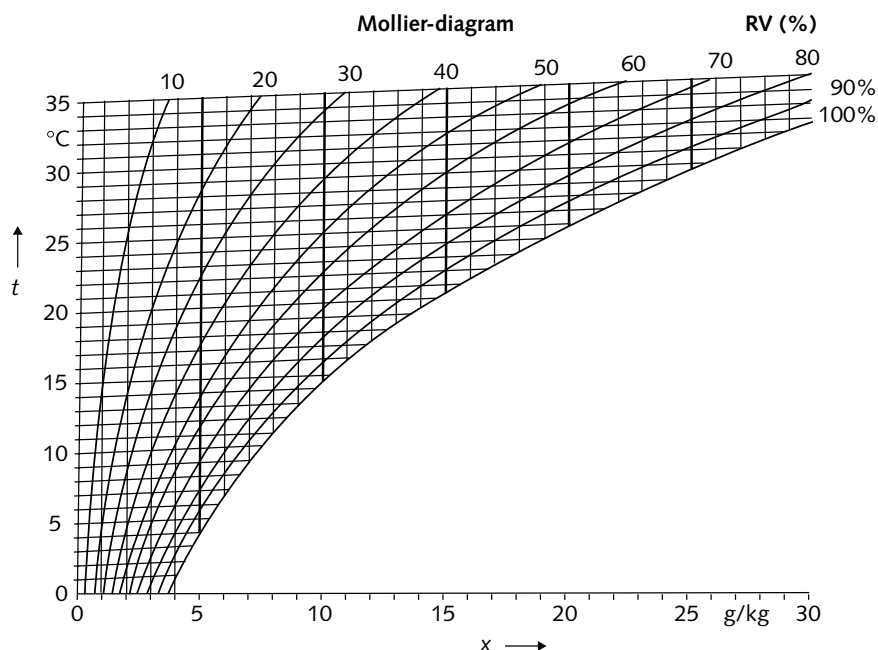
Een plant moet groeien. Voor die groei heeft de plant onder meer voedingszouten en water nodig uit de bodem of het substraat. De opname van voedingszouten en water gebeurt echter alleen als de plant verdampt. De verdamping van de plant is weer afhankelijk van de luchtvochtigheid in de kas. Maar de hoeveelheid waterdamp in de lucht houdt ook direct verband met een andere klimaatfactor: de temperatuur.

Mollierdiagram

De wetenschapper Mollier (spreek uit: Moljee) heeft het verband tussen luchtvochtigheid en temperatuur onderzocht. Hij heeft dit weergegeven in een diagram dat naar hem is vernoemd: het Mollierdiagram. Met behulp van het Mollierdiagram kun je de effecten van stoken, luchten, nevelen en verdampen van de plant en andere verschijnselen in een kas verklaren. In figuur 8.1 staat een vereenvoudigde versie van het Mollierdiagram afgebeeld.

Fig. 8.1

Vereenvoudigde voorstelling van een Mollierdiagram. Op de horizontale as is de heersende luchtvochtigheid afgebeeld, zoals gemeten met de natte bol. Op de verticale as staat de kastemperatuur. De dikke kromme lijnen verbinden de punten waarop dezelfde RV aanwezig is.



Het Mollierdiagram brengt drie gegevens met elkaar in verband. Op de x-as is de absolute luchtvochtigheid (AV) uitgezet in grammen water per kg lucht. Op de y-as vind je de kastemperatuur in $^{\circ}\text{C}$. De kromme lijnen verbinden de punten in stappen van 10 procent waarbij de relatieve luchtvochtigheid (RV) even groot is. Op de lijn $\text{RV} = 10$ is de relatieve luchtvochtigheid altijd 10 procent. Op de lijn $\text{RV} = 70$ is de relatieve luchtvochtigheid telkens 70 procent. Op de lijn $\text{RV} = 100$ is de kaslucht verzadigd met water. Je noemt dit de verzadigingsvochtigheid ($\text{RV} = 100$ procent = VV). Beneden deze lijn treedt condensatie op.

Gegevens aflezen uit het Mollierdiagram

Het Mollierdiagram stelt je in staat allerlei belangrijke gegevens af te lezen en het effect van veranderingen te voorspellen. De volgende gegevens kun je met behulp van een Mollierdiagram bepalen:

- de AV en de VV;
- de RV en het effect van RV-verandering;
- het vochtdeficit;
- het dauwpunt.

AV en VV

De AV (*absolute luchtvochtigheid*) is de hoeveelheid waterdamp die op een bepaald moment in de kas aanwezig is, uitgedrukt in grammen per kilogram lucht (g/kg). De VV (*verzadigingsvochtigheid*) geeft aan hoeveel grammen waterdamp de kaslucht maximaal kan bevatten bij een bepaalde temperatuur. Als het verzadigingspunt wordt overschreden, bijvoorbeeld, omdat er waterdamp wordt toegevoerd of omdat de temperatuur daalt, wordt een deel van de waterdamp omgezet in waterdruppels die

uit de lucht verdwijnen. De AV en VV zijn basismaten voor allerlei berekeningen van de kaslucht.

Aflezen van de AV en VV in het Mollierdiagram

Stel, de temperatuur in een kas is 20 °C en de RV is 80 procent. Wat is de AV en de VV? Trek voor het bepalen van de AV een horizontale lijn naar rechts vanaf 20 °C. Deze lijn snijdt de RV-lijn van 80 procent. Ga vanuit dit punt loodrecht naar beneden. Lees nu de AV af (11,8 g/kg).

Trek voor het bepalen van de VV de horizontale lijn bij 20 °C door tot de RV-lijn van 100 procent en ga dan loodrecht naar beneden. Dit is de VV (14,7 g/kg).

Warme lucht kan veel waterdamp bevatten, koude lucht weinig. In de herfst kun je dit mooi zien. Overdag bevat de lucht een bepaalde hoeveelheid waterdamp. 's Nachts daalt de temperatuur en kan de lucht die hoeveelheid waterdamp niet meer 'vasthouden'. 's Morgens zie je dan *mist*. Mist bestaat uit kleine waterdruppeltjes en is dus geen waterdamp. Als de zon doorbreekt, gaan die druppeltjes door de temperatuurverhoging weer over in waterdamp. De mist verdwijnt dan, want waterdamp is onzichtbaar.

RV en het effect van RV-verandering

Voor veel gewassen ligt de gewenste RV tussen de 75 en 85 procent. In de meeste kassen is de RV te hoog en moet je haar verlagen. Dat kan op twee manieren: door te luchten en door de temperatuur te verhogen. Met het Mollierdiagram kun je de effecten van luchten of stoken al voorspellen, voordat je de handeling hebt uitgevoerd. Hoe dat gaat, lees je in de volgende voorbeelden.

RV verlagen door te stoken

Stel, de temperatuur in de kas is 18 °C en de RV is 70 procent. Wat gebeurt er met de RV als je de temperatuur twee graden verhoogt?

Zoek de kruising op tussen de lijn die behoort bij een luchttemperatuur van 18 °C en de kromme lijn die behoort bij een RV van 70 procent. Ga vanaf dit punt 2 °C omhoog en zoek de bijbehorende RV-waarde. Deze blijkt 63 procent te zijn. Je hoeft de waarde niet te berekenen, maar kunt deze aflezen uit het Mollierdiagram.

Het Mollierdiagram kun je ook gebruiken om af te lezen hoeveel de temperatuur omhoog moet om een bepaalde RV te krijgen. In het volgende voorbeeld is dit uitgewerkt.

Bepaalde RV verkrijgen

De temperatuur in de kas is 20 °C en de RV is 90 procent. De gewenste RV is 80 procent. Hoeveel graden moet je de temperatuur verhogen?

Trek een horizontale lijn vanaf 20 °C naar rechts tot de RV-lijn van 90 procent. Ga vanuit dit punt omhoog tot de lijn van 80 procent. Ga vanuit het laatste snijpunt horizontaal naar links en lees de temperatuur af (= 22 °C). De temperatuur moet je tot 22 °C verhogen om een RV van 80 procent te realiseren. Controleer dit in het Mollierdiagram.

Buitenlucht is relatief gezien meestal droger dan kaslucht. De RV van de kaslucht kun je dus verlagen door te luchten. Het verlagen van de RV door te luchten heeft een dubbel effect: de temperatuur daalt en er verdwijnt vocht door de luchtramen. De AV daalt dus ook.

Zoals blijkt uit het volgende voorbeeld kun je met behulp van het Mollierdiagram voorspellen welk effect luchten heeft op de RV.

RV verlagen door te luchten

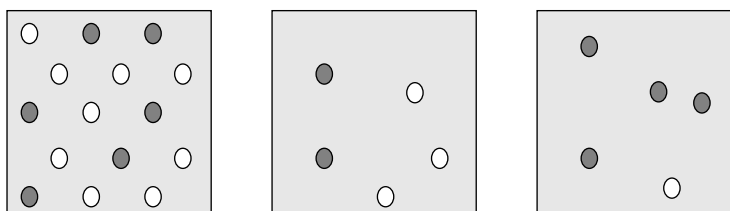
De kastemperatuur is 20 °C en de RV is 90 procent. De teler brengt de RV door te luchten naar 80 procent. De temperatuur daalt met 2 °C en er verdwijnt 2,9 g/kg waterdamp. De nieuwe situatie wordt: 18 °C en een RV van 80 procent. Controleer dit in het Mollierdiagram.

Vochtdeficit

Het verschil tussen de absolute luchtvochtigheid (AV) en de verzadigingsvochtigheid (VV) noem je het vochtdeficit. Het vochtdeficit geeft aan hoeveel waterdamp de lucht nog kan opnemen voordat de lucht is verzadigd. Het vochtdeficit druk je uit in gr/kg lucht. In figuur 8.2 zijn drie situaties van vochtdeficit afgebeeld. De maximale luchtvochtigheid is uitgebeeld door alle bolletjes bij elkaar te nemen. De lucht in het eerste figuur kan dus meer gram waterdamp bevatten dan de twee volgende situaties. De dichte bolletjes geven aan hoeveel damp er daadwerkelijk aanwezig is. De witte bolletjes geven de resterende vochttruimte aan. Dit is het vochtdeficit.

Fig. 8.2

Drie situaties van vochtdeficit. Alle bolletjes samen geven aan hoeveel waterdamp de lucht maximaal kan bevatten. De dichte bolletjes geven aan hoeveel eenheden waterdamp de lucht feitelijk bevat. De open bolletjes geven aan hoeveel dampeenheden de lucht nog kan opnemen voordat de verzadigingsvochtigheid is bereikt. Deze open bolletjes geven het vochtdeficit aan.

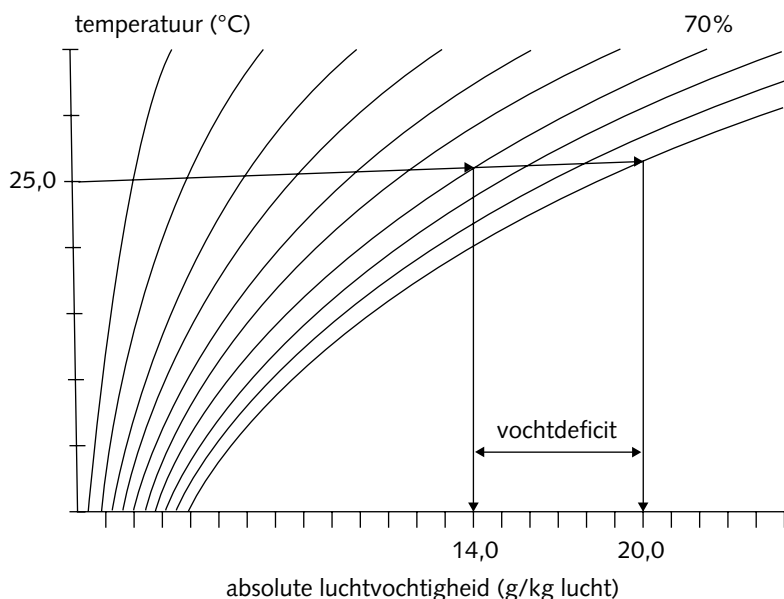


Bij een vochtdeficit van 0 is de heersende luchtvochtigheid gelijk aan de maximale luchtvochtigheid: de lucht is geheel verzadigd van vocht. In het Mollierdiagram kun je het vochtdeficit aflezen. Daarvoor moet je twee gegevens hebben. Je moet weten hoeveel g/kg de verzadigingsvochtigheid (VV) is bij een aangegeven temperatuur. De VV kun je aflezen door een lijn te trekken vanuit de temperatuuraanduiding en de RV-lijn van 100 procent. Als je vanuit dit punt een lijn naar beneden trekt, kom je bij de bijbehorende VV uit. Verder moet je weten wat de heersende luchtvochtigheid (AV) is. De AV kun je aflezen door het kruispunt tussen de temperatuurlijn en de RV-lijn op te zoeken en van daaruit naar beneden te gaan. VV–AV geeft dan het vochtdeficit. Als illustratie gebruiken we een sterk vereenvoudigde voorstelling van het Mollierdiagram, afgebeeld in figuur 8.3.

Fig. 8.3

Het vochtdeficit bepalen met het Mollierdiagram.

Je kijkt eerst hoeveel gr/kg de verzadigingsvochtigheid is bij de gegeven temperatuur. Daarna lees je af wat de absolute luchtvochtigheid bij deze temperatuur is in gr/kg. Het verschil tussen de VV en AV is het vochtdeficit.



Aflezen van het vochtdeficit

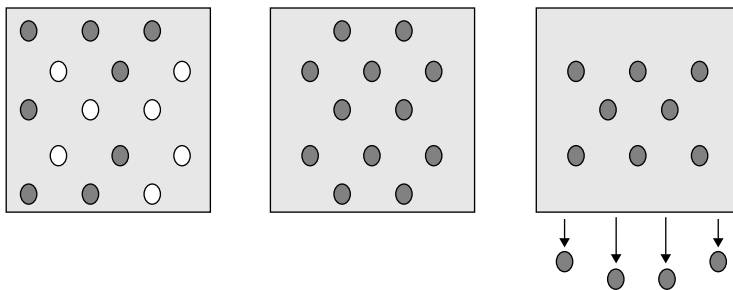
Wat is het vochtdeficit bij een kasttemperatuur van 25 °C en een RV van 70 procent? Trek een horizontale lijn vanaf 25 °C totdat je de kromme van de RV van 70 procent snijdt. Trek de lijn door tot RV 100 procent. Laat vanuit de snijpunten met de beide RV-lijnen loodlijnen naar beneden lopen. Vanuit het snijpunt met de RV-lijn van 70 procent lees je een AV af van 14 g/kg. Vanuit het snijpunt met de RV-lijn van 100 procent lees je de VV af van 20 g/kg. Het vochtdeficit is dan $20 - 14 = 6$ g/kg.

Dauwpunt

Koude lucht kan minder waterdamp bevatten dan warme lucht. Als de temperatuur daalt, kan de lucht niet meer alle waterdamp vasthouden en treedt er condensatie op. Het dauwpunt geeft aan bij welke temperatuur condensatie optreedt. Dit proces zie je weergegeven in figuur 8.4. Hierin worden drie vochtsituaties afgebeeld. In de eerste situatie is er nog een vochtdeficit: de verzadigingsvochtigheid is nog niet bereikt. In de tweede situatie is sprake van verzadigingsvochtigheid: de lucht kan geen nieuwe waterdamp meer opnemen. In de derde situatie wordt de verzadigingsvochtigheid overschreden. Dat kan doordat er nieuwe damp wordt toegevoegd of doordat de verzadigde lucht afkoelt. Nu zet de lucht een deel van de waterdamp om in waterdruppeltjes.

Fig. 8.4

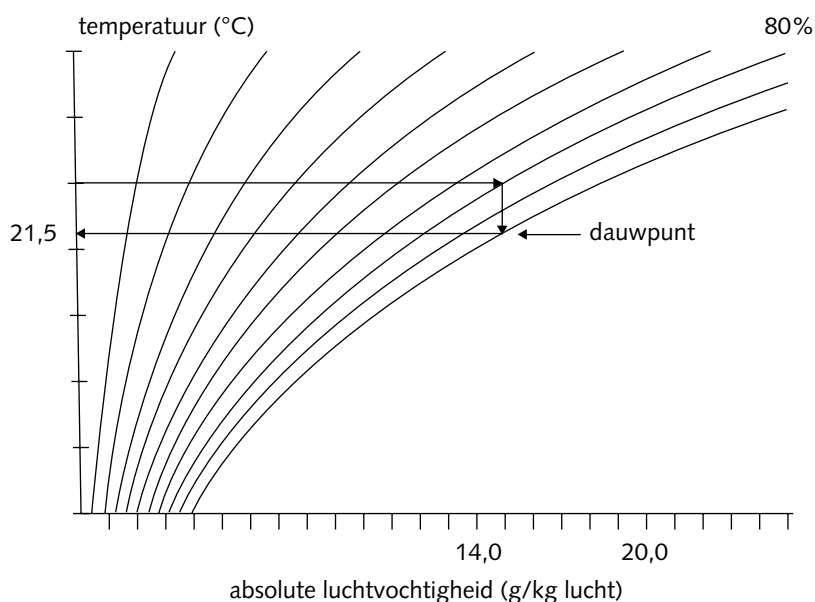
Als het vochtdeficit wordt overschreden, treedt het dauwpunt op: de waterdamp condenseert.



Condenseren is een ongewenste situatie in een kas, omdat dit een ideale situatie is voor bepaalde schimmels. Tuinders moeten dus goed weten waar het dauwpunt ligt. Gelukkig kun je het dauwpunt ook aflezen uit het Mollierdiagram. Dit wordt uitgelegd aan de hand van figuur 8.5.

Fig. 8.5

Het Mollierdiagram kun je gebruiken om het dauwpunt te bepalen. Je bepaalt eerst de RV bij de huidige temperatuur van de kas. Vanuit dit punt trek je een lijn loodrecht naar beneden totdat je de kromme van 100 procent snijdt. Bepaal dan de temperatuur die bij dit snijpunt hoort. Dit is het dauwpunt.



Aflesen van het dauwpunt

Hoe moet je het dauwpunt aflezen als de kastemperatuur 25 °C en de RV 80 procent is? Bepaal het punt waarop de lijn van 25 °C en de RV-lijn van 80 procent elkaar snijden. Ga dan loodrecht naar beneden tot je de RV-lijn van 100 procent snijdt. Ga vanaf dit snijpunt naar links naar de temperatuur. Je komt uit bij 21,5 °C. Het dauwpunt is dan 21,5 °C.

Vragen 8.1

- Wat is de verzadigde vochtigheid bij 11 °C, 16 °C en 26 °C?
- Leg uit waarom de RV daalt als de temperatuur van de lucht omhoog gaat en stijgt als de kasluchttemperatuur daalt.
- In een kas is de temperatuur 22 °C en de RV 90 procent. Lees in het Mollierdiagram de AV en VV af.
- Door verwarming stijgt de kaslucht 3 °C van 22 °C naar 25 °C. Lees de nieuwe RV, AV en VV af.
- De luchting wordt geopend. De temperatuur daalt 1 °C (van 25 °C naar 24 °C), de AV daalt 1 gram. Lees de nieuwe RV, AV en VV af.

8.2 Luchtvochtigheid in de kas

Een bepaalde luchtvochtigheid in de kas ontstaat door de aanvoer van waterdamp naar de kaslucht en de afvoer van waterdamp uit de kaslucht. De aanvoer van vocht gebeurt door de verdamping van het gewas of vanuit de grond. De afvoer gebeurt door condensatie en / of luchten.

Bij het regelen van de luchtvochtigheid in kassen kun je verschillende technieken gebruiken. Daarbij kun je denken aan ventileren, stoken, schermen en bevochtigen. Het draait daarbij altijd om twee processen:

- het vergroten of verkleinen van de aanvoer van waterdamp;
- het vergroten of verkleinen van de afvoer van waterdamp.

De belangrijkste bron voor aanvoer van waterdamp naar de kaslucht is de verdamping van je gewas. Bij een volgroeid gewas kan de verdamping oplopen tot 1.000 gram waterdamp per m² per uur. De verdamping vanuit de bodem stelt bij substraatteelten met afgedekte bodem weinig voor. Maar bij teelten in de grond en op eb- en vloedsystemen kan er wel veel verdamping vanaf de bodem plaatsvinden. Luchtbevochtiging vormt nog een extra bron van aanvoer van waterdamp.

Waterdamp wordt afgevoerd door ventilatie (luchten) en/of door condensatie tegen koude delen. Is de ventilatieafvoer klein, dan treedt relatief meer condens op. In een stabiele situatie is de totale aanvoer even groot als de totale afvoer.

Ventilatie

De afvoer van vocht door ventilatie bereken je in gram per m² per uur en hangt af van de ventilatie en het verschil in vochtgehalte tussen binnen en buiten. In een formule ziet dat er zo uit:

afvoer = ventilatie × (vochtgehalte binnen – vochtgehalte buiten)

ventilatiesnelheid

De hoeveelheid ventilatie druk je uit in m³ luchtuitwisseling per m² kas. Dit noem je de *ventilatiesnelheid*. De ventilatiesnelheid hangt af van:

- de windsnelheid;
- het type kas,
- de raamopening bij het luchten;
- het verschil tussen temperatuur van de kaslucht en de buitentemperatuur.

De ventilatiesnelheid loopt uiteen van ongeveer 1 m³ per m² bij zeer dichte kassen met gesloten ramen tot meer dan 200 m³ per m² per uur bij volledig geopende ramen en een redelijke tot hoge windsnelheid.

Stel dat het in de kas 24 °C is met een vochtgehalte van 16 gram per m³. Buiten is het 12 °C met een vochtgehalte van 5 g per m³. Bij een ventilatiesnelheid van 20 m³ lucht per m² kas per uur wordt er dus $20 \times (16 - 5) = 220$ gram waterdamp per m² kas per uur afgevoerd.

Condens

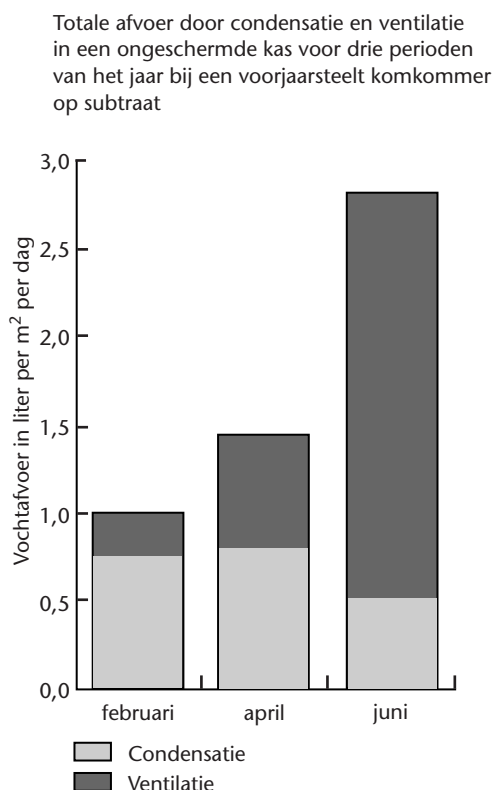
dauwpunt

Waterdamp condenseert op plaatsen waar de temperatuur lager of gelijk is aan het *dauwpunt*. Bij het dauwpunt gaat waterdamp over in water. Dit noem je condensatie. Het dauwpunt hangt alleen af van het vochtgehalte van de lucht. Is het vochtgehalte hoog, bijvoorbeeld 16 gram per m³, dan is het dauwpunt 18,7 °C. Als er dus kasdelen zijn die aan de binnenkant van de kas kouder zijn dan 18,7 °C, dan treedt condensatie op.

De hoeveelheid condens in gram per m² per uur kun je berekenen uit het verschil tussen het vochtgehalte in de kas en het maximale vochtgehalte van de lucht tegen het glas.

Fig. 8.6

De vochtafvoer kan door het jaar heen behoorlijk verschillen.



Over een heel seizoen gemeten vindt de afvoer van waterdamp vooral plaats door te luchten. Maar ook de afvoer door condens is aanzienlijk. Vooral in koude perioden als je weinig lucht, is afvoer van waterdamp door condens belangrijk. In het voorjaar kan de afvoer door condens gemiddeld per dag wel 75 procent zijn van de totale vochtafvoer. In de warme periode is condens nog altijd goed voor 20 procent van de totale vochtafvoer. Dit komt omdat je 's nachts en in de winter en het voorjaar ook overdag weinig ventileert. Op die momenten is de condensafvoer veel omvangrijker dan de ventilatieafvoer.

Vragen 8.2

- Op welke manieren komt er waterdamp in de kaslucht?
- Een kas is 12.000 m². Hoeveel liter water wordt er in die kas per uur verdampt bij een volgroeid gewas?
- Welke vier technieken heeft een tuinder tot zijn beschikking om de luchtvochtigheid te beïnvloeden?
- Verklaar de factoren die de afvoer van vocht door ventilatie beïnvloeden.
- Als je in de zomer een glas ijskoud drinken krijgt, wordt de buitenkant van het glas vaak nat. Leg uit hoe dit komt?
- Geef aan of onderstaande beweringen juist of onjuist zijn.
 - Bij veel ventilatie heb je veel kans op condens.
 - Verdamping bij een volgroeid gewas kan wel oplopen tot 1 kg waterdamp per m² per uur.

-
- 3 Het dauwpunt wordt uitgedrukt in °C.
 - 4 In het voorjaar en in de winter is de vochtafvoer door ventilatie altijd groter dan door condens.

8.3 Luchtvochtigheid verlagen

Door luchten droogt en koelt de kaslucht tegelijkertijd. Maar extra luchten om de verdamping te bevorderen werkt na verloop van tijd juist averechts. Doordat je de temperatuur verlaagt neemt de verdamping af. Dit proces kun je alleen maar voorkomen door te stoken.

ventilatievoud Luchtuitwisseling via de luchtramen ontstaat doordat warme, vochtige lucht door uitzetting lichter is dan koude, droge buitenlucht. Telers drukken de mate van ventilatie meestal uit in het *ventilatievoud*. Dit geeft aan hoeveel keer per uur de hele kasinhoud wordt vervangen door buitenlucht. Maar bij de regeling van de *ventilatiesnelheid* is het beter om te spreken van de *ventilatiesnelheid*. Dat is het aantal m³ kaslucht dat per uur, per m² grondoppervlak, wordt vervangen door buitenlucht. Bij die eenheid speelt de kashoogte namelijk geen rol. De luchtvochtigheid kun je verlagen door luchten en verwarmen of door een combinatie van beide.

Luchten

Als je de luchtramen opent wisselt de kaslucht uit met buitenlucht. De kaslucht wordt droger en koeler. Wat het sterkst verandert, hangt af van het verschil tussen de kastemperatuur en de buitentemperatuur en van het verschil tussen het vochtgehalte van de lucht in de kas en buiten. Bij windstil weer houden het temperatuurverschil en het vochtverschil de ventilatie aan de gang. Bij een groot temperatuur- en vochtverschil en/of veel wind hoeft je het luchtraam maar een klein stukje open te zetten voor een relatief grote vochtafvoer. Bij een klein verschil en weinig wind moet je de ramen ver openen. Om de juiste raamopening in te stellen meet de klimaatcomputer continue de temperatuur, luchtvochtigheid en windsnelheid.

Verwarmen

De verwarming is een belangrijke sturingsmogelijkheid als het gaat om de luchtvochtigheid in de kas. De buizen verwarmen de kaslucht en de planten. De stralingswarmte van buizen verhoogt de temperatuur van plantendelen in de nabijheid extra. Doordat de verwarmde lucht bij de buizen uitzet, gaat de kaslucht bewegen. Dat bevordert de afvoer van waterdamp bij het gewas vandaan.

In een ruimte zonder obstakels heb je maar weinig energie nodig om alle lucht in beweging te brengen. Maar in een kas met gewas is dat veel moeilijker, in het bijzonder in de directe omgeving van de planten.

Als de planttemperatuur en het dauwpunt van de lucht dicht bij elkaar liggen, moet je de waterdamp zo snel mogelijk afvoeren. Dat vraagt relatief veel energie en dus een hoge buistemperatuur. Hoe compacter het gewas, hoe warmer de buizen moeten zijn om voldoende luchtbeweging tussen het gewas te krijgen.

natslaan

Plaats van de buizen

De plaats van de buizen is van grote invloed op de vochtbeheersing van het gewas. Planten verdampen het minst bij een lage planttemperatuur en een hoog luchtvochtgehalte. Bij warme buizen boven het gewas realiseer je zowel de laagste planttemperatuur als het hoogste vochtgehalte onder in het gewas. Daar bestaat dan ook het eerste gevaar voor *natslaan*. Dat wil zeggen condensatie op je gewas door de lage temperatuur van je gewas en de hoge temperatuur en vochtigheid van de kaslucht.

Buizen onder in het gewas verwarmen vooral de lucht onder in de kas en het onderste deel van de plant. De opstijgende lucht voert waterdamp tussen het gewas versneld af. Dat voorkomt condensatie op de onderste plantendelen.

Als de buizen boven in de kas liggen, kun je natslaan alleen voorkomen door het vochtgehalte van de kaslucht te verlagen, dus door de luchtramen verder open te zetten. Buizen hoog in de kas verwarmen ook het kasdek. Daardoor is er minder condensatie en blijft de kaslucht vochtiger dan bij lage buizen.

Luchten en stoken

Bij het *droogstoken* spelen luchten, verwarmen en verdamping stevast gelijktijdig een rol. Om het goed te kunnen doen we nu net alsof ze na elkaar plaatsvinden. Zonder verdamping en bij alleen luchten komen de temperatuur en het vochtgehalte van de kaslucht ergens tussen de samenstelling van de kaslucht en de buitenlucht te liggen. In kassen wordt door alleen te luchten koude buitenlucht aangevoerd, waardoor het vochtgehalte lager wordt, het vochtdeficit kleiner en de relatieve luchtvochtigheid hoger. Zolang de plant nog warm is, stimuleert het dalen van het vochtgehalte van de kaslucht de verdamping.

Door uitsluitend verwarmen (in een lege kas) stijgt de luchttemperatuur zonder dat het vochtgehalte oploopt. De relatieve luchtvochtigheid daalt en het vochtdeficit stijgt. Door op hetzelfde moment te stoken en te luchten verlaag je het vochtgehalte van de oorspronkelijke kaslucht, vergroot je het vochtdeficit en verlaag je dus de relatieve luchtvochtigheid. In een kas met planten gaat het stoken en luchten gepaard met een continue aanvoer van waterdamp vanuit het gewas. Daardoor daalt het vochtgehalte minder dan je zou denken.

Begrenzingsen

Minimuminstellingen van buistemperatuur en raamstand gebruik je om onder vochtige omstandigheden toch waterdamp uit de kas af te voeren. Bij een hoge buitentemperatuur is het glas relatief warm en wordt vrijwel geen waterdamp afgevoerd door condensatie. Verder verdwijnt nauwelijks waterdamp door kieren in het kasdek. In Nederland is de buitenlucht 's nachts meestal verzadigd met waterdamp.

Hoe hoger de buitentemperatuur, hoe hoger het vochtgehalte in de kas. Die kennis gebruik je om het droogstoken af te stemmen op het waterdampgehalte van de buitenlucht zonder dat je het vochtgehalte buiten meet.

Vragen 8.3

- a Geef aan of onderstaande beweringen juist of onjuist zijn.
- 1 Door te luchten wordt de kaslucht droger.
 - 2 Door in een kas alleen te stoken en niet te luchten wordt het vochtdeficit kleiner.

- 3 Voor een goede vochtafvoer kunnen verwarmingsbuizen het best onder in het gewas liggen.
- 4 Als je aan het droogstoken bent, lucht je niet.
- 5 Bij een hoge buitentemperatuur wordt ook veel vocht afgevoerd door condens.
- 6 's Nachts is de buitenlucht in Nederland vaak verzadigd met waterdamp.
- 7 's Nachts kun je bij een hoog gewas vooral condensatie verwachten op de bovenste plantendelen.
- 8 Natslaan van het gewas gebeurt vooral op de dikkere delen van de plant.

8.4 Luchtvochtigheid verhogen

In de zomer kan de temperatuur van het gewas erg hoog oplopen. Zelfs bij een goede vochtvoorziening kunnen bladeren in de zon al 8-10 °C warmer zijn dan de omringende lucht. De temperatuur van het gewas stijgt nog meer als er weinig verdamping plaatsvindt als gevolg van watertekort. Een te hoge bladtemperatuur remt de fotosynthese, terwijl er bovendien verbranding kan optreden.

stress Voor de groei en ontwikkeling van je gewas behoort de waterhuishouding van de plant in balans te zijn. De wateropname moet de verdamping wel kunnen volgen. Bij zonnig weer kan de verdamping groter zijn dan de wateropname. De plant geraakt dan in *stress*. In eerste instantie sluiten de huidmondjes gedeeltelijk om de verdamping van de plant te remmen. Maar dit belemmert ook de instroom van CO₂, waardoor de fotosynthese afneemt. Op langere termijn leidt waterstress tot een verminderde celstrekking met als gevolgen kleinere bladeren en kortere internodiën. Op steeds meer tuinbouwbedrijven horen nevelinstallaties of daksproeiers tot de vaste inboedel. Dit zijn dan ook je enige mogelijkheden om de luchtvochtigheid in de kas te verhogen. Vooral in de zomer is dat nogal eens nodig.

Nevelinstallaties

De luchtvochtigheid kun je verhogen met een luchtbevochtigings- of nevelinstallatie. Er zijn twee systemen op de markt:

- het lucht-watersysteem: verneveling met perslucht.
- het hydraulische hogedruksysteem: verneveling onder hoge druk (60 bar).

In de zomer is de gemiddelde dagtemperatuur in een kas met een klein gewas en een werkende hydraulische hogedruknevelinstallatie 3-4 °C lager en de maximum dagtemperatuur 6 °C lager, dan in een kas waarin je niet nevelt. In een kas zonder bevochtiging zakt de luchtvochtigheid tot gemiddeld 15 gram per m³ bij 30 °C en een relatieve vochtigheid van 45-50 procent. Bij bevochtiging is dit 20 gram per m³ bij 28 °C en een relatieve vochtigheid van 65-75 procent, weliswaar in combinatie met een zonnenscherm. Bevochtiging heeft een lagere kas- en bladtemperatuur tot gevolg en een hoger vochtgehalte van de kaslucht.

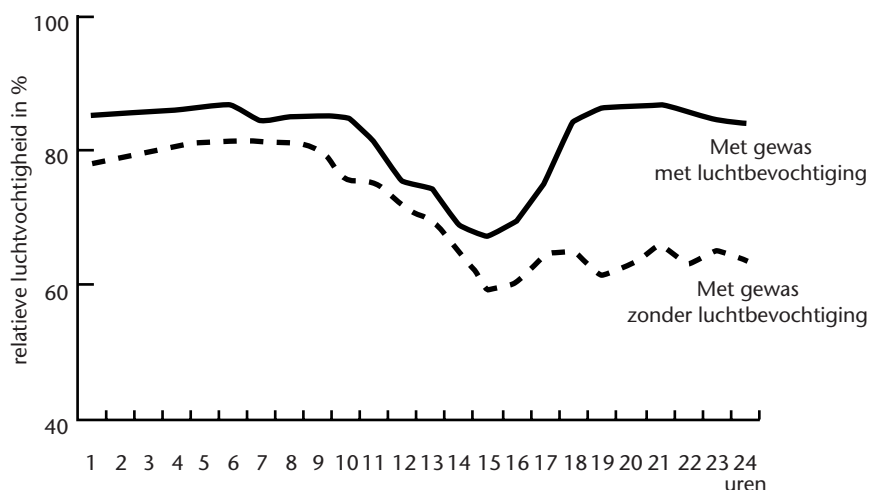
Invloed van het gewas

Het effect van luchtbevochtiging op het klimaat in de kas is afhankelijk van de situatie in het gewas. Bij een vol gewas tomaten en paprika's stijgt de luchtvochtigheid minder dan je op grond van de hoeveelheid verneveld water zou verwachten. Een deel van de verdamping door de nevel wordt gecompenseerd door een bijna overeenkomstige

vermindering van de verdamping door het gewas. De koeling van de kaslucht is daardoor maximaal 1,5 °C. In figuur 8.7 is het effect weergegeven van verneveln op het verloop van de relatieve luchtvochtigheid in een kas met en zonder gewas. In de lege kas stijgt de RV met 10-15 procent als gevolg van verneveln. Bij hoog opgroeiende gewassen is luchtbevochtiging erop gericht stresssituaties te voorkomen. Door de invloed van directe straling is het bovenste gedeelte van deze gewassen het meest stressgevoelig. Dit gedeelte draagt relatief veel bij aan de groei.

Fig. 8.7

Verneveln van water heeft tot gevolg dat de luchttemperatuur daalt en de vochtigheid van de lucht stijgt. Beide zorgen voor een verhoging van de relatieve luchtvochtigheid. In een kas met gewas daalt de gewasverdamping ongeveer evenveel als de hoeveelheid verdamping van het vernevelde water.



Daksproeiers

Bij zonnige omstandigheden kun je de luchtvochtigheid verhogen met daksproeiers. Net als bij luchtbevochtiging maak je daarbij gebruik van de verdamping van waterdruppels in de lucht. Bij gebruik van daksproeiers en geopende luchtramen wisselt de kaslucht uit met koele, vochtige buitenlucht.

De verdamping van water onttrekt warmte aan de buitenlucht en het kasdek. Hierdoor krijg je een verhoging van de luchtvochtigheid, verlaging van de luchttemperatuur en verlaging van de glastemperatuur. Daardoor hebben daksproeiers een grote invloed op het kasklimaat en de waterhuishouding van je gewas. Hoe groot dat effect is, hangt af van de snelheid waarmee het water verdampt. De verdampingssnelheid is afhankelijk van:

- de temperatuur van de buitenlucht;
- de luchtvochtigheid van de buitenlucht;
- de druppelgrootte (hoe kleiner, hoe sneller de verdamping);
- de al dan niet gelijkmatige verdeling over het kasdek.

De uitwerking van daksproeiers op het kasklimaat is groter naarmate de buitenlucht warmer en de luchtvochtigheid in de kas lager is.

Vragen 8.4

- a Wat zijn de gevolgen van stress door een te lage luchtvochtigheid?
- b Op welke manieren kun je de luchtvochtigheid in de kas verhogen?
- c Leg uit waarom het effect van luchtbevochtiging in de middag veel groter is als 's morgens.
- d Welke drie effecten van daksproeiers kun je verwachten?

8.5 Gewastemperatuur en verdamping

De belangrijkste manier voor een plant om energie ofwel warmte kwijt te raken is verdamping. Is de aanvoer van energie groter dan de afvoer, dan wordt het blad warmer. Is de afvoer groter dan de aanvoer, dan koelt het blad af.

Situatie in het licht

De zon is de belangrijkste leverancier van energie. Zonlicht kan eventueel aangevuld worden met assimilatielicht. Het licht dat op het blad valt, gaat voor een deel door het blad heen. Dit verschijnsel noem je *transmissie*. Het gewas gebruikt een deel van het door het blad geabsorbeerde licht voor de fotosynthese. De rest van de door het licht aangevoerde lichtenergie verdwijnt in de vorm van:

- reflectie;
- uitstraling;
- convectie;
- verdamping.

reflectie *Reflectie* wil zeggen dat het licht door het blad teruggekaatst wordt, zoals ook een spiegel het licht terugkaatst.

uitstraling *Uitstraling* betekent dat de lichtgolven omgezet worden in warmtegolven en als zodanig door de plant uitgestraald worden. De uitstraling hangt af van de bladtemperatuur en de temperatuur van het oppervlak erboven, bijvoorbeeld de glas- of schermtemperatuur. Bij een zeer lage dektemperatuur verliest het blad veel energie door uitstraling en daardoor daalt de bladtemperatuur.

convectie *Convectie* is de warmteafgifte aan de omgevingslucht van het blad. De convectie is afhankelijk van het verschil in temperatuur tussen het blad en de lucht en de luchtbeweging. Hoe meer luchtbeweging, hoe gemakkelijker de overdracht. Het grootste deel van de aangevoerde lichtenergie zet de plant echter om in *verdampingswarmte*. De hoeveelheid warmteverlies door verdamping hangt af van de straling. Bij een lage hoeveelheid straling wordt naar verhouding iets meer voor de verdamping gebruikt dan bij een hoge instraling. Verder speelt de wateraanvoer een wezenlijke rol. Immers, zonder wateraanvoer kan je gewas geen energie door verdamping afvoeren. De totale energieafvoer moet dan volledig door convectie en uitstraling plaatsvinden. En daardoor zou de bladtemperatuur zeer sterk stijgen. Bij een verandering van het klimaat of van de aan- of afvoer van energie kan de verhouding tussen uitstraling, convectie en verdamping afschuiven. De transmissie en reflectie zijn niet of nauwelijks afhankelijk van de klimaatomstandigheden en zijn dus praktisch constant.

Hoe voert het blad in een situatie met licht de geabsorbeerde lichtenergie af? Dat gaat als volgt:

- 5 procent via fotosynthese;
- 10 procent via reflectie;
- 10 procent via uitstraling;
- 15 procent door convectie;
- 60 procent door verdamping.

Situatie in het donker

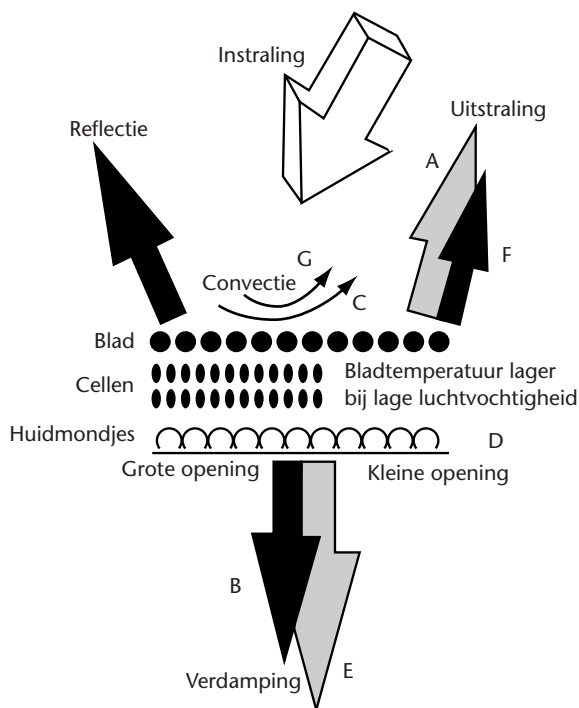
In het donker voer je alleen energie aan door te verwarmen. Het licht ontbreekt en er wordt geen energie gebruikt voor de fotosynthese. Bovendien hangt de hoeveelheid uitstraling sterk af van de positie van het blad. Een blad in de kop van het gewas heeft een koud glasdek of scherm boven zich. Het kan door uitstraling zoveel energie verliezen dat de bladtemperatuur daalt tot onder de luchttemperatuur. In dat geval draagt de lucht door convectie warmte over naar het blad, in plaats van andersom. Is de bladtemperatuur ook lager dan het dauwpunt, dan is er sprake van aanvoer van warmte door condensatie. Daardoor draagt de lucht ook warmte over aan het blad. Bij bladeren lager in het gewas is de uitstraling meestal veel minder, omdat direct boven deze bladeren geen koud kasdek zit, maar andere relatief warme bladeren. Bovendien ondervinden de lagere bladeren meer straling van de buizen waardoor ze warmer zijn dan de bladeren in de kop.

Invloed van daling van de luchtvochtigheid

De huidmondjes openen zich verder bij een hoge luchtvochtigheid en gaan dicht bij een lage luchtvochtigheid. Als je het vochtgehalte van de kaslucht plotseling sterk verlaagt door extra te ventileren, loopt het vochtverschil tussen blad en lucht op. Daardoor neemt de verdamping, en dus de warmteoverdracht door verdamping, opeens toe. Als de energieaanvoer hetzelfde blijft, vermindert de warmteafgifte door uitstraling en convectie. Hoewel de huidmondjes bij een lagere luchtvochtigheid sluiten, neemt de verdamping als totaal toch toe. Tijdelijk kan de verdamping zelfs sterk stijgen, omdat het blad zelf ook warmte bevat die gebruikt kan worden voor de verdamping. Door deze verdamping kan de bladtemperatuur dan weer sterk afnemen. In figuur 8.8 zijn deze reacties schematisch weergegeven. Door de hogere verdamping loopt het vochtgehalte van de kaslucht op. Hierdoor wordt het vochtverschil tussen blad en lucht kleiner en de verdamping vermindert. Door de kortdurende verhoging van de verdamping daalt de bladtemperatuur waardoor het vochtverschil tussen blad en lucht ook afneemt. Door de lagere bladtemperatuur daalt ook de warmteafgifte door straling en overdracht naar de lucht. Uiteindelijk ontstaat een nieuw evenwicht in verdampingsniveau, bladtemperatuur, huidmondjesopening en vochtverschil blad-lucht. De verhouding tussen verdamping, uitstraling en convectie is dan weer ongeveer gelijk aan de oorspronkelijke situatie. De luchtvochtigheid en de temperatuur in je kas zijn natuurlijk wel gedaald. Verlaging van de luchtvochtigheid door alleen te ventileren geeft daarom in de praktijk geen blijvende verhoging van de verdamping.

Fig. 8.8

Schematische weergave van de verandering in energieafvoer na een snelle verlaging van de luchtvochtigheid. De situatie met een hoge RV is aangegeven met de pijlen A, B en C. De pijlen E, F en G geven de situatie aan die ontstaat kort na een snelle verlaging van de RV. Na een verlaging van de RV gaan de huidmondjes verder dicht (D), maar wordt de totale verdamping groter (E).



Stimuleren van de verdamping

In de praktijk kun je een te hoge luchtvochtigheid verhelpen door luchten in combinatie met stoken. Door verwarming voer je warmte aan om de luchttemperatuur in stand te houden bij de grotere ventilatie. De totale warmteaanvoer naar het blad en ook de totale afvoer is daardoor hoger. En daardoor neemt de verdamping toe. Het nieuwe evenwicht komt tot stand bij een gemiddeld iets hogere bladtemperatuur. Uiteindelijk is het deze hogere bladtemperatuur die het vochtverschil tussen blad en lucht doet groeien. Dit grotere vochtverschil blijft alleen in stand als je constant extra energie aanvoert.

Vragen 8.5

- Wat kan er gebeuren met de straling die op het blad valt?
- Welke factoren bepalen het warmteverlies door verdamping?
- Leg uit hoe planten warmte kunnen afvoeren.
- Hoe kan de verdamping toenemen, terwijl de huidmondjes verder dichtgaan (zie figuur 8.8)?
- Geef aan of onderstaande beweringen waar of niet waar zijn.
 - De huidmondjes gaan verder open bij een lage luchtvochtigheid.
 - Als de celspanning stijgt, gaan de huidmondjes dicht.
 - De bladtemperatuur kan niet onder de luchttemperatuur zakken.
 - De mate van warmteoverdracht door convectorie hangt vooral af van de luchtvochtigheid.
 - Reflectie van het licht door het blad hangt nauwelijks samen met de omgevingstemperatuur.

8.6 Plantveranderingen door de luchtvochtigheid

De luchtvochtigheid beïnvloedt de productie van veel gewassen vooral als gevolg van invloeden op het totale bladoppervlak en de fotosynthese. Voor fotosynthese zijn het bladoppervlak en een goede uitwisseling van CO₂ via de huidmondjes heel belangrijk. Op beide heeft de luchtvochtigheid invloed. Bij een vochtdeficit van 5-10 gram per m³ is de invloed op de CO₂-uitwisseling doorslaggevend. Maar bij een kleiner vochtdeficit is de aanpassing van het bladoppervlak bepalend. Het bladoppervlak verandert door de invloed van de luchtvochtigheid wat betreft de aanleg van bladeren en de strekking van de cellen. Het duurt overigens wel even voordat je deze gewasaanpassing ziet, want dat proces verloopt vrij langzaam. Een hoge luchtvochtigheid veroorzaakt een weelderige groei met langere scheuten en soms grotere bladeren. Maar er doen zich ook onzichtbare veranderingen voor die het resultaat van de teelt mede kunnen bepalen.

Celstrekking

celspanning

Bij een verhoging van de luchtvochtigheid strekken gewassen de hoofdstengel, scheuten en bladstelen meer. De celstrekking en daarmee de strekking van het totale gewas is namelijk afhankelijk van *celspanning* (*turgordruk*). Bij een lage luchtvochtigheid is de verdamping hoog en de celspanning van het gewas relatief laag. Dit remt de celstrekking enigszins. Onder omstandigheden met weinig verdamping (weinig straling, hoge luchtvochtigheid) is de celspanning doorgaans hoger en kan er meer strekking optreden. Daarom kun je het effect van de luchtvochtigheid op de strekking het beste zien onder lichtarme omstandigheden. De invloed op de bladstrekking is per gewas anders. Gewassen zoals tomaat en paprika reageren amper op een hoge luchtvochtigheid door het blad meer te strekken. Bij komkommer veroorzaakt een vochtdeficit lager dan 5 gram per m³ iets meer bladstrekking. De plant maakt grotere, maar ook dunnere bladeren, voornamelijk als gevolg van een betere strekking van de cellen. Het blad legt namelijk wel ongeveer evenveel cellen aan.

Een hogere luchtvochtigheid laat de bladcellen minder strekken dan de scheuten en de bladstelen. Hierdoor ontstaat een wat gerekte, welige gewasvorm. Bij sommige potplanten is de invloed op bladstrekking duidelijk te zien. Mogelijk komt dit doordat je deze gewassen vaak bij wat minder licht teelt.

Okselknoppen

De okselknoppen van veel gewassen lopen bij een hoge luchtvochtigheid gemakkelijker uit. Mogelijk krijgen de okselknoppen onder invloed van de worteldruk meer hormonen aangevoerd die het uitlopen bevorderen. Bij gewassen waar je dieven verwijdert, zoals tomaat, is het ongunstig als de okselknoppen gemakkelijk uitlopen. Maar bij komkommer zorgt het juist voor een snellere toename van het bladoppervlak. Potplanten worden voller en daardoor kwalitatief aantrekkelijker.

Huidmondjes

Het aantal huidmondjes van een gewas, dat kan variëren van 60 tot 1000 per mm^2 , hangt sterk af van:

- het gewas;
- de leeftijd en de plaats op het blad;
- de groeiomstandigheden.

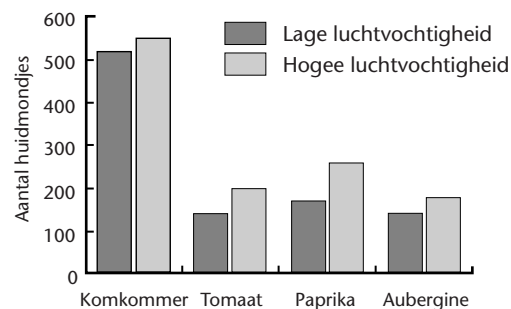
Bij gewassen met veel huidmondjes zijn deze dikwijls klein. Zijn er weinig huidmondjes, dan zijn ze juist groot. Huidmondjes zitten vaak ook aan de bovenkant van bladeren. Maar aan de onderkant zitten er veel meer.

Figuur 8.9 geeft voor een aantal gewassen een indruk van de hoeveelheid huidmondjes bij een lage en een hoge luchtvochtigheid. De cijfers hebben betrekking op de onderkant van volwassen bladeren in het voorjaar. Alle gewassen hebben meer huidmondjes per mm^2 als de luchtvochtigheid hoog is. De huidmondjes zijn daarnaast bij al deze gewassen gemiddeld ook nog 30 procent groter. Hierdoor neemt het totale oppervlak aan huidmondjes per mm^2 bladoppervlak fors toe. Het gewas reageert dus op omstandigheden die verdamping moeilijk maken door de totale oppervlakte aan de openingen in het blad te vergroten.

Opvallend zijn de enorme verschillen tussen de gewassen. Zo heeft komkommer zowat drie keer zoveel huidmondjes als tomaat en aubergine. Ook de grootte van de huidmondjes verschilt per gewas. Bij komkommer zijn ze ongeveer 0,015 mm lang en 0,01 mm breed, bij paprika zijn ze 0,023 mm lang en 0,015 mm breed. De huidmondjes van een komkommer zijn dus 60 procent kleiner dan die van paprika. De totale oppervlakte aan huidmondjes per mm^2 blad verschilt dus minder dan het aantal.

Fig. 8.9

Het aantal huidmondjes per mm^2 bij een hoge of lage luchtvochtigheid



Vragen 8.6

- Welke invloed heeft de luchtvochtigheid op de strekking van stengel, scheuten en bladeren? Kun je dit verklaren?
- Wat is de invloed van een hoge luchtvochtigheid op het uitlopen van de okselknoppen bij:
 - komkommer;
 - tomaat;
 - potplanten.
- Geef aan of onderstaande beweringen juist zijn.
 - De meeste huidmondjes zitten aan de onderkant van het blad.
 - Aan de bovenkant van het blad zitten geen huidmondjes.
 - Bij een hoge luchtvochtigheid ontwikkelt een plant grotere huidmondjes.
 - Bij een lage luchtvochtigheid ontwikkelt een plant minder huidmondjes.

-
- 5 Alle planten hebben per cm^2 ongeveer evenveel huidmondjes.
- 6 Gewassen die onder hoge RV staan, zijn ziektegevoeliger.
- d Welke verklaring kun je geven voor een hogere ziektegevoeligheid van gewassen na een langere periode met een hoge luchtvochtigheid?

8.7 Verdamping en wateropname

Door verdamping geeft de plant via de huidmondjes in het blad waterdamp af aan de omgevingslucht. In de holte van de huidmondjes is de lucht altijd verzadigd met waterdamp. De omgevingslucht is altijd droger dan de lucht in de huidmondjes. Door het concentratieverschil treedt waterdamp naar buiten. En dat gaat sneller naarmate de huidmondjes verder openstaan.

Weerstand

uitwendige weerstand

inwendige weerstand

De verdamping is dus afhankelijk van het verschil tussen het vochtgehalte in het blad en het vochtgehalte in de kaslucht en van de weerstand. Er is sprake van uitwendige weerstand en van inwendige weerstand - de huidmondjes. De *uitwendige weerstand* is vrij constant en afhankelijk van de bladgrootte en de luchtsnelheid langs het blad.

De *inwendige weerstand* kan sterk uiteenlopen. Zijn de huidmondjes bijna helemaal gesloten, dan is de totale weerstand groot en de verdamping dus klein. Staan de huidmondjes wijd open, dan is de weerstand daarentegen klein. Factoren die de opening van huidmondjes beïnvloeden zijn licht, vochtverschil, koolzuurgas, (blad)temperatuur en de beschikbaarheid van water.

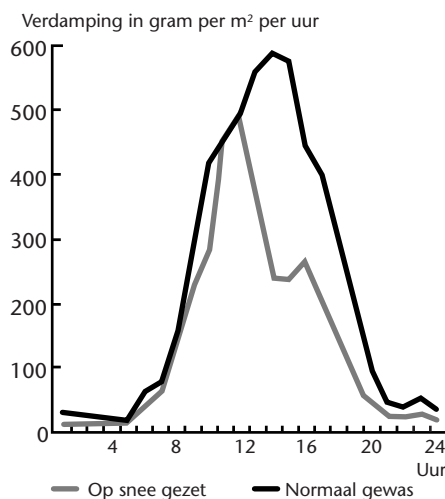
Licht is het belangrijkste. Bij meer licht staan de huidmondjes verder open. Ook het vochtverschil is van buitengewoon belang. Bij een groot vochtverschil of watertekort sluiten de huidmondjes zich om de plant te beschermen tegen uitdrogen.

Invloed oogst

In dat deel van de kas met bloemen of groenten waarvan je de hele plant oogst, daalt de gewasverdamping tot nul. De enige verdamping die overblijft, is die uit de grond. Bij roos, anjer en aster oogst je ook een groot deel van het verdampend blad. Hierdoor daalt de verdamping sterk ten opzichte van de direct voorafgaande periode. Snij je de bloemen in één keer, dan is het effect op de gewasverdamping groot. Bij het op snee zetten kan de verdamping van rozen met wel 50-70 procent afnemen (zie figuur 8.10). Bij gewassen waarbij je alleen de vruchten oogst, verandert de verdamping nauwelijks.

Fig. 8.10

Bij het 'op snee zetten' van roos kan de verdamping wel met 50-70 procent afnemen.

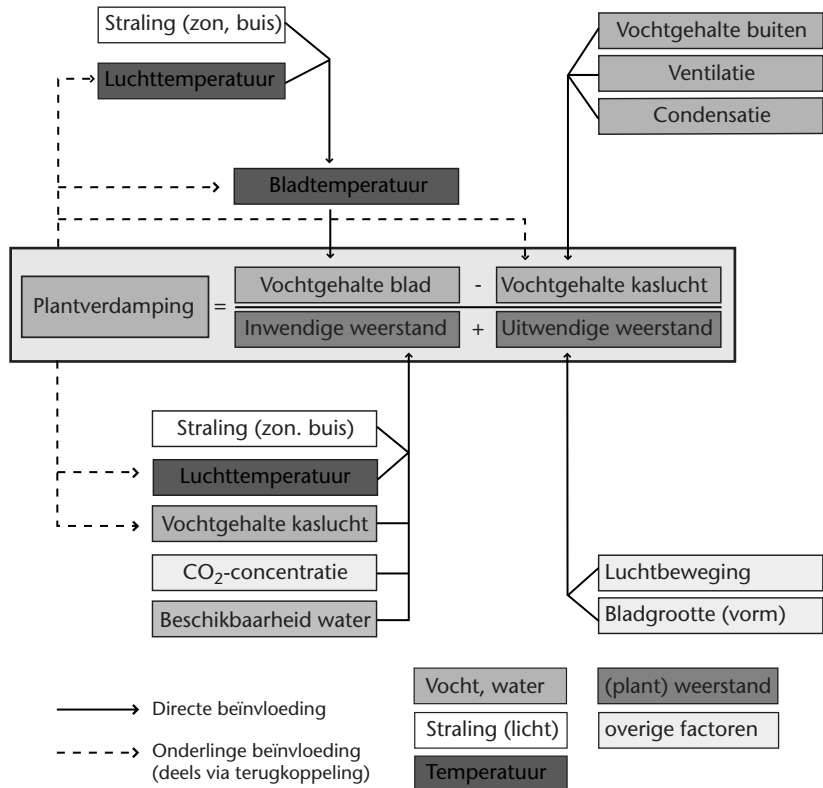


Vochtverschil blad-lucht

Verdamping die ontstaat door het verschil tussen het vochtgehalte in het blad en van de lucht noem je het vochtverschil blad-lucht. Let op, dit is niet hetzelfde als het *vochtdeficit* van de lucht. Het vochtdeficit is zoals je weet de hoeveelheid waterdamp die de lucht nog kan opnemen. Het vochtverschil en het vochtdeficit zijn alleen aan elkaar gelijk als het blad even warm is als de kaslucht. Bij bladeren in de schaduw is dit vaak het geval. Bladeren in de zon zijn meestal veel warmer en daardoor is het vochtgehalte in het blad veel hoger. Dat maakt het vochtverschil blad-lucht ook groter. Daarom verdampen deze bladeren meer dan bladeren in de schaduw, ofschoon het vochtdeficit van de omringende kaslucht gelijk is. Conclusie: niet het vochtdeficit van de kaslucht is de motor voor de gewasverdamping, maar het vochtverschil tussen blad en lucht.

Fig. 8.11
Verdamping is een
ingewikkeld proces.

Bij de verdamping speelt een groot aantal factoren een rol die elkaar onderling beïnvloeden. De gestippelde lijnen geven aan welke kasklimaatfactoren invloed hebben op het vochtgehalte in het blad; het vochtgehalte van de kaslucht; de huidmondjesweerstand en de uitwendige weerstand. Bovendien is aangegeven dat de verdamping zelf ook invloed heeft op bijvoorbeeld het vochtgehalte van de kaslucht en de bladtemperatuur.



Zuigkracht en worteldruk

Verdamping onttrekt water aan de bladeren. Dit veroorzaakt in de plant een zuigkracht op de bladcellen en via de vaten op de wortels van de plant. Hierdoor ontstaat in de hele plant een zuigspanning die zorgt voor wateropname via de wortels. Bij weinig of geen verdamping, zoals 's nachts, valt de zuigspanning vrijwel geheel weg. In die situatie wordt de worteldruk belangrijk. Nu vindt het watertransport plaats door een stuwkracht vanuit de wortels.

Worteldruk ontstaat doordat de zoutconcentratie in de plantencellen hoger is dan in de grond of het substraat. De wortelcellen nemen via *osmose* water op en stuwen dit omhoog. Omdat de worteldruk een veel kleinere kracht is dan de zuiging vanuit de bladeren, valt die overdag in het niet bij de zuigspanning.

Via worteldruk krijgen plantendelen die weinig verdampen, zoals groeipunten, knoppen en vruchten, toch essentiële voedingsstoffen zoals calcium. Bij verdamping door zuigkracht gaat de waterstroom alleen naar de verdampende bladeren. Als de worteldruk groter is dan de aanzuiging kan *guttatie* voorkomen. Dan zie je in de ochtend vochtdruppels aan de randen van het blad.

Vragen 8.7

- Welke factoren beïnvloeden het openen of sluiten van de huidmondjes? Geef aan wat die invloed is.
- Wat versta je onder het vochtverschil blad-lucht?
- Wat is het verschil tussen zuigspanning en worteldruk?
- Voor welke plantendelen is worteldruk belangrijk voor de voedselvoorziening?
- Welke invloed heeft de oogst op de gewasverdamping bij roos, anjer, chrysant en gerbera?

8.8 Transport in de plant

De houtvaten en de zeefvaten vervoeren de voedingselementen en suikers in de plant. De luchtvochtigheid heeft veel invloed op deze transportsystemen, en daarmee op de verdeling van voedingselementen.

Groeiende en verdampende plantendelen krijgen water en voedingselementen aangevoerd via de hout- en de zeefvaten. Beide transportsystemen hebben een aparte functie. De *houtvaten* transporteren water en voedingsstoffen van de wortel naar de bovengrondse delen. De *zeefvaten* vervoeren suikers en voedingselementen van het blad naar de overige delen van de plant waaronder groeipunten, bloemknoppen en vruchten.

Houtvaten en zeefvaten voeden dus alle plantendelen. Alleen de verhouding tussen de aanvoer door beide systemen verschilt sterk per deel van de plant. Verdampende plantendelen, zoals bladeren en sommige delen van bloemen, krijgen naar verhouding veel houtvatsap en weinig zeefvatsap. Door de grote verdamping vindt een sterke aanzuiging plaats van water vanuit de houtvaten. Naar plantendelen die weinig verdampen, zoals vruchten en ingesloten bladeren, wordt door de veel lagere aanzuigende werking ook veel minder houtvatsap vervoerd. Maar deze plantendelen krijgen relatief veel vocht en voeding (assimilaten) via de zeefvaten aangevoerd. De hoeveelheid van elk voedingselement die in een bepaald plantendeel aankomt, is afhankelijk van:

- de verhouding tussen de aanvoer vanuit de houtvaten en de zeefvaten;
- de concentratie van het voedingselement in beide transportsystemen.

Samenstelling sapstromen

Voor een goede groei is voldoende aanvoer van assimilaten door de zeefvaten noodzakelijk. De aanvoer van voedingselementen door de houtvaten is zeker zo belangrijk. Alle noodzakelijke voedingselementen komen zowel in de zeefvaten als in de houtvaten voor, maar de concentraties verschillen sterk. Doorgaans is de concentratie voedingselementen in de zeefvaten hoger dan die in de houtvaten met uitzondering van *calcium*. In houtvaten varieert de Ca-concentratie tussen de 0,7 en 7 mmol per liter. In zeefvaten komt zelfs helemaal geen calcium voor.

Als plantendelen door een geringe verdamping weinig houtvatsap aangevoerd krijgen, maar wel veel zeefvatsap, krijgen ze weinig calcium. Het plantenweefsel kan desondanks voldoende groeien, omdat het zeefvatsap assimilaten aanvoert. Maar er kan wel *calciumgebrek* ontstaan als er te weinig calcium wordt aangevoerd voor een goede celwandvorming.

Belang worteldruk

membraanwerking

Meestal bevat het houtvatsap meer voedingselementen dan het wortelmilieu. De wortels kunnen namelijk actief voedingselementen opnemen. Door de *membraanwerking* kunnen de voedingselementen de wortel wel binnen, maar niet meer terug. Als de zouten eenmaal in de houtvaten van de wortel zitten, ontstaat daar dus een hoge concentratie.

De wortels trekken water aan uit het wortelmilieu, doordat water zich verplaatst van een lage naar een hoge zoutconcentratie. Hoe lager de zoutconcentratie in het wortelmilieu, hoe gemakkelijker dit gaat. Het gevolg daarvan is dat de wortel ook water opneemt bij zeer weinig verdamping. Als er door een hoge luchtvochtigheid nauwelijks verdamping is, neemt het watergehalte in de houtvaten almaar toe. Zo ontstaat er een positieve druk. Deze zogenaamde worteldruk stuwt het calciumhoudend houtvatsap naar alle uiteinden van het houtvatenstelsel, dus ook naar weinig verdampende plantendelen. De worteldruk is heel belangrijk voor de calciumaanvoer, met name voor plantendelen die weinig verdampen. De worteldruk neemt toe door alle omstandigheden die de opname van zouten door de wortels en de wateropname versnellen. Daarbij kun je denken aan een lage EC en een hoge worteltemperatuur.

Calciumbehoefte

Een plant heeft calcium nodig voor celwanden en celmembranen. Per plantendeel is de behoefte heel verschillend. In groeipunten en zeer jonge bladeren moet het Ca-gehalte groter zijn dan circa 70 mmol per kg droge stof. Oude bladeren hebben, afhankelijk van de leeftijd, meer dan 400-600 mmol nodig. In vruchten moet het Ca-gehalte boven de 20-25 mmol per kg droge stof liggen, afhankelijk van het soort vrucht.

De behoefte van bloemblaadjes of knoppen is niet bekend, omdat er nog nooit calciumgebrek in bloemblaadjes of bloemknoppen is waargenomen. In knoppen van oogstrijpe rozen werden gehalten gemeten van 35-110 mmol per kg droge stof. Het is dus onmogelijk vast te stellen beneden welk Ca-gehalte een gebrek ontstaat. Dat verschilt immers sterk per plantendeel.

Invloed luchtvochtigheid

Het transport in de houtvaten wordt op twee manieren door een hogere luchtvochtigheid beïnvloed.

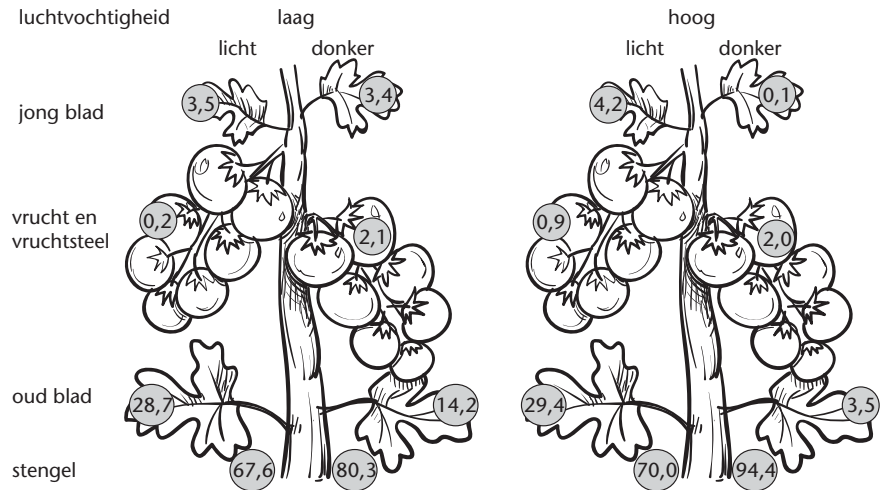
- Door de lagere verdamping neemt de hoeveelheid houtvatsap af. Vooral plantendelen die normaal veel houtvatsap krijgen door hoge verdamping, krijgen nu dus minder calcium aangevoerd. Een bijvoorbeeld: bij tomaat, geteeld bij een hoge luchtvochtigheid was het Ca-gehalte in het blad 280 mmol per kg droge stof. Blad van dezelfde leeftijd dat was geteeld bij een lage luchtvochtigheid bevatte 360 mmol calcium per kg droge stof. Een ander voorbeeld: bij een hoge luchtvochtigheid was het Ca-gehalte in het blad van komkommer lager dan bij een lage luchtvochtigheid. Vooral in de bladrand was het gehalte erg laag. Daardoor trad ernstig calciumgebrek op.
- Een hoge luchtvochtigheid leidt tot toename van de worteldruk, met name 's nachts. Plantendelen die weinig verdampen en dus houtvatsap ontvangen door worteldruk, krijgen dan juist meer houtvatsap en ook meer calcium. Zo is

geconstateerd dat de calciumaanvoer naar een tomatenvrucht bij hoge luchtvochtigheid 15-20 procent hoger ligt dan bij een lage luchtvochtigheid. Verder lag het calciumgehalte in de 'neus' van de vrucht bij hoge luchtvochtigheid ruim 20 procent hoger dan bij lage luchtvochtigheid. Een hoge luchtvochtigheid zorgt dus niet alleen voor een groter calciumtransport naar de vruchten, maar ook voor een betere voorziening van de vruchtpunt. Dit verkleint de kans op *neusrot*.

neusrot

Fig. 8.12

In deze tekening zie je hoe calcium verdeeld wordt over verschillende plantendelen van tomaat na opname van radioactief gemerkt calcium gedurende 12 uur. Bij een hoge luchtvochtigheid in het donker krijgt het blad weinig Ca. Bij hoge luchtvochtigheid in het licht krijgt de vrucht iets meer Ca dan bij lage luchtvochtigheid.



Vragen 8.8

- Hoe komt het dat niet ieder plantendeel evenveel aanvoer krijgt uit de verschillende transportsystemen in de plant?
- Wat is het verschil in samenstelling van sap uit de houtvaten en sap uit de zeefvaten?
- Hoe kun je als teler de worteldruk stimuleren?
- Geef een verklaring voor een hoger Ca-gehalte in vruchten bij een hogere luchtvochtigheid.

8.9 Afsluiting

Fotosynthese en verdamping zijn twee belangrijke processen die de basis vormen voor de plantengroei. Ze worden beide beïnvloed door dezelfde klimaatfactoren, te weten licht, temperatuur, CO_2 -gehalte, luchtvochtigheid en luchtbeweging. Deze klimaatfactoren en deze twee processen vertonen een grote onderlinge samenhang. Het Mollierdiagram geeft het verband tussen de luchtvochtigheid en de temperatuur. Je kunt daarin de verzadigingsvochtigheid (VV), de relatieve luchtvochtigheid (RV), het vochtdeficit en het dauwpunt aflezen. Het vochtdeficit geeft het verschil aan tussen de VV en de AV bij een bepaalde temperatuur. Het dauwpunt geeft de temperatuur aan waarbij condensatie optreedt.

De luchtvochtigheid in de kas kun je regelen door ventileren, stoken, schermen en bevochtigen.

De aanvoer van vocht gebeurt grotendeels door de verdamping van het gewas. De afvoer van vocht gebeurt door ventilatie en condens. De ventilatiesnelheid hangt af

van de windsnelheid, het type kas, de raamopening en het verschil tussen kaslucht- en buitentemperatuur. Condensvorming zie je vooral op koude plaatsen in de kas. De luchtvochtigheid in de kas kun je verlagen door te ventileren met luchtramen. Hierbij kun je de mate van ventileren sturen door verschillende raamstanden. De luchtvochtigheid kun je ook verlagen door te stoken. Je verhoogt dan de temperatuur en daarmee de VV en daarmee verlaag je dan de RV. Een combinatie van luchten en stoken (droogstoken) heeft een groot effect op de luchtvochtigheid en daarmee ook op de verdamping.

De luchtvochtigheid kun je verhogen door nevelinstallaties in de kas en door daksproeiers op de kas.

De belangrijkste manier voor een plant om energie (warmte) kwijt te raken is verdamping. Een belangrijke leverancier van energie is de zon, eventueel aangevuld met assimilatielicht. Een deel van het licht gaat door het blad heen. Dit noem je transmissie. Het gewas gebruikt een deel van het door het blad geabsorbeerde licht voor de fotosynthese. De rest van de door het licht aangevoerde lichtenergie verdwijnt in de vorm van reflectie, uitstraling, convectorie en verdamping. Reflectie wil zeggen dat het licht door het blad teruggekaatst wordt. Uitstraling wil zeggen dat de lichtgolven omgezet worden in warmtegolven en als zodanig door de plant uitgestraald worden. Convectorie is de warmteafgifte aan de omgevingslucht van het blad.

Het grootste deel van de aangevoerde lichtenergie zet de plant echter om in verdampingswarmte. De hoeveelheid warmteverlies door verdamping hangt af van de straling.

De luchtvochtigheid heeft een directe invloed op de plant. Bij een hoge luchtvochtigheid treedt celstrekking op, lopen de okselknoppen gemakkelijker uit en ontwikkelt de plant meer huidmondjes.

Luchtvochtigheid heeft ook een directe invloed op de verdamping en wateropname. De verdamping is afhankelijk van het verschil in vochtgehalte in het blad en het vochtgehalte in de kaslucht. De wateropname wordt bepaald door de zuigkracht en de worteldruk. De zuigkracht ontstaat door de verdamping van de bladeren. Via de houtvaten wordt water met voedingszouten aangevoerd. 's Nachts wordt dit proces in gang gehouden door de worteldruk. Groeipunten, bloemknoppen en vruchten krijgen het benodigde water vooral aangevoerd via de zeefvaten. In de zeefvaten vindt het transport plaats van water, voedingszouten (geen Ca) en assimilaten.

Trefwoordenlijst

A

aanvoerleidingen 68
absolute luchtvochtigheid 145
acetyleenbehandeling 30
afschot 49
aquifer 60
assimilatielampen 92
assortiment 33
AV 145

B

bedekkingsmaterialen 53
bedverwarming 76
beglazingsrichtlijnen 57
Besluit Glastuinbouw 121
beweegbaar scherm 120
binnenfundering 49
BKD 15
blaastunnel 41
bladtemperatuurmeter 138
bodemvochtgehaltemeter 139
bollenteeltbedrijven 13
bossigheid 15
bovennet 76, 78
bovenschermen 121
brander 67, 100
breedkapper 45
broei 24
broeien 14
buisverwarming 78

C

cabrioletkas 44
calcium 164
calciumgebrek 164
celspanning 159
celstrekking 159
centrale verwarming 65
chemisch glansen 96
circulatiepomp 67
CO₂-darmen 102
CO₂-meter 109, 134
condens 150
condensafvoer 103

condensator 96
condenspot 110
convectie 156

D

daglengte 34
daksproeiers 155
darmdruk 102
dauwpunt 148, 150
dek 52
dekwasser 117
dompelen 14
doseergassen 100
dpm 99
driewegmengklep 68
droogstoken 153
drukstap-ontgasser 71

E

EC 34
elektrische onderzetter 84
elektrische verwarming 84
energieleverantie 95
ETFE-folie 62
ethefon 31
ethrelbehandeling 31
ethyleen 15, 30, 109

F

foliekas 41
fundering 48

G

gassen 15
gesloten kas 59
gewasverwarming 76
gewichtssortering 21
gibberelline 31
glasdikte 56
goten 51
graphical tracking 36
grenslaagmeter 140
groeilicht 88
groeilichtmeter 89

groeiregulatie 30
grondverwarming 76
guttatie 163

H

hechtmiddel 117
heranodiseren 96
heteluchtkanon 107
heteluchtverwarming 84
hoge tunnel 40
horizontale verdeling 112
houtvaten 164
huidmondjes 160

I

ijkprocedure 136
ijkthermometer 133
importbedrijven 17
importinspectie 18
intensiteit 90
invriezen 24
inwendige weerstand 161

K

kanaalplaten 54
kasluchtverwarming 76
kaspoten 51
kasschuur 43
ketel 67
kiemenergie 12
kiemkracht 12
kijklicht 88
Kipp-solarimeter 89
klimrekas 62
knolontsmetting 14
kolommen 51
koolstofdioxide 108
koolstofmonoxide 108
kortedagplanten 26
kortscherm 117
kouval 33, 120
krijt 116
kunststof folie 55

L

lage tunnel 40
langedagplanten 29
langscherf 117
LBK 59
leveranciersdocument 13

licentie 22
lichtsom 90
liggers 51
luchtbehandeling 59
luchtbehandelingskast 59
luchten 152
luchtmechaniek 52
luxmeter 89

M

MAC-waarde 108
meet- en regelkring 127
meetbox 130
membraanwerking 165
menggroep 69
meristeemcultuur 17
moerplanten 11, 16
Mollierdiagram 144
MPS-normen 18
MSR-systeem 36

N

natslaan 153
natte bol 131
negatieve DIF 33
neusrot 166
nevelinstallaties 154
nulbuis 136
nulijking 136

O

okselknoppen 159
ondernet 76, 78
ontgasser 70
openbuffersysteem 82
opentop-kas 44
opkweekbedrijven 12
opslagverliezen 80
osmose 163

P

paalfundering 49
PAR 89
PAR-lichtmeter 140
phytomonitor 140
plantdichtheid 34
plantenpaspoort 13, 22
plantsensoren 138
planttemperatuurmeter 139
planttijden 23

PPF-meter 89
prepareren 25
prikafstand 102

R

raamstandmelders 138
randfundering 49
reactietijd 26
reflectie 156
reflector 93
reflectoren 96
relatieve luchtvochtigheid 145
remotesysteem 95
remstoffen 33
retourleiding 68
rolkas 41
rookgascondensor 82, 101
rookgaskoeler 82
rookgassen 100
RV 146

S

sapstromen 164
sapstroommeter 140
SBW 17
schermdoek 118
schermkeuze 119
schoren 51
schuurkas 44
selecties 11
smoorplaatjes 103
spanijking 136
spanning 97
spanten 51
stadiumonderzoek 25
stamselectie 15
stekbedrijven 16
stekteelt 16
stengeldoorsnedemeter 139
stikstofoxide 109
stortsysteem 72
stralingswarmte 78
stress 154
stromingswarmte 78

T

tabletverwarming 77
tafelverwarming 77
teeltbegeleiding 21
temperatuurbehandeling 25

Tichelmann-systeem 72
tralieligger 42
transmissie 156
trekdradensysteem 123
trek-duwsysteem 123
turgordruk 159

U

uitstraling 156
uitwendige weerstand 161

V

vakmaat 43
vast scherm 119
Velzo Opslagsysteem (VOS) 82
Venlokas 42
ventilatie 150
ventilatiesnelheid 150, 152
ventilatievoud 152
verdampingswarmte 156
verdeelstuk 69
verticale verdeling 111
verwarmen 152
verwarmingspijpen 70
verwarmingssystemen 75
veradigingsvochtigheid 145
vochtdeficit 147, 162
vochtuishouding 33
vochtproblemen 78
vochtverschil blad-lucht 162
voorschakelapparaat 93
vruchtdiktemeter 140
VV 145

W

warmtekrachtinstallatie 81
warmteopslaginstallatie 79
warmteopslagketel (WOK) 82
warmteoverschot 95
warmwaterbehandeling 15
wateropname 161
waterverdeelsystemen 72
weefselteelt 16
weerstand 161
weerstation 141
WKK-installatie 81
worteldruk 163, 165

Z

zaadproductie 12

zaaitijden 23
zeefvaten 164
zijschermen 121
zonlicht 87

zonnewarmte 63
zuigkracht 163
zwaveldioxide 109