

2 Klimaatfactoren

3

Oriëntatie

Je hebt in hoofdstuk 1 al een aantal klimaatfactoren leren kennen. De belangrijkste klimaatfactoren zijn:

- licht;
- temperatuur;
- luchtvochtigheid;
- CO₂-gehalte;
- luchtbeweging.

samenhang In die volgorde zullen we de klimaatfactoren dan ook bespreken. Daarbij mag echter nooit uit het oog worden verloren dat de verschillende klimaatfactoren juist een grote *samenhang* vertonen. Zo zal een hoge lichtintensiteit meestal gepaard gaan met een hoge temperatuur (zomer). Een lage temperatuur kan tot gevolg hebben dat de luchtvochtigheid hoog is (herfst). Het klimaat buiten (= het weer) kan niet door de mens worden geregeld. In de kas kunnen we een aantal klimaatfactoren wel enigszins sturen. Door schermen krijgen we minder licht in de kas. Door stoken krijgen we een hogere temperatuur en door broezen verhogen we de luchtvochtigheid. We kunnen overigens niet alle klimaatfactoren in de kas volledig regelen.

Leerdoelen

Voor dit hoofdstuk zijn geen leerdoelen gedefinieerd.

2.1 Licht

Er zijn vier aspecten van licht die invloed hebben op de plantengroei:

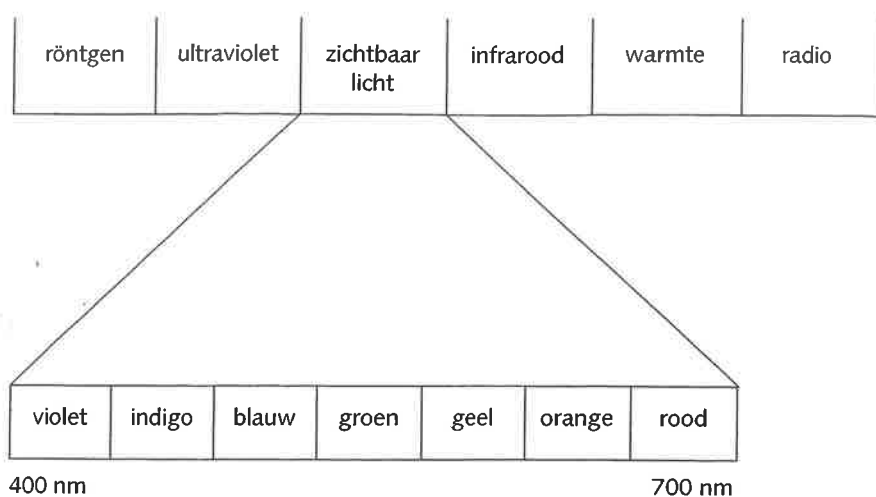
- 1 de kleur van het licht;
- 2 de hoeveelheid licht (intensiteit);
- 3 de duur van het licht (daglengte);
- 4 de richting van het licht.

Deze vier aspecten zullen we afzonderlijk bespreken.

Kleur

straling Licht mogen we beschouwen als een golfbeweging. Het is een vorm van elektromagnetische *straling*, net als röntgenstralen en radiogolven. Wat wij 'licht' noemen, is in feite een deel van de totale bandbreedte aan elektromagnetische golven. In figuur 2.1 kun je dit zien.

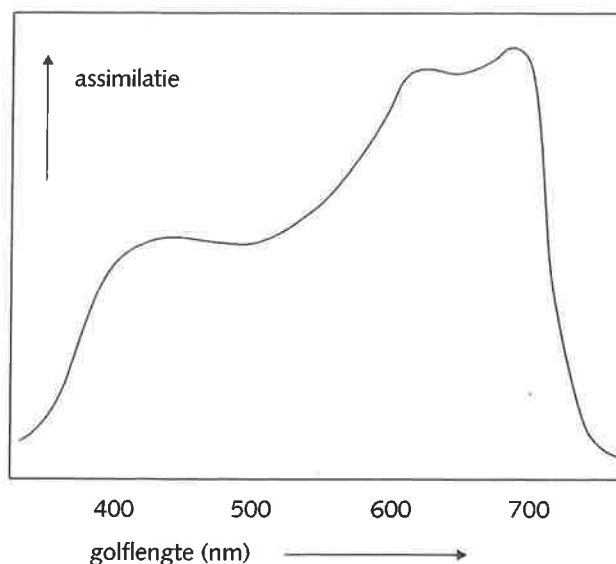
Fig. 2.1
De verschillende soorten elektromagnetische straling en de verschillende lichtkleuren (golflengten). De afkorting nm staat voor nanometer (nano = 1 miljardste).



Niet alle lichtcomponenten zijn zichtbaar. Er zijn aan beide uiteinden van de lichtband golflengten die het menselijk oog niet meer kan waarnemen. Het zichtbare licht valt uiteen in zeven kleuren, variërend van violet tot rood. De kleur van het licht wordt bepaald door de lengte van de golfbeweging. De lichtkleur is belangrijk voor de plantengroei, maar niet elke kleur is even geschikt om het assimilatieproces op gang te brengen. Stralen met een golflengte tussen de 600 en 700 nm (nanometer) blijken de grootste *assimilatieopbrengst* te hebben. Binnen dit stralingsgebied vinden we de kleuren oranje en rood. Dit is het echte 'groeilicht'. Na rood daalt de *assimilatieopbrengst* van het licht snel. Dat zie je in figuur 2.2.

assimilatieopbrengst

Fig. 2.2
Dit figuur maakt duidelijk waarom kasverlichting meestal een geel-oranjeachtige kleur heeft. De kleuren oranje en rood hebben een golflengte waarbij de meeste assimilatie optreedt



Niet elke kleur is even geschikt voor het groeiproces van planten (zie figuur 2.2). Met name groen wordt minder geabsorbeerd door de bladeren en wordt dus teruggekaatst. Dit verklaart dan ook de groene bladkleur.

Voorbeeld

Waarom loopt de temperatuur van het blad bij zonnig weer niet zo hoog op als van een ijzeren plaat?

De zon zendt ons alle lichtkleuren toe. De mens kan de samenstelling van dat licht uiteraard niet beïnvloeden, maar kan wel belichtingslampen installeren. Als we lampen gebruiken om planten te belichten voor een snellere groei, is de samenstelling van het licht mede bepalend voor het effect. Niet elke lamp zendt dezelfde lichtkleuren uit.

Hoeveelheid

Als we het hebben over de hoeveelheid licht, kunnen we daar verschillende dingen mee bedoelen. In ieder geval is het van belang een duidelijk onderscheid te maken tussen de begrippen lichtintensiteit en instraling.

lichtintensiteit

– De *lichtintensiteit* is het aantal lichtstralen per oppervlakte eenheid. De lichtintensiteit wordt meestal uitgedrukt in lux.

instraling

– De *instraling* is de hoeveelheid energie die de zon ons toezendt. De instraling wordt uitgedrukt in joules per cm² oppervlak per dag.

Tot op zekere hoogte geldt: hoe meer licht, hoe meer groei. Het is dus belangrijk dat planten voldoende licht krijgen. De lichthoeveelheid in Nederland is niet altijd hetzelfde. 's Zomers is er aanzienlijk meer licht dan 's winters. De hoeveelheid licht in de zomer is ruim voldoende of zelfs te hoog. Dat is de reden waarom we met name bij potplanten in de zomer schermen. Met behulp van een schermdoek wordt 30 - 80% van het licht tegengehouden. In de winter is de lichthoeveelheid meestal erg laag. Dit heeft verschillende oorzaken. In de eerste plaats staat de zon in de winter laag aan de hemel. De lichtbundels vallen dus schuin in. Vergelijk dezelfde lichtbundel maar eens 's zomers en 's winters. In de zomer staat de lichtbundel loodrecht op de kas, maar in de winter schijnt dezelfde bundel schuin op de aarde, waardoor deze over een groter oppervlak wordt verspreid. In de tweede plaats moet het licht in de winter een langere weg door de dampkring afleggen, waardoor de kans op onderschepping groter is. Ten derde mag niet onvermeld blijven dat we in de winterperiode met korte dagen en veel meer bewolking te maken hebben. In figuur 2.3 worden enkele voorbeelden van lichthoeveelheid vermeld.

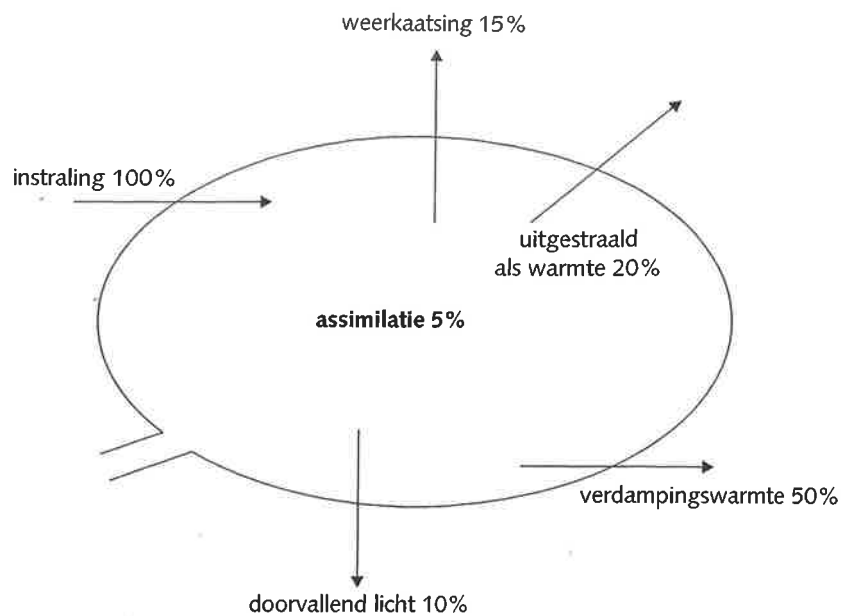
Fig. 2.3

Enkele voorbeelden van
lichtintensiteit en
instraling

Zonnige zomerdag	100.000 lux	250 J/cm ² /dag
Zonnige winterdag	20.000 lux	400 J/cm ² /dag
Bewolkte winterdag	7.000 lux	100 J/cm ² /dag
Gloeilamp, 40 watt/m ²	100 lux	
Assimilatiebelichting	2.500 lux	
Minimaal nodig voor groei	500 lux	

Bij dit alles moeten we ons goed realiseren dat slechts een klein gedeelte van het zonlicht daadwerkelijk voor assimilatie wordt gebruikt. Allereerst komt niet al het toegezonden zonlicht bij de planten in de kas terecht. Veel licht gaat verloren voordat het de planten bereikt. Bovendien wordt slechts een klein gedeelte van het licht dat op het blad terechtkomt voor de assimilatie gebruikt. Dit wordt gedemonstreerd in figuur 2.4.

Fig. 2.4
Lang niet al het
toegezonden zonlicht
komt bij de planten
terecht



Schoolopdracht 2.1 Lichtregulering

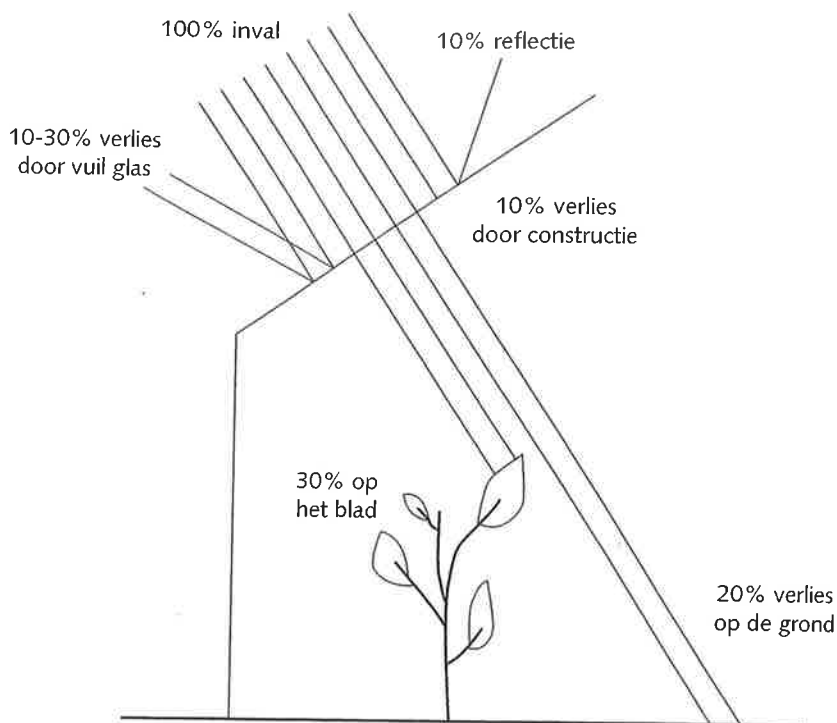
Bekijk figuur 2.5. Bedenk maatregelen die telers kunnen nemen om zoveel mogelijk licht op de bladeren te laten vallen.

We moeten dus zoveel mogelijk maatregelen nemen om het gewas van het licht te laten profiteren. Zeker in de winter als er lichtgebrek is.

Effectieve maatregelen zijn:

- Het glas van de kassen schoonhouden, zeker in de winter.
- Een kas laten bouwen met zo weinig mogelijk lichtonderscheppende delen. Het kasdek, dat zijn de nok, de roeden en de goten, moet van lichte, smalle materialen zijn gemaakt. In de kas moeten installaties, zoals de verwarming en de regenleiding, zo weinig mogelijk licht tegenhouden.
- Werk in de kas zoveel mogelijk met witte kleuren, zodat het licht maximaal wordt weerkaatst.
- Zorg voor een goede gewasopbouw, zodat weerkaatst of doorvallend licht toch weer wordt opgevangen door andere bladeren. Een bladoppervlak van 3-5 m² per m² kas geeft de hoogste opbrengst.
- Zorg voor goede afstand tussen de planten, zodat niet onnodig veel licht op de grond terechtkomt.
- Geef in de winterperiode extra licht in de vorm van assimilatiebelichting. In de winter is er te weinig licht voor assimilatieprocessen in de plant.

Fig. 2.5
Slechts een klein gedeelte van het licht dat op het blad valt, wordt voor de assimilatie gebruikt



Assimilatiebelichting

Om assimilatie mogelijk te maken, of om meer fotosynthese op te wekken, moet er worden belicht. Daarom heet zo'n extra belichting assimilatiebelichting. Niet elke lamp is geschikt voor assimilatiebelichting

- gloeilamp* – De *gloeilamp* is ongeschikt voor assimilatiebelichting. Het rendement van de lamp is erg laag. Ongeveer 93% van de energie komt als warmte vrij. Bovendien stralen gloeilampen niet de juiste kleuren uit voor het bevorderen van het assimilatieproces.
- tl-buizen* – Geschikter zijn *tl-buizen*. Het rendement is redelijk en ook de samenstelling van de kleuren is acceptabel. Een *tl-buis* kan uitsluitend in betrekkelijk geringe vermogens worden gemaakt (40 tot 65 watt). Er zijn dus vrij veel lampen nodig om toch het benodigde lichtniveau te bereiken. Bovendien moeten *tl-lampen* zijn uitgerust met een reflector die het licht naar beneden richt. Maar het gevolg daarvan is weer dat er bij toepassing in de kas sprake is van flinke slagschaduwen.
- hogedruk-natriumlampen* – Meestal worden *hogedruk-natriumlampen* (SON-T) toegepast voor assimilatiebelichting. Ze hebben een hoog rendement en een geschikte kleursamenstelling voor het bevorderen van het assimilatieproces.

Duur

daglengte Niet alleen de hoeveelheid licht, maar ook de periode dat er licht is, is van belang. Een lange dag is uiteraard gunstig voor de groei. Maar de *daglengte* heeft bij een aantal gewassen effect op de ontwikkeling van de planten. Het bloeiproces van deze planten wordt beïnvloed door een korte of lange lichtperiode. Kortedagplanten kunnen alleen maar bloeien als het kort licht is. In de zomer is dat een probleem. Tuinders maken dan de lichtperiode korter door de kas bijvoorbeeld van 17.30 uur tot 7.30 uur te verduisteren met zwart plastic doek of folie. Langedagplanten kunnen

daglengtebelichting

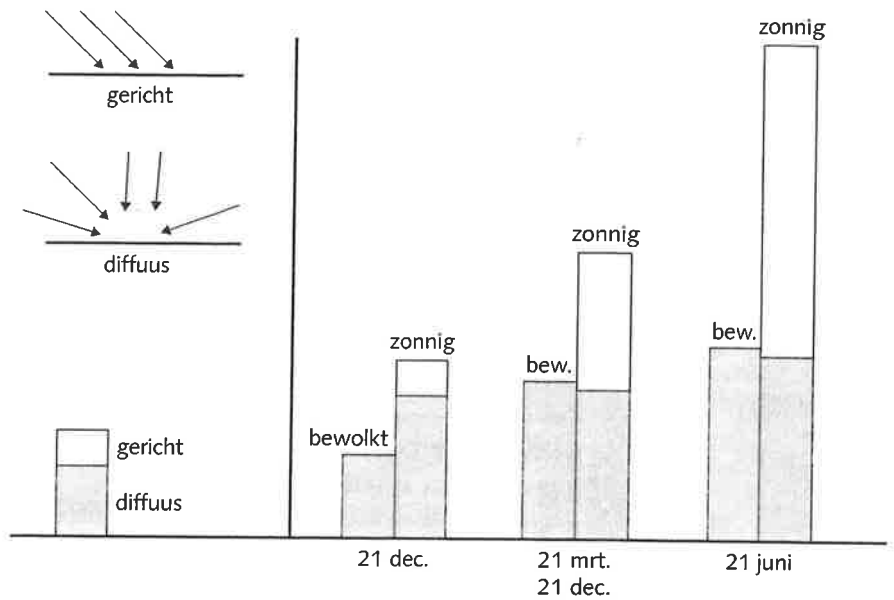
alleen maar bloeien als het lang licht is. Dat is 's winters een probleem. Een lange dag kunnen we maken door 's avonds en 's nachts te belichten. We noemen deze belichtingsvorm *daglengtebelichting*. Gloeilampen geven al voldoende licht om het effect van een lange dag te realiseren. We spreken dan van *daglengtelampen*.

Richting

diffuus licht

We maken in dit verband een onderscheid tussen verstrooid of *diffuus licht* aan de ene kant en gericht licht aan de andere kant. In de winter hebben we meestal te maken met diffuus licht: licht dat dus van alle kanten komt. Ook 's zomers, bij zonnig weer, is een gedeelte van het licht diffuus. Dat wordt in figuur 2.6 weergegeven.

Fig. 2.6
Gericht en diffuus licht
tijdens de verschillende
seizoenen



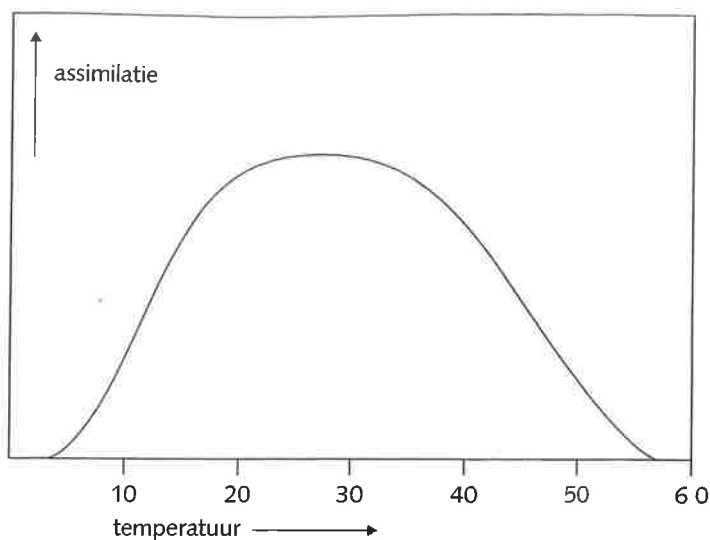
Voor het assimilatieproces maakt het niet uit of het licht gericht of diffuus is. Wel is het zo dat bij diffuus licht geen verbrandingsverschijnselen optreden. Diffuus licht ontstaat ook in een kas met gehamerd glas. We hebben dan veel minder last van schaduw onder de goten. De keerzijde is echter dat gehamerd glas sneller vuil wordt en ook veel moeilijker schoon te maken is.

2.2 Temperatuur

optimum

Behalve licht heeft ook de temperatuur een duidelijke invloed op de plantengroei. Het assimilatieproces begint als de temperatuur ongeveer 7 °C is en verloopt sneller naarmate de temperatuur hoger wordt. Bij 30 - 35 °C wordt een *optimum* bereikt. Nog hogere temperaturen kunnen zelfs nadelig zijn voor de groei: boven de 30 °C treedt minder assimilatie op. Je kunt dat zien in figuur 2.7.

Fig. 2.7
 Het verband tussen
 assimilatie en
 temperatuur

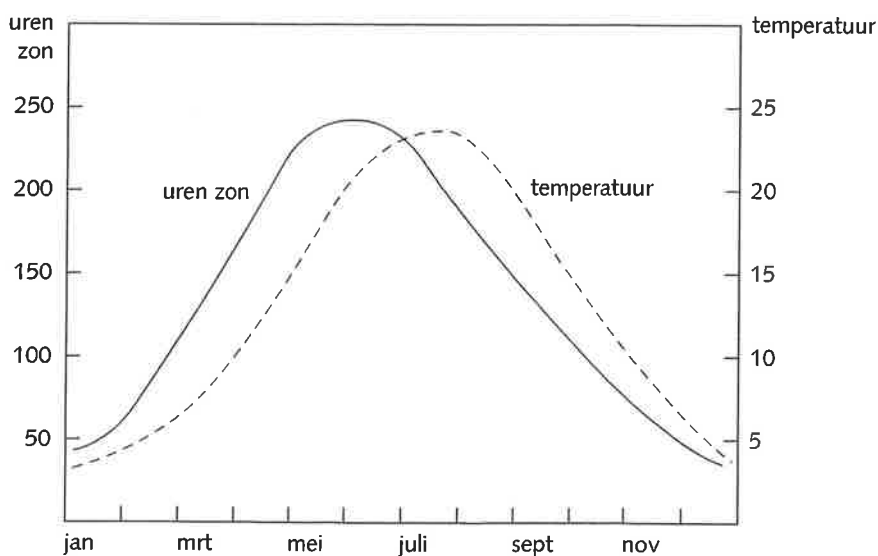


Bij een hoge temperatuur verloopt ook het dissimilatieproces sneller en de opname van voedingsstoffen efficiënter.

Overigens kan de temperatuur niet los worden gezien van de hoeveelheid licht. Hoe meer licht er is, hoe hoger de temperatuur mag zijn. Tuinders zullen dan ook vaak lichtafhankelijk stoken. Dat wil zeggen dat de kastemperatuur hoger mag zijn als er meer licht is. Ook in de natuur is er vaak een samenhang tussen de temperatuur en de lichthoeveelheid. De grafiek in figuur 2.8 maakt dit duidelijk. Let in de grafiek ook op het verschil in licht en temperatuur in het voorjaar en najaar.

Buiten de kas heersen telkens verschillende temperaturen. Soms betekent dit dat de temperatuur in de kas te hoog wordt, een andere keer is hij te laag. Tuinders houden de temperatuur in hun kassen op peil door de temperatuur in de kas te verhogen of te verlagen. Je kunt nu lezen met welke methoden de kastemperatuur kan worden geregeld.

Fig. 2.8
 Het verloop van het
 aantal zonuren en de
 temperatuur tijdens een
 jaar (gemiddelde over een
 groot aantal jaren)



Verhogen van de kastemperatuur

Er zijn vier manieren waarop de kastemperatuur kan stijgen:

- 1 de zon;
- 2 heteluchtkachels;
- 3 centrale verwarming;
- 4 gewasverwarming.

De zon

Bij zonnig weer zal de temperatuur in de kas vanzelf stijgen. Dat komt door het gedrag van de lichtstralen in de kas. De zon zendt lichtstralen uit die een korte golflengte hebben. Deze komen op de planten of op de grond terecht en worden in de vorm van *langgolvige warmtestralen* weer uitgezonden. Een typisch kenmerk van glas is

*langgolvige
warmtestralen
kortgolvige lichtstralen*

dat de *kortgolvige lichtstralen* gemakkelijk worden doorgelaten, maar de langgolvige warmtestralen niet. De zon brengt dus meer warmte in de kas dan er uitkomt. Het gevolg van dit broeikaseffect is dat de temperatuur in de kas vanzelf stijgt. In figuur 2.9 wordt het broeikaseffect schematisch weergegeven.

Heteluchtkachels

De kas kan worden verwarmd door heteluchtkachels die zijn verdeeld over de kas. Hoewel werken met heteluchtkachels een goedkope methode van kasverwarming is, komen we ze toch minder vaak tegen dan centrale verwarming. De warmte wordt bij heteluchtkachels ongelijkmatig over de kas verdeeld. Nauwkeurig regelen van het kasklimaat is met een heteluchtkachel niet mogelijk.

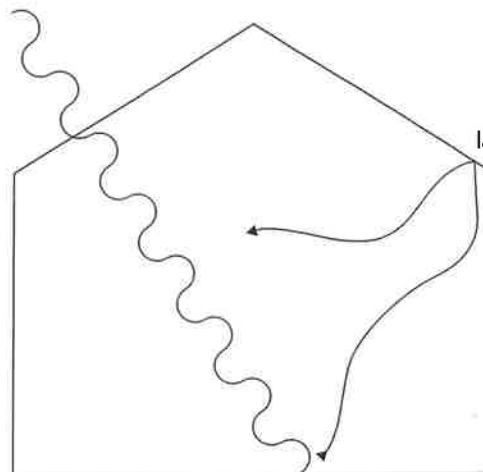
Centrale verwarming

Bij centrale verwarming worden boven in de kas en langs de gevels verwarmingsbuizen gemonteerd.

Dit is de gebruikelijke methode om de kas gelijkmatig op temperatuur te houden. De teeltruimte blijft vrij en we kunnen dus gemakkelijk grondbewerkingen uitvoeren. Een nadeel is het lichtverlies door de verwarmingselementen. Ook vanuit het oogpunt van de energievoorziening is het niet verstandig de warmtebron boven in de kas aan te brengen, terwijl de planten onderin staan.

Fig. 2.9
Broeikaseffect

kortgolvige lichtstralen



langgolvige lichtstralen

Gewasverwarming

Bij gewasverwarming worden de verwarmingsbuizen tussen het gewas of vlak langs het gewas gehangen. Voor gewasverwarming worden verschillende materialen toegepast: ijzeren pijpen (51-ers), gevleugelde aluminium pijpen of tubiele slangen. De temperatuur van de buizen mag niet boven de 45 °C komen, anders treedt bladverbranding op. Gewasverwarming heeft een aantal voordelen boven gevel- of bovennetverwarming: het kost minder energie, het gewas blijft droger, waardoor schimmels minder kans krijgen, en de verdamping wordt bevorderd.

Verlagen van de kastemperatuur

In de zomer is het vaak nodig de kastemperatuur te verlagen. Hiervoor zijn vier systemen in gebruik:

- 1 luchten;
- 2 schermen met kalk- of krijtmiddelen;
- 3 beweegbaar schermdoek;
- 4 matraskoeling.

Luchten

Als de buitentemperatuur lager is dan de kastemperatuur, wat vrijwel altijd het geval is in Nederland, kunnen we door middel van luchten de temperatuur in de kas verlagen. Daarmee beïnvloeden we tegelijkertijd de relatieve luchtvochtigheid en het CO₂-gehalte. Luchten gebeurt altijd aan de luwzijde, zodat er geen ongewenste tocht in de kas ontstaat die spint of bladluis kan veroorzaken.

Schermen met kalk- of krijtmiddelen

Op het kasdek kunnen we kalk- of krijtmiddelen spuiten. Er komt dan minder licht de kas in en de temperatuur zal niet zo hoog oplopen. Een nadeel is dat de kalk ook aanwezig is op bewolkte of regenachtige dagen, als we het licht juist heel goed kunnen gebruiken.

De kassen worden meestal begin maart gespoten en in oktober moet de kalk weer van het glasdek worden verwijderd.

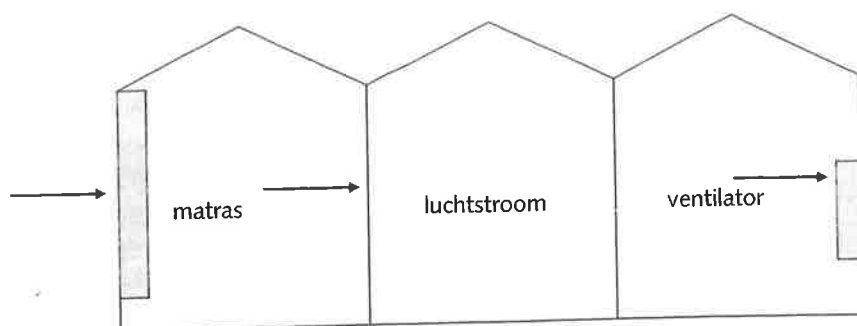
Beweegbaar schermdoek

Een beweegbaar schermdoek heeft het voordeel dat het op bewolkte dagen kan worden weggeschoven. Bovendien kan het 's nachts en 's winters als energiedoek worden gebruikt. Er zijn zeer veel verschillende soorten scherm- en energiedoeken in de handel, elk met een andere lichtdoorlatendheid en mogelijkheid tot energiebesparing.

Matraskoeling

Matraskoeling (pad and fan system: pad = matras, fan = ventilator) is een kostbare methode die voor een redelijke temperatuurverlaging kan zorgen. Bij matraskoeling wordt een koele luchtstroom opgewekt die tussen de kaswanden stroomt. In de ene kaswand is een matras geplaatst waar continu water overheen stroomt. In de tegenoverliggende kaswand zijn grote ventilatoren geplaatst. Deze ventilatoren zuigen de lucht uit de kas weg. Nieuwe lucht komt via de matras naar binnen. De lucht wordt echter afgekoeld door de verdamping die optreedt. Zo krijgen we in de kas vanzelf een lagere temperatuur. De werking van matraskoeling is geschetst in figuur 2.10.

Fig. 2.10
Matraskoeling



Schoolopdracht 2.2

Vragen

- Wat kunnen de gevolgen zijn van het te laat aanbrengen en te laat verwijderen van kalkmiddelen op de kas?
- Waarom zijn er zoveel verschillende schermdoeken in de handel?

2.3 Luchtvochtigheid

We komen nu aan de derde klimaatfactor: luchtvochtigheid. Luchtvochtigheid is belangrijk voor de groei. Een te hoge luchtvochtigheid betekent geringe verdampingsmogelijkheden voor de plant. De plant zal dan niet zoveel water opnemen en dus ook minder voedingsstoffen. Een te lage luchtvochtigheid kan betekenen dat de huidmondjes zich sluiten. De plant kan geen CO_2 meer opnemen en assimilatie is dan onmogelijk.

Luchtvochtigheid benoemen

Er zijn verschillende manieren om luchtvochtigheid te benoemen. De volgende begrippen laten de verschillen zien:

- absolute luchtvochtigheid;
- maximale luchtvochtigheid;
- relatieve luchtvochtigheid;
- vochtdeficit.

Absolute luchtvochtigheid (AV)

Het aantal grammen water per kilogram lucht dat op een bepaald moment in de kas aanwezig is. Dit is de heersende absolute luchtvochtigheid. Afkorting: AV.

Maximale luchtvochtigheid (VV)

Het aantal grammen water per kilogram lucht dat maximaal aanwezig kan zijn bij een bepaalde temperatuur. Bij een hogere temperatuur kan in dezelfde ruimte meer vocht aanwezig zijn dan bij een lage temperatuur. Vergelijk maar: bij afkoeling treedt condensatie op. Regen is niets anders dan verzadigde lucht die wordt afgekoeld. Door de afkoeling kan de lucht minder water bevatten, het water condenseert tot druppels en valt naar beneden. Je kunt dus nooit spreken over de maximale hoeveelheid vocht als je er niet een temperatuur aanduiding bij noemt. Als de luchtvochtigheid maximaal is, is de lucht geheel verzadigd van water. Daarom wordt de maximale luchtvochtigheid ook wel *verzadigingsvochtigheid* genoemd, afgekort tot VV.

verzadigingsvochtigheid

Verwarmingsbuizen

De warme lucht rondom de verwarmingsbuizen stijgt op en koelt langs het kasdek weer af. Als de verwarmingsbuizen tussen het gewas liggen, stimuleren we op die manier de verdamping van het gewas. Vooral voor hoogopgroeiende planten is dat gunstig.

Ventilatoren

Voorale stille, bewolkte dagen in het voorjaar of de herfst kunnen zorgen voor een te doods klimaat in de kas. Als de kaslucht te stil staat en we toch niet willen luchten en verwarmen, kan een ventilator in de kas de luchtbeveging stimuleren.

Luchting

Als de buitentemperatuur het toelaat, is luchten natuurlijk een uitstekende methode om de luchtbeveging te stimuleren. We beïnvloeden dan wel tegelijkertijd de temperatuur, het CO₂-gehalte en de relatieve luchtvochtigheid. Dat hoeft overigens geen nadeel te zijn. Luchten kunnen we door middel van nokluchting, zijluchting en ventilatoren in de kaswand.

Wind

Als er buiten voldoende wind staat, zal de luchtbeveging in de kas meestal ook voldoende zijn. Er zijn in elke kas voldoende spleten, kieren en gaten, waardoor nieuwe lucht wordt aangevoerd. Zelfs bij weinig wind wordt de kaslucht één tot vier maal per uur ververs. Dat is ook noodzakelijk, omdat zo steeds nieuwe CO₂ kan worden aangevoerd en waterdamp kan worden afgevoerd.

2.6 Afsluiting

Licht is de belangrijkste klimaatfactor. Het zichtbare licht is in feite een bepaalde bandbreedte uit de totale elektromagnetische straling. Het licht dat de zon ons toezendt, is een combinatie van verschillende kleuren. Elke kleur correspondeert met een bepaalde golflengte. Planten zijn vooral gevoelig voor het golflengtegebied tussen de 600 en 700 nm. Dit komt overeen met de kleuren geel en rood. In ons klimaatgebied varieert de hoeveelheid licht sterk. In de winter is er extreem weinig licht, op zonnige zomerdagen schijnt er meer licht dan de planten kunnen verwerken. Slechts een klein deel van het invallende licht komt op de bladeren terecht. Daarom nemen tuinders allerlei maatregelen om de lichtinval in de kassen zoveel mogelijk benutten. Eén van die maatregelen is assimilatiebelichting. Door middel van hogedruk natriumlampen wordt licht toegevoerd om de fotosynthese te bevorderen. Ook de daglengte varieert sterk in onze klimaatzone. Sommige planten hebben per dag een bepaald minimaal aantal uren licht nodig om te kunnen groeien. Bij zulke langedagplanten wordt dan daglengteverlichting toegepast. Licht kan gericht en verstrooid binnenvallen. Verstrooid of diffuus invallend licht voorkomt verbrandingsverschijnselen. Voor de assimilatie is de richting van de lichtinval niet van belang.

Relatieve luchtvochtigheid (RV)

De absolute luchtvochtigheid is meestal lager dan de maximale luchtvochtigheid. Je kunt dan aangeven voor welk deel de lucht is verzadigd met water. Dit is de relatieve luchtvochtigheid. Lucht met een relatieve luchtvochtigheid van 50% kan dus nog een keer zoveel water bevatten voordat deze is verzadigd. Als in een kas een relatieve luchtvochtigheid van 80% heerst, kan er nog 20% water bij voordat de lucht is verzadigd, als de temperatuur tenminste gelijk blijft. Koelt deze verzadigde lucht af, dan gaat het water condenseren.

De relatieve luchtvochtigheid bereken je door de heersende luchtvochtigheid te delen door de maximale luchtvochtigheid en te vermenigvuldigen met 100%. Afkorting: RV. De formule luidt als volgt:

$$RV = AV : VV \times 100\%$$

Vochtdeficit

Het vochtdeficit is de maximale luchtvochtigheid min de heersende luchtvochtigheid. Deficit betekent: tekort. De formule ziet er zo uit:

$$\text{Vochtdeficit} = VV - AV$$

Hoe groter het vochtdeficit, hoe sneller het water in een kas verdampt. Het vochtdeficit is de drijvende kracht achter de verdamping.

Als we in de tuinbouw over luchtvochtigheid spreken, hebben we het meestal over de relatieve luchtvochtigheid (RV). De relatieve luchtvochtigheid is niet de meest ideale maat om de verdampingsmogelijkheden van een plant aan te geven. Het vochtdeficit is dan een betere meeteenheid, want dat getal geeft, onafhankelijk van de temperatuur, precies aan hoeveel water er nog bij kan.

Er bestaat een direct verband tussen de relatieve luchtvochtigheid en de temperatuur in een kas. Als de temperatuur stijgt, daalt de relatieve luchtvochtigheid. Als de relatieve luchtvochtigheid in de kas te hoog is, kunnen we door middel van luchten het vocht afvoeren.

Schoolopdracht 2.3 Luchtvochtigheid

- a Planten staan via de huidmondjes water af aan de kaslucht. Wanneer verdampen planten sneller, bij een vochtdeficit van 80 of een vochtdeficit van 40?
- b Bedenk zoveel mogelijk manieren om de luchtvochtigheid in de kas te verlagen en te verhogen.

2.4 Koolstofdioxide - CO₂

De op één na laatste klimaatfactor is de aanwezigheid van koolzuurgas in de kas. Het is een hele belangrijke klimaatfactor, want om te kunnen assimileren hebben planten koolstofdioxide (CO₂) nodig. Kijk nog maar eens naar het assimilatieproces aan het begin van dit moduul.

Koolstofdioxide is één van de groeifactoren. Extra CO₂ (tot 1000 ppm) betekent dat de plant meer kan assimileren. Er zullen dus meer suikers en koolhydraten worden gevormd. In de praktijk betekent dit een verhoging van de kwaliteit en de kwantiteit,

zoals meer blad, stevigere stengels, grotere vruchten, kortere teeltduur en meer bloemen. Door het toevoegen van extra CO₂ is een productieverhoging tot 20% haalbaar.

*natuurlijke
schommelingen*

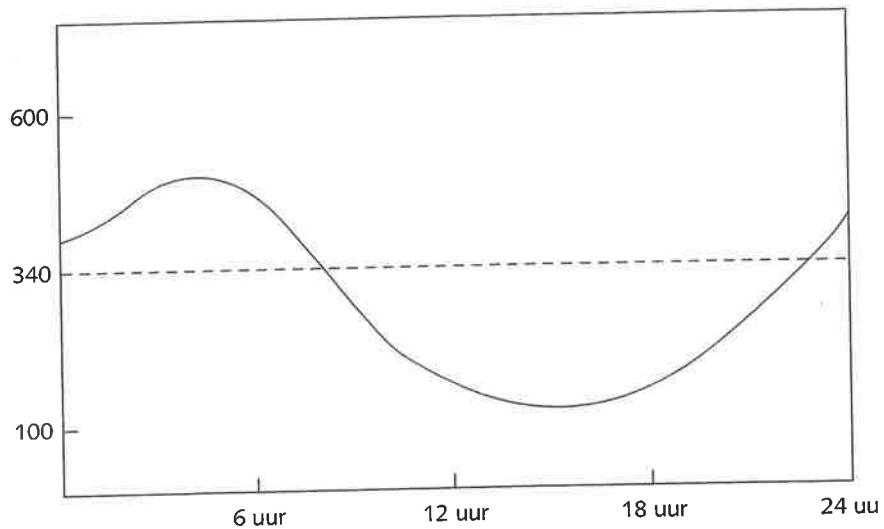
Telers proberen de CO₂-concentratie op peil te houden of te verhogen. Zij moeten daarbij rekening houden met de natuurlijke CO₂-schommelingen in de kas. Deze *natuurlijke schommelingen* worden door de planten zelf veroorzaakt. Het CO₂-gehalte neemt af door het assimilatieproces, maar neemt toe bij het dissimilatieproces.

Het CO₂-gehalte in de buitenlucht is ongeveer 0,034% (= 340 ppm). Als er volop wordt gelucht, zal dit niveau ook in de kas gehandhaafd blijven. Het verhogen van het CO₂-gehalte is alleen zinvol als de andere groeifactoren ook optimaal zijn. Naast de groeifactoren temperatuur, voedingsstoffen en water is vooral licht heel belangrijk.

Het nut van CO₂-doseran hangt sterk samen met de lichthoeveelheid. In de winter is de hoeveelheid licht de beperkende factor en heeft CO₂-doseran weinig effect.

Figuur 2.11 schetst de natuurlijke CO₂-schommelingen in een gesloten kas gedurende één etmaal. De bepalende factoren zijn het assimilatie- en het dissimilatieproces.

Fig. 2.11
Het verloop van het CO₂
gehalte in een gesloten
kas



Het CO₂-gehalte kan wel degelijk onder het normale niveau van 340 ppm dalen. Dat blijkt uit figuur 2.11. Het doseren van CO₂ kan dus al nuttig zijn om het normale niveau te handhaven. Maar praktijkervaring heeft overduidelijk aangetoond dat door een verhoging tot 700 - 1000 ppm de productie toeneemt. Een nog grotere verhoging kan het gewas beschadigen. Uit de grafiek blijkt ook dat we vooral CO₂ moeten doseren tijdens de uren van een etmaal dat er voldoende daglicht is. Want alleen dan wordt er CO₂ gebruikt voor het assimilatieproces.

CO₂-dosering

In moduul 2 worden verschillende methoden van CO₂-dosering besproken. Er zijn vier manieren van CO₂-dosering.

- 1 Zuivere CO₂ toevoeren uit een cilinder.

Deze methode is altijd toepasbaar. De prijs van CO₂ is in vergelijking met de andere methoden vrij hoog.

- 2 CO₂-branders gestookt met petroleum, propaan of aardgas.
Het CO₂ dat tijdens het verbranden vrijkomt, wordt in de kas geleid. Tegelijkertijd krijgen we in de kas een temperatuurverhoging, net als bij heteluchtkachels.
- 3 Centrale CO₂-dosering.
De verbrandingsgassen van de aardgasgestookte ketel worden in de kas geleid. Controle op de verbrandingsgassen is absoluut noodzakelijk. Een te hoog CO-gehalte (koolmonoxide) kan een gewas ernstig beschadigen.
- 4 CO₂-dosering vanuit een TE-installatie. Hierin onderscheiden we twee methoden:
 - rookgasreiniging via rookgasrecirculatie (driewegkatalysator);
 - ureuminjectie.

Bij de teelt van rozen is het verstandig PE-slangen (= polyethyleen) in plaats van plastic darmen te gebruiken voor CO₂-dosering. In de praktijk blijken de plastic darmen na enkele jaren kapot te gaan of ze worden afgeknepen door het blad dat erop valt. Breng de PE-slangen onder in het gewas aan, zo dicht mogelijk bij de assimilerende bladmassa. Voordat het CO₂ eventueel via het luchtraam verdwijnt, komt het eerst langs het groeiende gewas.

Via een doorzichtige darm is wel eerder waar te nemen of de afvalgassen zwart zijn en er dus onvolledige verbranding plaatsvindt. Vanuit dit oogpunt zou een klein stukje darm tussen de PE-slangen kunnen worden geïnstalleerd als extra controle wanneer de CO-detector (= koolstofmonoxide) onverhoopt niet blijkt te werken. Maar het kwaad is dan al wel geschied.

2.5 Luchtbeweging

Als laatste klimaatfactor behandelen we de luchtbeweging. Ook deze factor staat niet alleen, maar beïnvloedt de andere klimaatfactoren. Voldoende luchtbeweging in een kas is belangrijk.

effecten Luchtbeweging heeft drie gunstige *effecten*.

- 1 Er ontstaat een gelijkmatige CO₂-verdeling.
- 2 Er ontstaat een gelijkmatige temperatuurverdeling in de kas.
- 3 De vrijgekomen waterdamp wordt afgevoerd.

factoren Er zijn verschillende *factoren* die invloed hebben op de luchtbeweging in de kas:

- de zon;
- verwarmingsbuizen;
- ventilatoren;
- luchting;
- wind.

De zon

Zonning weer betekent dat de warme lucht in de kas opstijgt en langs het kasdek weer afkoelt. Op die manier ontstaat er een natuurlijke luchtcirculatie in de kas.

Temperatuur is voor bijna alle levensprocessen een belangrijke factor. Assimilatie komt pas bij zo'n 7 °C op gang en bereikt het beste resultaat bij temperaturen tussen de 25 en 30 °C, als er tenminste genoeg licht is. Ook de ademhaling en de opname van voedingsstoffen verloopt bij hogere temperaturen beter. Om een behoorlijke productie en een gewenste kwaliteit te krijgen zullen tuinders de kastemperatuur dan ook precies willen regelen. In de zomer schijnt de zon vaak. De kortgolvlige lichtstralen passeren het glas en worden in de kas omgezet in langgolvlige warmtestralen die door de kasramen worden teruggekaatst en de kas opwarmen. Op zonnige zomerdagen betekent temperatuurregeling meestal temperatuurverlaging. De meest gebruikte methode voor temperatuurverlaging is luchten. Bij luchten blijft de zon echter op de bladeren schijnen, zodat deze te warm kunnen worden. Daarom wordt de temperatuur ook vaak verlaagd door het aanbrengen van een krijtscherm op de ramen (krijten) of door een schermdoek uit te trekken (schermen). Als horizontale temperatuurverlaging is gewenst, komt de tamelijk kostbare matraskoeling in aanmerking. In grote delen van het jaar moet de temperatuur in de kassen worden verhoogd. De meest gebruikte methode hiervoor is centrale verwarming, omdat bij dit systeem een gelijkmatige verdeling van de warmte door de kas ontstaat. Dat is minder het geval bij verwarming met de heteluchtkachel, zodat deze goedkopere methode toch minder wordt toegepast. Een derde methode van temperatuurverhoging is gewasverwarming. Hierbij wordt de warmte via buizen of slangen tot vlakbij de plant gebracht.

Een gewas dat volop staat te groeien, produceert veel waterdamp. De kaslucht wordt dus gauw heel vochtig. Wordt de luchtvochtigheid te hoog, dan kan de plant zijn waterdamp niet goed afstaan en zich dus onvoldoende koelen. Bij een te lage luchtvochtigheid sluiten de huidmondjes zich, waardoor ook de CO₂-opname achterblijft en het assimilatieproces in gevaar komt. Er bestaan verschillende betekenissen van de term luchtvochtigheid. Voor de tuinbouw zijn de begrippen relatieve luchtvochtigheid en vochtdeficit het belangrijkste. De luchtvochtigheid (RV) geeft aan voor welk deel de lucht met waterdamp is verzadigd. De RV wordt uitgedrukt in percentages. Een RV van 80% betekent dat er nog 20% waterdamp bij kan voordat de lucht in de kas geheel is verzadigd van waterdamp. Het vochtdeficit is het verschil tussen de heersende luchtvochtigheid (in grammen per kilogram lucht) en de verzadigingsvochtigheid, dat is het aantal grammen water dat de kaslucht maximaal kan bevatten. Het vochtdeficit geeft precies aan hoeveel ruimte de plant nog heeft om vocht af te staan aan de kaslucht, dus hoeveel de plant nog kan verdampen. De relatieve luchtvochtigheid en het vochtdeficit zijn afhankelijk van de heersende temperatuur in de kas. Warme lucht kan meer vocht bevatten dan koude lucht.

Om te kunnen assimileren, hebben planten CO₂ nodig. In ieder geval mag het CO₂-gehalte in de kas niet onder de natuurlijke waarde dalen. Het is echter voordelig om extra CO₂ toe te voegen aan een teelt die overdag volop staat te assimileren. Het assimilatieproces verloopt daardoor sneller en dat levert een productieverhoging op. Vaak gaat het toevoegen van CO₂ met behulp van aparte CO₂-kanonnen, dat zijn branders waarin propaan of aardgas wordt verbrand. Ook het CO₂ dat bij het stoken van de centrale verwarming vrijkomt, wordt soms in de kas geleid. Dit heet centrale CO₂-dosering.