

Welkom bij Kassim	2
Theorie	4
1. Planten	5
1.1 Plantbalansen	6
1.2 De assimilatenbalans van de plant	7
1.3 De energiebalans van de plant	9
1.4 De waterbalans van een plant	11
2. Kassen	13
2.1 Klimaatbeheersing in moderne kassen	14
2.2 Het Psychrodiagram	15
2.2.1 De basisbegrippen in het Psychrodiagram	16
2.2.2 Praktische toepassingen van het Psychrodiagram	19
2.3 De energie- en vochtbalans van de kas	22
2.4 Afkoeling door uitstraling	27
2.5 Energiebalans en vochtbalans in verschillende situaties en seizoenen	29
2.6 Verschil enthalpie en vocht binnen-buiten	31
2.7 Invloed buitencondities op het kasklimaat	33
3. Gewas en kas interactie	35
3.1 Een actief groeiklimaat voor de plant	36
3.2 Energie en vochtbalans van kas/gewas	38
3.3 Effectiever schermen tegen warmteverlies en uitstraling	39
3.4 Opwarming van plantendelen	41
3.5 Vochttransport in kaslucht	43
3.6 Assimilatiebelichting	44
4. Hulpinstallaties voor klimaatbeheersing in de kas	46
4.1 Warmteafgifte van buizen	47
4.2 Verneveling of adiabatische koeling	49
4.3 Ontvochtigen met het inblazen van buitenlucht	51
4.4 Schermen	54
Begrippenlijst Theorie	59
Handleiding voor Kassim	72
Introductie Kassim	73
Kassim voor Docenten	74
Kassim voor Studenten	81
Begrippenlijst Kassim	90
Handleiding voor Kassim The Game	122
Introductie Kassim the Game	123
Kassim The Game voor Studenten	125
Kassim The Game voor Docenten	131
Begrippenlijst Kassim The Game	137
Opdrachten	154
Kassim (tijdelijk buiten gebruik)	155
Literatuur	156
Colofon en contact	159

Welkom bij Kassim

This editor does not support displaying this content: heading ?

Wat is Kassim?

Welkom bij de Wiki van Kassim! Kassim is een online simulatietool voor educatieve doeleinden op het gebied van klimaatregeling binnen kassen. De tool is gebouwd met het oog op recente ontwikkelingen omtrent klimaatregelstrategie en kas technologie. Hieronder valt onder andere het onderzoek verricht voor het innovatieprogramma [Kas als Energiebron](#), met als doel het energieverbruik van de Nederlandse glastuinbouw te verlagen. Maar ook ontwikkelingen met betrekking tot de (semi-) gesloten kas, kasdek materiaal, schermen en belichting. Kassim kan daartoe worden ingezet voor het onderwijs bij MBO, HBO en WO instellingen op het gebied van klimaatregeling, energie en klimaat in de glastuinbouw. Ook de sector glastuinbouw, waaronder telers, zijn welkom om Kassim te gebruiken voor het vergroten en verbreden van kennis.

De Wiki

Deze Wiki dient als ondersteuning voor het onderwijzen en werken met Kassim. De Wiki bestaat uit vier modules; Theorie, Handleiding, Opdrachten en Literatuur. De module [Theorie](#) is gebaseerd op het boek '[De basisprincipes van Het nieuwe Telen](#)'. Het Nieuwe Telen is een initiatief van [Kas als Energiebron](#) en betreft een teeltmethode en een wijze van klimaatregelen die gebaseerd is op plantkundige en natuurkundige kennis.

De module [Handleiding voor Kassim](#) bevat een overzicht met algemene uitleg over alle functionaliteiten die te vinden zijn binnen de simulatie omgeving van Kassim. Er wordt uitgelegd hoe het model gebruikt kan worden voor het ontwikkelen van nieuwe opdrachten. En er is een begrippenlijst waarin de symbolen en begrippen worden geduid.

In de module [Opdrachten](#) zijn enkele voorbeeld opdrachten te vinden om bekend te raken met Kassim. Ook is er de mogelijkheid om opdrachten en uitwerkingen te delen met andere gebruikers via het [Kassim \(tijdelijk buiten gebruik\)](#).

Tot slot bevat de module [Literatuur](#) een lijst met relevante publicaties die gebruikt kunnen worden ter inspiratie, educatie of als naslagwerk.

Aan de slag

Via de onderstaande knoppen kunt u de simulatie omgeving van Kassim openen en de modules op deze Wiki ontdekken:



Zoeken binnen de Wiki van Kassim

Bent u op zoek naar een specifiek onderwerp? Probeer de interactieve zoekbalk uit om te zien of uw onderwerp binnen deze Wiki aan bod komt.

 Vul hier uw zoekterm in

Theorie

De ondersteunende theorie voor Kassim die hier wordt gepresenteerd, is gebaseerd op het boek ['De basisprincipes van Het Nieuwe Telen'](#). Het Nieuwe Telen is een initiatief van [Kas als Energiebron](#) om het groeiklimaat in kassen te optimaliseren met behulp van zo eenvoudig mogelijke middelen, met niet de techniek, maar de plant als uitgangspunt.

Hoofdstuk 1 op deze Wiki omvat een analyse van plantgedrag op basis van drie balansen: de waterbalans, de energiebalans en de assimilatenbalans.

Overeenkomstig wordt in hoofdstuk 2 het kasklimaat ontleed op basis van de energiebalans en de vochtbalans van de kas. Vervolgens wordt de interactie van het kasklimaat besproken, met enerzijds de weersomstandigheden buiten en anderzijds het klimaat rond het gewas in verschillende perioden van de dag en de nacht.

Deze analyses vormen de natuurkundige basis voor de principes die besproken worden in hoofdstuk 3 van een energiezuinige aanpak om een actief groeiklimaat te creëren voor de plant.

Om de toegankelijkheid te verhogen is een korte, op de praktijk gerichte omschrijving van gehanteerde begrippen opgenomen. Zie de pagina [Begrippenlijst Theorie](#).

Het volledige boek is hier beschikbaar: ['De basisprincipes van Het Nieuwe Telen'](#)

Begin met de theorie

1. Planten

Het kweken van planten en telen van gewassen is van oudsher gebaseerd op plantkundige kennis. Dit hoofdstuk gaat over planten; hoe ze groeien en hoe ze zich handhaven in hun omgeving. Plantengroei en ontwikkeling wordt geanalyseerd en beschreven vanuit drie balansen: de energiebalans, de waterbalans en de assimilatenbalans. Dit leidt tot een generieke benadering die op vrijwel elke plant kan worden toegepast.

Begin met dit hoofdstuk

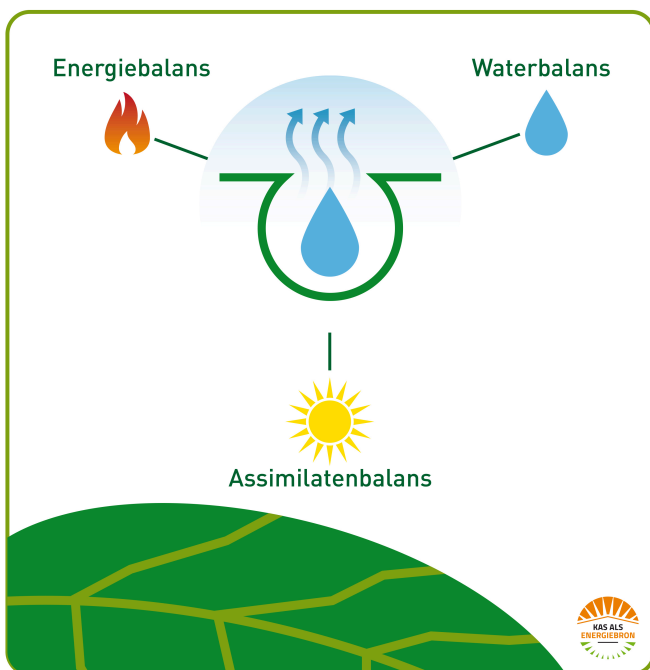
1.1 Plantbalansen

Het denken vanuit plantbalansen is een generieke en robuuste manier om het functioneren van planten te verklaren. Het gaat erom te begrijpen waar de plant mee bezig is, zonder in detail te hoeven weten hoe de onderliggende processen precies werken. Alle biochemische processen in de plant staan immers ten dienste om de verschillende balansen in evenwicht te brengen en te houden. Het brengt tevens de noodzakelijke samenhang tussen deze processen naar voren. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt tussen momentane samenhang en korte en lange termijn samenhang. Optimale groei volgt uit een optimale balans tussen alle betrokken plantprocessen. Hierbij worden de plantprocessen gerangschikt in drie plantbalansen:

- **De assimilatenbalans:** het evenwicht tussen de aanmaak en het verbruik van assimilaten.
- **De energiebalans:** het evenwicht van aanvoer en afvoer van energie naar en van het gewas.
- **De waterbalans:** het evenwicht tussen aanvoer en afvoer van water in het gewas.

De huidmondjes op bladeren spelen een verbindende rol tussen deze drie balansen. Nieuwe inzichten over de werking en rol van de huidmondjes levert nieuwe handvatten op om de plantbalansen optimaal te ondersteunen, onder andere door het regelen van het kasklimaat.

Huidmondje is regelorgaan 3 plantbalansen

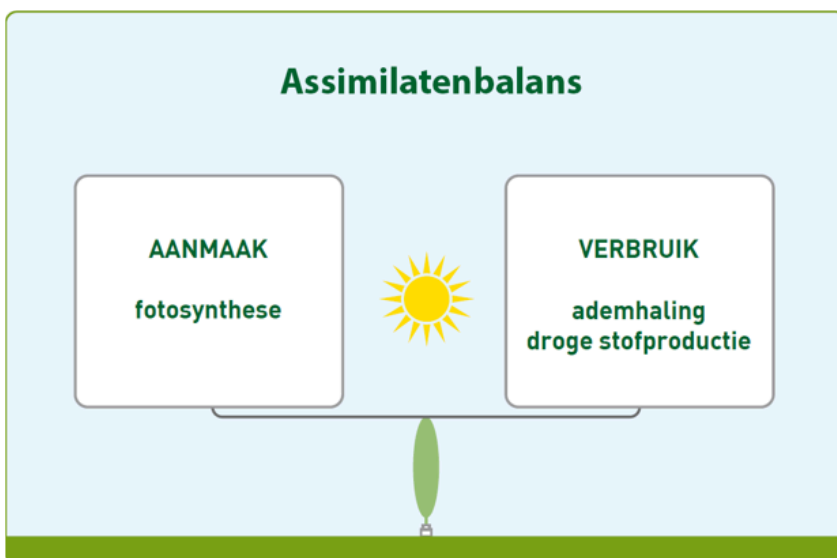


Het blad is een combinatie van een zonnepaneel (bovenkant blad) en een koelmotor (onderkant van het gewas). Hiermee is een plant uiterst effectief toegerust om met zeer wisselende klimaatomstandigheden om te gaan. En dat is maar goed ook want een plant is gebonden aan een vaste standplaats en kan dus geen verkoeling zoeken in de schaduw of in het water.

[Vorige](#)[Volgende](#)

1.2 De assimilatenbalans van de plant

De assimilatenbalans is het evenwicht tussen de aanmaak en het verbruik van assimilaten. De fotosynthese zorgt voor de aanmaak van assimilaten (suikers). De gevormde assimilaten worden gebruikt om het gewas te laten groeien. In termen van de assimilatenbalans is dit de vorming van drogestof. Voor deze omzetting van suikers in drogestof is energie nodig (groeiademhaling genoemd). Ook het onderhoud van cellen vergt energie (onderhoudsademhaling). De benodigde energie wordt verkregen door de verbranding van suikers. Verbranding is het proces waarbij zuurstof wordt gebonden aan suiker. Hierbij komt energie en CO_2 vrij. Aan de verbruikskant van de assimilatenbalans staan dus de ademhaling en de drogestofproductie.



De assimilatenbalans kan in evenwicht worden gebracht vanaf twee kanten, namelijk de aanmaakkant of de verbruikskant. In de klassieke teeltwijze ligt het accent vaak aan de verbruikskant. Onder andere door het verlagen van de temperatuur wordt getracht het (onnodig) verbruik te beperken. Groei, productie en kwaliteit beginnen echter met de aanmaak van assimilaten (suikers), oftewel de fotosynthese.

Nieuwe inzichten leidden er daarom toe dat het accent wordt gelegd op de aanmaakkant van de balans; maximale aanmaak van suikers en dus maximale benutting van het licht. Uitgangspunt is dat de winst die ontstaat door bevordering van de aanmaak veel groter is dan proberen het verbruik te beperken door de (onderhouds)ademhaling te verlagen met lage temperaturen. Er kunnen overigens voor de teler/ondernemer goede redenen zijn om hiervan af te wijken, bijvoorbeeld door marktomstandigheden, het verkrijgen van een gewenste plantvorm, of wegschermen van licht om te hoge vrucht- of bloem(knop)temperatuur te voorkomen.

Vorige

Volgende

1.3 De energiebalans van de plant

Een plant heeft niet de mogelijkheid om zich te verplaatsen en is daarom zeer goed uitgerust om zelfs met zeer grote aanvoer van energie om te gaan. Het evenwicht tussen aanvoer en afvoer van energie noemen we de energiebalans van de plant. Op deze energiebalans is de algemene Wet van Behoud van Energie volledig van toepassing. De plant is net als elk ander lichaam of object onderhevig aan de wetten van de natuurkunde. De aan- en afvoer van energie kan op twee verschillende manieren plaatsvinden:

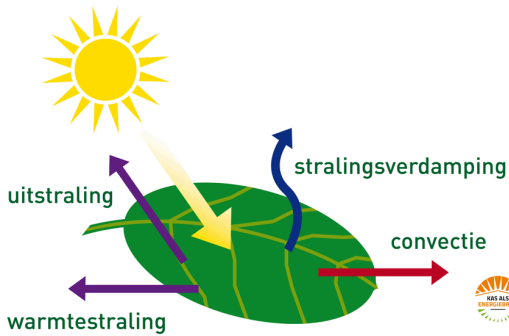
- **Straling:** dit is warmteoverdracht zonder rechtstreeks contact of via een medium. Hierbij maken we onderscheid tussen kortgolvlige straling die wordt geleverd door de zon of door assimilatiebelichting en langgolvlige warmtestraling die het gevolg is van temperatuurverschillen tussen objecten.
- **Convectie:** dit is warmteoverdracht via de lucht. Een gewas ontvangt warmte via convectie door contact met de kaslucht die warmer is dan het blad. Een gewas kan ook warmte afstaan aan de kaslucht via convectie als het blad warmer is dan de kaslucht.

De kortgolvlige straling is normaal gesproken voor de plant altijd een toevoer van energie. De langgolvlige straling kan energie toevoeren als de plant kouder is dan de omgeving, maar ook afvoeren indien de plant warmer is dan de omgeving, zoals de bodem, het kasdek of het energiescherm. Deze vorm van energieverlies wordt ook wel uitstraling genoemd. De langgolvlige straling kan dus net als de convectie aan beide kanten van de energiebalans voorkomen. De sluitpost is dan de verdamping. Verdamping kan alleen plaatsvinden als er een netto overschot op de energiebalans is.

Energie en verdamping

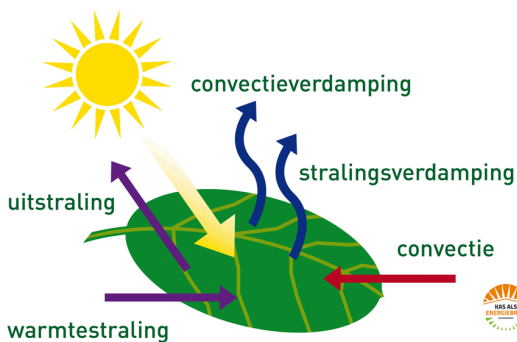
Omdat voor de verdamping van water enorm veel energie nodig is (circa 2500 kilo Joule per kg) is dit een krachtig instrument voor de planten om grote hoeveelheden energie, met name door de instraling van de zon, te kunnen 'absorberen' en af te voeren. Het is dus heel voor de hand liggend om het verdampingsproces te benaderen vanuit de energiebalans. Door alle componenten van de energiebalans in beschouwing te nemen, komen we tot verrassende 'nieuwe' inzichten rond de gewasverdamping. Juist ook in situaties waarbij de plant in moeilijkheden komt door een te hoge verdamping, of bij het stagneren van de verdamping.

Energiebalans van een blad warmer dan de kaslucht



Als het blad warmer is dan de kaslucht wordt het blad gekoeld door stralingsverdamping, convectie afgifte, warmtestraling naar de omgeving en uitstraling naar het kasdek.

Energiebalans van een blad kouder dan de kaslucht



Als het blad kouder is dan de kaslucht draait de richting van de warmtestraling en van de convectie om. De verdamping wordt dan hoger omdat de component convectieverdamping erbij komt. De uitstraling draait niet om van richting omdat het kasdek nog steeds kouder kan zijn dan het blad.

Vorige

Volgende

1.4 De waterbalans van een plant

De waterbalans van de plant wordt niet alleen bepaald door de verhouding tussen de wateropname en de verdamping. Met name de watervoorraad in het gewas speelt een belangrijke rol. Voornaamste doelstelling van het aansturen van de waterbalans is de toename van het versgewicht van de plant. Echter wanneer de verdamping hoog is, kan het gewas deze watervoorraad aanspreken om de tweede doelstelling te realiseren. Dit is het open houden van de huidmondjes wanneer licht aanwezig is. Regelmaat in de hoeveelheid vruchten aan het gewas (plantbelasting) is dus ook een stuurfactor voor de waterbalans. De functie van verdamping is meerledig:

- Koeling
- Transport van voedingsstoffen in de plant
- Opname van enkele voedingsstoffen zoals borium en calcium

Om de waterbalans goed te kunnen aansturen is het van groot belang om altijd eerst de omstandigheden goed onder ogen te zien. Daarbij komt dat er zeer tegengestelde doelstellingen zijn voor het aansturen van de waterbalans. In de lichtperiode is niet maximale verdamping maar maximale opening van de huidmondjes het doel om de CO₂-opname niet te belemmeren. Op de lange termijn gaat het erom om zoveel mogelijk water in de plant te krijgen voor toename van groei van het versgewicht, met name van de oogstbare delen.

Bij hoge instraling (zonnig)

Tijdens een zonnige dag is er een zeer grote dynamiek aanwezig. Allereerst rond zon-op gaat de convectieverdamping zeer snel over in de stralingsverdamping. In het traject van stijgende instraling zal er nauwelijks toename van het gewasgewicht (groei) plaatsvinden. Het kan zelfs voorkomen dat een deel van het water voor de verdamping uit het gewas wordt gehaald. De watervoorraad in het gewas speelt dan een belangrijke rol om de waterbalans in evenwicht te houden. Vruchtdiameter en/of stengeldiameter kunnen dan afnemen. In die zin is dus de plantbelasting mede een stuurmiddel voor de waterbalans. Met de oogstfrequentie kan hier dan bijvoorbeeld bewust op worden ingespeeld door het gewas niet (te snel) leeg te oogsten.

Op een zonnige dag is in het traject van afnemende instraling de wateropname groter dan de verdamping. Hiermee kan de vochtonttrekking van de ochtend worden hersteld. Groei van jonge vruchten vindt met name plaats in de voornacht en kan in een lager tempo de hele nacht doorgaan tot de volgende ochtend. In deze periode is het dus verstandig om vochtonttrekking door verdamping zo laag mogelijk te houden.

Het mag duidelijk zijn dat bij sterk stijgende instraling de waterbalans ook met de klimaatregeling maximaal moet worden ondersteund. Door de luchtvochtigheid op een hoog niveau te houden (VD rond de 5 gram/m³ of lager) kunnen de huidmondjes maximaal geopend blijven. Door middel van een planttemperatuurmeter kan worden gevolgd of de VPD niet te hoog wordt. Met deze informatie kan bijvoorbeeld de raamstand, de inzet van dakberegening of verneveling optimaal worden aangestuurd. In de afgelopen jaren is daardoor duidelijk geworden dat de redenering ‘in de ochtend moet het gewas het eerst zelf kunnen’ niet op gaat. Juist in het traject van sterk toenemende instraling (dus voor de middag) is de kans op waterstress het grootste. De effecten van waterstress worden echter vaak pas in de namiddag zichtbaar. Hierdoor is de misvatting ontstaan dat ingrijpen het meest effectief is in de namiddag. Gebleken is dat hoe eerder wordt ingegrepen om stress te voorkomen, hoe effectiever het gewas de hoge instraling kan benutten voor de fotosynthese.

Bij lage instraling (donker)

Tijdens een donkere dag ligt de hoogte van de verdampingsnelheid op een laag niveau. De verdamping vindt voornamelijk plaats op basis van de nattebolverdamping. Luchtbeweging is dan de belangrijkste maatregel om te voorkomen dat de verdamping te laag wordt. Als dit niet genoeg is kan extra energie worden toegevoegd door te stoken. De hoogte van de temperatuur is niet van belang voor de hoogte van de verdamping. Verlagen van de luchtvochtigheid is wel effectief om de verdamping te bevorderen. Samenvattend zullen op een dag met lage instraling waterstress en wateronttrekking aan de vruchten niet aan de orde zijn. Op een donkere dag blijken de jonge vruchten dan ook juist in de ochtend te groeien.

Vorige

Door naar het volgende hoofdstuk

2. Kassen

In dit hoofdstuk ligt de nadruk op de natuurkundige principes van wat er in de kas gebeurt, wat betreft de water- en energiebalans en verschillende vormen van luchtbeweging. Het psychrodiagram speelt hierin een belangrijke rol. De tekst bevat naast de algemene analyse, praktische toepassingen op karakteristieke en herkenbare situaties.

Begin met dit hoofdstuk

2.1 Klimaatbeheersing in moderne kassen

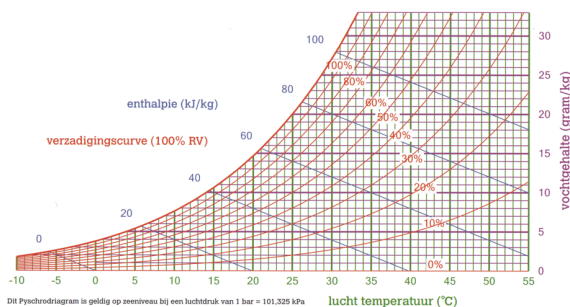
Het telen van gewassen in kassen, zowel vruchtgroenten als sierteelt, komt voort uit de noodzaak om de gewassen te beschermen tegen de wisselingen van het weer en beheersing van de omstandigheden voor een optimale productie en kwaliteit. De keerzijde is dat er in de moderne en steeds beter geïsoleerde kassen ook ongewenste situaties kunnen ontstaan, met name door ophoping van vocht als er geen goede balans is tussen vochtproductie door onder andere gewasverdamping en vochtafvoer.

Om het groeiklimaat in de kassen te verbeteren is het allereerst vereist om dieper inzicht te krijgen in wat er natuurkundig in de kas gebeurt. Hiervoor is een analyse van de energie- en waterbalans van de kas en kennis van onder andere het Psychrodiagram noodzakelijk. Pas nadat het duidelijk is geworden hoe de natuurkundige processen verlopen en op welke manier de reeds aanwezige instrumenten moeten worden gestuurd, heeft het zin om te kijken naar eventuele aanvullende hulpinstallaties.

[**Vorige**](#)[**Volgende**](#)

2.2 Het Psychrodiagram

In ons dagelijks leven heeft de mens voortdurend te maken met de eigenschappen van vochtige lucht bij verschillende temperaturen. Buiten kan het regenen of mistig zijn, het fietszadel is misschien nat van de dauw, autoruiten zijn beslagen, krabben is soms zelfs nodig terwijl het nog echt niet vriest. Desondanks verdiepen we ons zelden in de natuurkundige achtergrond van deze verschijnselen. Als we iets willen leren over de eigenschappen van vochtige lucht komen we onvermijdelijk uit bij het Psychrodiagram. Dit is een grafiek of een tabel waaruit de eigenschappen van vochtige lucht bij verschillende temperaturen kunnen worden afgelezen.



Op de horizontale as staat de temperatuur van de lucht van -10 tot 55°C. Op de verticale as staat de vochtinhoud van de lucht in gram/kg aangegeven. Dit is het absolute vochtgehalte, afgekort AV.

De online versie van het Psychrodiagram is te bereiken via: <http://hnt.letsgrow.com/psychro>.

Hiermee is het mogelijk om naast elkaar de condities in de kas en buiten en in de plant in te voeren en de diverse afgeleide grootheden te laten berekenen, als mede de verschillen tussen beide.

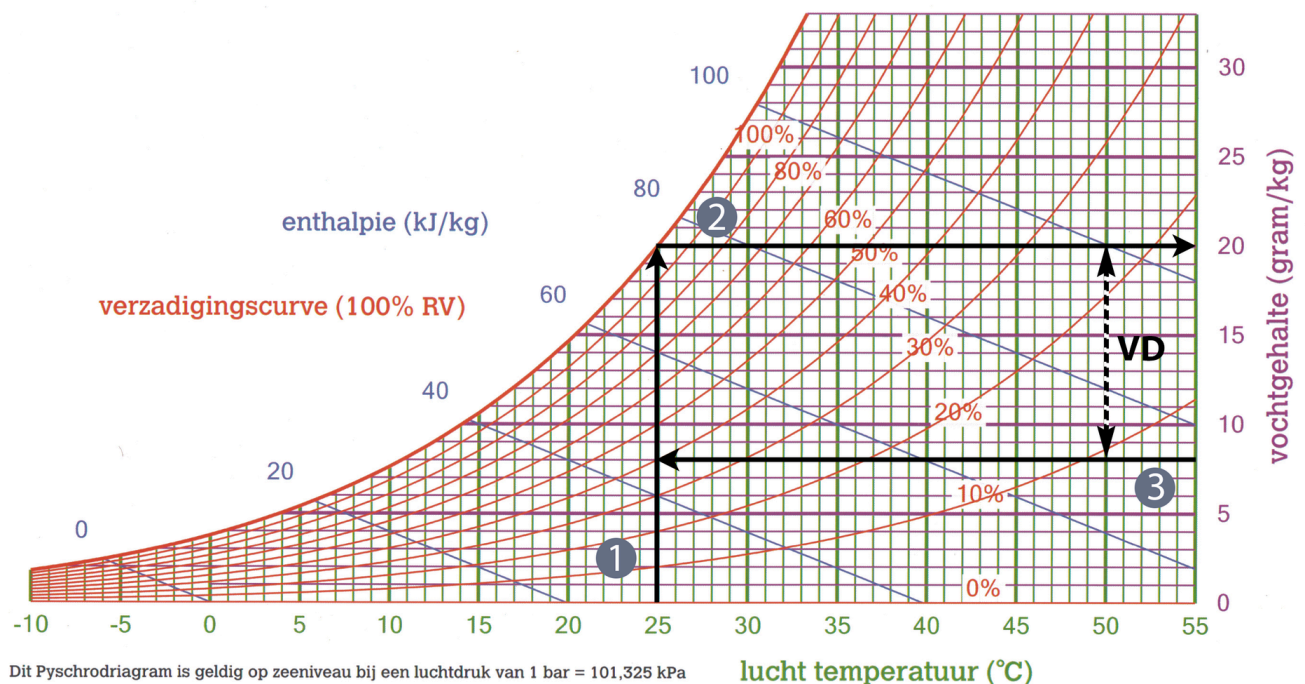
Vorige

Volgende

2.2.1 De basisbegrippen in het Psychrodiagram

Verzadigingscurve

Lucht van een bepaalde temperatuur kan maximaal een aantal grammen waterdamp bevatten. In die toestand noemen we de lucht verzadigd en is de relatieve luchtvochtigheid - de RV - 100%. Meer waterdamp kan de lucht niet vasthouden, dus als er bijvoorbeeld via verdamping nog meer waterdamp wordt toegevoerd moet deze condenseren tot vloeibaar water. Als er minder waterdamp in zit dan de maximale hoeveelheid, dan spreken we over een lagere relatieve vochtigheid. Dat kunnen we zien in het diagram. Neem bijvoorbeeld verzadigde lucht van 25°C. Uit de grafiek valt op te maken dat er dan 20 gram waterdamp per kg lucht in zit door vanaf de onderste horizontale temperatuurlijn bij 25°C recht omhoog te gaan tot aan de bovenste kromme verzadigingslijn (in de figuur weergegeven met lijn 1) en vanaf dat kruispunt een horizontale lijn te volgen tot de rechter verticale as (weergegeven met lijn 2).



Voor een gegeven combinatie van temperatuur en vochtigheid kunnen de verschillende grootheden worden afgelezen in het diagram: AV, RV, en VD. Als één van de drie waarden bekend is kunnen de andere twee worden afgelezen of berekend.

In dit voorbeeld: lucht van 25°C en een RV van 100% (onthoud dat 100% luchtvochtigheid de verzadigingscurve wordt genoemd) heeft een AV van 20 gram/kg; volg lijnen 1 en 2. Terwijl lucht van 25°C en een AV van 8 g/kg overeen komt met een RV van 40%; volg lijn 3 naar lijn 1. Het VD komt dan overeen met 12 gram/kg; weergegeven met de onderbroken lijn.

De online versie van het Psychrodiagram is te bereiken via: <http://hnt.letsgrow.com/psychro>.

Absoluut vochtgehalte AV

Hoewel AV in feite de basis is van het Psychrodiagram, is het voor veel mensen toch een nieuw begrip. Meestal wordt immers gesproken over Relatieve vochtigheid (RV) of Vochtdeficit (VD). De waarschijnlijke oorzaak is dat de allereerste instrumenten om vochtigheid te meten, de haarhygrometers, reageren op RV. Ook de ontwikkeling van schimmels en dergelijke is gerelateerd aan RV. Later is naast RV ook VD in de tuinbouw ingeburgerd in verband met de plantactiviteit. AV geeft echter het beste en eenvoudigste inzicht in de vochtbalans van de kas; komt er vocht bij, wordt het vocht minder of blijft het stabiel? Daarnaast geeft het verschil in AV een goede maatstaf voor de mogelijkheid van vochttransport door bijvoorbeeld een energiescherm of door een luchtraam. Let wel: AV komt hiermee zeker niet in de plaats van RV en VD; het geeft aanvullende informatie over de vochtigheidstoestand.

Relatieve vochtigheid RV

Onder de verzadigingslijn staan meerdere parallelle kromme lijnen getekend. Die stellen de verschillende RV's voor. Door nu vanaf de onderste horizontale temperatuurlijn bij 25°C recht omhoog te gaan naar de RV lijn van 40% en vervolgens weer een horizontale lijn vanaf dat kruispunt naar de rechter verticale as te trekken (ter hoogte van lijn 3 in de figuur), zien we dat de waterdampinhoud bij die toestand 8 g/kg bedraagt en dat is exact 40% van 20 g/kg. Met andere woorden: de relatieve luchtvochtigheid is het percentage aan waterdamp dat in de lucht zit ten opzichte van wat er bij een bepaalde temperatuur maximaal in kan zitten.

Het vochtdeficiet VD

Een andere afgeleide grootheid in het Psychrodiagram is het vochtdeficiet. Dit geeft aan hoeveel vocht er nog kan worden toegevoegd alvorens de lucht verzadigd is, uitgedrukt in gram/kg. In het bovenstaande voorbeeld van een luchttemperatuur van 25°C en een RV van 40% bevat de lucht 8 gram vocht per kg. Het maximale vochtgehalte is 20 gram/kg. Het vochtdeficiet VD (weergegeven met de onderbroken lijn) is daarmee gelijk aan $20 - 8 = 12$ gram/kg. Veel plantkundigen geven de voorkeur aan een weergave in VD omdat ze hiermee een beter beeld hebben van de 'verdampingsruimte' voor de plant. Omgekeerd kan het VD misleidend zijn omdat het weinig inzicht geeft in condensatierisico's. In feite is het dus zo dat geen enkele grootheid een volledig beeld geeft en dat er, afhankelijk van de situatie en het doel, naar verschillende grootheden moet worden gekeken.

Energie-inhoud of enthalpie

Bij elke temperatuur en vochtigheid hoort een bepaalde energie-inhoud of enthalpie. Deze energie inhoud bestaat uit twee delen. Het ene is de zogenoemde voelbare warmte. Dit is gekoppeld aan de temperatuur van de lucht en dus letterlijk voelbaar. Het andere deel wordt genoemd de latente energie. Dit is gekoppeld aan de vochtinhoud van de lucht. In het diagram zijn lijnen van gelijke enthalpie aangegeven in de vorm van lijnen die van linksboven schuin naar rechtsonder lopen. De energie inhoud in kJ/kg kan linksboven worden afgelezen. Lucht van 0°C met 0 gram/kg vocht heeft per definitie een enthalpie van 0 kJ/kg. In het diagram heeft lucht van 25°C en circa 6 g/kg vocht (RV = 30%) een enthalpie van 40 kJ/kg. Maar lucht van 15°C met 10 g/kg vocht heeft de zelfde energie-inhoud, evenals lucht van 40°C met een vochtinhoud van 0 g/kg. Voor gedetailleerde uitleg zie de [Begrippenlijst Theorie](#).

Soortelijke massa

Wat voor de eenvoud niet in het diagram is weergegeven, is de soortelijke massa van de lucht in kg/m³. Iedereen is wel bekend met het feit dat droge lucht uitzet naarmate het warmer wordt en krimpt bij afkoeling. Bijvoorbeeld: 1 kg droge lucht neemt bij 27°C 0,85 m³ ruimte in, en bij 9°C is dat 0,8 m³. Maar 1 kg vochtige lucht neemt ook meer volume in dan eenzelfde gewicht aan droge lucht. Anders gezegd: droge lucht is zwaarder dan vochtige lucht. Dat gaat een beetje tegen het gevoel in, maar bedacht moet worden dat de molecuul massa van waterdamp (H₂O: 18 gram/mol) lager is dan die van droge lucht. Lucht bestaat namelijk voor ongeveer 20% uit zuurstof (O₂: 32 gram/mol) en voor circa 80% uit stikstof (N₂: 28 gram/mol).

De gemiddelde molecuul massa van droge lucht is dus 28,8 gram/mol. Als we waterdamp toevoegen neemt dit de plaats in van de zwaardere droge lucht en de soortelijke massa van het mengsel neemt af. Dat verklaart waarom waterdamp opstijgt in de lucht en dat de wolken niet naar beneden zakken.

Vorige

Volgende

2.2.2 Praktische toepassingen van het Psychrodiagram

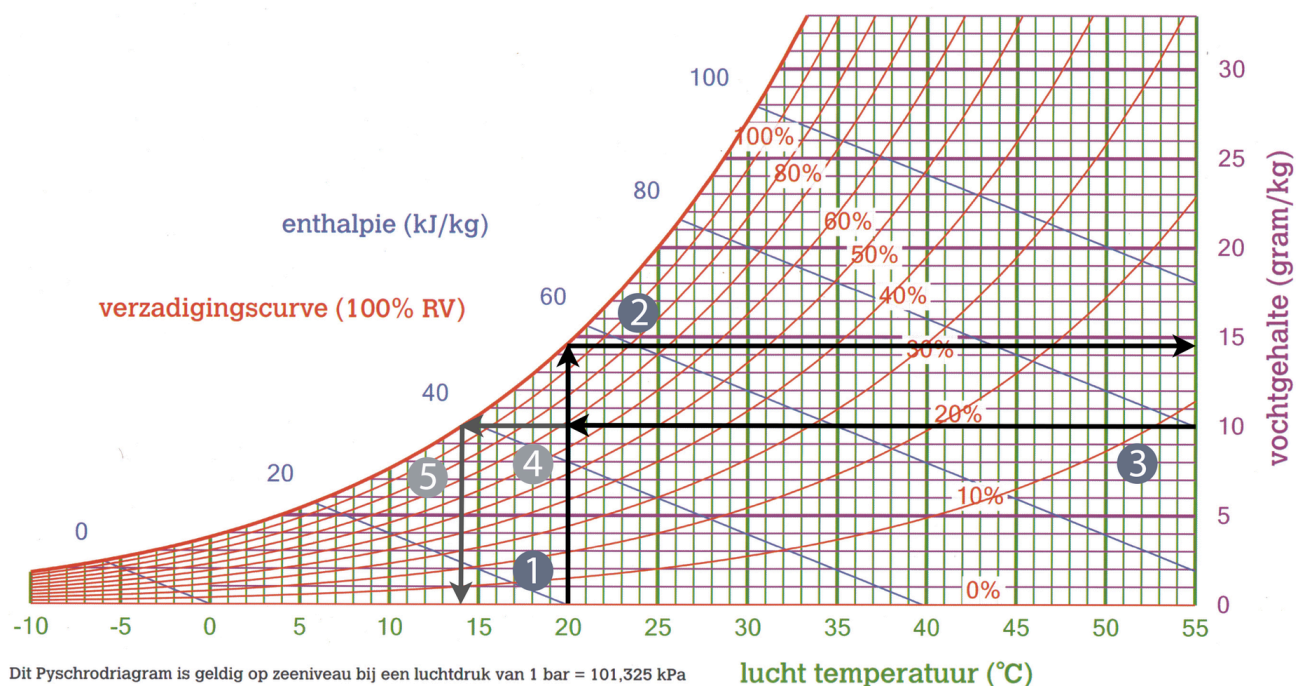
Aan de hand van het Psychrodiagram kunnen we nu allerlei verschijnselen uit het dagelijks leven en het kasklimaat gaan verklaren.

Hoe ontstaan mist, condensatie en dauw?

Mist, condensatie en dauw ontstaan door afkoeling van vochtige lucht. Stel dat het buiten 20°C is met een vochtinhoud van 10 gram/kg. Als we de lijn van 20°C volgen naar boven (in de figuur weergegeven met lijn 1) dan snijdt deze de verzadigingscurve bij een vochtinhoud van circa 14,5 gram (volg lijn 2 naar rechts). Met andere woorden: lucht van 20°C kan maximaal 14,5 gram waterdamp bevatten. En $10/14,5 * 100\% = 69\%$ RV. Zodoende valt dit punt in het diagram ongeveer samen met de lijn van relatieve vochtigheid van 70% (volg lijn 3 naar lijn 1).

Dauwpunt

Als de lucht nu gaat afkoelen, bijvoorbeeld tijdens een heldere avond, moet in het diagram de horizontale lijn van 10 g/kg naar links worden gevolgd (weergegeven als lijn 4). Dat leidt achtereenvolgens tot de lijnen van 80% en 90% RV, wat betekent dat de RV hoger wordt terwijl de vochtinhoud in g/kg gelijk blijft. Tenslotte wordt de verzadigingscurve gesneden. Door vanuit dit snijpunt recht naar beneden te gaan (volg lijn 5), kan onderaan de temperatuur van circa 14°C worden afgelezen. Deze temperatuur wordt ook wel het dauwpunt genoemd.



Het dauwpunt van lucht van 20°C en een AV van 10 gram/kg komt uit op 14°C.

De online versie van het Psychrodiagram is te bereiken via: <http://hnt.letsgrow.com/psychro>.

Condensatie

Als de lucht nog verder afkoelt tot beneden het dauwpunt, dan raakt de lucht oververzadigd en ontstaat er mist. Mist bestaat eigenlijk uit heel kleine waterdruppeltjes die in de lucht zweven. Bij verdere afkoeling klonteren deze druppeltjes samen tot grote druppels die naar de grond vallen als condens of 'regen'. Dan condenseert de waterdamp en de lucht wordt dus per saldo droger. De RV blijft echter constant, namelijk 100%. Een andere manier om waterdamp te laten condenseren, is om een koud voorwerp in de lucht te brengen. Op het grensvlak van dit voorwerp koelt de lucht af, als dit beneden het dauwpunt is ontstaat er op het voorwerp condens.

Een praktijkvoorbeeld is dat de bril beslaat van iemand die van buiten komt. Stel dat het in de kamer 25°C is met een RV van 50%. In het diagram is af te lezen dat de vochtinhoud van de lucht dan 10 g/kg is en dat het dauwpunt ongeveer 14°C is. Als de bril beslaat van iemand die van buiten de kamer binnenstapt, dan weten we dat het buiten kouder moet zijn dan 14°C.

Hoe ontstaat gewascondensatie bij temperatuurverschil in de kas?

In een kas kan de vochtigheid van de lucht hoog oplopen. Zeker bij gesloten luchtramen en/of schermdoeken is een relatieve luchtvochtigheid van 90% en hoger niet zeldzaam. Stel dat de kastemperatuur 20°C is en de RV 90% met de meetbox gemeten. De vochtinhoud is dan bijna

13,5 g/ kg en het dauwpunt is ongeveer 18,5°C. Dat betekent dat als bijvoorbeeld langs een koude gevel de luchttemperatuur en ook de gewastemperatuur meer dan circa 1,5°C lager is dan bij de meetbox, er op die koude plekken gemakkelijk condensatie kan optreden. Bij een kastemperatuur van 20°C en een RV van 80% lezen we uit het diagram af dat de 'afstand' tot het dauwpunt ongeveer $20 - 16,5 = 3,5^\circ\text{C}$ is. Met andere woorden, hoe beter de temperatuurgelijkheid in de kas, des te hoger kan de RV oplopen zonder gevaar voor gewascondensatie. Hoe slechter de temperatuur gelijkheid hoe lager de RV moet zijn om buiten de gevarenzone te blijven.

Als 's morgens de bovenkant van de kas opwarmt door de opkomende zon, terwijl de onderkant van de kas - en met name grotere vruchten achterblijven in temperatuur waardoor deze beneden het dauwpunt komen - dan slaat het gewas nat. Dit is dus eigenlijk hetzelfde als dauw in de natuur. Het helpt op dat moment niet om de temperatuur van de kaslucht te verhogen, want daar verandert het dauwpunt niet van. De juiste maatregel is om vocht af te voeren. Het vooraf op een hogere temperatuur brengen van het gewas en de vruchten helpt wel mee om condensatie te voorkomen, zeker als dat gepaard gaat met afvoer van vocht.

Vorige

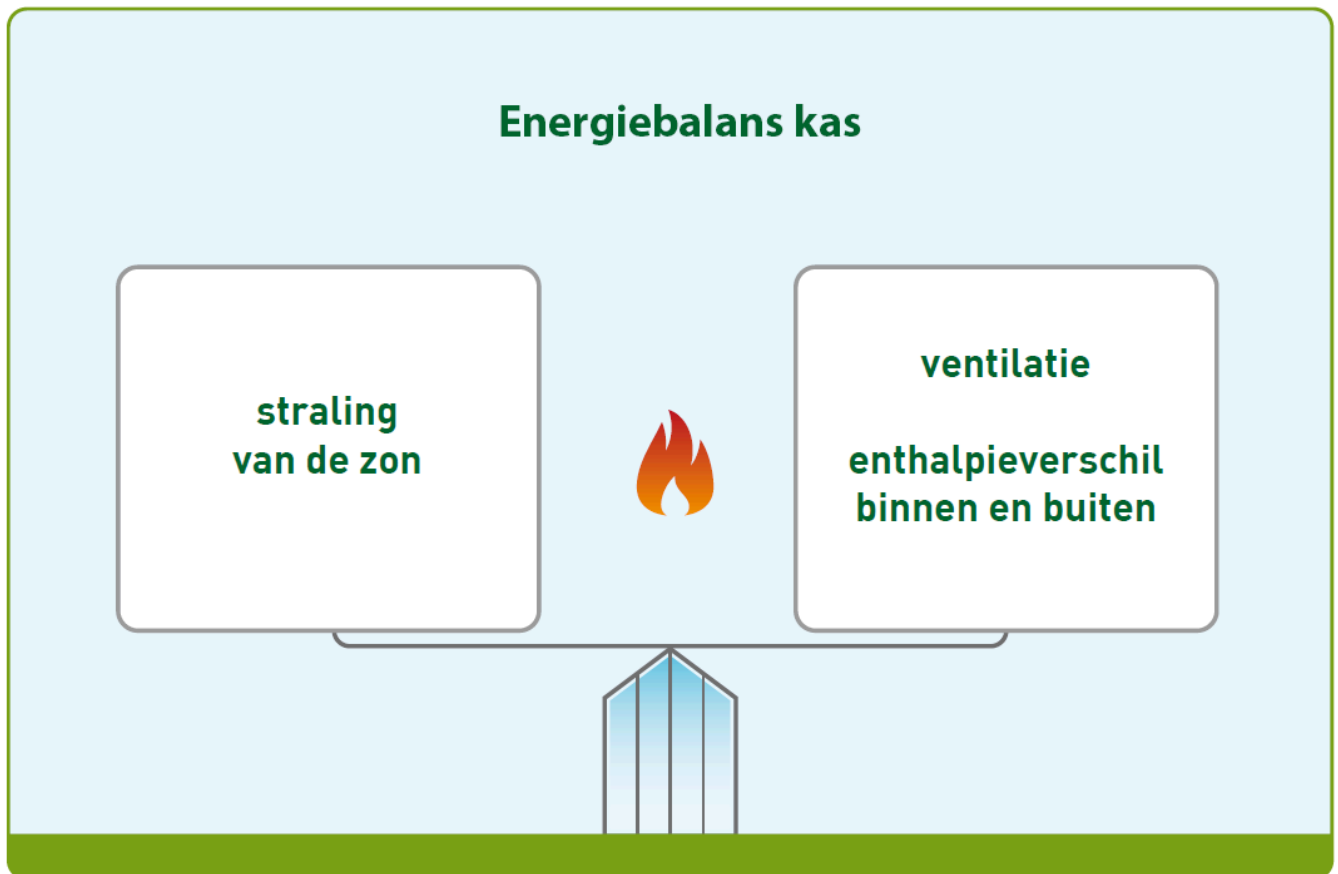
Volgende

2.3 De energie- en vochtbalans van de kas

De energiebalans

Er is een eenvoudige regel die altijd opgaat: de Wet van Behoud van Energie. Energie kan onderling worden uitgewisseld door straling of convectorie. Het kan worden gebruikt voor opwarming of voor verdamping. Maar energie kan nooit spontaan ontstaan of verdwijnen. Dat maakt het rekenen aan de energiebalans weer overzichtelijk: alle energiestromen moeten bij elkaar opgeteld precies nul opleveren. Dat geldt niet alleen voor technische elementen als een verwarmingsbuis of een assimilatielamp, maar ook voor een plant of een deel daarvan, zoals een blad.

Overdag zorgt de zon voor verreweg de meeste energietoevoer in de vorm van straling. Een groot deel van de straling die door het gewas wordt opgevangen, wordt omgezet in verdamping. Omdat de verdampingswarmte van water zo enorm hoog is, namelijk circa 2500 kJ/kg, is dit een krachtige manier van koeling. Door de instraling warmt verder de kasconstructie, de bodem en het gewas op. Door contact met de kaslucht (convectorie) zal deze vervolgens ook in temperatuur stijgen. Door convectorie geeft het kasdek weer energie af aan de buitenlucht, maar er is ook transport door ventilatie via de luchtramen. De lucht die zo uit de kas verdwijnt bevat zowel voelbare als latente warmte.



De energie die door de zon in de kas wordt gebracht moet weer worden afgevoerd door uitwisseling met buitenlucht met een lagere energie-inhoud dan de kaslucht.

Kijkend naar energieafvoer door ventilatie maakt de latente warmte vaak een groter deel uit van de energie-inhoud van de lucht dan de voelbare warmte. Een voorbeeld in getallen maakt dat duidelijk: Stel dat de kaslucht 23°C is en de buitenlucht 20°C . Stel dat de RV in de kas 70% is en de RV buiten is 50%. Het verschil in temperatuur is dus 3 graden en het verschil in absoluut vocht circa 5 gram/kg. Het verschil in voelbare energie is dan ongeveer 3 kJ/kg. Dit is namelijk het verschil in temperatuur maal de soortelijke warmte van lucht: circa 1 kJ/kg. Dus dat maakt $3 \times 1 = 3$. Het verschil in latente energie is echter het verschil in absoluut vocht in kg maal de verdampingswarmte van water die circa 2500 kJ/kg bedraagt. Dat maakt dus $0,005 \times 2500 = 12,5$ kJ/kg, dus ruim vier maal zoveel. Het totale verschil in enthalpie is dan de som van beiden $\approx 15,5$ kJ/kg. Dat betekent in praktische zin dat het vochtgehalte van de lucht een veel belangrijker rol speelt in de energiebalans dan de kasluchttemperatuur.

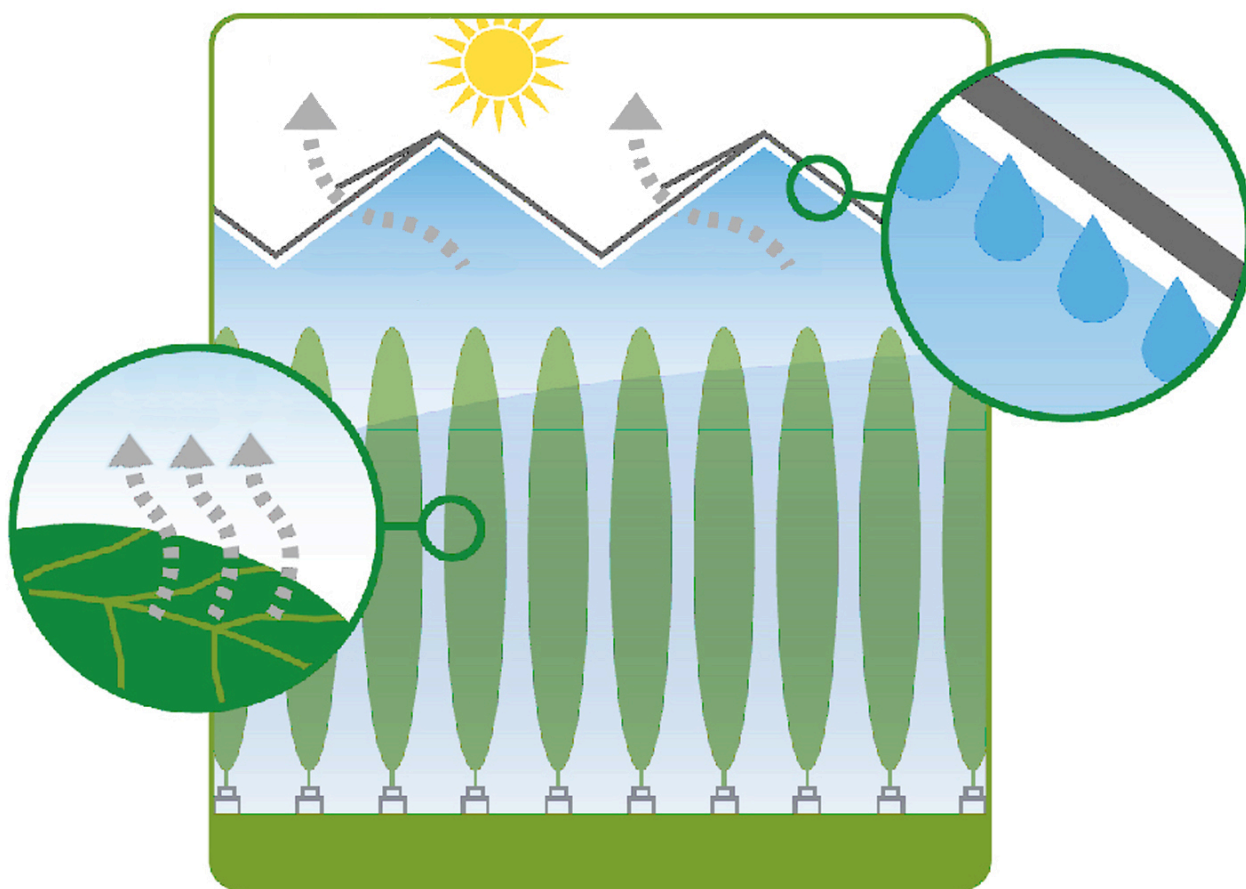
Om de energiebalans in evenwicht te brengen (en daarmee de kastemperatuur stabiel te houden), moeten we de energieafvoer gelijk maken aan de toevoer. Als we dit willen doen met

ventilatie dan moet er een bepaald aantal kubieke meters kaslucht worden uitgewisseld tegen buitenlucht.

De vochtbalans

In de bovenstaande beschouwing is primair gekeken naar de energiebalans, waarbij de vochtbalans hiervan het gevolg was. Uiteraard is het ook een optie om separaat te kijken naar de vochtbalans. Energetisch gezien is er een aanzienlijk verschil in vochtafvoer door condensatie en door ventilatie. Bij ventilatie gaat een hoeveelheid energie verloren die overeenkomt met de geleverde verdampingsenergie, plus de warmte die nodig is om de buitenlucht op te warmen tot kastemperatuur. Zolang deze energie door de zon wordt geleverd is dit geen probleem. Als hiervoor moet worden gestookt is vochtbeheersing een flinke kostenpost. Bij condensatie wordt een (klein) deel van de latente warmte teruggewonnen, zodat er minder energie verloren gaat.

Vochtbalans

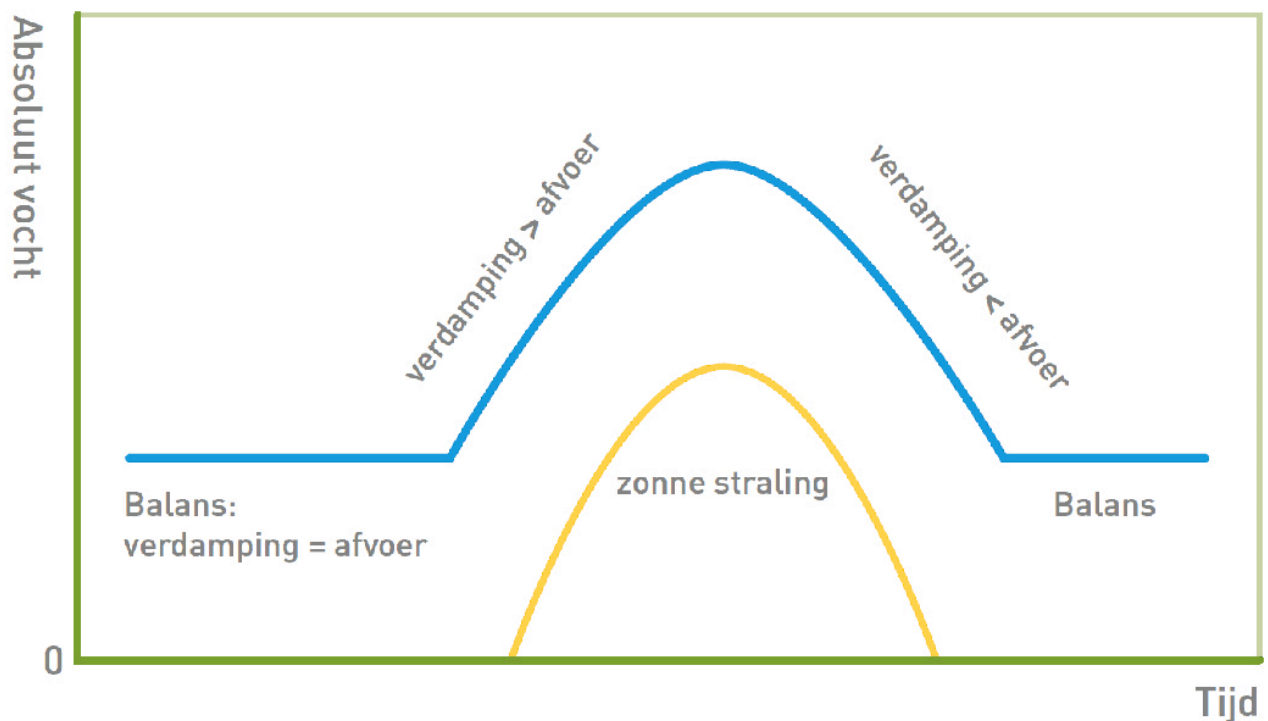


Bij de vochtbalans kijken we naar de aanvoer van vocht en de afvoer. De aanvoer komt meestal overeen met de gewasverdamping. De afvoer wordt gevormd door de combinatie van condensatie tegen het kasdek en de ventilatie.

Het is dus van belang om ten eerste niet meer vocht af te voeren dan nodig en nuttig is en ten tweede om dit bij voorkeur door condensatie te realiseren. Anderzijds moet er ook geen vocht ophopen in de kas. Of de vochtbalans van de kas in evenwicht is, kan goed worden afgelezen aan het verloop van de absolute vochtigheid van de kaslucht.

Het monitoren van het AV-verloop geeft aanvullende informatie over wat er in de kas gebeurt ten aanzien van vocht. Bij een stijgende AV is de verdamping hoger dan de afvoer. Dit zal normaal gesproken optreden bij toenemende instraling of door het inschakelen van lampen. Dit hoeft geen probleem te zijn zolang er geen condensatie op het gewas optreedt en zolang de RV niet te hoog wordt. Maar het kan wel een indicatie zijn dat er (preventieve) maatregelen nodig zijn om problemen te voorkomen, zoals vochtafvoeren door te ventileren. Bij afnemende AV wordt er kennelijk netto vocht afgevoerd en dat is een gunstig teken, met name in de nacht onder een gesloten energiescherm.

Absoluut Vocht is de controle



Het verloop van de absolute vochtinhoud AV van de kaslucht geeft goed weer of de vochtbalans in evenwicht is.

[Vorige](#)

[Volgende](#)

2.4 Afkoeling door uitstraling

Elk lichaam zendt langgolvlige warmtestraling uit naar de omgeving. Langgolvig wil zeggen in het golflengte bereik van 4500-100.000 nanometer. De intensiteit van deze warmtestraling is afhankelijk van de temperatuur van het lichaam en wordt weergegeven in de wet van Stefan Boltzmann:

$$E = C_b \times 5,67 \times 10^{-8} \times T_b^4 \text{ [W/m}^2 \text{]}$$

Hierin is:

- E de uitgezonden energie in watt per vierkante meter.
- T_b de temperatuur van het lichaam in graden Kelvin. Dit is dezelfde schaal als Celsius, met dat verschil dat het nulpunt bij -273°C ligt. Zo komt 15°C dus overeen met $273 + 15 = 288$ graden Kelvin.
- C_b de emissiefactor die wordt bepaald door het materiaal en de oppervlakte-eigenschappen van het lichaam en ligt tussen 0 en 1. Voor een zogenaamde 'ideale zwarte straler' is C_b gelijk aan 1.
- Voor planten en andere waterige lichamen ligt C_b tussen 0,95 en 0,98. Voor glas geldt een C_b waarde rond 0,85. Kunststof heeft een gemiddelde C_b waarde van circa 0,8 en voor aluminium geldt een waarde van rond 0,4.

Uitstraling is een belangrijk onderdeel van het energieverlies van de kas. Dit komt doordat de kas een relatief warm object vormt tegenover een 'hemel' die zeer koud kan zijn. We kunnen deze uitstraling meten met een zogenaamde pyrgeometer. De meting wordt volgens de Internationale norm voor meteorologische gegevens uitgedrukt als een negatief getal en heeft een bereik van 0 tot ongeveer -150 W/m^2 . Als de lucht is bedekt met bewolking is de uitstraling laag, omdat de wolken dan ongeveer dezelfde temperatuur hebben als het aardoppervlak. Er wordt dan weliswaar langgolvlige straling uitgezonden, maar er komt ongeveer net zo veel weer terug. Het mag duidelijk zijn dat een uitstraling van -150 W/m^2 een aanzienlijke afkoeling van de kas kan veroorzaken. Deze waarde komt immers overeen met de capaciteit van een gangbare verwarmingsinstallatie.

Welk effect heeft de uitstraling buiten nu op het kasklimaat en op het gewas? Het is niet zo dat de langgolvlige uitstraling dwars door het kasdek gaat. Met andere woorden, een heldere hemel zorgt niet direct voor afkoeling van de kaslucht en het gewas maar indirect. Eerst koelt het kasdek af door uitstraling en daardoor neemt ook de uitstraling van het gewas toe. Door het koudere kasdek zal ook de kaslucht afkoelen door convectie.

Vorige

Volgende

2.5 Energiebalans en vochtbalans in verschillende situaties en seizoenen

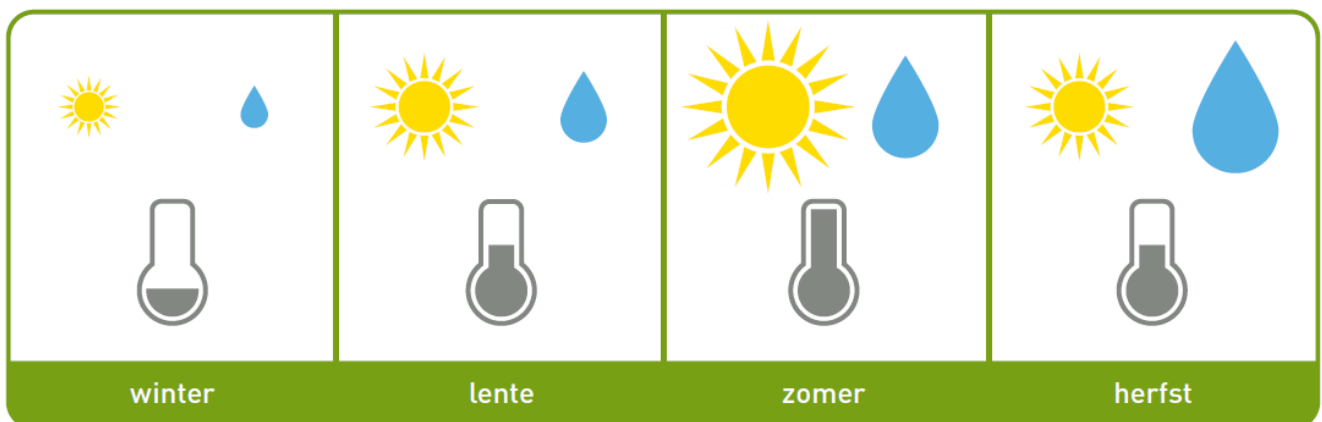
De energiebalans speelt een centrale rol in het kasklimaat. Inzicht in de energiebalans geeft een handvat om het klimaatverloop te begrijpen en te beïnvloeden met de verschillende regelinstrumenten. Daarbij zijn niet alleen de energiebalans en de vochtbalans van de kas maatgevend, maar ook die van het gewas dat zich immers moet aanpassen aan de omstandigheden. Per etmaal zijn globaal de volgende zes kenmerkende situaties in de kas te onderscheiden:

- Nacht, zonder PAR-straling
- Nacht, maar met kunstmatige belichting
- Overgang nacht → dag
- Dag met weinig instraling
- Dag met veel instraling
- Overgang dag → nacht

Omdat de energiebalans en de vochtbalans weer samenhangen met de buitenomstandigheden is het zinvol om verder onderscheid te maken tussen verschillende seizoenen of weertypen:

- Winter: weinig straling , lage buitentemperatuur, lage luchtvochtigheid
- Lente: toenemende straling , lage buitentemperatuur , lage luchtvochtigheid
- Zomer: veel straling, hoge buitentemperatuur, lage luchtvochtigheid
- Herfst: afnemende straling, hoge buitentemperatuur en hoge luchtvochtigheid

Seizoenen



Voor de volledigheid moet een matrix worden gemaakt van alle voorkomende combinaties van kas situaties en weertypen. Enkele uitgewerkte voorbeelden worden besproken in sectie 3.6 van

het boek: '[De basis principes van Het Nieuwe Telen](#)'. Probeer zelf combinaties te begrijpen door met Kassim enkele kas situaties en weertypen te simuleren.

Vorige

Volgende

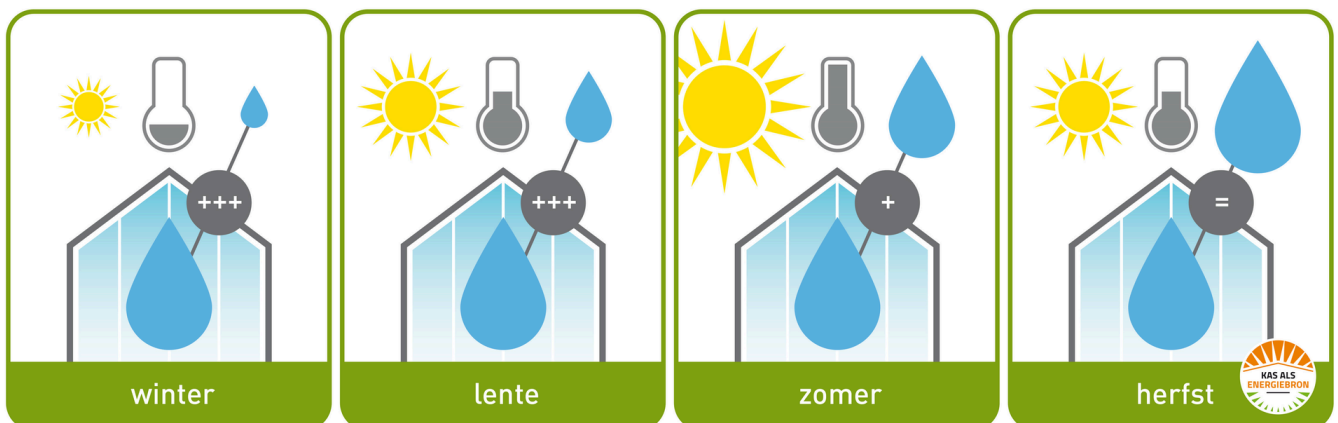
2.6 Verschil enthalpie en vocht binnen-buiten

Elke teler weet dat het kasklimaat in hoge mate samenhangt met de buitenomstandigheden. Dat geldt zeker voor het geval er moet worden geventileerd, hetzij op een natuurlijke manier via de luchtramen, hetzij geforceerd met ventilatoren. Kenmerkend zijn hierbij het verschil in enthalpie en het verschil in absolute vochtigheid:

- Het verschil in enthalpie is bepalend voor de mate waarmee met buitenlucht de kas kan worden gekoeld.
- Het verschil in absolute vochtigheid is bepalend voor de mate waarin met buitenlucht de kas kan worden ontvochtigd.

In de praktijk is er een sterke koppeling tussen die twee, omdat ontvochtigen dankzij de gewasverdamping gepaard gaat met koeling.

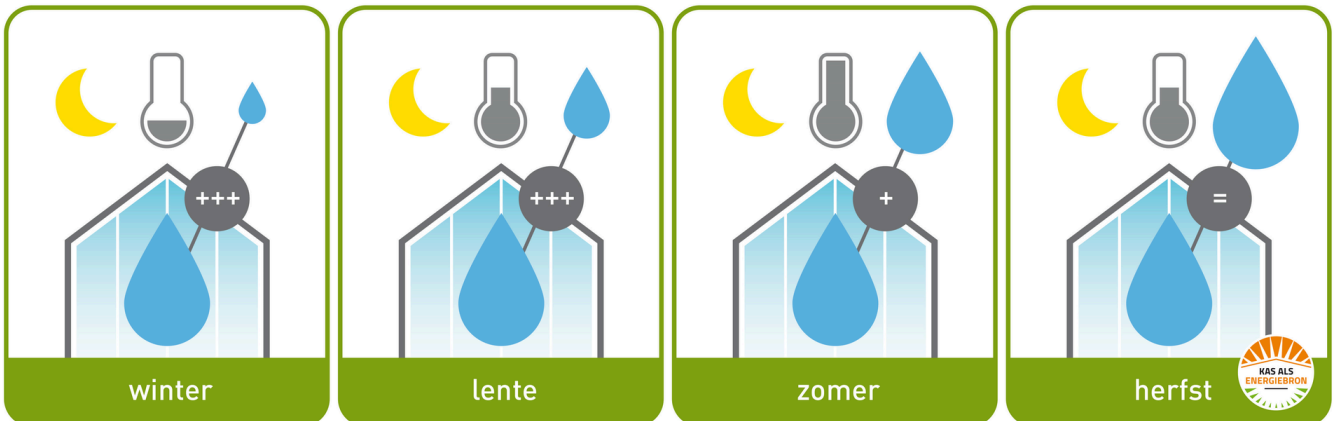
Seizoensverschil enthalpie binnen - buiten overdag



Het verschil in enthalpie binnen-buiten is in de winter en de lente erg groot.

In de winter en in de lente is de kas vaak makkelijk te koelen met natuurlijke ventilatie omdat het enthalpie verschil tussen kaslucht en buitenlucht groot is.

Seizoensverschil absoluut vocht binnen - buiten 's nachts



In het overgrote deel van het jaar is het verschil in absoluut vocht binnen- buiten in de nacht groot genoeg. In de herfst is het verschil het kleinst.

De problematiek van vochtafvoer uit de kas per seizoen verschilt. Met name de nazomer is algemeen erkend als lastige periode. Maar ook kan het ene jaar anders zijn dan het andere. Het is eenvoudig onmogelijk om vocht af te voeren als er geen verschil is tussen binnen en buiten. De enige manier is dan om kunstmatig een verschil te creëren door de kastemperatuur te verhogen. Nog beter is natuurlijk om te zorgen dat het verschil niet te klein kan worden, bijvoorbeeld door aan het einde van de dag de kas geleidelijk te laten afkoelen volgens de dalende lijn van de buitentemperatuur, in plaats van de kas abrupt af te luchten. Hierdoor wordt de energie van de zon optimaal benut.

Vorige

Volgende

2.7 Invloed buitencondities op het kasklimaat

Tot nu toe werden de vocht- en energiebalans van de kas min of meer afzonderlijk bekeken. In werkelijkheid zijn die echter in hoge mate gekoppeld. Het afvoeren van energie en vocht door de luchtramen gaat immers hand in hand. Uit het [Psychrodiagram](#) is af te lezen hoe deze stromen van waterdamp en energie zich verhouden.

✓ **Een rekenvoorbeeld:** stel dat het in de kas 25°C is met een RV van 70% ; de vochtinhoud is dan circa 14 g/kg en de energie inhoud is 60 kJ/kg. Terwijl het buiten 20°C is met een RV van 50%. Dat betekent een vochtinhoud van 7 gram/kg en een energie inhoud van 40 kJ/kg.

Met elke kg lucht die wordt uitgewisseld wordt ongeveer 7 gram vocht en 20 kJ energie afgevoerd. De afvoer van energie zorgt ervoor dat de kastemperatuur niet te ver oploopt. De afvoer van vocht zorgt ervoor dat het in de kas niet te vochtig wordt. Belangrijk is te beseffen dat deze verhouding is gekoppeld aan de buitenomstandigheden en dat deze buitenomstandigheden ondanks geavanceerde klimaatcomputers zeer bepalend zijn voor het klimaat in de kas.

✓ **Een rekenvoorbeeld:** op een mooie zomerdag is de zonnestraling 850 W/m^2 buiten gemeten. Door reflectie van het glas en het gewas blijft in de kas 70% netto over, dus 600 W/m^2 . Per uur levert dat per m^2 kas 2150 kJ. energie op. Deze energie wordt deels omgezet in opwarming van de kaslucht (voelbare energie) en deels geabsorbeerd door gewasverdamping en omgezet in waterdamp (latente energie). Uiteindelijk moeten beide vormen van energie ook worden afgevoerd om te zorgen dat de kastemperatuur en/of de vochtigheid niet te hoog worden.

Ventilatiesnelheid gebaseerd op temperatuur

Stel nu dat de bovengenoemde omstandigheden voor kas en buitenlucht gelden, dan zou de ventilatie snelheid dus $2150/20=107 \text{ kg/m}^2.\text{uur}$ moeten bedragen om de energiebalans in evenwicht te houden. Voor de eenvoud van de berekening wordt het warmteverlies van de kasomhulling verwaarloosd. Dit zou betekenen dat er tegelijk $107 \times 7=750 \text{ gram vocht/m}^2.\text{uur}$ wordt afgevoerd. Als de gewasverdamping in werkelijkheid minder is dan deze 750 gram, dan zal bij handhaving van de temperatuur de vochtigheid in de kas dus steeds lager worden. Totdat een evenwicht is bereikt bij een RV die lager is dan 70%. Om dat te voorkomen moet de

ventilatiesnelheid worden beperkt, maar dan loopt de temperatuur verder op. Het is het een of het ander.

Ventilatiesnelheid gebaseerd op vochtigheid

Wordt er niet alleen naar temperatuur gekeken maar ook naar vocht, dan moet de ventilatiesnelheid worden beperkt als het in de kas te droog wordt. Als gevolg daarvan neemt de kastemperatuur toe, maar minder snel dan verwacht. Dit komt doordat, volgens het verloop van de verzadigingscurve in het Psychrodiagram, de energie inhoud van de lucht sneller toeneemt dan de temperatuur. Het is daarom mogelijk om uitsluitend te ventileren op basis van vocht en daarmee de kastemperatuur te stabiliseren. Dit kan eenvoudig worden uitgevoerd door te regelen met een minimum/maximum raamstand gebaseerd op de kas RV of VD.

Ventilatie gebaseerd op de combinatie vocht en temperatuur

In de Nederlandse situatie is een dergelijke werkwijze vaak lastiger omdat de buitencondities veel meer variatie vertonen. Door de steeds wisselende verhouding van zonnestraling, buitentemperatuur en buiten RV zijn ontstaan veel meer de neiging om te regelen op temperatuur. Vanuit de plant gezien zou echter regelen op vocht een veel sterker accent moeten krijgen. Het resultaat is dat er volgens nieuwe inzichten nu wordt gestuurd op een gunstige combinatie van beide, waarbij voor de plant een goed groeiklimaat wordt gerealiseerd.

Door het knijpen van de luchtramen en eventueel aanvullend de RV kunstmatig te verhogen door verneveling, wordt het enthalpieverschil tussen de kaslucht en de buitenlucht groter gemaakt en hoeft er minder lucht te worden uitgewisseld om een bepaalde hoeveelheid energie uit de kas af te voeren. Dat kan zonder bezwaar. Uit onderzoek is namelijk gebleken dat veel typen planten geen moeite hebben met een iets hogere temperatuur als de vochtigheid maar voldoende op peil wordt gehouden. Sterker nog, een combinatie van hoge temperatuur en hoge RV is veel beter voor de groei dan een lagere temperatuur waarbij de RV ook laag is. Dankzij het veel kleinere ventilatievoud blijft er dan meer CO₂ in de kas. Dus het mes snijdt aan drie kanten.

Vorige

Door naar het volgende hoofdstuk

3. Gewas en kas interactie

In dit hoofdstuk komt de interactie tussen gewas en kas aan de orde. Enerzijds is het gewas voor een flink deel afhankelijk van de kascondities, anderzijds heeft het gewas een grote invloed op het kasklimaat met name vanwege de koppelingen in de vochtbalans en de energiebalans. Maar allereerst is de vraag essentieel wat voor kasklimaat eigenlijk wenselijk is. Veel telers geven dan als antwoord dat het klimaat vooral 'actief' moet zijn.

Begin met dit hoofdstuk

3.1 Een actief groeiklimaat voor de plant

Wat is een actief groeiklimaat voor de plant? Allereerst is het zaak te kijken naar aspecten die in elk geval moeten worden vermeden:

- Stagnatie van verdamping
- Condensatie op het gewas
- Stilstaande lucht

Dit zijn namelijk de kenmerken van een dood klimaat. Er bestaat brede praktijkervaring die aantoont dat dit door meerdere oorzaken tot problemen leidt:

- Bij hogere RV neemt de verdamping af en daardoor het transport van voedingsstoffen naar de groeipunten. Met name de aanvoer van calcium is van belang, omdat dit alleen kan gebeuren door transport van water. Stagnatie in verdamping leidt daarom tot zwakke cellen met allerlei groeistoringen: bladrandjes, broeikoppen, neusrot.
- Bij hogere RV komt de dauwpuntstemperatuur heel dicht in de buurt van de kastemperatuur. Temperatuurverschillen van 1-2°C zijn in een normale kas niet bijzonder, maar kunnen er wel voor zorgen dat op koudere plekken condensatie op het gewas optreedt. En dat zijn invalspoorten voor onder andere botrytis. De verdamping valt op deze plekken helemaal stil.

Om deze problemen te vermijden moet het volgende worden voorkomen:

- Vochtophoping rondom en tussen het gewas
- Temperatuurverschillen in de kas
- Uitstraling naar een koud kasdek of een koud energiescherm

Om condensatie te voorkomen kan worden gestreefd naar een lage RV. Aandachtspunt daarbij is dat verlagen van de RV de gewasverdamping bevordert. Bij een sterk verdampend gewas betekent dit dat het afvoeren van vocht letterlijk gelijk staat aan dweilen met de kraan open. Hoe meer vocht er wordt afgevoerd, hoe meer het gewas zal verdampen. De kunst is dus eigenlijk om de RV in de kas niet onnodig te verlagen, maar liever de negatieve gevolgen van een hogere RV te bestrijden. Voor meerdere factoren is het creëren van een subtiele gelijkmatige luchtbeweging cruciaal. De beste manier is om dit lokaal te doen. Het over grote afstanden verplaatsen van lucht kost veel energie en kan zelfs temperatuurverschillen oproepen.

Een andere belangrijke en vaak onderschatte oorzaak van condensatie op het gewas is afkoeling door uitstraling. Door langgolvlige uitstraling naar een koudere omgeving, zoals het kasdek of een schermdoek, kan de temperatuur van gewaskoppen of bloemen onder het

dauwpunt van de kastemperatuur komen. Het is een misvatting dat het sluiten van een enkel schermdoek de uitstraling stopt, alleen een dubbel schermdoek met luchtspouw biedt voldoende bescherming. Het onderste doek neemt dan vrijwel de temperatuur van de kaslucht aan waardoor de uitstraling sterk vermindert. Door toepassing van een dubbel schermdoek met een hoge thermische isolatie kan echter de vochtafvoer een probleem worden. Om die reden is vochtafvoer door geforceerde ventilatie met buitenlucht dan een goede oplossing.

[**Vorige**](#)[**Volgende**](#)

3.2 Energie en vochtbalans van kas/gewas

De interactie tussen kas en gewas komt bij uitstek tot uitdrukking in de wederzijdse energie- en vochtbalansen:

- Gewasverdamping heeft een enorm koelend effect op de kas, maar verhoogt tegelijk de vochtinhoud van de kas.
- Een hoge RV heeft een remmend effect op een deel van de kasverdamping, te weten de nattebolverdamping.
- Onder normale condities houden de energie- en waterbalans van de kas en het gewas elkaar in evenwicht.
- Als een van beide balansen ontspoord, dan heeft dit ook gevolgen voor de ander, waardoor de situatie instabiel wordt. Er ontstaat dan een negatieve spiraal. Bijvoorbeeld als op een warme droge dag het gewas in de stress raakt door een te hoge verdamping. Door het sluiten van de huidmondjes neemt de verdamping af, waardoor de kastemperatuur toeneemt. Volgens de klassieke reactie worden de luchtramen dan zo mogelijk nog verder geopend om de temperatuur in de hand te houden, waardoor echter tegelijk de RV nog meer daalt en de waterstress wordt versterkt. Hiermee is de negatieve spiraal een feit.
- Hierbij kan een laag CO₂-niveau als gevolg van extreem ventileren het stress effect voor de plant nog versterken. Door dit lage CO₂-niveau zal de plant namelijk geneigd zijn om de huidmondjes langer open te houden om toch nog CO₂ te kunnen binnenhalen. Hierdoor raakt de interne waterbalans nog verder verstoord.
- Door nu de tegengestelde actie te nemen, namelijk de luchtramen deels te sluiten en daardoor de vochtafvoer te verminderen, kan de waterbalans van het gewas zich hopelijk herstellen en zal ook de energiebalans van de kas weer in evenwicht komen.

Vorige

Volgende

3.3 Effectiever schermen tegen warmteverlies en uitstraling

Het is duidelijk dat het (af)schermen van de kas grote voordelen heeft voor de groei en ontwikkeling van het gewas, voor een homogeen kasklimaat en voor het beperken van het energieverbruik.

Uitstraling: effecten op het gewas

Wanneer het gewas uitstraling ondervindt naar het koudere kasdek beïnvloedt dat de groei en groei omstandigheden van het gewas. Afkoeling door uitstraling benadeelt de jong aangelegde cellen in de assimilatenverdeling. Zij zullen door de afkoeling minder kunnen concurreren ten opzichte van de warmere vruchten onderin het gewas. Daarnaast zal de aanvoer van calcium in de kop van het gewas in het gedrang komen door het stagneren van de verdamping. Voor het groeipunt en (jonge) vruchten is het juist belangrijk dat het calciumtransport in de nacht doorgaat. Door gebrek aan calcium zullen zwakkere cellen ontstaan doordat de celmembranen en celwanden minder essentiële bouwstenen krijgen aangevoerd. Dit geldt bijvoorbeeld voor jong blad, jonge vruchten, maar ook voor bloemknoppen van snijbloemen of potplanten. Zwakke cellen zijn gevoelig voor overmatige worteldruk die juist door uitstraling wordt bevorderd omdat de verdamping vermindert. Hierdoor kunnen bijvoorbeeld neusrot, bladrandjes, botrytis, ucor, mycosphaerella en binnenrot het gevolg zijn. De strekking van jonge cellen is voor een belangrijk deel afhankelijk van de werking van aquaporines. Als de jonge cellen afkoelen pompen de aquaporines minder water de cel in waardoor bijvoorbeeld de uitgroei van jonge vruchten wordt geremd. Onder invloed van uitstraling ontstaat er zelfs een condensatierisico in de kop van het gewas als deze afkoelt tot onder de dauwpunttemperatuur. Tot voor kort werd er alleen rekening gehouden met condensatie op de vruchten onderin het gewas.

De conclusie is gerechtvaardigd dat uitstraling in de kop van het gewas de gewasgezondheid, vrucht groeien kwaliteit van vrucht of bloem(knop) en blad negatief beïnvloedt. Hiermee is duidelijk hoe belangrijk schermen tegen uitstraling is. Dit kan zelfs overdag bij weinig instraling al effectief zijn.

Netto straling van het gewas

Uitstraling heeft volgens een tweetrapsraket effect op het gewas. In eerste instantie koelt het kasdek af door uitstraling naar de (heldere) hemel en/of door de lage buitentemperatuur. Vervolgens koelt het gewas af door uitstraling naar het koudere kasdek. De pyrgeometer op de meteomast brengt dus de uitstraling in beeld die het kasdek ondervindt. Een netto stralingsmeter in de kas brengt de netto straling in beeld die het gewas ondervindt. Dit is een optelsom van de instraling en reflectie van kortgolvlige straling en langgolvlige uitstraling. Op het

moment dat er geen instraling meer is komt de netto uitstraling van het gewas in beeld. Deze meting in de kas is niet direct geschikt om het openen en sluiten van het scherm te automatiseren. Dit zou leiden tot een flipperkast. Immers zodra het scherm wordt gesloten voor een te hoge uitstraling, neemt deze weer af en gaat het scherm weer open. Wel geeft deze meting informatie of het scherm op het goede moment is gesloten of geopend. Hiermee kunnen de scherminstellingen dus worden geoptimaliseerd.

De pyrgeometer is wel geschikt om het sluiten van het scherm mee te regelen. Hierdoor wordt vooraf geanticipeerd waarmee afkoeling van het gewas wordt voorkomen. Voor het openen van het scherm geeft de pyrgeometer op zich nuttige informatie. Immers bij hoge uitstraling moet het scherm (in de morgen) pas later worden geopend. Voor de automatische regeling kan echter met voordeel gebruik worden gemaakt van een meting van de temperatuur boven het scherm. Deze geeft namelijk het resultaat van meerdere energiestromen aan en werkt dus nauwkeuriger.

Vorige

Volgende

3.4 Opwarming van plantendelen

Warme buizen staan voortdurend warmte af aan de omringende kaslucht via convectie. Alle objecten in de kas, zoals planten, kasbodem en kasdek, ontvangen daarnaast energie door middel van straling, maar koelen ook weer af door stralingsverliezen naar koudere onderdelen van de kas of de buitenwereld. Zodra objecten warmer worden dan de kaslucht gaan die mee helpen om de kaslucht te verwarmen. Worden ze kouder dan koelen ze juist de kaslucht. Planten die energie ontvangen zetten dat deels om in verdamping. Bovendien verliezen zij ook energie door stralingsoverdracht naar objecten die kouder zijn, zoals bijvoorbeeld het kasdek. Onderdelen van planten die niet of nauwelijks verdampen, zoals knoppen of koppen, worden warmer dan delen die wel verdampen, zoals het blad.

Door het sluiten van een energiescherm gaan er twee dingen tegelijk veranderen. De stralingsverliezen van de plant nemen af, omdat het scherm warmer is dan het kasdek. Hierdoor zal het bovenste deel van de plant ook iets warmer worden en dus verandert de convectieve overdracht van en naar de kaslucht. Voor het onderste deel van de plant is er geen temperatuurverandering. Daar blijft de convectieve overdracht van de plant aan de kaslucht gelijk. Door de verbeterde isolatie gaan de buistemperaturen omlaag. Daardoor ontvangt de plant netto minder energie. Dat resulteert in een lagere verdamping van het blad. De onderdelen die niet verdampen ontvangen ook minder stralingsenergie van de buizen door de lagere temperatuur daarvan, maar verliezen tegelijkertijd ook minder energie door stralingsverlies naar boven. Het netto resultaat is afhankelijk van de positie van het object ten opzichte van buis of het scherm. Laaghangende vruchten onder een dicht gewas warmden relatief veel op door straling vanuit de buis en verloren weinig warmte naar boven dankzij het bladerdek. Daar zal een lagere buistemperatuur netto een lagere vruchttemperatuur opleveren. Een plantkop daarentegen staat vooral onder invloed van een koud kasdek en zal dus netto warmer worden bij meer isolatie door een scherm.

Samenvattend heeft een betere isolatie van de kas dus effect op het verticale temperatuurprofiel van de plant en daarmee ook op de plantbalans. Een aandachtspunt hierbij is zeker ook de worteltemperatuur. In de ochtend kan een lage worteltemperatuur problemen geven bij het tijdig op gang komen van de wateropname. Het is daarom van belang om passende tegenmaatregelen te nemen. Door het inbrengen van warmte op de juiste plaats, bijvoorbeeld de groeibuis bij de afrijpende trossen in plaats van het buisrailnet. Of door toepassing van verticale luchtbeweging.

3.5 Vochttransport in kaslucht

Vochttransport is een cruciaal proces in de kas en een onmisbare schakel in de keten van verdamping door de plant en het afvoeren van vocht naar het kasdek, waar het condenseert of door de luchtramen naar buiten gaat. Veel telers verwachten dat het vocht zich door de hele kas verplaatst via diffusie. Op zich klopt dat wel, maar de snelheid waarmee dit gebeurt is zo laag dat er in de praktijk toch hele grote verschillen in dampdruk kunnen voorkomen binnen de kas.

✓ **Een rekenvoorbeeld:** stel dat de RV in de kas 80% is en rondom het blad 100%. Als er een laag stilstaande lucht is rondom het blad van 10 cm dik, dan zal er door diffusie 2 gram/m².uur vocht door die laag stilstaande lucht verplaatsen. Dit is veel te weinig voor het in stand houden van een goede verdamping. Het vocht zal rond de plant ophopen waardoor de verdamping stagneert. Stel dat de wens is om in de nacht minimaal 10 gram/m².uur verdamping te realiseren bij een kas RV (meetbox) van 80%, dan zou de laag stilstaande lucht maximaal 4 cm dik mogen zijn en bij een kas RV van 90% maar 2,4 cm.

Voor het in beweging brengen van de lucht is bij een kas RV van 90% een luchtsnelheid van 3 mm/sec voldoende om 10 gram/m².uur vocht te transporteren. Hiermee is de belangrijke rol van luchtbeweging bij het in stand houden van voldoende verdamping duidelijk aangetoond. Nieuwe inzichten tot een verminderde inzet van buiswarmte. Wanneer de teler niet zelf zorgt voor extra luchtbeweging, kan de verdamping door vochtophoping rond de plant zo sterk teruglopen dat er problemen ontstaan met de calciumvoorziening van de jonge cellen.

Vorige

Volgende

3.6 Assimilatiebelichting

Het toepassen van belichting schept een geheel andere situatie in de kas qua energie en vochtbalans en vergt dus een aparte aanpak. In de eerste plaats brengt belichting extra groeilicht (PAR) bij de plant waardoor fotosynthese mogelijk is bij gebrek aan zonlicht of als aanvulling daarop. Maar het brengt ook extra energie in de kas door de warmtestraling en de convectie van de hete lamparmaturen. Het PAR-licht en de warmtestraling zorgen beide voor extra verdamping van het gewas. Ter indicatie: 16.000 lux Son-T lampen vereisen een elektrisch vermogen van ongeveer 100 W/m^2 , wat overeenkomt met een verdamping van 140 gram water/ m^2 .uur indien alle energie wordt omgezet door het gewas. In de praktijk van belichte teelten zoals roos en tomaat blijkt dat ongeveer 70-80% te zijn.



De belichting heeft nog een ander effect en dat is dat er bovenin de kas een soort warme deken ontstaat, ook wel aangeduid als 'omgekeerd temperatuur profiel'. Dit heeft een sterk remmende werking op de opgaande luchtbeweging en dus op het vochttransport vanaf het gewas naar het kasdek. Dientengevolge loopt de RV tussen het gewas hoog op en dat kan op de lagere gewasdelen zelfs leiden tot condensatie.

Om dit te voorkomen wordt dan een minimumbuis ingezet. Die forceert dan weer een opgaande luchtbeweging waardoor vocht wordt afgevoerd, maar tegelijk ook weer extra geproduceerd. Voor een energiezuinige vochtbeheersing is daarom (verticale) ventilatie in de kas een aangewezen hulpmiddel. Het doorbreekt het omgekeerde temperatuurprofiel, zorgt voor vochttransport en brengt de lampenwarmte bij het gewas. Hierdoor kan de minimumbuis worden verlaagd of zelfs achterwege blijven. En dat is weer een eerste stap op weg naar het gesloten houden van het verduisteringsdoek om, conform de regelgeving, lichtemissie in de donkerperiode te voorkomen.

Tussenbelichting

Tussenbelichting heeft ruwweg dezelfde effecten op de licht- en temperatuurverdeling in het gewas als diffuus licht. Het licht kan efficiënter worden benut doordat het licht beter wordt verdeeld over de hoogte van het gewas. Het gewas zal een hogere fotosynthesecapaciteit vertonen. Dus ook tijdens het belichtingsseizoen kan met een lagere plantbelasting en bij hogere temperatuur worden geteeld. Dit heeft als groot voordeel dat het verduisteringsscherm veel meer uren voor 100% dicht kan blijven en dat er veel minder hoeft te worden afgelucht. Het gevolg hiervan is dat de temperatuurverschillen in de kas en daarmee de condensatierisico's veel geringer zullen zijn. Er kan dus met hogere vochtigheid worden geteeld. Naast teelttechnische voordelen zal ook het energiegebruik efficiënter zijn.

Vorige

Door naar het volgende hoofdstuk

4. Hulpinstallaties voor klimaatbeheersing in de kas

Om het klimaat binnen de kas te beheersen wordt vaak gebruik gemaakt van hulpinstallaties om te verwarmen, koelen, vocht af- of toe te voeren en lucht te circuleren. Welke installaties in een kas nodig zijn, hangt sterk af van het type gewas en het buitenklimaat. Dit hoofdstuk gaat in op enkele hulpinstallaties die ook in de simulatie omgeving van Kassim te vinden zijn; buisverwarming, verneveling, luchtbehandelingskasten met slurven en schermen.

Begin met dit hoofdstuk

4.1 Warmteafgifte van buizen

Verwarmingsbuizen geven langs twee wegen warmte af. Door het temperatuurverschil met de omringende kaslucht ontstaat een convectieve warmteoverdracht. De warmteafgifte van een strekkende meter buis via convectie kan worden berekend met de volgende formule:

$$Q_C = \text{convectiefactor} \times \text{buisoppervlak} \times (T_{\text{buis}} - T_{\text{lucht}}) \text{ [W/m]}$$

N.b. in onderstaande formules worden de buistemperatuur (T_{buis}) en de kasluchttemperatuur (T_{lucht}) gegeven in Kelvin [K]

Daarbij is de convectiefactor:

$$\text{convectiefactor} = 5,2 \times (T_{\text{buis}} - T_{\text{lucht}}) / (d_{\text{buis}} \times T_{\text{lucht}})^{0,25}$$

Dit is een formule van C. Nawrocki die de factor 5.2 heeft gebaseerd op praktijkwaarnemingen, waarbij er sprake is van een natuurlijke luchtstroming langs de buis. Neemt die luchtstroming toe, door bijvoorbeeld het gebruik van een ventilator, dan neemt ook deze factor toe.

Het andere deel van de warmteoverdracht bestaat uit straling. Het kenmerk daarvan is dat niet de temperatuur van de omringende lucht daarbij maatgevend is, maar de temperatuur van de objecten die de verwarmingsbuis 'ziet', dus bodem, gewas en soms schermdoek of kasdek. Omdat dit een vrij complexe berekening oplevert heeft Nawrocki op basis van praktijkwaarnemingen een formule ontwikkeld waarin de temperatuur van de omringende lucht is opgenomen als resultante van alle oppervlakken in het zicht van de buis. In de praktijk blijkt deze formule een goede benadering te zijn. Volgens Nawrocki wordt de stralingsafgifte van de buis berekend met de volgende formule:

$$Q_S = \text{stralingsfactor} \times \text{buisoppervlak} \times (T_{\text{buis}} - T_{\text{lucht}}) \text{ [W/m]}$$

Daarbij is de factor stralingsfactor:

$$\text{stralingsfactor} = 20,77 \times 10^{-8} \times (T_{\text{buis}} + T_{\text{lucht}} / 2)^3$$

De warmteafgifte per meter buis kan vervolgens worden uitgerekend door beide vormen van afgifte bij elkaar op te tellen. In het volgende overzicht zijn de resultaten weergegeven voor twee buisdiameters bij verschillende watertemperaturen.

 Bedenk dat in de berekeningen wordt gewerkt met een gemiddelde buistemperatuur voor het net. Omdat de meting van de buistemperatuur meestal aan het begin van het net

plaatsvindt, is de gemiddelde of effectieve buistemperatuur dus altijd lager. Afhankelijk van de afkoeling tussen aanvoer en retour zal dit bijvoorbeeld 2,5 tot 5°C zijn.

buis temperatuur	convectieve afgifte		stralingsafgifte		totaal	
	buis 51 mm	buis 25 mm	buis 51 mm	buis 25 mm	buis 55 mm	buis 25 mm
20	1	1	2	1	3	2
25	5	3	6	3	11	6
30	9	6	10	5	19	11
35	15	9	15	7	30	16
40	20	12	20	10	40	22
45	26	15	25	12	51	27
50	32	19	30	15	62	34
80	74	43	68	33	142	76

Warmteafgifte in Watt per meter buis van 51 of 25 mm bij een kasttemperatuur van 18°C.

Wat daarin opvalt is dat het convectieve deel vrijwel altijd even groot is als het stralingsdeel. Bij meer gebruik van schermen gaan de buistemperaturen omlaag, maar blijft de verhouding tussen convectieve en stralingsoverdracht behouden.

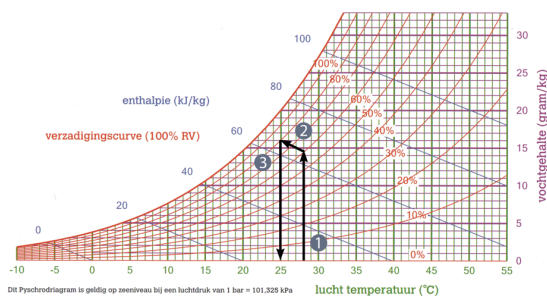
Vorige

Volgende

4.2 Verneveling of adiabatische koeling

Het verdampen van water kost veel energie. Dit maakt water tot een bijzonder krachtig koelmiddel, mits het op de juiste manier wordt ingezet. Door water in de lucht te brengen in de vorm van een zeer fijne nevel - waardoor het gemakkelijk kan verdampen - wordt de temperatuur verlaagd en de vochtigheid verhoogd, terwijl de energie-inhoud gelijk blijft. Voelbare energie wordt omgezet in latente energie.

✔ **Stel:** het is in de kas 28°C met een RV van 60%; volg lijn 1 in het diagram. Dit punt valt samen met de enthalpielijn van 65 kJ/kg. De vochtinhoud is 14,5 gram/kg. Als nu 1,5 gram vocht per kg wordt toegevoegd, wordt in het diagram de enthalpielijn, lijn 2, naar links gevolgd. Het resultaat is een vochtinhoud van 16 g/kg, een RV van 80% en een temperatuur van 25°C; volg lijn 3. Dit is wat er in de kas gebeurt tijdens vernevelen; de kaslucht wordt 3°C gekoeld en de vochtigheid neemt toe.



Uiteindelijk moet de door de zon ingebrachte energie en het vocht dat door gewasverdamping en verneveling tezamen is geproduceerd, nog steeds worden afgevoerd naar buiten. Dat gaat gewoon met de luchtramen. Door te spelen met de stand van de luchtramen kan in feite worden gekozen welk effect verneveling heeft op het kasklimaat. Blijven de ramen net zo ver open als voor de verneveling werd aanzet, dan daalt de kastemperatuur. Keuze kan ook zijn om dezelfde kastemperatuur te behouden. Dan kunnen de ramen dicht worden getrokken. Het effect van de verneveling is dat er een veel betere balans mogelijk is tussen temperatuur en vocht. Hetgeen gunstig is voor het gewas.



Vorige

Volgende

4.3 Ontvochtigen met het inblazen van buitenlucht

Ontvochtigen van de kas met buitenlucht is op zichzelf niets nieuws. Elke vorm van ventilatie in kassen en gebouwen maakt er immers gebruik van. Nieuw is echter dat de buitenlucht geforceerd in de kas wordt gebracht met een ventilator en een verdeelsysteem. Hierdoor kan er vaker, beter en met meerdere schermen worden geschermd, mits tegelijkertijd wordt gezorgd voor voldoende luchtbeweging. Ook is de hoeveelheid ventilatie beter stuurbaar.

De natuurkundige principes achter vocht afvoeren door inblazen van buitenlucht zijn feitelijk eenvoudig. Buitenlucht bevat in absolute zin vrijwel altijd minder vocht in gram/m^3 dan kaslucht. Door het inblazen van deze drogere lucht wordt er kaslucht met een hogere vochtigheid verdrongen. Hierdoor verdwijnt er per saldo dus vocht uit de kas. Omdat het maximale vochtgehalte is gekoppeld aan de temperatuur (verzadigingscurve), is de buitenlucht droger naarmate het kouder is. Dus juist als de noodzaak van energiebesparing groot is, werkt dit principe het beste.

✓ **Stel:** de kastemperatuur is 18°C en de RV 85% , de lucht bevat dan 13 gr/m^3 vocht. Stel het is buiten 10°C en 100% RV, de buitenlucht bevat dan ruim $9,4 \text{ gr/m}^3$. Als we nu buitenlucht inblazen met een capaciteit van slechts $5 \text{ m}^3/\text{m}^2$ per uur dan wordt er afgevoerd aan vocht:

$$5 \times (13 - 9,4) = 18 \text{ gram/m}^2 \text{ per uur}$$

Met andere woorden, door de kasinhoud slechts een keer per uur te verversen met buitenlucht kan de gewasverdamping van een gemiddeld tomatengewas in het donker worden afgevoerd (circa 25 gram/m^2 per uur), ondanks het feit dat het buiten mistig is.

Stel nu dat het buiten 0°C is en 50% RV dan is de vochtinhoud $2,4 \text{ gram/m}^3$. Er kan dan dus met minder buitenlucht worden volstaan, dat wil zeggen dat het systeem slechts een gedeelte van de tijd hoeft te werken:

$$5 \times (13 - 2,4) = 53 \text{ gram/m}^2 \text{ per uur}$$

Dus 50% draaitijd, of een lager toerental van de inblaasventilator, volstaat voor een afvoer van 25 gr/m^2 per uur.

Deze benadering maakt het mogelijk om de verdamping van het gewas te sturen. Immers het gewas zal steeds door verdamping het vocht aanvullen dat uit de kas wordt afgevoerd, omdat bij een dalende RV de verdamping automatisch toeneemt. Er is dus sprake van een

evenwichtssituatie die door het gewas in stand wordt gehouden. Echter, net als bij de natuurlijke ventilatie hangt het effect van geforceerde ventilatie af van het verschil in vochtigheid binnen-buiten. Als er geen of slechts een klein verschil is in absolute vochtigheid (zoals in de nazomer of herfst voor kan komen), dan helpt geforceerd inblazen ook niets. Dat is een belangrijke reden om de inblaasventilator een relatief grote capaciteit te geven voor dit soort momenten en door middel van een traploos regelbaar toerental het grootste gedeelte van het jaar op deelcapaciteit te laten draaien. Een goede benadering voor de aansturing van dit toerental is te kijken naar het verschil in absoluut vocht gehalte binnen-buiten.

Luchtslurven onder het gewas

Inmiddels zijn er verschillende systemen voor buitenlucht inblazen op de markt verschenen. De overeenkomst is dat buitenlucht wordt aangezogen door de gevel en met een ventilator en luchtslurf wordt verdeeld in de kas. Onderlinge verschillen zijn met name:

- Wel of niet voorverwarmen en/of koelen
- Wel of niet recirculeren van kaslucht met mengregeling
- Wel of niet energie terugwinnen
- Verschil in capaciteit uitgedrukt in m^3 luchtverplaatsing per m^2 per uur

Zo zijn er installaties te koop in de range van 5 tot wel $80 \text{ m}^3/\text{m}^2$ per uur. De grote systemen kunnen overdag worden ingezet in plaats van luchtramen en 's nachts voor het inblazen van buitenlucht. Het nadeel is wel dat er dan een onnodig hoog debiet moet worden gehanteerd om druk op de (grote) slurf te houden in verband met de verdeling over de kas. Slurven die onder het gewas liggen voeren

niet alleen vocht af tussen het gewas, maar verhogen ook de verdamping, waardoor het energieverbruik hoger is dan bij slurven boven het gewas.

Algemeen kan worden gesteld dat het voorverwarmen van de aangezogen (koudere) buitenlucht zonder meer noodzakelijk is als de slurf onder het gewas ligt om temperatuurverschillen over de slurf te voorkomen. Verder is voldoende aangetoond dat het gebruik van een dergelijk systeem als aanvullende verwarming leidt tot een slechte temperatuurverdeling in de kas. Als gevolg van de lage energie-inhoud van lucht koelt de slurf namelijk veel sneller af dan een met warm water gevulde verwarmingsbuis. Het beste is dus de buitenlucht precies tot de heersende kastemperatuur te verwarmen.

Luchtslurven boven het gewas

Behalve systemen met slurven onderin het gewas zijn er ook systemen met slurven bovenin de kas. Een deel van deze systemen blaast een met een mengklep instelbaar mengsel van warme

kaslucht en koude buitenlucht de kas in zonder voorverwarming. Alvorens de inblaaslucht het gewas bereikt, wordt deze dankzij een gat in de slurf - waar een soort straalstroom uit komt - gemengd met kaslucht. Het nadeel van deze methode is wel dat er bij lage buitentemperatuur condens tegen de buitenkant van de slurf kan ontstaan, wat druipen veroorzaakt. Om dat te voorkomen moet in dat geval de hoeveelheid buitenlucht en daarmee de ontvochtigingscapaciteit worden beperkt. Daarom is er inmiddels ook een variant waarbij een luchtbehandelingskast in de gevel de lucht altijd opwarmt tot kastemperatuur. Ten opzichte van een slurf onder het gewas wordt de (onnodige) verdamping van het gewas minder gestimuleerd.

Uiteraard zijn er wel nadelen, de slurf geeft lichtonderschepping (volgens metingen van Wageningen UR geeft dat bij 1 slurf per 3 tralies ongeveer 1% lichtverlies). De ventilator moet altijd op een behoorlijk toerental blijven draaien om de slurf gevuld te houden, ook al wordt er maar weinig buitenlucht bijgemengd.

[**Vorige**](#)[**Volgende**](#)

4.4 Schermen

Het belang en perspectief van schermen

Goed isolerende schermen vormen een belangrijke factor van enerzijds de klimaatverbetering en anderzijds de besparing op warmte-energie. Verreweg de grootste fout die kan worden gemaakt bij het inzetten van schermen, is het gebruik van een schermkier. Dat leidt tot onnodige lokale koude en vochtige plekken. Een andere grote fout is het te laat sluiten of te vroeg openen van de schermen waardoor door stralingsverlies naar de hemel de kop van de planten zodanig afkoelt onder de kasttemperatuur dat langdurige condensatie en daarmee schimmelziekten ontstaan. Ook wanneer het buiten relatief warm is.

Zodra de buitentemperatuur onder de kasttemperatuur komt, kan er al worden geschermd. Een goed schermsysteem wordt dus gebruikt zonder kieren of met alleen een kier in het bovenste scherm

zodat kouval wordt vermeden en is meer uren gesloten dan telers vanouds gewend zijn. Behalve gebruik in de nacht neemt ook het gebruik van een energiescherm overdag toe. Naast energiebesparing levert dat als voordeel op dat er een zeer gelijkmatig klimaat ontstaat dat optimaal inspeelt op de beschikbare hoeveelheid licht. De plantendelen koelen in de nacht minder af en hoeven niet nat te slaan als het scherm bij zonlicht gesloten blijft, zolang er wordt gezorgd voor voldoende vochtafvoer.

Al met al kan er een fors aantal uren meer worden geschermd zonder productieverlies. Er kan minimaal 3000 uren en maximaal 6000 uren per jaar worden geschermd, hetgeen 34-68% van het totale aantal uren in een jaar is.

Vocht en energietransport door het scherm; geleiding, ventilatie en straling

Welke eigenschappen moet een scherm hebben en welke eisen worden daaraan gesteld?

Voordat deze vragen kunnen worden beantwoord, is het goed nader in te gaan op het vocht- en energietransport door het scherm en de manieren waarop de energiestromen/verliezen uit de kas kunnen worden verminderd.

• Geleidingsverliezen

Convectieve energie door geleiding wordt vooral tegengehouden door laagjes stilstaande lucht. Daarvoor zijn een of meerdere spouwen nodig van 10-15 mm dikte. Is de spouw dikker dan bestaat er meer kans op luchtstromingen binnen de spouw die het isolerende effect verkleinen. In feite zijn bestaande schermsystemen met twee schermen en daartussen een spouw van meer dan 10 cm dus niet optimaal. Elke extra spouw verhoogt de 'weerstand' voor

warmteverlies. Het effect op de totale warmtestroom die wordt doorgelaten door meerdere lagen kan worden berekend op basis van de samengestelde geleidbaarheid van de lagen, de waarde k -totaal. Dat verloopt volgens de volgende formule:

$$k_{\text{totaal}} = 1 / ((1/k_1) + (1/k_2) + (1/k_3) + \dots) \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

- ✓ **Stel:** de k -waarde van elke laag bedraagt $6 \text{ W/m}^2\text{K}$, dan is de k -waarde bij twee lagen dus: $1 / (1/6 + 1/6) = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$ en bij 3 lagen $1 / (1/6 + 1/6 + 1/6) = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Hieruit blijkt dat het effect van een extra laag steeds minder wordt. De warmtestroom bij drie lagen is dan bij een kastemperatuur van 20°C en een buitentemperatuur van 10°C : $2 \times (20 - 10) = 20 \text{ W/m}^2$ en bij twee lagen 30 W/m^2 .

• Ventilatieverliezen

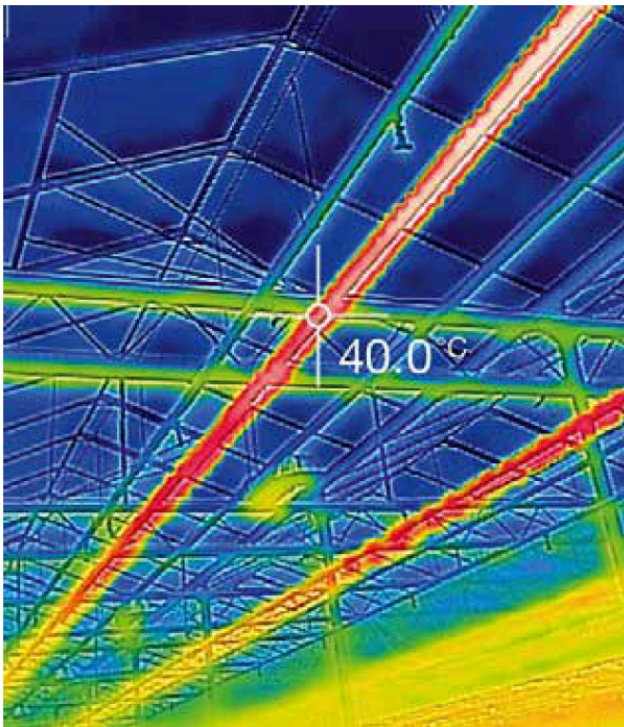
De meeste waterdamp verdwijnt uit de kas door ventilatie, via kieren of poriën in het scherm of via een ontvochtigingssysteem. Ventilatie betekent feitelijk dat kaslucht met een bepaalde temperatuur en RV wordt uitgewisseld tegen buitenlucht met een andere temperatuur en RV. Het verschil in warmte-inhoud van die twee soorten lucht is het energieverlies dat vervolgens door de buizen weer moet worden gecompenseerd.

Voor geweven en gebreide doeken bedraagt de luchtuitwisseling $0,1\text{-}0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2$ per uur per graad temperatuurverschil onder en boven het doek. Deze waarde is afhankelijk van de luchtsnelheden onder en boven het doek en de ouderdom van het doek. Deze getallen gelden voor één laag doek. Dus bij een temperatuurverschil van 10°C verdwijnt er tussen $1\text{-}3 \text{ m}^3/\text{m}^2$ per uur lucht door het doek heen. Elke laag die wordt toegevoegd vermindert de luchtuitwisseling. Eén laag dichte folie volstaat om deze uitwisseling naar nul te krijgen.

- ✓ **Stel:** er is een luchtuitwisseling van $3,0 \text{ m}^3/\text{m}^2$ per uur bij een kastemperatuur van 18°C en een RV van 85% ($AV = 13 \text{ g/m}^3$) en een buitentemperatuur van 8°C en 80% RV ($AV = 6,6 \text{ g/m}^3$). Dat levert een warmteverlies op van ongeveer 23 W/m^2 . In deze situatie zal $3 \times (13 - 6,6) = 19,2 \text{ g/m}^2$ per uur vocht worden afgevoerd

• Stralingsverliezen

Stralingsverliezen worden tegengegaan door coatings die langgolvlige warmtestraling

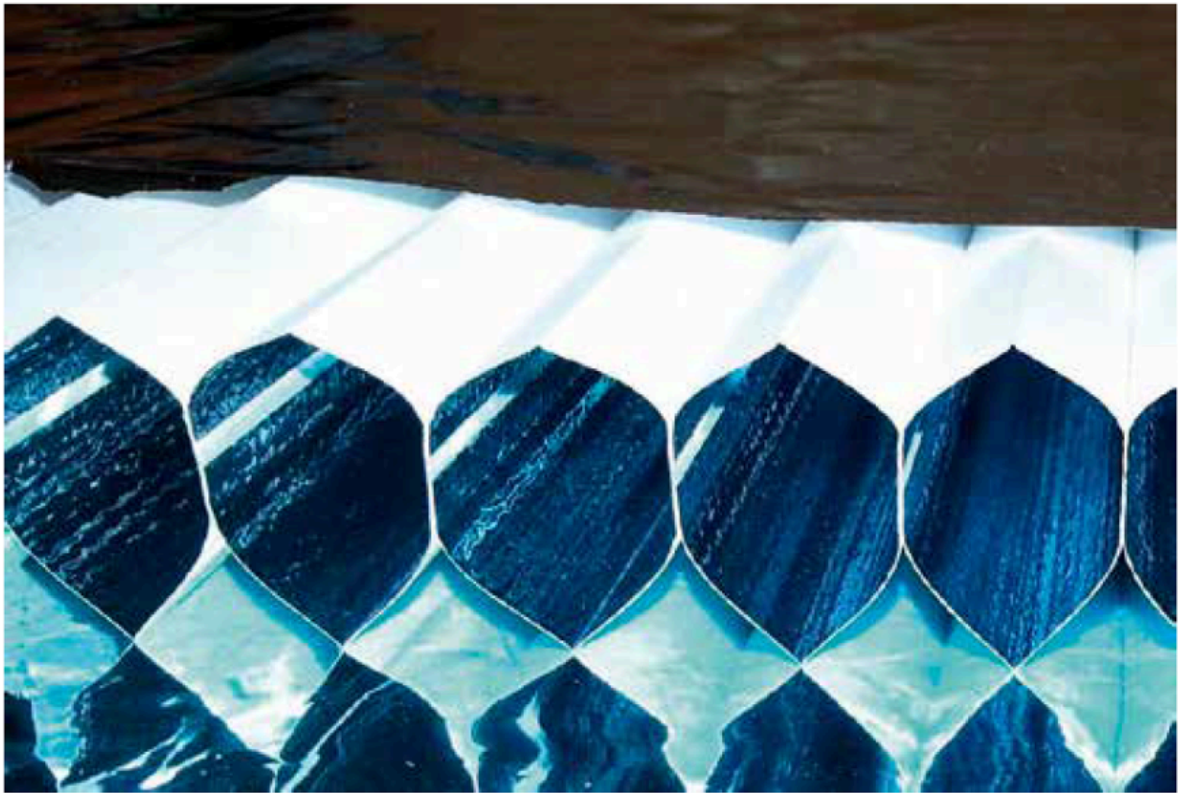


reflecteren zoals aluminium. Maar daarbij moet wel worden bedacht dat in een schermdoek dat uit één laag bestaat een aluminium laagje alsnog koud wordt door de convectieve verliezen en de plant dus toch nog een koude 'hemel' ziet. Het aluminium laagje kan ook weer uitstralen naar bijvoorbeeld het koude glas en daardoor extra afkoelen. Dat kan worden voorkomen met een zogenaamde anti-emissie coating. Nog beter is om een aluminium laagje te combineren met een spouw met stilstaande lucht om zodoende de hemeltemperatuur voor de plant echt hoger te krijgen.

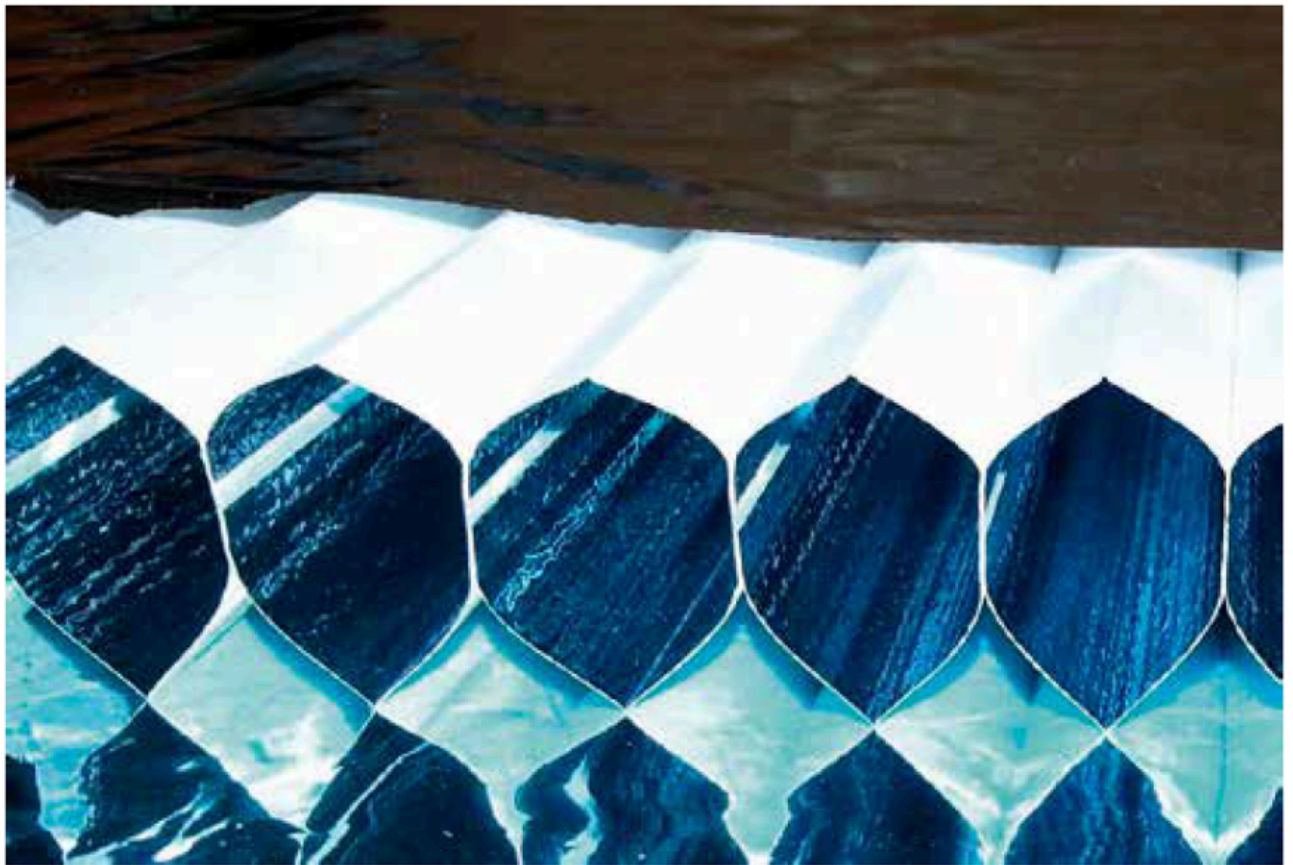
Een aparte uitdaging is het dagscherm, een energiescherm met hoge lichtdoorlatendheid. De eis om deze schermen zoveel als mogelijk PAR-licht te laten doorlaten staat op gespannen voet met de eis om juist zo weinig mogelijk warmtestraling naar buiten door te laten. Een helder PE folie laat bijvoorbeeld 81% PAR door maar ook 40-60% langgolvlige warmtestraling (FIR). Maar zodra er een condensfilm op de folie verschijnt komt er nagenoeg geen FIR straling meer doorheen. Daarmee krijgt het dezelfde eigenschappen als glas dat ook geen FIR door laat. Een egale condensfilm is dus gunstig voor de isolatiewaarde en een dergelijke film verhoogt ook nog eens de doorlating van PAR licht. Echter, wanneer deze condensfilm verandert in druppels verlaagt dit juist de PAR doorlating. Vandaar dat een goede anti-condens coating op een PE folie - die niet zoals de naam suggereert condens, maar druppels voorkomt - van groot belang is.

De eigenschappen van het ideale scherm

Hoe ziet nu een ideaal schermstelsel er uit? Door TNO en Wageningen UR Glastuinbouw is onderzoek gedaan naar de isolatiewaarde van een aantal denkbare combinaties van nu reeds verkrijgbare materialen. Daaruit kwam het volgende beeld:



Tussen een dubbel energiescherm van de huidige generatie en een plisséscherm zit nog een enorm gat in isolatiewaarde. Het plisséscherm bestaat uit twee lagen met elkaar verbonden kokers folie die aan de binnenzijde zijn voorzien van een hoogreflecterende laag en van een coating met een lage emissie (uitstraling) aan de buitenzijde. Isolatiewaarde zegt op zich niet alles. Het besparingseffect bestaat immers uit de isolatiewaarde vermenigvuldigd met het aantal uren dat een scherm wordt gesloten.



Vorige

Begrippenlijst Theorie

De in de tekst gebruikte begrippen en benamingen worden hieronder in alfabetische volgorde kort toegelicht. Deze begrippenlijst is onderdeel van de ondersteunende theorie voor Kassim en is overgenomen uit het boek ['De basisprincipes van Het Nieuwe Telen'](#).

Het volledige boek ['De basisprincipes van Het Nieuwe Telen'](#) is beschikbaar via:

<https://www.kasalsenergiebron.nl/besparen/het-nieuwe-telen/ik-wil-eenvoudig-aan-de-slag/de-basisprincipes-van-het-nieuwe-telen/>

Absolute vochtigheid (AV)

De absolute vochtigheid van de kaslucht AV is het aantal grammen vocht dat per kilo kaslucht daadwerkelijk aanwezig is, zie ook het bijgevoegde psychrodiagram. De absolute vochtigheid wordt ook wel uitgedrukt in gram per m³ lucht. Hoewel AV in feite de basis is van het psychrodiagram, is het voor veel mensen toch een nieuw begrip. Meestal wordt immers gesproken over Relatieve Vochtigheid (RV) of Vochtdeficit (VD). De waarschijnlijke oorzaak is dat de allereerste instrumenten om vochtigheid te meten, namelijk de haarhygrometers, reageren op RV. Ook de ontwikkeling van schimmels is gerelateerd aan RV. AV geeft echter het beste en eenvoudigste inzicht in de vochtbalans van de kas; komt er vocht bij, wordt het vocht minder of blijft het stabiel? Daarnaast geeft het verschil in AV een goede maatstaf voor de mogelijkheid van vochttransport door bijvoorbeeld een energiescherm of door een luchtraam. Let wel: AV komt dus zeker niet in de plaats van RV en VD; het geeft aanvullende informatie over de vochtigheidstoestand.

Absoluut vocht verschil binnen/buiten

Het verschil in absoluut vochtgehalte in gram/kg in de kas en buiten. Hoe groter het verschil hoe minder ventilatie nodig is om een bepaalde hoeveelheid vocht af te voeren. Als er geen verschil is in vochtgehalte kan er geen vocht worden afgevoerd door ventilatie.

Activeren van de plant

De plantverdamping stimuleren.

Activiteit van de plant

De mate van gewasverdamping in gram/m².uur.

Ademhaling

Ademhaling wordt ook wel dissimilatie of verbranding genoemd. Dit is het omgekeerde proces van de fotosynthese waarbij zuurstof wordt gebonden aan suikers. Hierbij komt koolzuur (CO₂), water (H₂O) en energie vrij. Dit proces komt bij alle levende wezens voor. De energie in een plant komt niet vrij in de vorm van warmte, maar in de vorm van een fosfaatverbinding ATP (adenine trifosfaat). Wanneer één fosfaatverbinding wordt ontbonden komt energie vrij die kan worden gebruikt voor alle biochemische processen in de plant (stofwisseling genoemd). De chemische formule die hierbij hoort luidt: $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \Rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O + ATP$.

Adiabatische koeling

Dit is de omzetting van voelbare warmte in latente warmte door verdamping van water, waarbij de temperatuur afneemt, de vochtigheid toeneemt, maar de energie-inhoud van de lucht hetzelfde blijft. Gewasverdamping en verneveling zijn beide vormen van adiabatische koeling.

Aircokas-concept

Het idee achter het Aircokas-concept is om de voordelen van de gesloten kas zoals minder energieverbruik, minder CO₂-emissie en hogere productie te realiseren met beperkte investeringen. Onder andere door inzetten van hogedruk verneveling in combinatie met minder ventileren om de CO₂ beter te benutten, beter isolerende schermdoeken, vochtbeheersing door het inblazen van buitenlucht en activeren van het gewas door kunstmatige luchtbeweging in plaats van stoken met de minimumbuis. Daarmee is de Aircokas een uitvoeringsvorm van de semi-gesloten kas. Het bijzondere van dit concept is echter dat de plant centraal staat in plaats van de techniek en dat energiebesparing geen doel op zichzelf is, maar een gevolg van het optimaliseren van het groeiklimaat.

Assimilatenbalans van de plant

Evenwicht tussen aanmaak en verbruik van assimilaten.

Aquaporines

Waterkanalen, ook wel aangeduid als waterpompjes in het celmembraan waardoor actief water de cel kan worden ingebracht. Aquaporines spelen een belangrijke rol bij de celstrekking.

Bodemverdamping

De hoeveelheid waterdamp in gram/m².uur die door de bodem wordt verdampt. Ook hier is sprake van twee vormen onder invloed van straling en convectie.

Carriërs

Transportkanalen in het celmembraan waardoor voedingsionen actief kunnen worden opgenomen.

Condensatie tegen het kasdek/gevel

Als de buitentemperatuur lager is dan het dauwpunt van de kaslucht, dan zal waterdamp condenseren tegen het kasdek en de gevel. Doordat dit vocht kan worden afgevoerd (condensgootjes) zonder vochtschade aan het gewas, is het een welkome bijdrage aan de vochtafvoer uit de kaslucht. Hoe verder de temperatuur onder het dauwpunt ligt, hoe groter de hoeveelheid water zal zijn die per tijdseenheid condenseert.

Convectie

Warmteoverdracht door luchtstroming langs een object dat warmer of kouder is dan de lucht uitgedrukt in $W/m^2.K$. Convectie is te vinden op allerlei plekken in de kas: tussen verwarmingsbuizen en de kaslucht, tussen de kaslucht en het kasdek, maar ook tussen de kaslucht en het gewas en de kaslucht en het schermdoek. In geval van natuurlijke luchtbeweging als gevolg van het temperatuurverschil tussen een oppervlak en de lucht ligt de overdrachtscoëfficiënt in de orde van $10 W/m^2.^{\circ}C$. Dus als het oppervlak $5^{\circ}C$ warmer is dan de omringende lucht bedraagt de convectieve warmtestroom circa $5 \times 10 = 50 W/m^2$. De convectieve warmte overdracht wordt lineair hoger met de luchtsnelheid als de luchtbeweging wordt gestimuleerd door bijvoorbeeld de wind over het kasdek, door een luchtraam, of door een ventilator.

Dauwpunt

De dauwpuntstemperatuur van de kaslucht is die temperatuur waarbij het werkelijke vochtgehalte gelijk wordt aan het maximale vochtgehalte. Bij verdere afkoeling zal er condensatie optreden.

Diffusie van waterdamp

Waterdamp verplaatst zich in stilstaande lucht als gevolg van concentratie (dampdruk) verschillen. Diffusie zorgt ervoor dat vocht door een poreus schermdoek naar boven trekt als de absolute vochtigheid boven het scherm lager is dan onder het scherm. Damptransport door diffusie in de lucht is bij de gangbare concentratieverschillen in een kas zeer beperkt. Damptransport door luchtbeweging krijgt al bij geringe luchtsnelheden vanaf ongeveer $0,1 cm/sec$ de overhand.

Drogestofproductie

De drogestofproductie is gelijk aan de fotosynthese minus de ademhaling. De drogestofproductie vormt de groei van planten. Hierbij is de gewichtstoename door wateropname niet meegenomen.

Emissiefactor of emissiviteit

De mate waarin een lichaam energie uitstraalt hangt af van de eigenschappen van het oppervlak. Voor een zogenaamde 'ideale zwarte straler' is deze emissiefactor gelijk aan 1. Voor planten en andere waterige lichamen ligt de emissiefactor tussen 0,95 en 0,98. Voor glas geldt een waarde rond 0,85. Kunststof heeft een gemiddelde emissiefactor van circa 0,8 en voor aluminium geldt een waarde van rond 0,4.

Gekoppeld aan de emissiefactor is de reflectiefactor. Samen zijn die altijd 1. Dus stel bijvoorbeeld een schermdoek met deels aluminium bandjes heeft een emissiefactor van 0,6. Dan is de reflectiefactor gelijk aan $1 - 0,6 = 0,4$. Dit betekent dat het scherm 40% van de langgolelige warmtestraling vanuit het gewas reflecteert, waardoor het gewas netto minder afkoelt dan onder een kasdek (reflectiefactor = $1 - 0,85 = 0,15$) met dezelfde temperatuur.

Energie en vermogen

De moderne eenheid van energie is de Joule. Deze kan in het SI stelsel op verschillende manieren worden weergegeven, namelijk thermisch, mechanisch en elektrisch: Om 1 gram water 1°C in temperatuur te verhogen is 4,2 Joule aan energie nodig. Hieruit volgt dus dat de oude eenheid van thermische energie, de calorie, gelijk is aan 4,2 Joule. Om een kracht van 1 Newton 1 meter te verplaatsen is 1 Joule energie nodig. Als een batterij met een spanning van 1 Volt gedurende 1 seconde een stroom van 1 ampère levert staat dat gelijk aan 1 Joule energie.

De laatste weergave wordt gevolgd door het begrip vermogen; dit is energie per tijdseenheid. De moderne eenheid is Watt. Waarbij 1 Watt vermogen gelijk is aan 1 Joule per seconde. In de tuinbouwomgeving worden meestal de voorvoegsels kilo (x1000), Mega (x1000.000) en Giga (x1000.000.000) gebruikt.

Als vergelijking de hoeveelheid energie die het verbranden van 1 m³ aardgas oplevert: De verbrandingswaarde van gas verschilt per samenstelling, daarom wordt gesproken over de calorische waarde in MJ/m³. Voor standaard Gronings aardgas is dat 31,65 MJ als die wordt verbrand in een ketel zonder rookgascondensor (onderwaarde). Deze hoeveelheid energie is dan voldoende om 1 m³ water circa 7,5°C in temperatuur te verhogen.

Hoewel het feitelijk onnodig is en soms zelfs verwarrend, worden in de praktijk ook andere afgeleide eenheden gebruikt om de hoeveelheid energie uit te drukken. Bekend is de MWh = Mega Watt uur voor elektrische energie. Dit is de energie die bijvoorbeeld een WKK van 1 MW

elektrisch in 1 uur tijd aan het net levert. Dus $1 \text{ MWh} = 1000.000 \text{ [J/sec]} \times 3600 \text{ [sec/uur]} = 3600.000.000 \text{ Joule} = 3600 \text{ MJ} = 3,6 \text{ GJ}$.

Een ander voorbeeld is de Aardgas Equivalent (a.e.) voor energie, die gelijkgesteld is aan de bovengenoemde calorische waarde van Gronings aardgas, namelijk 31,65 MJ. Dit kan verwarring opleveren als deze eenheid a.e. wordt opgevat als een fysieke m^3 aardgas, waarbij geen rekening gehouden wordt met ketel- of WKK-rendement en sprake is van verschillende soorten gas met afwijkende calorische waarde.

Energiebalans van de kas

Evenwicht tussen aanvoer en afvoer van energie in de kas.

Energiebalans van de plant

Evenwicht tussen aanvoer en afvoer van energie van de plant.

Energie-inhoud of enthalpie, voelbare en latente energie, adiabaten

Bij elke temperatuur en vochtigheid hoort een bepaalde energie-inhoud of enthalpie. Deze energie-inhoud bestaat uit twee delen. Het ene is de zogenoemde voelbare warmte. Dit is gekoppeld aan de temperatuur van de lucht (dus voelbaar) en is per definitie gelijk aan de hoeveelheid energie die nodig is geweest om de lucht op te warmen vanaf 0°C tot de huidige temperatuur. Het andere deel wordt de latente energie genoemd. Dit is gekoppeld aan de vochtinhoud van de lucht en per definitie gelijk aan de hoeveelheid energie die nodig is geweest om het aanwezige vocht te verdampen.

In het psychrodiagram zijn lijnen van gelijke enthalpie aangegeven die van linksboven schuin naar rechtsonder lopen. De energie inhoud in kJ/kg kan linksboven worden afgelezen. Lucht van 0°C met 0 gram/kg vocht heeft per definitie een enthalpie van 0 kJ/kg. In het diagram heeft lucht van 25°C en circa 6 g/kg vocht ($\text{RV} = 30\%$) een enthalpie van 40 kJ/kg. Maar lucht van 15°C met 10 g/kg vocht heeft de zelfde energie inhoud, evenals lucht van 40°C met een vochtinhoud van 0 g/kg. Alle combinaties liggen dus op dezelfde energielijn van 40 kJ/kg. Deze lijnen van gelijke energie inhoud worden ook wel adiabaten genoemd.

Enthalpie

Dit is de energie-inhoud van lucht bestaande uit twee delen, namelijk de voelbare warmte (temperatuur) en de latente warmte (verdampingsenergie van de aanwezige waterdamp) beide in kiloJoule per kilo lucht (kJ/kg) Zie ook het [Psychrodiagram](#). De enthalpie in de kas kan worden verhoogd door verwarming, belichting en door de zon.

Enthalpieverschil binnen-buiten

Het verschil in enthalpie binnen-buiten is bepalend voor de hoeveelheid energie die per kg uitgewisselde lucht kan worden afgevoerd. Hoe groter het verschil hoe minder ventilatie debiet nodig is om warmte af te voeren. Als er geen enthalpieverschil is kan de kas dus niet worden gekoeld door ventilatie.

Foto-inhibitie

Afname van de fotosynthese als gevolg van beschadiging van het chlorofyl bij hoge instraling. In de nacht wordt deze beschadiging weer hersteld. Foto-inhibitie leidt tot een lagere fotosynthese capaciteit van het gewas, omdat het licht overdag niet meer optimaal kan worden benut. Het herstel van het chlorofyl in de nacht kost assimilaten die elders in het gewas voor groei hadden kunnen zorgen.

Fotosynthese

Fotosynthese wordt ook wel (bruto) assimilatie genoemd. Dit is het proces dat alleen in groene bladeren van planten plaatsvindt. Hierbij wordt CO_2 (koolzuur) en water omgezet in O_2 (zuurstof) en suiker. De benodigde energie wordt geleverd door PAR-licht. De chemische formule die hierbij hoort luidt: $6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} + \text{PAR-licht} \Rightarrow \text{O}_2 + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.

Geforceerde ventilatie

De drijvende kracht voor luchtuitwisseling wordt geleverd door ventilatoren.

Gewascondensatie

Dit treedt op als de temperatuur van delen van het gewas onder de dauwpuntstemperatuur van de kaslucht komt. Dit is onder andere het geval als de kastemperatuur en de vochtigheid sneller stijgen dan dat grote vruchten zoals tomaten en komkommers kunnen opwarmen vanwege hun massa (na-ijlen), of wanneer gewasonderdelen door uitstraling een lagere temperatuur krijgen dan hun omgeving. Ook op bijvoorbeeld de kasconstructie of bloempotten kan condensatie optreden. Meestal wordt dit als ongewenst beschouwd omdat het (door druppelen) uiteindelijk net als gewascondensatie kan leiden tot vochtschade en ontwikkeling van schimmels en ziekten in het gewas.

Gewasverdamping

De hoeveelheid waterdamp in gram/ m^2 .uur die door het gewas wordt verdampt.

Gewasverdamping zorgt voor de noodzakelijke afkoeling van de plant en is ook een drijvende kracht voor het transport van voedingselementen van de wortels naar de groeipunten.

Verdamping vindt plaats door energietoevoer op twee manieren. De eerste is direct als gevolg van straling door de zon, door belichting of door de verwarming. De tweede is indirect door convectorie als de planttemperatuur lager is dan de kasluchttemperatuur (natteboleffect).

Globale straling

Hieronder wordt verstaan de natuurlijke straling van de zon die bestaat uit UV, PAR en IR straling in het golflengte bereik van 300-2800 nanometer. Deze straling wordt gemeten met een zogenoemde pyranometer, ook wel solarimeter genoemd. Midden zomer kan de globale straling in Nederland waarden tot circa 1000 W/m² bereiken.

Groei

Groei kan worden uitgedrukt in toename van drogestof of van versgewicht in kg of kg per tijdseenheid.

Het Nieuwe Telen

Doelmatig en duurzaam telen in de moderne glastuinbouw vergt een teeltmethode en een wijze van klimaatregelen die gebaseerd is op plantkundige en natuurkundige kennis en minder op gevoel of 'groene vingers'. Dat betekent dat telers, maar ook adviseurs en toeleveranciers opnieuw moeten leren telen en ook 'opnieuw moeten leren klimaatregelen'. Dit veelomvattend leer- en ontwikkelingsproces voor alle betrokkenen wordt momenteel aangeduid met het verzamelbegrip 'Het Nieuwe Telen' (HNT).

Huidmondjes opening of geleiding

Huidmondjes zijn kleine poriën in het bladoppervlak die kunnen openen en sluiten onder invloed van licht en de waterdruk (turgor) in het bladweefsel. Energie van de zon of van lampen leidt tot het openen van de huidmondjes in het blad zolang er in de plant voldoende water beschikbaar is. Zowel het PAR deel van het licht als het infrarode deel leveren verdampingsenergie. Als er geen PAR-licht beschikbaar is sluiten de huidmondjes, maar vindt er nog steeds verdamping plaats door het doorlaatbaar zijn voor waterdamp van (een deel van) het blad. Met het huidmondje regelt de plant de waterbalans en de energiebalans maar ook de opname van CO₂. Het gedrag van de huidmondjes geeft daardoor veel informatie over hoe de plant op dat moment functioneert

Internodie

Stengeldeel tussen twee bladeren.

K-waarde van de kas

De K-waarde (ook wel aangeduid als U-waarde) van een kas bepaalt de hoeveelheid energie die nodig is om, met gesloten luchtramen, een temperatuurverschil met buiten te handhaven en wordt uitgedrukt in $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$. Een gangbare kas met enkel glas heeft een K-waarde van circa $7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Met een energiescherm kan deze waarde worden verlaagd naar bijvoorbeeld $3,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ en daarmee kan dan dus 50% energie worden bespaard op isolatieverlies.

Lucht Behandelings Kast LBK

Een algemene aanduiding voor een apparaat bestaande uit een kast waarin luchtbeweging wordt opgewekt door een ventilator en waarin minimaal ofwel een verwarmingselement, ofwel een koelelement of een combinatie aanwezig is. Ook kan de LBK een of meer kleppen bevatten waarmee luchtstromen worden gemengd. Bijvoorbeeld lucht uit de kas en lucht van buiten.

Leaf Area Index LAI

De LAI is het aantal m^2 bladoppervlak per m^2 kasoppervlak. De waarde verschilt uiteraard per gewastype en de groeifase. Bij een volgroeid tomaten gewas is de LAI circa 3-4.

Lichtonderschepping van het gewas

Dit wordt uitgedrukt in het percentage van de inkomende straling dat daadwerkelijk door het gewas wordt opgevangen. Bij een lichtonderschepping van bijvoorbeeld 60% valt dus 40% van het inkomende licht 'naast' of 'door' de plant, of wordt gereflecteerd door de plant. Enerzijds is dat nadelig omdat het inkomende PAR-licht niet volledig wordt benut. Anderzijds krijgt de plant ook minder te verduren bij hoge instraling. LAI en lichtonderschepping zijn aan elkaar gerelateerd. Recent is gebleken dat een plant door het bewegen van zijn blad de lichtonderschepping bij een gegeven LAI actief kan verlagen en dat een groot deel van de opvallende IR-straling selectief door het bladoppervlak wordt gereflecteerd.

Luchtdruk en dampdruk eenheden

Er bestaan diverse oude en nieuwere manieren om luchtdruk of dampdruk aan te geven. De moderne manier in het SI stelsel is in Pascal. $1 \text{ Pascal} = 1 \text{ Newton/m}^2$. Hierbij is 1 Newton de kracht die een massa van 1 kilo uitoefent op 1 m^2 oppervlak door de versnelling van de zwaartekracht die gelijk is aan circa $9,8 \text{ m/s}^2$. De oude eenheid van druk is de Atmosfeer of Bar die weergegeven wordt in kg/cm^2 waarbij de normale luchtdruk op zeeniveau gemakshalve wordt gesteld op 1 kg/cm^2 . Dit klopt echter niet helemaal, want de gangbare luchtdruk is bepaald door de nog oudere eenheid van druk op 76 cm kwikkolom. Aangezien de soortelijke massa van kwik gelijk is aan 13,596 komt de luchtdruk op zeeniveau overeen met $13,596 \times 9,8 \times 76 \times 10.000 = 101,263 \text{ kPa}$.

Omdat de versnelling van de zwaartekracht niet overal op aarde exact hetzelfde is, wordt voor de luchtdruk op zeeniveau internationaal het getal van 101,325 kPa aangehouden. In de meteorologie wordt de luchtdruk vaak aangegeven in hecto Paskal (hPa) omdat de getalswaarde dan in dezelfde range ligt als de oude eenheid milli-Bar (mBar).

Luchtinblaas systeem/Overdruk systeem

Een installatie waarmee buitenlucht op een controleerde manier de kas wordt ingeblazen met als doel vochtbeheersing. Buitenlucht is namelijk vrijwel altijd droger dan kaslucht. Door de overdruk wordt er kaslucht en dus ook vocht door de kieren en spleetjes naar buiten gedrukt. Het grote voordeel is dat het energiescherm, bij voorkeur dubbel uitgevoerd, gesloten kan blijven. Dit bevordert in hoge mate de egale temperatuur in de kas.

Soms wordt gesteld dat overdruk op zichzelf ook zorgt voor een betere temperatuurverdeling omdat het verhindert dat er door de genoemde kieren plaatselijk 'koude lucht naar binnen komt'. Dit is niet helemaal onjuist, maar wel moet worden bedacht dat het ten eerste gaat om heel weinig ingeblazen lucht ($5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{uur}$) en ten tweede dat de natuurlijke drukfluctuaties rond de kas als gevolg van wind aanzienlijk groter kunnen zijn dan de overdruk die met luchtinblaassystemen kan worden opgebouwd. En juist de windeffecten zorgen voor grote temperatuurverschillen.

Natuurlijke ventilatie

De drijvende kracht voor de luchtuitwisseling wordt geleverd door natuurlijke oorzaken: temperatuurverschillen, drukverschillen en wind.

Natteboltemperatuur

Dit is de laagste temperatuur die bij een gegeven luchttemperatuur en RV kan worden bereikt door adiabatische koeling. Voor de mens is de natteboltemperatuur van de omgeving een belangrijk gegeven. Het verschil tussen de eigen (vaste) lichaamstemperatuur en deze natteboltemperatuur is bepalend voor de mate waarin de mens in staat is zich te koelen door transpiratie. Een omgeving met een hoge natteboltemperatuur voelt benauwd aan en werkt sterk nadelig op onder andere sportprestaties. Voor planten is dat geheel anders omdat de planttemperatuur zich binnen ruime grenzen kan bewegen.

Open, Gesloten en Semi gesloten kas

Van deze begrippen is de gesloten kas natuurlijk het meest duidelijk: een kas zonder luchtramen, dus zonder luchtuitwisseling met buiten. Dat betekent dat de complete luchtbehandeling; verwarmen, koelen, bevochtigen en ontvochtigen volledig door de installatie

moet worden verzorgd. Dit heeft onder meer als gevolg dat er een enorm grote en dure koelinstallatie nodig is en dat er in de zomer veel meer warmte (3 tot 4 keer zoveel) wordt 'geoogst' dan er in de winter nodig is om de kas te verwarmen. Het grootste voordeel is een hogere CO₂-concentratie dus meer groei.

De Open kas is de klassieke kas waarbij koelen en ontvochtigen uitsluitend met de luchtramen wordt gedaan en waarbij het activeren van het gewas vooral wordt gedaan met extra stoken (minimumbuis). Dit betekent dat de kas veel energie vraagt en dat er ook veel van de gedoseerde CO₂ door de ramen naar buiten verdwijnt.

De Semi gesloten kas is een kas waarin aanvullende apparatuur is toegepast om de luchtramen minder te hoeven gebruiken en daarmee de kas voor een deel gesloten te houden.

Osmose

Diffusie van water door een semi permeabel (halfdoorlatend) membraan als gevolg van verschil in concentratie van opgeloste deeltjes (bijvoorbeeld zouten, suiker en zetmeel). Het water wordt door de hogere zoutconcentratie aangetrokken. Veel transport van water in de plant vindt plaats door middel van osmose. Bij omgekeerde osmose wordt door mechanische druk van een pomp het water juist naar de lagere zoutconcentratie geperst.

PAR-straling

PAR, uitgedrukt in micromol/m².s is dat deel van de straling dat door de plant kan worden benut voor fotosynthese in het golflengte bereik van 400-700 nanometer. Van direct zonlicht is dat circa 45%, bij indirect zonlicht met bewolking kan dat oplopen tot 59%. De rest is IR infrarood (circa 50%) en UV ultra violet (circa 5%) Beide zijn overigens wel van belang om bepaalde groeiprocessen te sturen.

Plantbelasting

Maat voor de sinkgrootte uitgedrukt in aantal vruchten of bloemstengels per m² kasoppervlakte.

Psychrodiagram

Alternatieve uitvoering van het Mollier diagram. Een diagram waarin de eigenschappen van lucht bij alle combinaties van luchttemperatuur en vochtgehalte kunnen worden afgelezen.

Reflectie

Weerkaatsing van licht door de bladeren.

Relatieve Vochtigheid (RV)

De relatieve vochtigheid RV is de absolute vochtigheid van de kaslucht gedeeld door het maximale aantal grammen dat de lucht bij die temperatuur kan bevatten. Met vocht verzadigde lucht heeft dus een RV van 100%. Dit is zichtbaar als mist.

Sink

De sink wordt gevormd door alle plantendelen waar netto meer suikers worden verbruikt dan dat er worden aangemaakt. Dit is de hele plant met uitzondering van de bladeren die netto meer suikers aanmaken dan dat ze zelf verbruiken. Sinks zijn onder andere vruchten, bloemknoppen, wortels, het groeipunt, jonge bladeren en bladeren die heel weinig licht opvangen.

Source

De source wordt gevormd door alle plantendelen waar de aanmaak van suikers groter is dan het verbruik. Dit is dus het bladpakket van uitgegroeide bladeren. Hierbij behoren niet de jonge bladeren en oud blad, dat zo weinig licht ontvangt dat het verbruik van suikers groter is dan de aanmaak.

Soortelijke warmte van lucht

Dit is de hoeveelheid energie in kJ die nodig is om 1 kg lucht 1 graad in temperatuur te verhogen. Deze waarde bedraagt circa 1 kJ/kg.K. Een zeer lage waarde dus in vergelijking tot de verdampingswarmte van water. Daarom speelt het vochtgehalte van kaslucht een zeer bepalende rol in de energieuishouding.

Stomata

Plantkundige naam voor huidmondjes.

Straling

Uitwisseling van energie door middel van straling. Hierbij worden in hoofdzaak kortgolelige straling in de vorm van (zichtbaar) licht en langgolelige straling in de vorm van (onzichtbaar) infrarood (IR) en ver-infrarood (FIR) straling onderscheiden. Voor de plant is vooral groeilicht (PAR) van belang. Uitwisseling door straling gebeurt op allerlei plekken in de kas, de allerbelangrijkste en krachtigste bron is de instraling door de zon, maar ook lampen, verwarmingsbuizen, de kasconstructie en de bodem geven energie af en ontvangen energie door straling.

Uitstraling

Met uitstraling wordt bedoeld de afkoeling van het gewas doordat langgolelige warmtestraling wordt afgegeven aan een koud kasdek of een koud schermdoek. Dit is een vaak onderschat

verschijnsel met een fors risico voor condensatie in de kop van het gewas en de bloemen. Uitstraling wordt aangegeven als een negatief getal. Binnen de kas komen waarden tussen 0 en -50 W/m^2 voor als het kasdek meer dan 10°C kouder is dan het gewas. Op dezelfde manier kan de kas extra afkoelen door uitstraling naar de koude hemel. Afhankelijk van de bewolkingsgraad ligt de waarde in het bereik van 0 (bewolkt) tot -150 W/m^2 (heldere hemel). Uitstraling treedt op zodra er een temperatuurverschil is, dus dag en nacht. Uitstraling kan worden gecompenseerd door straling van de zon, van lampen en van een hete verwarmingsbuis, of door convectiewarmte die wordt aangevoerd door de lucht.

Ventilatie

Uitwisseling van kaslucht en buitenlucht. Hiermee wordt normaal gesproken vocht en warmte afgevoerd. De verhouding tussen warmteafvoer en vochtafvoer wordt bepaald door het verschil in luchttemperatuur en absoluut vochtgehalte binnen-buiten.

Ventilatiesnelheid

De hoeveelheid uitgewisselde lucht in $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{uur}$. Het voordeel van ventilatiesnelheid is dat hierbij in berekeningen en vergelijkingen de kashoogte niet hoeft te worden meegenomen. Daardoor is er een directere relatie met de capaciteit van luchtbehandelssystemen.

Ventilatievoud

Geeft aan hoe vaak de kasinhoud per uur wordt ververs, dus in m^3/m^3 uur.

Ventilatie of recirculatie capaciteit

De hoeveelheid lucht in m^3/m^2 die per uur door een ventilatie- of recirculatiesysteem kan worden ingebracht of rondgepompt.

Verdampingswarmte van water

Dit is de hoeveelheid energie in kJ die nodig is om 1 kg vloeibaar water te verdampen. Deze waarde hangt af van de temperatuur en bedraagt circa 2500 kJ/kg .

Versgewicht

Gewicht van de plant inclusief de waterinhoud in kg.

Verzadigingscurve van lucht voor waterdamp

Lucht kan bij een bepaalde temperatuur een maximale hoeveelheid waterdamp in gram/kg lucht bevatten. Deze relatie wordt de verzadigingscurve genoemd.

Vochtbalans van de kas

Het resultaat van vochtproductie door verdamping van gewas en bodem en vochtafvoer door ventilatie en condensatie.

Vochtdeficit (VD)

Het vochtdeficit VD is het verschil tussen de maximale absolute vochtigheid en de werkelijke absolute vochtigheid bij de heersende temperatuur in gram/kg lucht. RV en VD kunnen eenvoudig in elkaar worden omgerekend via het Psychrodiagram.

VPD Vapour Pressure Difference

Omdat waterdamp in lucht zich gedraagt als een mengsel van gassen kan ook worden gesproken van de dampdruk van vocht in de lucht. Dit wordt uitgedrukt in kilo Pascal (kPa). De omschrijving is VPD, Vapour Pressure Deficit, zijnde het verschil tussen de maximale waterdampdruk bij de heersende temperatuur en de werkelijke dampspanning. Dit is echter alleen een andere weergave van VD vochtdeficit en voegt weinig toe. Zinvoller is het begrip VPD-plant, dit is het verschil tussen de waterdampdruk in het blad en de dampdruk in de kaslucht. Deze VPD kan alleen worden berekend als naast de kasluchttemperatuur en de RV ook de planttemperatuur wordt gemeten. Waarden tussen circa 0,5 en 1,5 kPa worden als normaal beschouwd en gunstig voor een goede verdamping. Ter vergelijking: de normale luchtdruk op zeeniveau komt overeen met 101,3 kPa.

Waterbalans van de plant

Evenwicht tussen aanvoer en afvoer van water in de plant.

Handleiding voor Kassim

De handleiding bevat ondersteunend materiaal voor het bekend raken en werken met Kassim. In de [Introductie Kassim](#) wordt achtergrondinformatie over Kassim en het onderliggende kassimulatie model gegeven.

In de sectie [Kassim voor Studenten](#) wordt aan de hand van afbeeldingen binnen 10-15 min. uitgelegd hoe je als student met Kassim aan de slag kunt gaan.

In de sectie [Kassim voor Docenten](#) wordt aan de hand van afbeeldingen binnen 10-15 min. uitgelegd welke mogelijkheden er zijn om opdrachten binnen Kassim aan te maken en te beheren.

Tot slot bevat de [Begrippenlijst Kassim](#) een overzicht met uitleg van de naamgeving en alle symbolen en die u kunt tegenkomen in Kassim.

Introductie Kassim

Wat is het?

Kassim is een online simulatietool voor educatieve doeleinden op het gebied van klimaatregeling binnen kassen. De tool is gebouwd met het oog op recente ontwikkelingen omtrent klimaatregelstrategie en kas technologie. Hieronder valt onder andere het onderzoek verricht voor het innovatieprogramma [Kas als Energiebron](#), met als doel het energieverbruik van de Nederlandse glastuinbouw te verlagen. Maar ook ontwikkelingen met betrekking tot de (semi-) gesloten kas, kasdek materiaal, schermen en belichting.

Hoe werkt het?

Het model achter Kassim is een kas-simulatie model genaamd KASPRO dat ontwikkeld is door de business unit Glastuinbouw van Wageningen University & Research. KASPRO is een dynamisch model dat aan de hand van praktijkdata is doorontwikkeld en gevalideerd. Het model wordt veelvuldig in praktijkonderzoek gebruikt en uitgebreid met relevante nieuwe ontwikkelingen. Ook bevat het model een virtuele klimaatcomputer waarmee praktijkgetrouwe klimaatregeling kan worden gesimuleerd.

Voor wie?

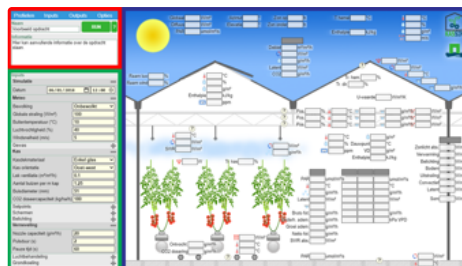
Kassim kan worden ingezet voor het onderwijs bij MBO, HBO en WO instellingen op het gebied van klimaatregeling, energie en klimaat in de glastuinbouw. Ook de sector glastuinbouw, waaronder telers, zijn welkom om Kassim te gebruiken voor het vergroten en verbreden van kennis.

Kassim voor Docenten

Welkom bij Kassim! Op deze pagina staat uitgelegd hoe u als docent aan de slag kan met Kassim. Doorlezen kost 10-15 minuten en het is handig om Kassim open te hebben staan in een extra tabblad. Heeft u nog geen toegang tot een docenten versie? Via deze link kunt u een registratie als docent aanvragen: [Wageningen University & Research Glastuinbouwmodellen Portal](#)

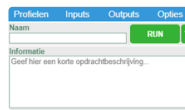
Interface

Het onderstaande figuur geeft een overzicht van de interface van Kassim. De interface bestaat in de docenten versie uit 3 hoofdpanelen: het docenten paneel (**rood** omkaderd), het input paneel (**groen** omkaderd) en het output paneel (**blauw** omkaderd).



Docenten paneel

Het docenten paneel is opgebouwd uit een blauwe menubalk met enkele dropdown menu's genaamd **Profielen**, **Inputs**, **Ouputs** en **Opties**. Hiermee kunnen instellingen en zogenaamde profielen worden beheerd. Een profiel is een simulatie-omgeving die een docent zelf kan inrichten ten behoeve van een opdracht voor studenten. Onder de menubalk worden de twee invulvelden **Naam** en **Informatie** weergegeven. Bij het maken van een profiel kunt u daar een profielnaam en -beschrijving opgeven. Tot slot is de **RUN** knop hier te vinden. Daarover later meer.



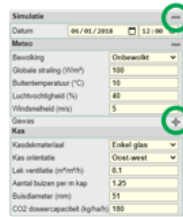
In de studenten versie van Kassim ontbreekt de blauwe menubalk en kan de profielnaam en -beschrijving niet worden aangepast. De **RUN** knop is wel toegankelijk voor studenten en staat op dezelfde plek. De interface van Kassim voor studenten staat beschreven op [Kassim voor Studenten](#).

Input paneel

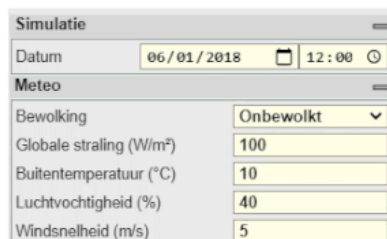
Het input paneel bevat een lijst met alle instellingen die aangepast kunnen worden om een simulatie mee uit te voeren. Denk bijvoorbeeld aan de weersomstandigheden, keuze van het gewas en kas installaties zoals belichting en schermen. De instellingen zijn gesorteerd per thema, zoals bijvoorbeeld Meteo (weersomstandigheden), Gewas en Kas eigenschappen.



Door op de plus en min symbolen te klikken kan er per thema gekozen worden om de instellingen weer te geven of in te klappen. Dit kan helpen om overzicht te behouden.



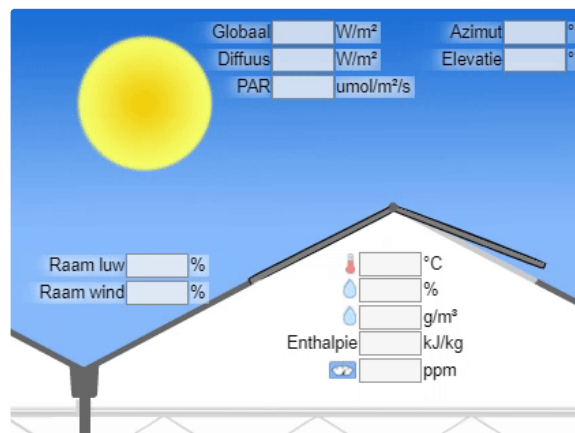
Als het niet duidelijk is wat een bepaalde instelling doet, dan is er een uitgebreidere beschrijving te vinden in de [Begrippenlijst van Kassim](#). Door met de muis op de tekst van een instelling te gaan staan, krijgt u ten eerste de volledige naam van een instelling te zien en er verschijnt een vraagteken bij de muis. Door te klikken op de tekst van een instelling opent er een nieuw tabblad en komt u direct vanuit Kassim terecht bij de bijbehorende uitleg die in de [Begrippenlijst van Kassim](#) staat.



Output paneel

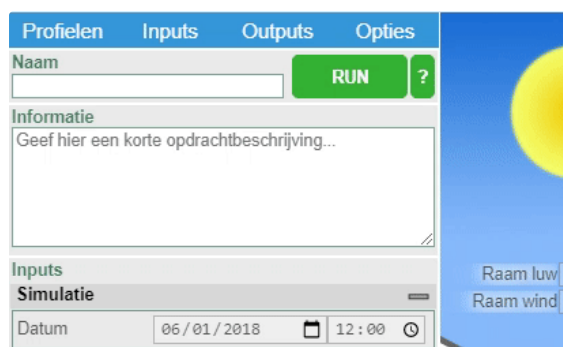
De outputs zijn alle resultaten die berekend worden door Kassim. Outputs kunnen niet door gebruikers worden aangepast. Alle outputs staan in de virtuele kas omgeving die de rechterzijde van de interface in beslag neemt.

Outputs worden aangegeven met een afkorting of een icoon. Als het niet duidelijk is wat een output inhoudt, dan is er een uitgebreidere beschrijving te vinden in de [Begrippenlijst van Kassim](#). Door met de muis op de tekst van een output te gaan staan, krijgt u ten eerste de volledige naam van die output te zien en er verschijnt een vraagteken bij de muis. Door vervolgens te klikken op de tekst van een output opent er een nieuw tabblad en komt u direct vanuit Kassim terecht bij de bijbehorende uitleg die in de [Begrippenlijst van Kassim](#) staat.



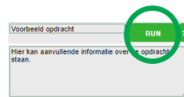
Simulaties runnen

Kassim is gebouwd om de steady-state energiebalans van een kas uit te rekenen op basis van de instellingen die een gebruiker via het input paneel invoert. Daarnaast rekent Kassim ook outputs uit zoals het gerealiseerde kasklimaat, vocht- en CO₂-fluxen en enkele parameters van het gewas. Om een simulatie te runnen als docent, zult u eerst de instellingen moeten selecteren waarvan u gebruik wilt maken. Het aan- en uitzetten van instellingen gaat via het dropdown menu **Inputs** dat te vinden is in het docenten paneel. Door op **Inputs** te klikken vindt u een lijst met alle beschikbare instellingen. Door een instelling aan te vinken, wordt deze beschikbaar voor de simulatie.

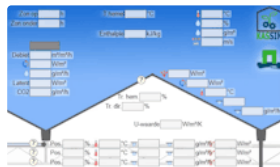


Hetzelfde doet u voor de outputs. In het dropdown menu **Outputs** in het docenten paneel kunt u aanvinken welke outputs zichtbaar worden als Kassim een simulatie heeft voltooid.

Vervolgens kunt u de instellingen nagaan en invullen in het input paneel. Als u tevreden bent met de instellingen (denk bijvoorbeeld aan weersomstandigheden, kas installaties en klimaatregeling) dan kunt u op de eerder genoemde **RUN** knop klikken.



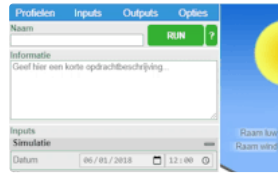
Kassim rekent dan aan de hand van de inputs uit wat er in de kas gebeurt. De getallen die daar uitkomen worden vervolgens zichtbaar in de output velden die zijn weergegeven in de virtuele kas. Alleen de outputs die u heeft aangevinkt in het **Output** dropdown menu zullen worden ingevuld. Het kan ook zijn dat output velden leeg blijven omdat bepaalde kas installaties niet gebruikt worden. Bijvoorbeeld omdat de belichting uit staat, er maar één scherm wordt gebruikt of omdat er niet actief ontvochtigd wordt.



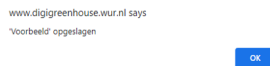
Als u een nieuwe simulatie wilt runnen met andere instellingen, past u deze eerst in het input paneel aan en vervolgens kunt u weer op de **RUN** knop klikken om te zien wat er verandert in de kas.

Profielen aanmaken

Als docent kunt u niet alleen zelf simulaties runnen met Kassim, maar u kan ook een simulatie-omgeving samenstellen die gebruikt kan worden binnen een opdracht voor studenten. Een simulatie-omgeving samenstellen gebeurt aan de hand van een **Profiel**. In het dropdown menu **Profielen** klikt u op de optie **Nieuw**. Geef het nieuwe profiel vervolgens een naam en eventuele beschrijving.



Daarna is het handig het nieuwe profiel alvast op te slaan door in het dropdown menu **Profielen** te klikken op **Opslaan**. U krijgt daarna de melding dat het profiel succesvol is opgeslagen.



Een opgeslagen profiel kan later altijd weer geopend worden of verwijderd worden. Binnen het aangemaakte profiel kunt u nu bepalen welke inputs en outputs zichtbaar moeten zijn voor studenten als het profiel met hun gedeeld wordt. Dat doet u door in de dropdown menu's **Inputs** en **Outputs** uw keuzes aan te vinken.

In het dropdown menu **Opties** kan er gekozen worden voor de talen Nederlands en Engels. Ook de **Range run** functie kan worden in- of uitgeschakeld. Wat studenten met de Range run functie kunnen doen staat beschreven in [Kassim voor Studenten](#).

Als u wilt bekijken hoe studenten uw profiel zien, slaat u het profiel eerst weer op en daarna kunt u in het dropdown menu **Profielen** op **Bekijk als student** klikken. Er opent een nieuw tabblad met het profiel zoals u dat heeft ingesteld, maar gezien vanuit de studenten versie van Kassim. Zo is gemakkelijk te controleren of het profiel naar wens is. Vergeet niet om na aanpassingen in een profiel, het profiel weer op te slaan.

Profielen delen en beheren

Wanneer u een profiel in Kassim af heeft en wilt delen met studenten, klikt u in het dropdown menu **Profielen** op **Verspreid**. Er verschijnt dan een overzicht van alle profielen die u heeft. Door een profiel te selecteren en vervolgens op de knop **Kopieer naar clipboard** te klikken, komt er een URL beschikbaar.



U krijgt een melding dat het kopiëren is geslaagd en vervolgens kunt u de URL ergens in plakken door de 'Ctrl' toets en 'v' toets tegelijk in te drukken. U kunt de URL direct in een browserbalk plakken of bijvoorbeeld in een mail die naar alle studenten gestuurd kan worden. Door op de URL te klikken of in een browserbalk te plakken kunnen studenten het profiel vervolgens zelf openen.

De enige twee functies in het dropdown menu **Profielen** die nog niet zijn besproken, zijn **Open** en **Verwijder**. Als u eenmaal een of meerdere profielen heeft aangemaakt en opgeslagen, kunt u deze later altijd weer openen om aanpassingen te doen of de URL te verkrijgen. Klik op **Open** en selecteer het te openen profiel in het overzicht dat verschijnt.



Als u een profiel wilt verwijderen klik dan op **Verwijder** en klik vervolgens op het te verwijderen profiel in het overzicht dat verschijnt.

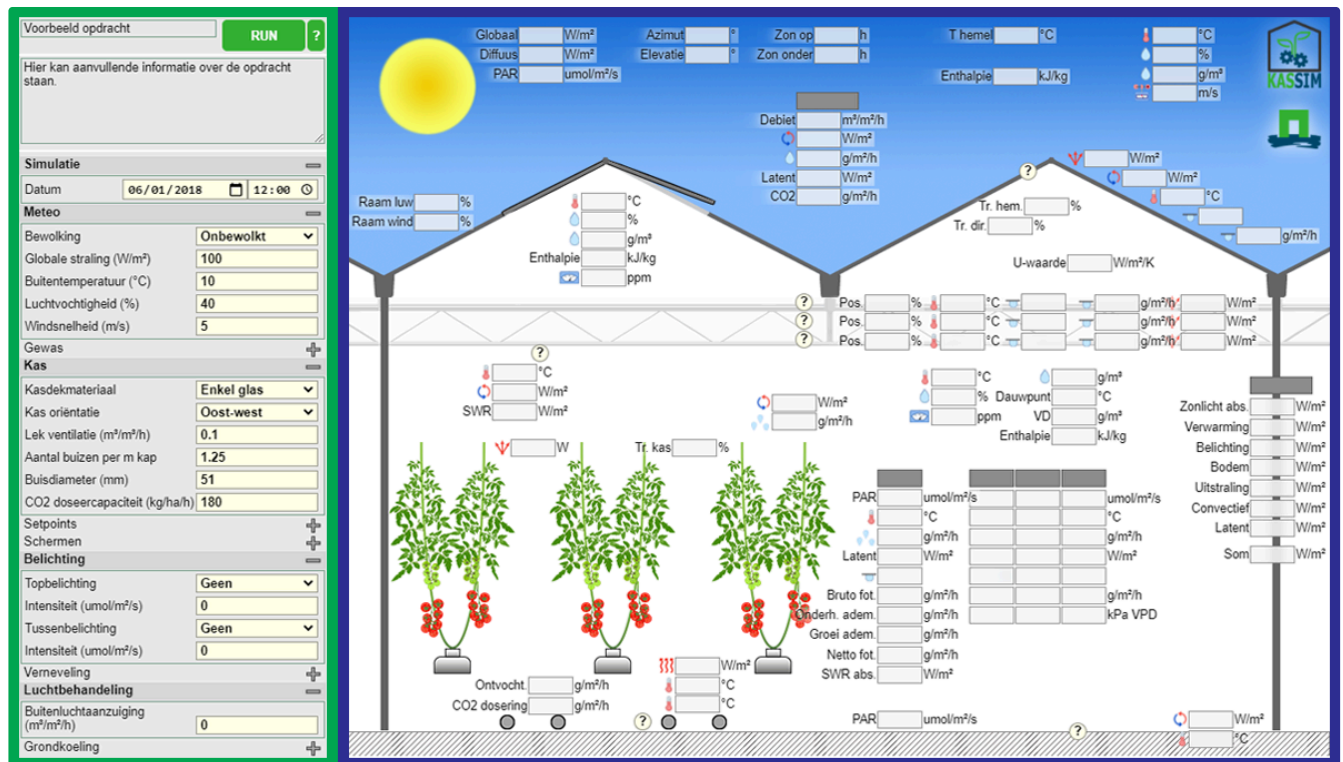
Uitschrijven

Tot slot vindt u de functie **Uitschrijven** in het dropdown menu **Opties**. Als u hierop klikt kunt er voor kiezen om uw Kassim account te laten verwijderen.

Welkom bij Kassim! Op deze pagina staat uitgelegd hoe je met Kassim kan werken om jouw kennis over energie en klimaat(regeling) in de glastuinbouw te vergroten. Doorlezen kost 10-15 minuten en het is handig om de voorbeeld opdracht open te hebben staan in een extra tabblad. Druk daarvoor de Ctrl knop op jouw toetsenbord in en klik tegelijkertijd op deze link: [Voorbeeld opdracht Kassim](#)

Interface

Het onderstaande figuur geeft een overzicht van de interface van Kassim. De interface bestaat uit 2 hoofdpanelen: het input paneel (groen omkaderd) en het output paneel (blauw omkaderd).



Input paneel

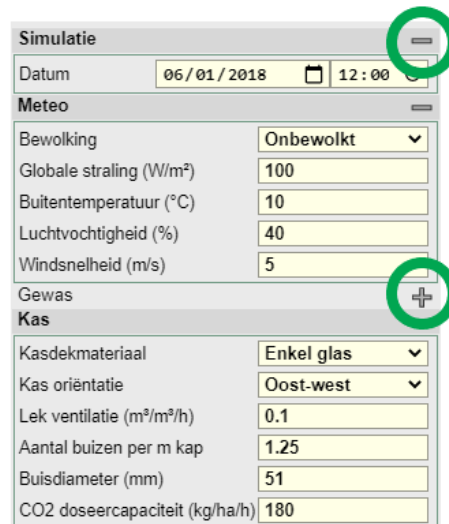
Boven in het input paneel staat de naam van de opdracht die je open hebt staan en eventueel een aanvullende beschrijving. Ook de **RUN** knop is hier te vinden. Daarover later meer.

Voorbeeld opdracht	RUN	?
Hier kan aanvullende informatie over de opdracht staan.		

Onder de naam en beschrijving van de opdracht vind je een lijst met alle instellingen die je kan aanpassen om een simulatie mee uit te voeren. Zo kun je bijvoorbeeld de weersomstandigheden bepalen, een gewas kiezen en de lampen in de kas aanzetten. De instellingen zijn gesorteerd per thema, zoals bijvoorbeeld Meteo (weersomstandigheden), Gewas en Kas eigenschappen.

Simulatie	
Datum	06/01/2018 12:00
Meteo	
Bewolking	Onbewolkt
Globale straling (W/m ²)	100
Buitemtemperatuur (°C)	10
Luchtvochtigheid (%)	40
Windsnelheid (m/s)	5
Gewas	+
Kas	
Kasdek materiaal	Enkel glas
Kas oriëntatie	Oost-west
Lek ventilatie (m ³ /m ² /h)	0.1
Aantal buizen per m kap	1.25
Buisdiameter (mm)	51
CO2 doseercapaciteit (kg/ha/h)	180
Setpoints	+
Schermen	+
Belichting	
Topbelichting	Geen
Intensiteit (umol/m ² /s)	0
Tussenbelichting	Geen
Intensiteit (umol/m ² /s)	0
Verneveling	+
Luchtbehandeling	
Buitenluchtaanzuiging (m ³ /m ² /h)	0
Grondkoeling	+

Per thema kun je er voor kiezen om de beschikbare instellingen weer te geven of in te klappen door op de plus en min symbolen te klikken. Zo kun je makkelijk overzicht houden met welke instellingen je bezig bent.



The screenshot shows the Kassim simulation interface. It is divided into several sections: 'Simulatie', 'Meteo', 'Gewas', and 'Kas'. The 'Simulatie' section at the top contains a date field set to '06/01/2018' and a time field set to '12:00'. Below this is the 'Meteo' section with settings for cloud cover ('Onbewolkt'), global radiation (100 W/m²), outdoor temperature (10 °C), humidity (40 %), and wind speed (5 m/s). The 'Gewas' section is currently collapsed, indicated by a green circle around a minus sign icon. The 'Kas' section is expanded, showing settings for greenhouse material ('Enkel glas'), orientation ('Oost-west'), ventilation rate (0.1 m³/m²/h), number of pipes per m² (1.25), pipe diameter (51 mm), and CO2 dosing capacity (180 kg/ha/h). A green circle around a plus sign icon is also visible next to the 'Gewas' section header.

⚠ Let op: de maker van de opdracht, bijvoorbeeld jouw docent, bepaalt welke instellingen jij kan zien en gebruiken. Zo kan het bijvoorbeeld zijn dat je in de ene opdracht zelf het gewas mag kiezen, terwijl in een andere opdracht deze instelling niet beschikbaar is en de docent heeft gekozen voor tomaat.

Als het niet duidelijk is wat je met een instelling kunt doen, dan kun je een uitgebreidere beschrijving vinden in de [Begrippenlijst van Kassim](#). Door met de muis op de tekst van een instelling te gaan staan, krijg je ten eerste de volledige naam van een instelling te zien en er verschijnt een vraagteken bij de muis. Door te klikken op de tekst van een instelling opent er een nieuw tabblad en kom je direct vanuit Kassim terecht bij de bijbehorende uitleg die in de [Begrippenlijst van Kassim](#) staat.

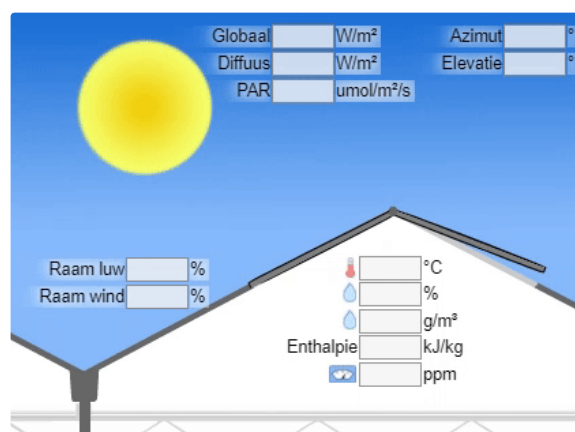
Simulatie	
Datum	06/01/2018 12:00
Meteo	
Bewolking	Onbewolkt
Globale straling (W/m ²)	100
Buitentemperatuur (°C)	10
Luchtvochtigheid (%)	40
Windsnelheid (m/s)	5

Output paneel

De outputs zijn alle resultaten die berekend worden door Kassim. Outputs kunnen niet door gebruikers worden aangepast. Alle outputs staan in de virtuele kas omgeving die de rechterzijde van de interface in beslag neemt.

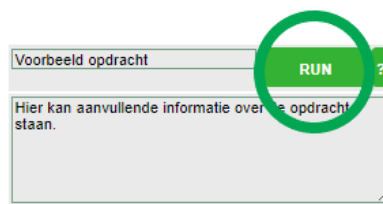
⚠ Let op: ook hier geldt dat de maker van de opdracht bepaalt welke outputs jij kan zien. Zo kan het bijvoorbeeld zijn dat je in de ene opdracht wel de berekende temperatuur van het gewas kan zien en in een andere opdracht niet.

Outputs worden aangegeven met een afkorting of een icoon. Als het niet duidelijk is wat een output inhoudt, dan kun je een uitgebreidere beschrijving vinden in de [Begrippenlijst van Kassim](#). Door met de muis op de tekst van een output te gaan staan, krijg je ten eerste de volledige naam van die output te zien en er verschijnt een vraagteken bij de muis. Door vervolgens te klikken op de tekst van een output opent er een nieuw tabblad en kom je direct vanuit Kassim terecht bij de bijbehorende uitleg die in de [Begrippenlijst van Kassim](#) staat.

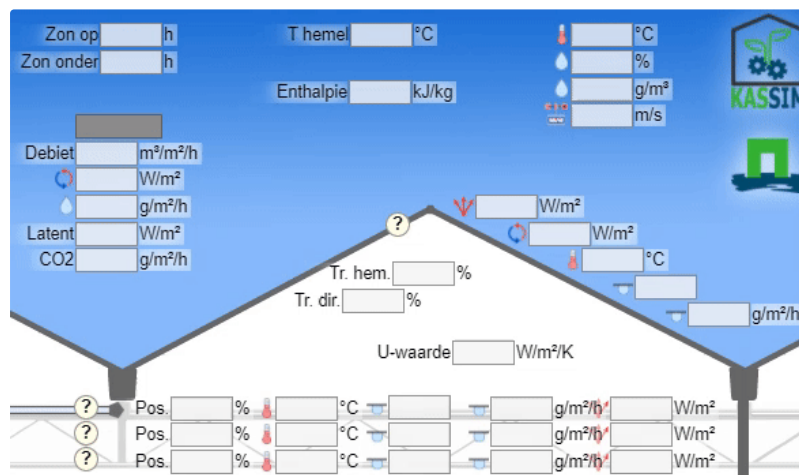


Simulaties runnen

Afhankelijk van jouw opdracht zul je een of meerdere simulaties willen runnen om vragen te beantwoorden. De eerste stap is het nagaan en invullen van alle instellingen die beschikbaar zijn in het input paneel. Als je tevreden bent met jouw instellingen (denk bijvoorbeeld aan weersomstandigheden, kas installaties en klimaatregeling) dan kun je op de eerder genoemde **RUN** knop klikken.



Kassim rekent dan aan de hand van jouw inputs uit wat er in de kas gebeurt. De getallen die daar uitkomen worden vervolgens zichtbaar in de output velden die zijn weergegeven in de virtuele kas. Het kan zijn dat sommige output velden geen getal bevatten omdat de bijbehorende kas installaties niet gebruikt worden. Bijvoorbeeld omdat de belichting uit staat, er maar één scherm wordt gebruikt of omdat er niet actief ontvochtigd wordt.



Met de outputs die worden gegenereerd door Kassim, kun jij de vragen binnen jouw opdracht gaan beantwoorden. Als je een nieuwe simulatie wilt runnen met andere instellingen, pas je deze eerst in het input paneel aan en vervolgens kun je weer op de **RUN** knop klikken om te zien wat er verandert in de kas.

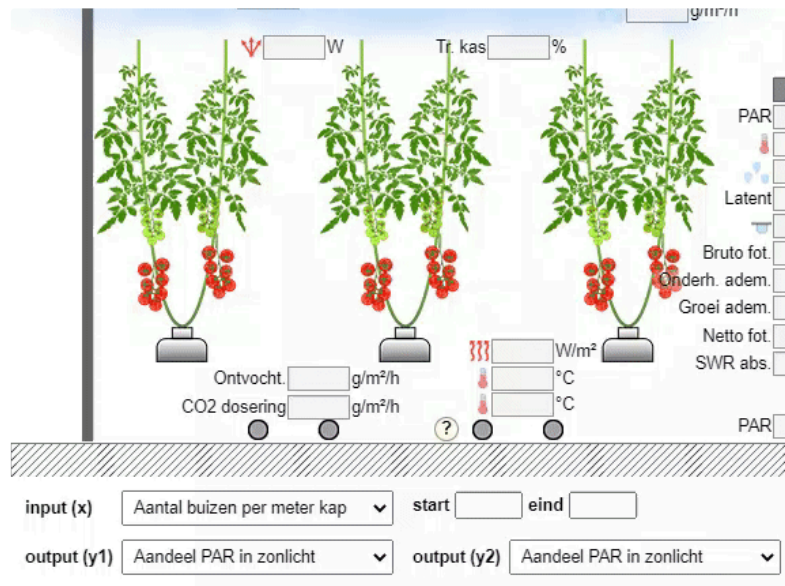
Range run

Kassim heeft ook een range run functie waarmee onderzocht kan worden wat voor invloed een bepaalde input heeft op een bepaalde output. Als deze functie is ingeschakeld door de maker van de opdracht, is het range run menu te zien onder de virtuele kas.

input (x)	Aantal buizen per meter kap ▼	start		eind		Range RUN
output (y1)	Aandeel PAR in zonlicht ▼	output (y2)	Aandeel PAR in zonlicht ▼			

De range run functie werkt als volgt. Bij **input (x)** kies je welke input je wilt variëren. Vervolgens geef je een bereik aan door de velden **start** en **eind** in te vullen. Let daarbij op de eenheid van de input die je hebt gekozen. Daarna kies je bij **output (y1)** en **output (y2)** uit welke van de outputs je wilt bekijken als de input wordt gevarieerd.

Hier volgt een voorbeeld. Stel je wilt zien wat voor invloed de pulsduur van je vernevelingsinstallatie heeft op de absolute vochtigheid in de kas en op de totale verdamping van het gewas. Voor het bereik waar we de pulsduur van de vernevelingsinstallatie over laten variëren kiezen we 2 to 6 seconden.



Nu de range run staat ingesteld, klikken we op de **Range RUN** knop om de berekening te starten.

input (x) start eind

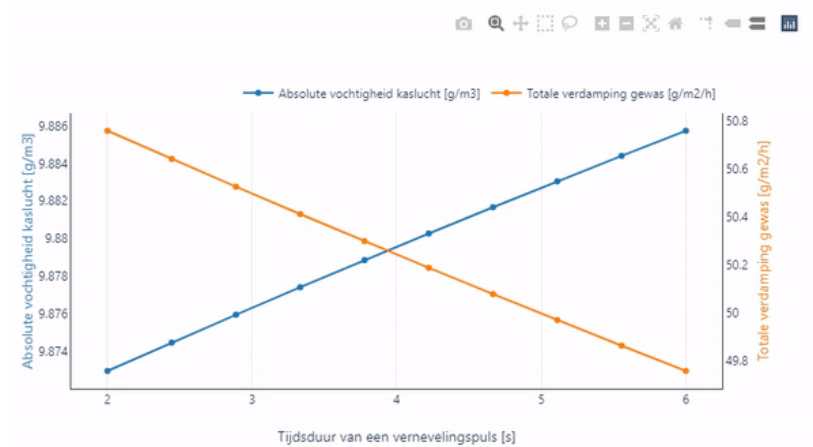
output (y1) output (y2)



Kassim voert nu de berekening uit en er verschijnt een grafiek met de resultaten. Op de x-as van deze grafiek staat de gekozen **input (x)** en het bereik van de as zal lopen van het ingevulde **start** getal tot en met het ingevulde **eind** getal. Op de y-assen staan de gekozen outputs. In het voorbeeld met de pulsduur van de vernevelingsinstallatie zien we bijvoorbeeld dat de absolute vochtigheid van de kaslucht toeneemt als de pulsduur toeneemt.



De grafiek heeft enkele functies zoals inzoomen, verschuiven en schalen. Ook kan de grafiek gedownload worden als png-bestand.



Door de instellingen van de range run functie aan te passen en opnieuw op de **Range RUN** knop te klikken, kun je Kassim opnieuw een berekening laten uitvoeren met bijbehorende grafiek als resultaat. De data van de grafiek kan ook gedownload worden als csv-bestand door op de **Download CSV** knop te klikken.

input (x) start eind s

output (y1) output (y2)



De mate van bewolking kan ingesteld worden op onbewolkt, half bewolkt en zwaar bewolkt. Bewolking heeft een sterke invloed op de hemeltemperatuur en daarmee ook op het stralingsverlies van een kas. Kassen verliezen namelijk warmte door stralingsverlies omdat de relatief warme kas naar een koude hemel "kijkt". Zie ook de output [Hemeltemperatuur](#). Daarnaast is de bewolking ook van invloed op de verhouding tussen directe en diffuse zonnestraling. [Lees hier meer over direct en diffuus licht](#).

Globale zonnestraling

Met deze input kan de globale zonnestraling [W/m^2] worden ingesteld. Dit is de som van direct en diffuus zonlicht in het golflengtebereik tussen 300 en 2500 nm ter hoogte van het aardoppervlak. [Lees hier meer over globale straling](#).

Temperatuur buitenlucht

Met deze input kan de temperatuur van de buitenlucht [$^{\circ}\text{C}$] worden ingesteld. Bij lage temperaturen en vooral in combinatie met harde wind verliest een kas veel warmte. Door een hoogisolierend kasdek te kiezen kan dit warmteverlies flink beperkt worden. [Lees hier meer over hoogisolierend kasdek](#).

Relatieve vochtigheid buitenlucht

Met deze input kan de relatieve vochtigheid van de buitenlucht [%] worden ingesteld. [Lees hier meer over luchtvochtigheid](#).

Windsnelheid

Met deze input kan de windsnelheid [m/s] worden ingesteld. Het convectief warmteverlies van het kasdek is hiervan sterk afhankelijk omdat de warmteoverdracht tussen het kasdek en de buitenlucht toeneemt met de snelheid van de langsstromende lucht. Vooral bij koud weer en veel wind verliest de kas veel warmte. Zie ook de output [Convectief warmteverlies ventilatie](#). Daarnaast neemt de ventilatiecapaciteit toe met de windsnelheid waardoor bij hoge windsnelheid de ramen minder ver open hoeven om hetzelfde ventilatiedebiet te bereiken. Zie ook de output [Ventilatie debiet](#).

Gewas

Gewas type

Voor het gewas kan een keuze gemaakt worden uit groentegewassen, snijbloemen en potplanten. Elk gewas heeft een specifieke verdampingskarakteristiek. Ook kan er voor gekozen worden om een lege kas te simuleren.

LAI

LAI is een afkorting van *leaf area index* ofwel bladoppervlakte-index. De LAI geeft aan hoeveel m^2 bladoppervlak er is per m^2 grondoppervlak en is dus een dimensieloos getal [m^2/m^2]. De LAI bepaalt de lichtonderschepping van het gewas en daarmee de fotosynthese en verdamping.

Maximale verdamping

Verdampingsstress ontstaat als er meer water wordt verdampt door de plant dan de wortels kunnen opnemen [$\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$]. De verdampingsstress kan worden gesimuleerd door een maximale verdamping in te stellen.

Kas eigenschappen

Kasoppervlak

Dit is de oppervlakte in m^2 van de beteelde fractie van de kas of kasafdeling.

Kasdekmetaal

Voor het kasdekmetaal kan gekozen worden uit helder glas of heldere folie, zowel enkellaags als dubbellaags. Kasdekmetaal is van invloed op de lichtdoorlatendheid en isolatiewaarde van een kas. Het model rekent met dezelfde lichttransmissiewaarden voor glas en folie, maar folie laat veel meer warmtestraling door dan glas waardoor de kas o.a. sneller afkoelt. Dubbellaags materialen hebben een hogere isolatiewaarde dan enkellaags materialen maar de lichttransmissie ligt vaak een stuk lager. [Lees hier meer over kasdekmaterialen en lichttransmissie](#). Daarnaast kan met de [Kasontwerp Calculator](#) de invloed van kasdekmetaal op de jaarrond lichtsom worden bepaald.

Krijten

Krijten van het kasdek is een manier om een teveel aan zonlicht tegen te houden. Hiermee wordt voorkomen dat het in de kas warmer wordt dan nodig is en de plant mpoeer verdampt van nodig is. Ook wordt direct licht omgezet in diffuus licht.

Kas oriëntatie

De kas oriëntatie kan ingesteld worden op een gootrichting oost-west of noord-zuid. De kas oriëntatie is van invloed op de hoek van inval van zonnestraling op het kasdek en daarmee de lichttransmissie. [Lees hier meer over kas oriëntatie](#). Daarnaast kan met de [Kasontwerp Calculator](#) de invloed van de kas oriëntatie op de jaarrond lichtsom worden bepaald.

Lek ventilatie

Met deze input kan de lek ventilatie [$\text{m}^3/\text{m}^3/\text{h}$] worden ingesteld. Vrijwel elke kas ventileert ook met gesloten ramen en dit wordt lek ventilatie genoemd. In de regel hebben nieuwe kassen een lagere lek ventilatie dan oude kassen. De lek ventilatie die hier wordt ingesteld, geldt bij een gemiddelde windsnelheid van 4 m/s. De daadwerkelijke lek ventilatie wordt uitgerekend op basis van de ingevulde windsnelheid. Zie ook de input [Windsnelheid](#).

Ventilatiecapaciteit

Voor het simuleren van bijvoorbeeld insectengaas kan hier de maximale ventilatiecapaciteit zoals die door Kassim berekend wordt worden beperkt.

Aantal buizen per meter kap

Met deze input kan het aantal verwarmingsbuizen per meter kap worden ingesteld. Het aantal buizen per meter kap in combinatie met de buisdiameter bepaalt het verwarmend oppervlak van het verwarmingsnet en daarmee de maximale verwarmingscapaciteit. Het model rekent met 1 verwarmingsnet: buisrail, onder het gewas. [Lees hier meer over warmteafgifte van buizen](#).

Buisdiameter

Met deze input kan de diameter [mm] van de verwarmingsbuizen worden ingesteld. Het aantal buizen per meter kap in combinatie met de buisdiameter bepaalt het verwarmend oppervlak van het verwarmingsnet en daarmee de maximale verwarmingscapaciteit. Het model rekent met 1 verwarmingsnet: buisrail, onder het gewas. [Lees hier meer over warmteafgifte van buizen](#).

Kasorientatie

De orientatie van de kas bepaalt o.a. de lichttransmissie op een bepaald moment.

CO₂ doseercapaciteit

CO₂ wordt overdag of wanneer er belicht wordt in de kas geblazen (gedoseerd) om de groei van planten te stimuleren en daarmee de productie te verhogen. Kassim regelt de ingestelde CO₂ concentratie op basis van de maximale CO₂ doseercapaciteit [kg/ha/h]. Zie ook de input [Setpoint CO₂](#).

Klimaatregeling met setpoints

Setpoint verwarmen

Als de kaslucht temperatuur lager wordt dan de hier ingestelde waarde [°C] dan schakelt de verwarming in totdat de gewenste kaslucht temperatuur bereikt is. Wanneer het erg koud is kan het voorkomen dat het maximale verwarmingsvermogen, en/of de maximale buistemperatuur en/of het verwarmend oppervlak te laag zijn om de gevraagde setpoint temperatuur te realiseren. Zie ook de output [Verwarmingsvermogen](#).

Minimum buistemperatuur

Een verwarmingsbuis heeft een aanvoer- en retourtemperatuur. Bij verwarmen van de kas zal de retourtemperatuur altijd lager liggen dan de aanvoertemperatuur, omdat het water dat door de buizen stroomt warmte afgeeft aan de kaslucht en daardoor steeds verder afkoelt. Met een minimum buistemperatuur [°C] kan de aanvoertemperatuur van de buizen op een minimale waarde gehouden worden. Hierdoor kan bijvoorbeeld overtollige warmte uit de warmtebuffer afgelucht worden of voor meer luchtverplaatsing in de kas gezorgd worden (actief klimaat). [Lees hier meer over warmteafgifte van buizen](#).

Maximum buistemperatuur

Een verwarmingsbuis heeft een aanvoer- en retourtemperatuur. Bij verwarmen van de kas zal de retourtemperatuur altijd lager liggen dan de aanvoertemperatuur, omdat het water dat door de buizen stroomt warmte afgeeft aan de kaslucht en daardoor steeds verder afkoelt. Met een maximum buistemperatuur [°C] kan de aanvoertemperatuur van de buizen op een maximale waarde begrensd worden. [Lees hier meer over warmteafgifte van buizen](#).

Setpoint ventileren op temperatuur

Als de kaslucht temperatuur boven het setpoint ventileren op temperatuur [°C] uitkomt, dan wordt er geventileerd totdat de gewenste kaslucht temperatuur is bereikt.

P-band ventilatie op temperatuur

P-band ventilatie op temperatuur geeft het kastemperatuurgebied [°C] boven het setpoint voor ventileren op temperatuur aan, waarbinnen de ramen proportioneel van dicht (0 %) naar open (100 %) gaan. Hoe kleiner de P-band wordt gekozen, des te sneller de ramen zullen openen en sluiten bij een temperatuurverandering boven het setpoint voor ventileren op temperatuur. Voorbeeld: Stel dat het setpoint voor ventileren op temperatuur op 20 °C staat en de P-band ventilatie op 5 °C staat. In dit geval zullen de ramen bij een kaslucht temperatuur van 25 °C volledig geopend zijn. Stel dat de P-band op 3 °C wordt ingesteld, dan zullen de ramen al volledig open zijn bij een kaslucht temperatuur van 23 °C.

Setpoint ventileren op vocht

Als de relatieve luchtvochtigheid van de kaslucht boven het setpoint ventileren op vocht [%] uitkomt, dan wordt er geventileerd totdat de gewenste relatieve vochtigheid in de kas is bereikt.

P-band ventilatie op vocht

P-band ventilatie op vocht geeft het gebied van relatieve luchtvochtigheid in de kas [°C] boven het setpoint voor ventileren op vocht aan, waarbinnen de ramen proportioneel van dicht (0 %) naar open (100 %) gaan. Hoe kleiner de P-band wordt gekozen, des te sneller de ramen openen en sluiten bij een verandering in vochtigheid boven het setpoint voor ventileren op vocht. Voorbeeld: Stel dat het setpoint voor ventileren op vocht op 80 % staat en de P-band ventilatie op 5 % staat. In dit geval zullen de ramen bij een relatieve luchtvochtigheid in de kas van 85 % volledig geopend zijn. Stel dat de P-band op 3 % wordt ingesteld, dan zullen de ramen al volledig open zijn bij een relatieve luchtvochtigheid in de kas van 83 %.

Minimum raamstand luwe zijde

Door de ramen te openen wordt de kaslucht ververs met buitenlucht. Dit heet ventileren en is nodig om te voorkomen dat het te warm of te vochtig wordt. Als er CO₂ gedoseerd wordt is dit ongunstig omdat de gedoseerde CO₂ dan snel naar buiten verdwijnt. Als er geen CO₂ gedoseerd wordt, is overdag ventileren juist gunstig omdat de CO₂, die opgenomen is door de planten, dan aangevuld wordt. De zijde van de kas waar de wind vandaan komt, wordt de windzijde genoemd. De andere zijde wordt de luwe zijde of soms ook lijzijde genoemd. De minimum raamstand luwe zijde [%] geeft aan hoe ver de ramen tenminste open worden

gehouden aan de luwe zijde van de kas. Bij 0 % zijn de ramen gesloten en bij 100 % zijn de ramen volledig geopend. Zie ook de output [Raamstand luwe zijde](#).

Minimum raamstand windzijde

Door de ramen te openen wordt de kaslucht ververst met buitenlucht. Dit heet ventileren en is nodig om te voorkomen dat het te warm of te vochtig wordt. Als er CO₂ gedoseerd wordt is dit ongunstig omdat de gedoseerde CO₂ dan snel naar buiten verdwijnt. Als er geen CO₂ gedoseerd wordt, is overdag ventileren juist gunstig omdat de CO₂, die opgenomen is door de planten, dan aangevuld wordt. De zijde van de kas waar de wind vandaan komt, wordt de windzijde genoemd. De andere zijde wordt de luwe zijde of soms ook lijzijde genoemd. De minimum raamstand windzijde [%] geeft aan hoe ver de ramen tenminste open worden gehouden aan de windzijde van de kas. Bij 0 % zijn de ramen gesloten en bij 100 % zijn de ramen volledig geopend. Zie ook de output [Raamstand windzijde](#).

Maximum raamstand

Met de maximum raamstand [%] kan de maximale opening van de ramen aan zowel luwe als windzijde begrensd worden.

Naloop windzijde

De luchtramen van een kas worden in de regel als eerste aan de luwe zijde geopend. Met de naloop [%] kan ingesteld worden vanaf welke raampositie aan de luwe zijde de ramen aan de windzijde beginnen te openen. Zie ook de output [Raamstand windzijde](#).

Setpoint CO₂

CO₂ wordt overdag of wanneer er belicht wordt in de kas geblazen (gedoseerd) om de groei van planten en daarmee de productie te verhogen. Kassim regelt de CO₂ concentratie in de kas op basis van de ingestelde streefwaarde voor de CO₂ concentratie [ppm]. Zie ook de input [CO₂ doseercapaciteit](#).

Kassim kan met maximaal 3 schermen tegelijk rekenen. Per scherm kan een keuze gemaakt worden uit een aantal schermen in 3 categorieën:

- [Energieschermen](#)
- [Schaduwschermen](#)
- [Verduisteringsschermen](#)

Een scherm heeft een aantal specifieke eigenschappen met **vetgedrukt** de verwijzing naar de tabel hieronder:

- Lichttransmissie (**Them**).

Het model rekent met UV (300-400 nm), VIS/PAR (400-700 nm) en NIR (700-2500 nm). De lichttransmissie wordt meestal uitgedrukt in de Hemisferische transmissie (Them). Als een hoog isolerend scherm ook hoog transparant is kan dit overdag langer gebruikt kan worden bij koud weer.

- Transmissie voor Near Infrared Radiation (**T NIR**)

Dit deel van het zonlicht wordt niet gebruikt voor fotosynthese en heeft alleen invloed op de energiebalans van de kas. Een hoge NIR transmissie is voordelig in de winter omdat al het zonlicht dan welkom is voor verwarming van de kas. In de zomer is een lage NIR transmissie juist gewenst omdat de kas dan minder opgewarmd wordt wat allerlei voordelen heeft zoals minder ventileren en een hoger CO₂-niveau.

- Lichtabsorptie (**Abs**)

Het licht wat niet doorgelaten en gereflecteerd wordt, wordt door het scherm geabsorbeerd en zorgt voor opwarming van het scherm. Bij hoog-transparante schermen is de absorptie laag, Schaduwschermen en verduisterschermen hebben vaak een aluminium of witte onder- en/of bovenzijde. Bij daglengtegevoelige planten wordt vaak een scherm met zwarte onderkant gebruikt om het lichtniveau zo laag mogelijk te houden.

- Transmissie voor langolvige straling (**T FIR**)

Langolvige straling, ook wel warmtestraling en Far Infrared Radiation (FIR) genoemd, is straling die een object uitzendt als gevolg van de temperatuur van het object. Schermen met een lage FIR transmissie houden bij koud weer de warmtestraling vanuit de kas (gewas) naar de hemel tegen waardoor de kas minder stralingswarmte verliest. Het ligt dan aan de emissiecoëfficiënt van het scherm of deze straling geabsorbeerd wordt (scherm warmt op) of op zijn beurt weer uitgestraald.

- Emissiecoëfficiënt (**Eps**)

De emissiviteit van een oppervlak is de effectiviteit waarmee energie als warmtestraling uitgestraald kan worden. Om te voorkomen een scherm de geabsorbeerde warmte van de kas naar de hemel uitstraalt moet de emissiecoëfficiënt zo laag mogelijk zijn.

- Diffusiteit (**Diffuus**)

Een diffuus scherm zorgt voor een beter verdeling van direct zonlicht en kan, afhankelijk van het gewas en o.a. stralingsniveau, voor een hogere fotosynthese zorgen.

- Warmte-isolatie (**Energiebesparing**)

De effectieve energiebesparing met een scherm gerealiseerd kan worden hangt van een groot aantal factoren af maar wordt voornamelijk bepaald wordt door de luchtdoorlatendheid van het scherm. Een geperforeerd scherm zal een veel lagere isolerende werking hebben dan een dicht doek. Ook de **T FIR** en **Eps** spelen hierbij een rol.

Naam	Them [%]	T NIR [%]	Abs [%]	T FIR [%]	Eps [-]	Diffuus	Energiebesparing
Energie: T=89% heldere folie	81	81	10	60	0.36	Nee	Hoog
Energie: T=73% diffuus dicht	73	73	10	35	0.44	Ja	Hoog
Energie: T=69% diffuus dicht	69	69	10	35	0.42	Ja	Hoog
Energie: T=54% diffuus dicht	40	54	20	25	0.54	Ja	Hoog
Energie: T=44% diffuus dicht	22	44	20	18	0.64	Ja	Hoog
Energie: T=59% helder open	45	59	10	35	0.49	Nee	Laag
Schaduw: T=25% bandjes open	25	25	10	11	0.2	Nee	Laag
Schaduw: T=15% bandjes open	12	12	10	0	0.32	Nee	Hoog
Schaduw: T=25% diffuus dicht	25	25	20	0	0.35	Ja	Hoog
Schaduw: T=11% diffuus dicht	11	11	10	0	0.28	Ja	Hoog

Verduister: zwart boven wit onder	1	1	80	0	0.95	Nee	Hoog
Verduister: wit boven zwart onder	1	1	20	0	0.84	Nee	Hoog

Er kan gekozen worden uit de volgende schermen:

De schermkier [%] geeft aan hoe ver het scherm is gesloten (een kier van 0 % betekent geheel gesloten) en dit kan per scherm worden ingesteld. Afhankelijk van de porositeit van het scherm is er uitwisseling tussen de lucht boven en onder het scherm. Schaduwschermen worden gebruikt bij hoge instraling en zullen daarom vaak meer lucht doorlaten dan een energiescherm dat juist moet isoleren. Daarnaast stroomt er lucht langs het scherm wanneer dit op een kier getrokken wordt. Met de button  kan [na een simulatie](#) de optische informatie van het scherm opgevraagd worden. Zie ook de beschikbare outputs voor de [Schermen](#).

Schermandstand

Hiermee kan de schermstand ingesteld worden. Een schermstand van 0% betekent een open scherm (opgerold/opgevouwen) en een schermstand van 100% betekent een volledig gesloten scherm (uitgerold/opengevouwen). Meestal wordt een schermkier van enkele procenten aangehouden om overtollig vocht af te kunnen luchten. Bij een kier van 2% is de schermstand dus 98%.

Schermricting

Meestal bewegen schermen dezelfde kant op maar soms kan het zinvol zijn om 2 schermen tegengesteld te laten bewegen, dus als het ene scherm opent loopt het andere scherm dicht. Hiermee kan het lichtniveau in de kas beter gestuurd worden. Kassim ondersteunt deze optie alleen bij het gebruik van het 1e en het 3e scherm en bij bepaalde combinaties van schermstanden. In andere gevallen wordt een foutmelding gegeven.

Topbelichting

Met topbelichting wordt aangegeven of er assimilatiebelichting boven het gewas gebruikt wordt door middel van lampen. Als lamptype kan voor SON-T (hogedruk natrium) of LED lampen gekozen worden. LED lampen hebben gemiddeld een iets hoger rendement dan SON-T lampen wat betekent dat er minder warmte geproduceerd wordt bij dezelfde hoeveelheid PAR [$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$]. Ook kan de warmte die LEDs produceren door middel van waterkoeling worden opgevangen en afgevoerd en in theorie worden hergebruikt, dit in tegenstelling tot hogedruk natriumlampen. Bij topbelichting stralen de lampen naar beneden waarbij een deel

van het zichtbare en infrarode licht door het gewas en de vloer weer gereflecteerd wordt. De belichtingslichtintensiteit wordt opgegeven in $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Zie ook de beschikbare outputs voor [Topbelichting](#).

Tussenbelichting

Met tussenbelichting wordt aangegeven of er assimilatiebelichting tussen het gewas gebruikt wordt door middel van lampen. Omdat SON-T lampen (hogedruk natrium) normaal gesproken erg heet worden, zijn deze niet geschikt voor tussenbelichting. LED lampen kunnen wel worden gebruikt voor tussenbelichting. De tussenbelichting is zijwaards gericht waardoor de helft van het licht naar boven en de helft naar beneden gestraald wordt. In het model hangen de lampen tussen de onderste en de middelste gewaslaag, ook bij lage en compacte gewassen. Hierdoor kan de positie van de tussenbelichting in de figuur misleidend zijn bij deze gewassen. De belichtingsintensiteit wordt opgegeven in $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$.

Belichtingsintensiteit

Ooit werd de belichtingssterkte van assimilatieverlichting uitgedrukt in lux, een eenheid die gerelateerd is aan de gevoeligheid van het menselijk oog. Tegenwoordig wordt de eenheid $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ gebruikt. Meer informatie over dit onderwerp is te vinden op de [KasKieswijzer](#).

Verneveling

Verneveling wordt gebruikt om te koelen (adiabatisch principe) of om de luchtvochtigheid van de kaslucht te verhogen. Een vernevelingsinstallatie heeft een bepaalde vaste capaciteit die ingesteld wordt met de zogenaamde nozzle capaciteit (dit geldt voor continu vernevelen). De nozzle capaciteit wordt opgegeven in $\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$. Door de nozzles telkens een korte periode aan (pulsduur) en weer uit (pauze tijd) te zetten kan de hoeveelheid verneveld water en daarmee de luchtvochtigheid en/of koelvermogen geregeld worden. [Lees hier meer over verneveling](#).

Geforceerde ventilatie/buitenluchtaanzuiging

Door middel van ventilatoren in de kasgevel en een verdeelsysteem in de vorm van luchtslurven kan buitenlucht geforceerd de kas in worden geblazen en (door het scherm) worden afgelucht door de luchtramen. Dit wordt ook wel mechanische ventilatie genoemd. Met deze input kan de ventilatiesnelheid (luchtdebiet) worden opgegeven in $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$. [Lees hier meer over het geforceerd inblazen van buitenlucht](#).

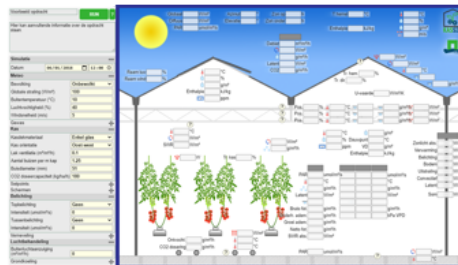
Grondkoeling

Bij sommige grondgebonden teelten wordt de grond actief gekoeld met een koelmachine om de wortels van het gewas koel te houden. Met het setpoint grondtemperatuur [$^{\circ}\text{C}$] kan de

grondlaag onder de vloer op een bepaalde temperatuur ingesteld worden. De kasvloer en daarmee kasluchttemperatuur zullen hierdoor lager worden dan zonder grondkoeling. Overigens wordt in de praktijk de kasvloer meestal geïsoleerd zodat het koelen van de grond geen invloed heeft op de temperatuur van de vloer en kaslucht.

Outputs

De outputs zijn alle resultaten die berekend worden door Kassim. Outputs kunnen niet door gebruikers worden aangepast. Alle outputs staan in de virtuele kas omgeving die de rechterzijde van de interface in beslag neemt. In de onderstaande afbeelding is de virtuele kas omgeving met outputs aangegeven met een **blauw** kader. Outputs worden aangegeven met een afkorting of een icoon. Door met de muis op een output te gaan staan in Kassim kan de volledige naam worden geïnspecteerd. Hieronder volgt een overzicht met uitleg van alle outputs.



Iconenlijst

-  Temperatuur
-  Vocht
-  Windsnelheid
-  CO₂-concentratie



Warmteoverdracht



Straling



Convectie



Verdamping



Condensatie

Meteo

Globale zonnestraling

Afkorting: Globaal

Eenheid: W/m^2

Deze output geeft de intensiteit van de globale zonnestraling weer. Dit is de som van direct en diffuus zonlicht in het golflengtebereik tussen 300 en 2500 nm ter hoogte van het aardoppervlak. [Lees hier meer over globale straling.](#)

Diffuse zonnestraling

Afkorting: Diffuus

Eenheid: W/m^2

Diffuse zonnestraling is straling die weerkaatst is door bijvoorbeeld het wolkendek voordat deze de aarde bereikt. In tegenstelling tot directe straling die maar één richting heeft komt diffuse straling van alle kanten. [Lees hier meer over direct en diffuus licht.](#)

PAR zon

Afkorting: PAR

Eenheid: $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$

PAR is een afkorting van *photosynthetically active radiation*. Vertaald naar het Nederlands is dat fotosynthetisch actieve straling. PAR is het deel binnen het lichtspectrum dat planten kunnen gebruiken voor fotosynthese. [Lees hier meer over het lichtspectrum.](#)

Azimut zon

Afkorting: Azimut

Eenheid: °

Het azimut van de zon is de horizontale coördinaat waarmee de positie van de zon wordt aangegeven.

Elevatie zon

Afkorting: Elevatie

Eenheid: °

De elevatie van de zon is de verticale coördinaat waarmee de positie van de zon wordt aangegeven.

Zonsopgang

Afkorting: Zon op

Deze output geeft het tijdstip van zonsopgang aan voor de gekozen datum.

Zonsondergang

Afkorting: Zon onder

Deze output geeft het tijdstip van zonsondergang aan voor de gekozen datum.

Hemeltemperatuur

Afkorting: T hemel

Eenheid: °C

Uitstraling is een belangrijk onderdeel van het energieverlies van de kas. Dit komt doordat de kas een relatief warm object vormt tegenover een "hemel" die zeer koud kan zijn. De hemeltemperatuur geeft aan hoe "koud" de hemel is. Bewolking is van grote invloed op de hemeltemperatuur. [Lees hier meer over uitstraling.](#)

Temperatuur buitenlucht

Icoon: 🌡️

Eenheid: °C

Deze output geeft de temperatuur van de buitenlucht aan. Bij lage temperaturen en vooral in combinatie met harde wind verliest een kas veel warmte. Door een hoogisolierend kasdek te kiezen kan dit warmteverlies flink beperkt worden. [Lees hier meer over hoogisolierend kasdek.](#)

Relatieve vochtigheid buitenlucht

Icoon: 

Eenheid: %

Deze output geeft de relatieve vochtigheid van de buitenlucht aan. [Lees hier meer over luchtvochtigheid.](#)

Absolute vochtigheid buitenlucht

Icoon: 

Eenheid: g/m³

Deze output geeft de absolute vochtigheid van de buitenlucht aan. [Lees hier meer over luchtvochtigheid.](#)

Windsnelheid

Icoon: 

Eenheid: m/s

Deze output geeft de windsnelheid aan. Zie ook de input [Windsnelheid](#).

Enthalpie buitenlucht

Afkorting: Enthalpie

Eenheid: kJ/kg

Deze output geeft de enthalpie van de buitenlucht aan. [Lees hier meer over enthalpie.](#)

⚠️ Let op: als er een scherm wordt gebruikt, wordt er onderscheid gemaakt tussen de kaslucht onder en boven het scherm.

Temperatuur kaslucht

Icoon: 🌡️

Eenheid: °C

Deze output geeft de temperatuur van de kaslucht aan.

Relatieve vochtigheid kaslucht

Icoon: 💧

Eenheid: %

Deze output geeft de relatieve vochtigheid van de kaslucht aan. [Lees hier meer over luchtvochtigheid.](#)

Absolute vochtigheid kaslucht

Icoon: 💧

Eenheid: g/m³

Deze output geeft de absolute vochtigheid van de kaslucht aan. [Lees hier meer over luchtvochtigheid.](#)

Enthalpie kaslucht

Afkorting: Enthalpie

Eenheid: kJ/kg

Deze output geeft de enthalpie van de kaslucht aan. [Lees hier meer over enthalpie.](#)

CO₂ concentratie kaslucht

Symbool: 🌬️

Eenheid: ppm

Deze output geeft de CO₂ concentratie van de kaslucht aan. Door CO₂ te doseren kan de concentratie worden verhoogd. Zie ook de input [CO2 doseercapaciteit..](#)

Dauwpuntstemperatuur kaslucht

Afkorting: Dauwpunt

Eenheid: °C

Deze output geeft het dauwpunt van de kaslucht aan. [Lees hier meer over het dauwpunt en condensatie.](#)

Vochtdeficiet kaslucht

Afkorting: VD

Eenheid: g/m³

Deze output geeft het vochtdeficiet van de kaslucht aan. [Lees hier meer over het vochtdeficiet.](#)

Gewas

Inkomende PAR

Afkorting: PAR

Eenheid: μmol/m²/s

Deze output geeft de PAR intensiteit boven het gewas weer zoals die door een PAR-meter wordt gemeten (alleen neerwaards). Dit is de som van de globale straling en de assimilatiebelichting minus de door het kasdek en de kasconstructie geblokkeerde straling. Zie ook de output [PAR zon](#). [Lees hier meer over het lichtspectrum.](#)

LAI

Afkorting: LAI

Eenheid: m²/m²

LAI is een afkorting van *leaf area index* ofwel bladoppervlakte-index. De LAI geeft aan hoeveel m² bladoppervlak er is per m² grondoppervlak en is dus een dimensieloos getal [m²/m²]. De LAI bepaalt de lichtonderschepping van het gewas en daarmee de fotosynthese en verdamping.

Temperatuur gewas

Icoon: 

Eenheid: °C

De temperatuur van het gewas zal niet overal gelijk zijn. Bij veel instraling zal de temperatuur in de kop van het gewas hoger zijn dan onderin, 's nachts is dit juist andersom. Deze output geeft de gemiddelde temperatuur van het gewas aan.

Verdamping gewas

Icoon: 

Eenheid: g/m²/h

Deze output geeft de totale verdamping van het gewas aan. [Lees hier meer over de rol van verdamping binnen de energiebalans van planten.](#)

Latente verdampingswarmte gewas

Afkorting: Latent

Eenheid: W/m²

Deze output geeft de totale latente verdampingswarmte van het gewas aan. De latente verdampingswarmte is de warmte die nodig is om water te laten verdampen. Deze warmte wordt aan het gewas onttrokken waardoor het afkoelt en, afhankelijk van de hoeveelheid straling, waardoor de bladtemperatuur onder de luchttemperatuur kan komen te liggen. [Lees hier meer over de rol van verdamping binnen de energiebalans van planten.](#)

Condensatie gewaslaag

Icoon: 

Eenheid: droog of nat

Deze output geeft voor het gehele gewas aan of er condensatie optreedt. [Lees hier meer over het dauwpunt en condensatie.](#)

Bruto fotosynthese gewas

Afkorting: Bruto fot.

Eenheid: g CO₂/m²/h

Deze output geeft de totale bruto fotosynthese van het gewas weer als de hoeveelheid CO₂ die een plant per tijdseenheid opneemt. Tegelijkertijd wordt door de plant ook CO₂ uitgestoten

door onderhouds- en groeiademhaling. Ademhaling wordt ook dissimilatie of verbranding genoemd. De netto opgenomen CO₂ kan dan worden gebruikt voor groei.

Ademhaling gewas

Afkorting: Onderh. adem. en Groei adem.

Eenheid: g CO₂/m²/h

Een plant maakt bij de fotosynthese (assimilatie) suikers uit CO₂ en water. Bij de ademhaling wordt een deel van die suikers verbrand om energie voor de plant beschikbaar te krijgen en is daarmee het omgekeerde van fotosynthese. De ademhaling bestaat uit twee componenten: onderhouds- en groeiademhaling. De onderhoudsademhaling wordt bepaald door het plantgewicht (drogestof) en de temperatuur van de plant. De groeiademhaling is afhankelijk van de groeisnelheid van het gewas en de verschillende organen zoals vruchten, blad en stengel.

Netto fotosynthese gewas

Afkorting: Netto fot.

Eenheid: g CO₂/m²/h

Deze output geeft de totale netto fotosynthese van het gewas weer als de bruto fotosynthese minus de ademhaling.

Geabsorbeerde kortgolvlige straling

Afkorting: SWR abs.

Eenheid: W/m²

SWR is een afkorting van *short wave radiation*. Vertaald naar het Nederlands is dat kortgolvlige straling. Deze output geeft de kortgolvlige straling aan die door het gewas wordt geabsorbeerd. Kortgolvlige straling bestaat uit UV (300-400 nm), PAR (400-700nm) en NIR (700-3000 nm). De geabsorbeerde kortgolvlige straling wordt omgezet in warmte waardoor de bladeren opwarmen. [Lees hier meer over het lichtspectrum.](#)

 Let op: de volgende outputs worden voor drie verschillende lagen binnen het gewas weergegeven; boven midden en onder.

PAR gewaslaag

Afkorting: PAR

Eenheid: $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$

Deze outputs geven de PAR voor de verschillende gewaslagen weer. PAR is een afkorting van *photosynthetically active radiation*. Vertaald naar het Nederlands is dat fotosynthetisch actieve straling. PAR is het deel binnen het lichtspectrum dat planten kunnen gebruiken voor fotosynthese. [Lees hier meer over het lichtspectrum.](#)

Temperatuur gewaslaag

Icoon: 🌡️

Eenheid: $^{\circ}\text{C}$

Deze outputs geven de temperatuur voor de verschillende gewaslagen weer.

Verdamping gewaslaag

Icoon: 💧💧

Eenheid: $\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$

Deze outputs geven de verdamping voor de verschillende gewaslagen weer. [Lees hier meer over de rol van verdamping binnen de energiebalans van planten.](#)

Latente verdampingswarmte gewaslaag

Afkorting: Latent

Eenheid: W/m^2

Deze outputs geven de latente verdampingswarmte voor de verschillende gewaslagen weer. De latente verdampingswarmte is de warmte die nodig is om water te laten verdampen. Deze warmte wordt aan het gewas onttrokken waardoor het afkoelt en, afhankelijk van de hoeveelheid straling, waardoor de bladtemperatuur onder de luchttemperatuur kan komen te liggen. [Lees hier meer over de rol van verdamping binnen de energiebalans van planten.](#)

Condensatie gewaslaag

Icoon: ☁️

Eenheid: droog of nat

Deze outputs geven per gewaslaag aan of er condensatie optreedt. [Lees hier meer over het dauwpunt en condensatie.](#)

Bruto fotosynthese gewaslaag

Afkorting: Bruto fot.

Eenheid: $\text{g/m}^2/\text{h}$

Deze outputs geven de bruto fotosynthese voor de verschillende gewaslagen weer. De totale hoeveelheid glucose die een plant per tijdseenheid vastlegt wordt bruto fotosynthese genoemd. De netto fotosynthese is de bruto fotosynthese minus wat de plant verbruikt voor onderhouds- en groeiademhaling. Ademhaling wordt ook dissimilatie of verbranding genoemd.

Dampdrukdeficiet gewaslaag

Afkorting: VPD

Eenheid: kPa

Deze outputs geven de dampdrukdeficiet voor de verschillende gewaslagen weer. [Lees hier meer over het vochtdeficiet.](#)

Ventilatie

 Let op: als de ramen gesloten zijn, vindt er nog steeds uitwisseling van lucht plaats tussen de kas en de buitenomgeving. Dit is de lek ventilatie, ook wel infiltratie genoemd.

Raamstand luwe zijde

Afkorting: Raam luw

Eenheid: %

Deze output geeft de raamstand aan de luwe zijde van de kas. De ramen van een kas kunnen geopend worden om buitenlucht toe te laten. Dit heet ventileren. De zijde van de kas waar de wind vandaan komt, wordt de windzijde genoemd. De andere zijde wordt de luwe zijde of soms ook lijzijde genoemd. Bij 0 % zijn de ramen gesloten en bij 100 % zijn de ramen volledig geopend. Zie ook de input [Minimum raamstand luwe zijde](#).

Raamstand windzijde

Afkorting: Raam wind

Eenheid: %

Deze output geeft de raamstand aan de windzijde van de kas. De ramen van een kas kunnen geopend worden om buitenlucht toe te laten. Dit heet ventileren. De zijde van de kas waar de wind vandaan komt, wordt de windzijde genoemd. De andere zijde wordt de luwe zijde of soms ook lijzijde genoemd. Bij 0 % zijn de ramen gesloten en bij 100 % zijn de ramen volledig geopend. Zie ook de input [Minimum raamstand windzijde](#).

Ventilatie debiet

Afkorting: Debiet

Eenheid: $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$

Deze output geeft aan hoeveel lucht er wordt uitgewisseld tussen de kas en de buitenomgeving door de geopende ramen.

Convectief warmteverlies ventilatie

Icoon: 

Eenheid: W/m^2

Deze output geeft aan hoeveel voelbare warmte er naar de buitenomgeving gaat door de geopende ramen. Het convectief warmteverlies ten gevolge van ventilatie is gebaseerd op het temperatuurverschil tussen de kaslucht en de buitenlucht.

Vocht flux ventilatie

Icoon: 

Eenheid: $\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$

Deze output geeft aan hoeveel vocht er naar de buitenomgeving gaat door de geopende ramen.

Latent warmte verlies ventilatie

Afkorting: Latent

Eenheid: W/m^2

Deze output geeft weer hoeveel latente warmte er naar de buitenomgeving gaat door de geopende ramen.

CO₂ flux ventilatie

Afkorting: CO₂

Eenheid: g/m²/h

Deze output geeft weer hoeveel CO₂ er naar de buitenomgeving gaat door de geopende ramen. Zie ook de inputs [Minimum raamstand luwe zijde en windzijde](#).

Kasdek

Hemisferische PAR-transmissie kasdek

Afkorting: Tr. hem.

Eenheid: %

Deze output geeft de hemisferische PAR-transmissie van het kasdek weer. Dit is het totaal van het kasdek materiaal (glas of folie) en de kasconstructie (nok, roeden en tralie). De hemisferische transmissie is constant en geldt voor het diffuse aandeel van de globale straling. Dit aandeel loopt van ca. 25 % bij heldere hemel in de zomer tot 100 % bij zware bewolking of mist. [Lees hier meer over lichttransmissie van kasdekmateriaal](#).

Directe PAR-transmissie kasdek

Afkorting: Tr. dir.

Eenheid: %

Deze output geeft de directe PAR-transmissie van het kasdek weer. Dit is het totaal van het kasdek materiaal (glas of folie) en de kasconstructie (nok, roeden en tralie). De directe transmissie is variabel en afhankelijk van de invalshoek van het directe aandeel van de globale straling op de kas. De invalshoek wordt bepaald door de stand van de zon die verandert gedurende de dag en het seizoen. Het aandeel direct licht loopt van 0 % bij zware bewolking of mist tot ca. 75% bij heldere hemel in de zomer. [Lees hier meer over lichttransmissie van kasdekmateriaal](#).

Transmissie kas

Afkorting: Tr. kas

Eenheid: %

Deze output geeft de totale transmissie van het kasdek weer als percentage van de inkomende globale straling (direct en diffuus) en kan in de praktijk bepaald worden door gelijktijdig met een PAR-meter binnen en buiten de kas te meten. Hoe minder bewolking hoe meer het lichtniveau in de kas afhangt van de locatie van de PAR-sensor (vanwege schaduw) waardoor een transmissiemeting eigenlijk alleen zinvol is bij volledig bewolkt weer. Daarnaast is een dergelijke meting (waarbij in feite de hemisferische transmissie wordt bepaald) een veel betere maatstaf voor de lichttransmissie van het kasdek omdat tijdens momenten waarbij licht de beperkende factor voor plantengroei is, het licht vaak grotendeels diffuus is (in de herfst en winter periode). [Lees hier meer over lichttransmissie van kasdek materiaal.](#)

U-waarde kas

Afkorting: U-waarde

Eenheid: $W/m^2/K$

Deze output geeft de effectieve U-waarde van de kas als geheel aan. De U-waarde wordt berekend als het actuele verwarmingsvermogen van het verwarmingsnet gedeeld door het temperatuurverschil tussen kaslucht en buitenlucht. Bij kouder weer zal de U-waarde toenemen naarmate de ramen verder open zijn omdat er dan meer warmte verloren gaat door ventilatie. De U-waarde van de kale kasconstructie kan bepaald worden door de ramen te sluiten en zonder gewas te simuleren. [Lees hier meer over hoogisolierend kasdek.](#)

Stralingsverlies kasdek

Icoon: 

Eenheid: W/m^2

Deze output geeft het stralingsverlies van het kasdek aan. [Lees hier meer over afkoeling door uitstraling.](#)

Convectief warmteverlies kasdek

Icoon: 

Eenheid: W/m^2

Deze output geeft aan hoeveel warmte het kasdek verliest door convectie. Het convectief warmteverlies van het kasdek is gebaseerd op het temperatuurverschil tussen de kaslucht en het kasdek.

Temperatuur kasdek

Icoon: 

Eenheid: °C

Deze output geeft de temperatuur van het kasdek aan. Bij een enkellaags materiaal zal deze vaak ergens tussen de kasluchttemperatuur en de buitentemperatuur in zitten. Bij een dubbellaags materiaal zal de buitenzijde dicht bij de buitenluchttemperatuur liggen en de binnenzijde dicht bij de kasluchttemperatuur. Doordat de onderkant van het dek (binnenzijde) dan relatief warmer is dan van een enkellaags materiaal zal er minder vocht uit de kaslucht condenseren waardoor er meer geventileerd moet worden. Dit maakt dat dubbellaags kasdekmaterialen in de praktijk vaak minder presteren dan op basis van de isolatiewaarde aangenomen zou kunnen worden. [Lees hier meer over hoogisolierend kasdek.](#)

Condensatie kasdek

Icoon: 

Eenheid: droog of nat

Deze output geeft aan of er condensatie optreedt bij het kasdek. [Lees hier meer over het dauwpunt en condensatie.](#)

Condensatie flux kasdek

Icoon: 

Eenheid: g/m²/h

Deze output geeft aan hoeveel condensatie er ontstaat aan het kasdek per uur. [Lees hier meer over het dauwpunt en condensatie.](#)

Kasvloer

Temperatuur kasvloer

Icoon: 

Eenheid: °C

Deze output geeft de temperatuur van de kasvloer aan. Bij grondkoeling wordt de grondlaag onder de vloer gekoeld waardoor ook de temperatuur van de vloer lager zal liggen. Bij grondkoeling in de praktijk wordt de vloer vaak geïsoleerd waardoor dit effect niet optreedt.

Convectieve warmteafgifte kasvloer

Icoon: 

Eenheid: W/m^2

Deze output geeft aan hoeveel warmte de kasvloer afgeeft aan de kaslucht door middel van convectie. Let op: als de kasvloer kouder is dan de kaslucht, dan geeft de kaslucht juist warmte af aan de kasvloer door middel van convectie.

PAR kasvloer

Afkorting: PAR

Eenheid: $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$

Deze output geeft aan hoeveel PAR de kasvloer bereikt. PAR is een afkorting van *photosynthetically active radiation*. Vertaald naar het Nederlands is dat fotosynthetisch actieve straling. PAR is het deel binnen het lichtspectrum dat planten kunnen gebruiken voor fotosynthese.

Schermen

 Let op: als er meerdere schermen worden gebruikt, dan worden deze outputs voor elk scherm apart weergegeven.

Temperatuur scherm

Icoon: 

Eenheid: $^{\circ}\text{C}$

Deze output geeft de temperatuur van het scherm aan. Zie ook de input [Schermen](#).

Condensatie scherm

Icoon: 

Eenheid: droog of nat

Deze output geeft aan of er condensatie optreedt bij het scherm. [Lees hier meer over het dauwpunt en condensatie.](#)

Condensatie flux scherm

Icoon: 

Eenheid: g/m²/h

Deze output geeft aan hoeveel condensatie er ontstaat aan het scherm per uur. [Lees hier meer over het dauwpunt en condensatie.](#)

Warmtestraling scherm naar kasdek

Icoon: 

Eenheid: W/m²

Deze output geeft aan hoeveel warmte het scherm uitstraalt naar het kasdek. [Lees hier meer over afkoeling door uitstraling.](#)

Verwarming

Aanvoer buistemperatuur

Icoon: 

Eenheid: °C

Een verwarmingsbuis heeft een aanvoer- en retourtemperatuur. Bij verwarmen van de kas zal de retourtemperatuur altijd lager liggen dan de aanvoertemperatuur omdat het water dat door de buizen stroomt warmte afgeeft aan de kaslucht en daardoor steeds verder afkoelt. Deze output geeft de aanvoertemperatuur weer. Zie ook de beschikbare inputs voor [Buistemperatuur](#).

Retour buistemperatuur

Icoon: 

Eenheid: °C

Een verwarmingsbuis heeft een aanvoer- en retourtemperatuur. Bij verwarmen van de kas zal de retourtemperatuur altijd lager liggen dan de aanvoertemperatuur omdat het water dat door de buizen stroomt warmte afgeeft aan de kaslucht en daardoor steeds verder afkoelt. Deze output geeft de retourtemperatuur weer. Zie ook de beschikbare inputs voor [Buistemperatuur](#).

Verwarmingsvermogen

Icoon: 

Eenheid: W/m^2

Deze output geeft het vermogen weer dat door de verwarmingsketel in de verwarmingsbuizen gestopt wordt. Het verwarmingsvermogen wordt begrensd door het maximale effectieve ketelvermogen (175 W) en de maximale buistemperatuur. [Lees hier meer over warmteafgifte van buizen](#).

Belichting

Temperatuur armatuur topbelichting

Icoon: 

Eenheid: $^{\circ}\text{C}$

Deze output geeft de temperatuur van het armatuur van de topbelichting aan. Zie ook de input [Topbelichting](#).

Convectieve warmteafgifte topbelichting

Icoon: 

Eenheid: W/m^2

Deze output geeft aan hoeveel warmte de topbelichting afgeeft aan de kaslucht door middel van convectie. Zie ook de input [Topbelichting](#).

Kortgolvlige straling topbelichting

Afkorting: SWR

Eenheid: W/m^2

SWR is een afkorting van *short wave radiation*. Vertaald naar het Nederlands is dat kortgolvlige straling. Deze output geeft de kortgolvlige straling aan afkomstig van de topbelichting. Kortgolvlige straling bestaat uit UV (300-400 nm), PAR (400-700nm) en NIR (700-3000 nm). Als kortgolvlige straling wordt geabsorbeerd door de plant, dan wordt deze omgezet in warmte waardoor de bladeren opwarmen. Zie ook de input [Topbelichting](#).

Verneveling, geforceerde ventilatie en CO₂ dosering

Koelvermogen verneveling

Icoon: 

Eenheid: W/m²

Deze output geeft het koelvermogen van de verneveling aan. Verneveling wordt ook wel adiabatische koeling genoemd. [Lees hier meer over verneveling](#).

Verneveling

Icoon: 

Eenheid: g/m²/h

Deze output geeft het debiet van de verneveling aan. Verneveling wordt gebruikt om te koelen en wordt ook wel adiabatische koeling genoemd. [Lees hier meer over verneveling](#).

Ontvochtiging door geforceerde ventilatie

Afkorting: Ontvocht.

Eenheid: g/m²/h

Deze output geeft de mate van ontvochtiging door geforceerde ventilatie aan. Door middel van ventilatoren en een verdeelsysteem (zoals bijvoorbeeld luchtslurven) kan lucht geforceerd de kas in worden geblazen. Dit wordt ook wel mechanische ventilatie genoemd. [Lees hier meer over het geforceerd inblazen van buitenlucht](#).

CO₂ dosering

Afkorting: CO₂ dosering

Eenheid: g/m²/h

Deze output geeft de CO₂ dosering aan. CO₂ wordt in de kas geblazen om de groei van planten en daarmee de productie te bevorderen. Zie ook de input [CO2 doseercapaciteit](#).

Energiebalans



Zonlicht absorptie

Afkorting: Zonlicht abs.

Eenheid: W/m²

Deze output geeft weer hoeveel zonnestraling door de kas als geheel wordt geabsorbeerd en omgezet in warmte. Omdat een volgroeid gewas veel licht opvangt en daarvan het PAR gedeelte (grotendeels de helft) bijna allemaal absorbeerd, speelt het gewas een grote rol in de absorptie van zonlicht en daarmee de opwarming van de kas. De energie die de planten absorberen wordt voor een groot deel gebruikt voor verdamping en waardoor de plant maar ook de gekoeld wordt.

Verwarming

Afkorting: Verwarming

Eenheid: W/m²

Deze output geeft het verwarmingsvermogen weer, dus hoeveel energie er door de verwarmingsketel in de buizen gestopt wordt. Als de buis warmer is dan de kaslucht hoeft dit niet altijd te betekenen dat er verwarmd wordt, de buis kan namelijk ook opgewarmd worden door zonlicht.

Belichting

Afkorting: Belichting

Eenheid: W/m²

Deze output geeft weer hoeveel energie er door assimilatiebelichting aan de kas toegevoegd wordt. Dit is per definitie gelijk aan het opgenomen elektrisch vermogen omdat alle

elektriciteit die naar de lamp gaat omgezet wordt in warmte (de lamp wordt heet) of licht (zichtbaar en infrarood). LED belichting zal doorgaans energie-efficiënter zijn dan SON-T (hogedruk natriumlampen) omdat er meer PAR-licht wordt afgegeven bij hetzelfde elektrisch vermogen.

Bodem

Afkorting: Bodem

Eenheid: W/m^2

Deze output geeft het energieverlies naar de kasvloer (bij koude vloer) of energiewinst (bij warme vloer) weer. De temperatuur van de vloer wordt bepaald door de temperatuur van de diepere bodem (die vrijwel constant is), door de temperatuur van de kaslucht en straling van de zon, lampen en verwarmingsbuizen. Bij sommige gewassen wordt de bodem (een eindje onder de vloer) actief gekoeld.

Uitstraling

Afkorting: Uitstraling

Eenheid: W/m^2

Deze output geeft het totale stralingsverlies van de kas weer voor langgolelige straling (warmtestraling). [Lees hier meer over afkoeling door uitstraling.](#)

Convectief warmteverlies

Afkorting: Convectief

Eenheid: W/m^2

Deze output geeft weer hoeveel warmte de kas verliest door convectie: warmtestroming door verschil in temperatuur. Voorbeelden hiervan zijn de warmteafgifte van het kasdek naar de buitenlucht en het verlies van warme lucht door de luchtramen.

Latent warmteverlies

Afkorting: Latent

Eenheid: W/m^2

Latente warmte is de hoeveelheid energie die nodig is om water te verdampen. Dit wordt ook verdampingsenergie genoemd. Wanneer het gewas water verdampt, wordt daarvoor warmte uit de kas gebruikt. De energie om van water waterdamp te maken, ligt dus eigenlijk

opgeslagen in de waterdamp. Wanneer dit vocht met de lucht mee naar buiten verdwijnt door de kasramen, gaat er daarmee warmte verloren. Immers, als de waterdamp weer condenseert komt deze warmte vrij.

Som

Afkorting: Som

Eenheid: W/m^2

Kassim voert een zogenaamde "steady-state" simulatie uit wat betekent dat een bepaalde periode dynamisch gesimuleerd wordt, maar met constante omgevingsinvloeden zoals buitenklimaat en gewas. Hierdoor zijn alle "states" (zoals temperaturen, vochtigheid en CO_2 concentratie) op het einde van de simulatie constant en is de kas in balans. De som van alle componenten uit de energiebalans moet daarom aan het einde van een simulatie altijd 0 of door afrondingsfouten bijna 0 zijn.

Handleiding voor Kassim The Game

Introductie Kassim the Game

Wat is het?

Kassim the Game is een online serious game voor educatieve doeleinden op het gebied van energieuinig en kosteneffectief gewassen telen in kassen. De tool is gebouwd met het oog op recente ontwikkelingen omtrent klimaatregelstrategie en kas technologie. Hieronder valt onder andere het onderzoek verricht voor het innovatieprogramma [Kas als Energiebron](#), met als doel het energieverbruik van de Nederlandse glastuinbouw te verlagen. Maar ook ontwikkelingen met betrekking tot de (semi-) gesloten kas, kasdek materiaal, schermen en belichting.

Hoe werkt het?

Het model achter Kassim the Game is het kas-simulatie model KASPRO dat ontwikkeld is door de business unit Glastuinbouw van Wageningen University & Research. KASPRO is een dynamisch model dat aan de hand van praktijkdata is doorontwikkeld en gevalideerd. Het model wordt veelvuldig in wetenschappelijk- en praktijkonderzoek gebruikt en wordt voortdurend gevalideerd op basis van praktijkdata en uitgebreid met relevante nieuwe ontwikkelingen, o.a. op het gebied van Het Nieuwe Telen. Het model bevat een virtuele klimaatcomputer waarmee praktijkgetrouwe klimaatregeling kan worden gesimuleerd.

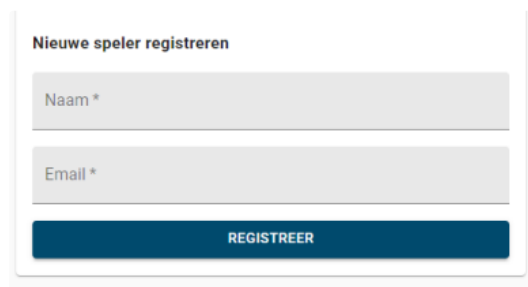
Rondom dit model is een simulatieomgeving gebouwd waarin beheerders (docenten) een game kunnen maken en verspreiden aan potentiële spelers (studenten). De speler stelt bij de start van de game een aantal vaste parameters in (b.v. de installaties voor klimaatbeheersing, schermen, belichting etc.) en kan daarna stapsgewijs een teelt simuleren. Binnen elke stap (periode) krijgt de speler een maximum aantal pogingen om klimaatsetpoints en parameters m.b.t. gewasmanagement te veranderen en uit te proberen. Hij krijgt dan steeds een terugkoppeling van het effect op de gewasproductie, energieverbruik en teeltindicatoren zoals de RTR. Bij elke stap wordt uiteindelijk een definitieve simulatie gedaan waarbij de game verder gaat naar de volgende periode. Ondertussen kan de high score opgevraagd worden met daarin zijn voorlopige score en ranking en die van de andere spelers van dezelfde game. Aan het eind van het spel volgt een overzicht van alle resultaten (score, instellingen en teeltindicatoren) in vergelijking met de winnaar van de game. Desgewenst kunnen de resultaten in een csv-bestand naar de speler gemaild worden voor eigen analyses in bv. Excel.

Voor wie ?

Kassim kan worden ingezet voor het onderwijs bij MBO, HBO en WO instellingen op het gebied van klimaatregeling, energie en klimaat in de glastuinbouw. Ook de sector glastuinbouw, waaronder telers, zijn welkom om Kassim the game te gebruiken voor het vergroten en verbreden van kennis.

Kassim The Game voor Studenten

Om een game te kunnen spelen moet de speler zich eerst registreren door middel van een registratie-URL die van de beheerder van de game (b.v. een docent) ontvangen is. Registratie gebeurt door een naam en e-mailadres in te vullen. De naam mag de echte naam van de speler zijn maar ook een ludieke naam. Het e-mail adres moet wel een bestaand adres zijn.



The image shows a registration form titled "Nieuwe speler registreren". It contains two input fields: "Naam *" and "Email *". Below these fields is a blue button labeled "REGISTREER".

Na registratie wordt een bevestigingsmail gestuurd met een 2-tal URL's:

- Met de eerste wordt de registratie voltooid en komt de speler automatisch in de game terecht.
- Met de tweede kan de speler later weer terugkomen in zijn game en verder spelen.

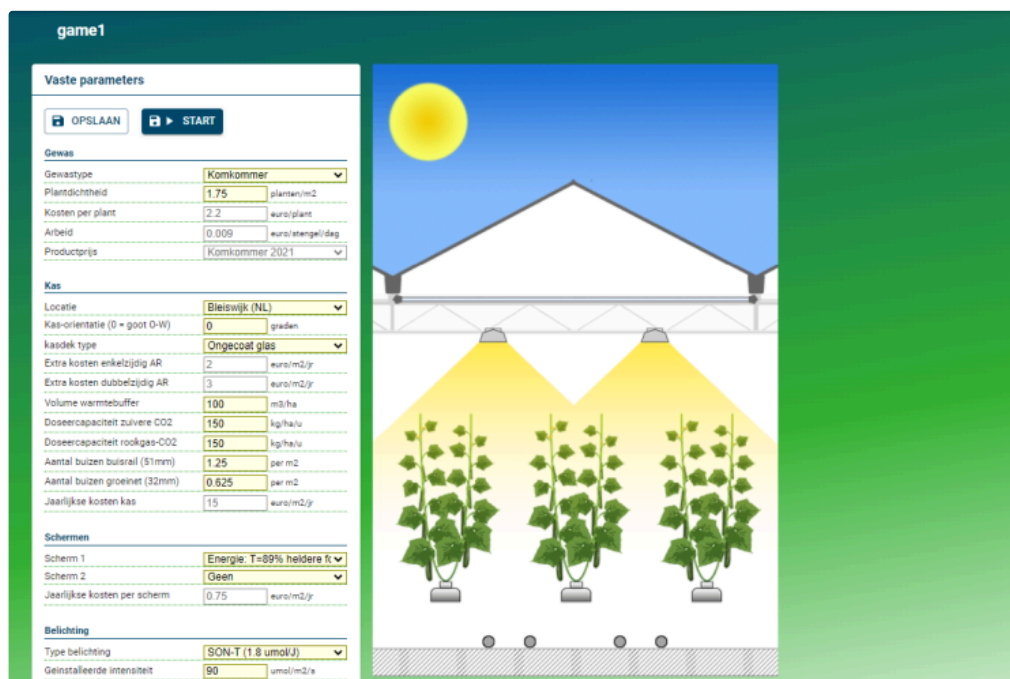
Het is belangrijk om de bevestigingsmail goed te bewaren want deze wordt slechts eenmalig verstrekt.

De game start met een overzicht van **vaste parameters**

Vaste parameters

Dit zijn instellingen die eenmalig gekozen moeten worden en die na het starten van de game niet meer gewijzigd kunnen worden. Het gaat hier om zaken als het type glas, keuze van al dan niet gebruik van scherm, schermtypes, keuze voor belichten en met welk lamptype. Dit zijn zaken die in de praktijk ook vast liggen, in ieder geval voor één teelt en vaak ook voor meerdere jaren. In de vaste parameters zijn ook investeringskosten en kosten voor energie te zien die door de beheerder van de game zo gekozen en vastgelegd zijn.

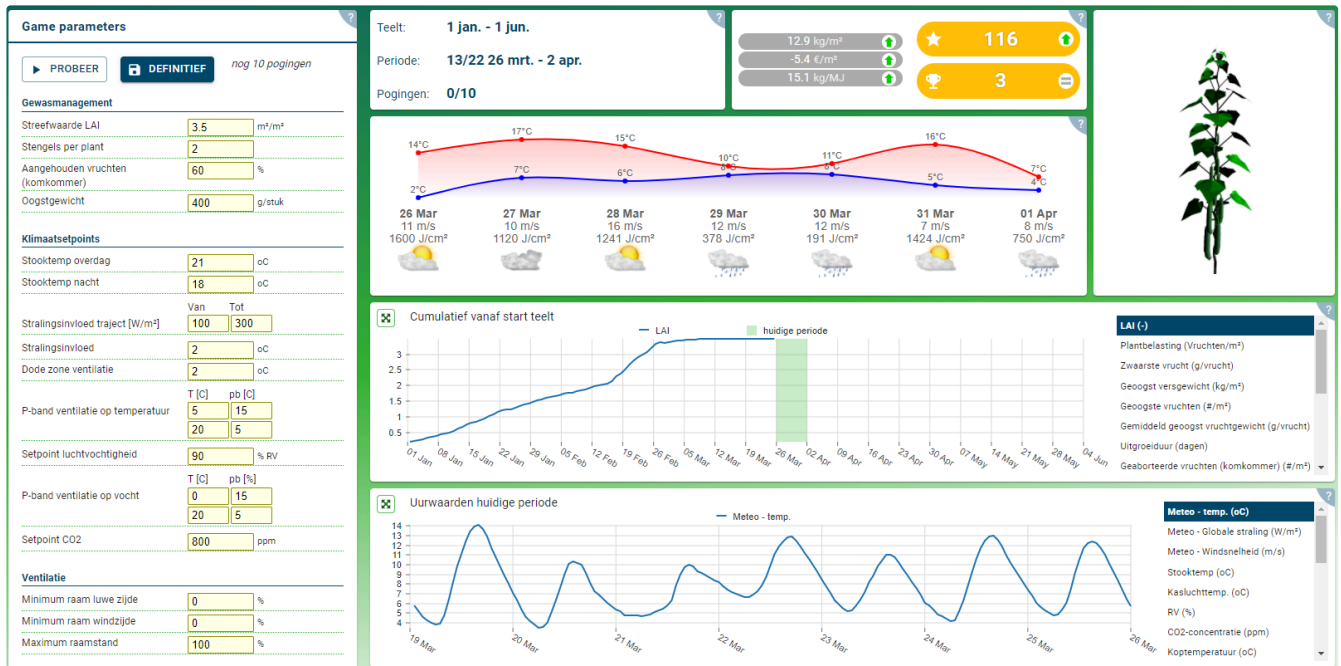
N.b. Voor elke parameter is een **helpfunctie** beschikbaar door met de muis op de naam van de parameter te klikken.



Als alle parameters naar tevredenheid ingesteld zijn kan de game opgeslagen worden met de **OPSLAAN** button om eventueel later verder te spelen. Met de **START** button worden de parameters automatisch opgeslagen en wordt de game gestart.

De game komt nu in de simulatie-mode met in het paneel links een overzicht van alle parameters die tijdens het spelen van de game na elke stap (periode) gewijzigd kunnen worden. Dit zijn o.a. klimaatsetpoints en gewasmanagement parameters, typisch handvaten die een praktijkteler ook tot de beschikking heeft om een optimale teelt te realiseren. Rechts is de actuele status van de game te zien en daaronder de weerverwachting voor de eerste periode.

Met de button **PROBEER** wordt de huidige periode gesimuleerd. De speler kan dan telkens één of meerdere parameters wijzigen en opnieuw een poging wagen voor diezelfde periode, met het doel om de score te maximaliseren of de teelt zodanig te sturen dat aan het einde de maximale score wordt behaald. Uiteindelijk wordt met de button **DEFINITIEF** een definitieve simulatie gedaan voor deze periode en gaat de game door naar de volgende periode. De voriges periodes kunnen niet meer veranderd worden.



De verschillende panelen uit dit scherm worden hieronder uitgelegd.

Game parameters

Dit paneel geeft een overzicht van alle game parameters die tijdens het spelen na elke stap (periode) gewijzigd kunnen worden. Dit zijn o.a. klimaatsetpoints en gewasmanagement parameters, typisch handvaten die een praktijkteler ook tot de beschikking heeft om een optimale teelt te realiseren.

Onder dit paneel is een (dichtgevouwen) paneel te vinden met daarin de vaste parameters die aan het begin gekozen zijn zodat deze nog ingekeken kunnen worden tijdens het spelen.

N.b. voor elke parameter in deze groep is een **helpfunctie** beschikbaar door met de muis op de naam van de parameter te klikken !

Voortgang

Hier wordt de voortgang van de game weergegeven met informatie over de totale duur van de **teelt**, de huidige **periode** en het gedane aantal en maximale aantal **pogingen**

Score

In dit paneel wordt de huidige stand van zaken weergegeven, onderverdeeld in de verschillende onderdelen, de berekende score en de positie ten opzichte van andere spelers. Voor elk onderdeel is d.m.v. pijlen aangegeven of een nieuwe poging een beter of slechter resultaat geeft. Een groene pijl betekent een beter, een rode een slechter en een = teken ongewijzigd resultaat ten opzichte van de vorige poging.

De game wordt gewonnen door de speler met de hoogste score. Deze wordt bepaald door 2 targets: de productie aan versgewicht en het saldo. Aan beide kunnen door de maker van de game punten toegekend worden waardoor aan de ene target meer of minder belang gegeven kan worden dan de andere.

N.b. het **saldo** is het netto resultaat van alle inkomsten minus alle kosten en hiermee wordt maximale inkomsten beloond. De economische berekening in het model is gebaseerd op een selectie van de belangrijkste kosten en baten van een kas-teelt en is hiermee een manier om de prestaties van verschillende spelers op financieel vlak met elkaar te vergelijken. Het berekende saldo is een goede indicatie maar is echter **geen** representatieve weergave van de werkelijke winst van een praktijkbedrijf.

Plant status

Hier wordt een afbeelding van de status van de plant aan het einde van de huidige periode getoond. De afbeelding is gebaseerd op de LAI, het vruchtgewicht en het aantal vruchten.

Weersvoorspelling

Hier wordt de weersvoorspelling voor de huidige periode weergegeven. Voor het weer wordt een gemiddelde gebruikt, d.w.z. typisch weer voor de betreffende locatie, in dit geval een 20-jaars gemiddelde. Dit is niet zomaar een gemiddelde maar bevat alle extremen die in een 'normaal' jaar kunnen optreden. De weersvoorspelling is dan het weer van de komende periode, dus de betrouwbaarheid is in feite 100%.

Grafieken

De [bovenste grafiek](#) geeft een (cumulatieve) weergave vanaf de start van de teelt. De groene balk geeft de huidige periode weer.

 voor inzoomen op de huidige periode.

 voor vergroten van de hele grafiek

De [onderste grafiek](#) geeft een detail weergave met uurwaarden van de huidige periode. Hier kunnen meerdere variabelen naast elkaar geplot worden in dezelfde grafiek.

 Schaaft meerdere geplote variabelen naar dezelfde schaal zodat onderlingen verbanden duidelijker te zien zijn. Door de muis op de lijnen te houden kunnen de achterliggende waarden afgelezen worden.

 voor vergroten van de hele grafiek

Rechtsbovenin het scherm kan met de button HIGHSCORES de [High score](#) van alle spelers opgevraagd worden.



Kassim The Game voor Docenten

Games worden gemaakt door beheerders, b.v. docenten en gespeeld door spelers, b.v. studenten. Voor beide groepen ziet de app er dan ook anders uit. Beheerders hebben de mogelijkheid om een game aan te maken, te configureren, te verspreiden onder potentiële spelers en daarna te beheren. Voor beheerders bestaat de app uit 3 verschillende onderdelen:

Game configuratie

Algemeen

Naam

Hier wordt een (korte) naam aan de game gegeven waarmee de game opgeslagen wordt op de server. Deze naam is ook zichtbaar voor de speler.

Info

Hier kan een uitgebreide omschrijving van de game opgegeven worden met b.v. het doel van de game, de speelbare periode, deadline, doelgroep etc. Deze informatie is zichtbaar voor de spelers.

Kopieer registratielink

Om een game te kunnen spelen moeten potentiële spelers moeten zich eerst registreren voor deze game. Na een klik op deze button wordt een URL naar het clipboard gekopieerd die vervolgens naar potentiële spelers verstuurd kan worden, bijvoorbeeld door deze in een email te plakken, op een bulletin board te zetten of op andere manieren.

Regels

Taal

Kassim the Game is beschikbaar in het Nederlands en Engels.

Ingangsdatum

Vanaf deze datum kan de game gespeeld worden. Als een speler eerder het spel probeert te spelen wordt een waarschuwing gegeven.

Vervaldatum

Tot deze datum kan de game gespeeld worden. Als een speler later het spel probeert te spelen wordt een waarschuwing gegeven.

Teelt start

De game simuleert een complete teelt die start vanaf deze maand van het jaar

Teelt einde

De game simuleert een complete teelt die loopt t/m deze maand van het jaar

Minimale tijd tussen 2 stappen

De teelt wordt opgedeeld in een aantal stappen (periodes). Om er voor te zorgen dat spelers op min of meer hetzelfde tempo de game spelen kan hier een bepaalde minimale tijd (in seconden) tussen 2 stappen opgegeven worden. Als dit bv. 1 uur is vul dan 3600 in.

Minimale tijd tussen 2 simulaties

Binnen elke stap heeft een speler een maximum aantal pogingen beschikbaar om de beste parameters te kiezen. Om er voor te zorgen dat er wat 'verplichte denktijd' is kan hier een bepaalde minimale tijd (in seconden) tussen 2 pogingen opgegeven worden.

Simulatiestap

De teelt wordt opgedeeld in een aantal stappen (periodes). Vul hier de duur van deze periode in dagen in.

Aantal pogingen

Binnen elke stap heeft een speler een maximum aantal pogingen beschikbaar om de beste parameters te kiezen. Vul hier het maximum aantal pogingen in.

Weersvoorspelling

Voor elke periode is een weersvoorspelling beschikbaar. Deze is gebaseerd op data in het weerbestand dat bestaat uit (historisch) typisch weer voor de opgegeven locatie. Vul hier het aantal dagen van de voorstpelling in.

Puntenverdeling

De game wordt gewonnen door de speler met de hoogste score. Deze wordt bepaald door 2 targets: de productie aan versgewicht en het saldo. Aan beide kunnen punten toegekend worden waardoor aan de ene target meer of minder belang gegeven kan worden dan de andere. Door b.v. aan het saldo geen punten toe te kennen wordt de game gewonnen door de speler met de hoogste productie, ongeacht de financiële consequenties.

N.b. het **saldo** is het netto resultaat van alle inkomsten minus alle kosten en hiermee wordt maximale inkomsten beloond. De economische berekening in het model is gebaseerd op een selectie van de belangrijkste kosten en baten van een kas-teelt en is hiermee een manier om de prestaties van verschillende spelers op financieel vlak met elkaar te vergelijken. Het berekende saldo is een goede indicatie maar is echter **geen** representatieve weergave van de werkelijke winst van een praktijkbedrijf.

Productie

Hier kan het aantal punten per kg geoogst versproduct opgegeven worden. Hiermee wordt een maximale productie beloond.

Saldo

Hier kan het aantal punten per Euro saldo opgegeven worden. Hiermee worden maximale inkomsten beloond.

Vaste parameters

Een game wordt gespeeld door vooraf eenmalig een aantal parameters en instellingen te kiezen die na het starten van de game niet meer veranderd kunnen worden. Het gaat dan om het kasdek, schermen en overige installaties die in de praktijk ook vast liggen, in ieder geval voor een teelt en vaak ook voor meerder jaren. Hier zijn ook de investeringskosten en kosten voor energie meegenomen. Hoewel die niet per definitie vastliggen kunnen deze niet aangepast worden door spelers omdat de game dan makkelijk te winnen zou zijn.

- Van elke parameter kan door de beheerder bepaald worden of deze zichtbaar (en veranderbaar) of onzichtbaar is voor de speler. Als een parameter onzichtbaar is wordt in de simulatie de waarde gebruikt die door de beheerder gekozen is.

- Voor elke parameter in deze groep is een helpfunctie beschikbaar door met de muis op de naam van de parameter te klikken.

Variabele parameters

Hier zijn de variabele parameters weergegeven die tijdens het spelen van de game bij elke stap aangepast kunnen worden. Dit zijn dan typisch klimaatsetpoints en parameters m.b.t. gewasmanagement.

- Van elke parameter kan door de beheerder bepaald worden of deze zichtbaar (en veranderbaar) of onzichtbaar is voor de speler. Als een parameter onzichtbaar is wordt in de simulatie de waarde gebruikt die door de beheerder gekozen is.
- Voor elke parameter in deze groep is een helpfunctie beschikbaar door met de muis op de naam van de parameter te klikken.

Spelers

Algemeen

In dit paneel worden de spelers van de game beheerd. In de lijst zijn alle spelers weergegeven die zich voor de game geregistreerd hebben en is de actuele status zichtbaar.

Voor elke speler zijn de volgende acties beschikbaar:

-  Opent de game van deze speler waarna meegekeken of gespeeld kan worden door de beheerder.
-  Reset de game van deze speler zodat deze opnieuw gespeeld kan worden. Alle game-data gaat hierbij verloren en de speler wordt uit de high scores verwijderd.
-  Verwijdert deze speler uit de game

Om een game te kunnen testen bestaat de mogelijkheid om een of meerdere testspelers aan te maken met de button **+TEST SPELER** . De registratieprocedure wordt dan niet doorlopen en testspelers krijgen allemaal het emailadres van de beheerder.

+ TEST SPELER

Wanneer de game gewijzigd is en alle spelers moeten opnieuw beginnen dan bestaat de mogelijkheid om in een keer alle spelers te resetten.

▲ RESET ALLE SPELERS

Met de button  wordt het overzicht verversd.

High scores

Variabele parameters

Hier zijn de (tussentijdse) high scores te zien van de spelers. Indien voor de anonieme optie gekozen is worden de namen niet weergegeven.

Begrippenlijst Kassim The Game

Vaste parameters

Gewas

Gewastype

Hier kan het gewastype ingesteld worden, momenteel is alleen komkommer beschikbaar.

Plantdichtheid

Het aantal planten per m² beteelde kas. Op basis hiervan en [KostenPerPlant](#) worden de plantkosten per m² berekend. Elke plant bestaat weer uit een aantal StengelsPerPlant dat tijdens de game aangepast kan worden.

Kosten per plant

Dit zijn de kosten voor de opgekweekte planten in Euro per plant. Op basis van de Plantdichtheid worden de plantkosten per m² berekend.

Arbeid

De kosten voor gewasmanagement in Euro per stengel per dag. Hieronder vallen o.a. snoeien, indraaien, verhangen etc.

Productprijs

Dit is de prijs die de teler krijgt voor zijn product, voor komkommer in euro per stuk per gewichtsklasse. De gewichtsklasse 30+ betekent alle komkommers tussen 300 en 350 gram. De game gebruikt historische prijzen, de prijzen voor 2021 zijn in onderstaande tabel weergegeven. N.b. voor de weken 44 t/m 52 zijn de prijzen van week 43 gebruikt en van week 1 t/m 4 die van week 5.

week	30+	35+	40+	50+	60+
5	0.00	0.60	0.76	0.83	0.89
6	0.00	0.41	0.55	0.62	0.68
7	0.00	0.22	0.30	0.34	0.38

8	0.00	0.25	0.28	0.31	0.34
9	0.00	0.27	0.32	0.36	0.36
10	0.00	0.24	0.31	0.36	0.37
11	0.00	0.23	0.28	0.34	0.40
12	0.00	0.20	0.25	0.30	0.34
13	0.00	0.14	0.19	0.23	0.23
14	0.00	0.13	0.17	0.21	0.19
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.00	0.00	0.16	0.16	0.17
17	0.00	0.00	0.16	0.19	0.21
18	0.00	0.00	0.26	0.30	0.32
19	0.00	0.19	0.25	0.30	0.30
20	0.00	0.15	0.21	0.27	0.28
21	0.00	0.21	0.24	0.27	0.26
22	0.00	0.20	0.21	0.24	0.23
23	0.00	0.20	0.20	0.20	0.17
24	0.00	0.21	0.24	0.26	0.23
25	0.00	0.20	0.27	0.30	0.30
26	0.00	0.30	0.38	0.45	0.50
27	0.00	0.26	0.36	0.42	0.49
28	0.00	0.29	0.36	0.43	0.51
29	0.00	0.18	0.21	0.24	0.26
30	0.00	0.16	0.18	0.20	0.22
31	0.00	0.17	0.19	0.20	0.25
32	0.00	0.18	0.17	0.19	0.24

33	0.00	0.23	0.25	0.28	0.33
34	0.00	0.27	0.32	0.36	0.46
35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36	0.00	0.00	0.17	0.23	0.30
37	0.00	0.00	0.19	0.25	0.29
38	0.00	0.00	0.23	0.28	0.31
39	0.00	0.41	0.53	0.56	0.63
40	0.00	0.28	0.40	0.46	0.52
41	0.00	0.16	0.22	0.28	0.32
42	0.00	0.13	0.25	0.29	0.29
43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Kas

Locatie

De geografische locatie van de kas bepaald het weer, de daglengte en de stand van de zon. Het weer is gebaseerd op een langjarig gemiddelde van de betreffende locatie

Kas-oriëntatie

In combinatie met de zonnestand beïnvloedt de oriëntatie van de kas de transmissie voor direct licht. Bij 0° orientatie is de goortichting Oost-West, bij 90° is de goot Noord-Zuid.

Kasdek type

Bij het type kasdek kan gekozen worden uit ongecoat, enkelzijdig of dubbelzijdig AR gecoat glas. Gecoat glas heeft een verlaagde reflectie en daarmee een hogere transmissie maar is over het algemeen ook duurder dan glas zonder coating. [Lees hier meer over kasdekmaterialen en lichttransmissie.](#)

Extra kosten enkelzijdig AR

Dit zijn de jaarlijkse meerkosten van enkelzijdig gecoat glas in vergelijking met ongecoat glas. Dit komt neer op de meerprijs gedeeld door het aantal jaren dat het glas mee gaat.

Extra kosten dubbelzijdig AR

Dit zijn de jaarlijkse meerkosten van dubbelzijdig gecoat glas in vergelijking met ongecoat glas. Dit komt neer op de meerprijs gedeeld door het aantal jaren dat het glas mee gaat.

Volume warmtebuffer

Met een warmtebuffer kan overdag CO₂ uit de rookgassen van de ketel gedoseerd worden, ook als er geen warmtevraag is. De geproduceerde warmte wordt dan in de warmtebuffer opgeslagen en 's nachts gebruikt. Hier zit natuurlijk een grens aan omdat er 's nacht voldoende warmtevraag moet zijn om de buffer weer te legen.

Doseercapaciteit zuivere CO₂

De maximale capaciteit in kg per hectare per uur van zuivere CO₂ die bijvoorbeeld via OCAP beschikbaar is. Dit is hier een combinatie van beschikbaarheid en het maximale debiet van de ventilator en verdeelsysteem (CO₂-darmen). N.b. de maximale capaciteit van rookgas-CO₂ uit de ketel is ruim voldoende voor door het model gebruikte ketelvermogen .

Prijs van zuivere CO₂

De prijs die betaald moet worden voor zuivere in Euro/kg. De vaste kosten die in werkelijkheid gemaakt moeten worden voor gebruik en capaciteit worden hier voor het gemak buiten beschouwing gelaten.

Aantal buizen buisrail

Dit is het aantal buizen van de buisrail, per meter kap. Onder een kap wordt hierbij de afstand tussen 2 goten verstaan. Bij 5 buizen in een kap van 4 meter is dit dan 1,25.

Aantal buizen groeinet

Dit is het aantal buizen van het groeinet, per meter kap. Bij 5 buizen in 2 kappen van 4 m is dit 0,625.

Jaarlijkse kosten kas

Dit zijn de investeringskosten van een kale kas (zonder schermen, belichting etc.) gedeeld door de afschrijvingstermijn.

Schermen

Scherf

Scherf type van het bovenste scherm. Elk scherf type heeft een specifieke lichttransmissie, reflectie, doorlaatbaarheid voor lucht (permeabiliteit) en emissiecoëfficiënt.

In onderstaande tabel is een overzicht van de beschikbare schermen en de optische eigenschappen weergegeven.

Naam	Them [%]	T NIR [%]	Abs [%]	T FIR [%]	Eps [-]	Diffuus	Energiebesparing
Energie: T=89% heldere folie	89	89	10	70	0.15	Nee	Hoog
Energie: T=73% diffuus dicht	73.2	73.2	10	35	0.44	Ja	Hoog
Energie: T=69% diffuus dicht	69	69	10	35	0.42	Ja	Hoog
Energie: T=54% diffuus dicht	40	54	20	25	0.54	Ja	Hoog
Energie: T=44% diffuus dicht	22	44	20	18	0.64	Ja	Hoog

Jaarlijkse kosten per scherm

Dit is de kostprijs van een scherm gedeeld door de afschrijvingstermijn.

Belichting

Type belichting

Er kan gekozen worden voor de traditionele SON-T lamp en LED. Het verschil zit 'm in het rendement: de hoeveelheid PAR per opgenomen energie, uitgedrukt in micromol per Joule. LED's hebben over het algemeen een (veel) hoger rendement dan hogedruk Natrium lampen (SON-T).

Geïnstalleerde intensiteit

Op basis van de maximale belichtingsintensiteit, uitgedrukt in micromol/m²/s, bepaald het simulatiemodel hoeveel lampen per m² kas nodig zijn. Elke extra lamp zorgt voor meer lichtonderschepping en extra jaarlijkse kosten.

Jaarlijkse kosten SON-T / LED

Dit is de kostprijs van één lamp gedeeld door de afschrijvingstermijn.

Luchtbehandeling

Verneveling

Verneveling wordt gebruikt om te koelen (adiabatisch principe) of om de luchtvochtigheid van de kaslucht te verhogen. [Lees hier meer over verneveling](#)

Vernevelingscapaciteit

De vernevelingscapaciteit is uitgedrukt in $\text{g/m}^2/\text{uur}$ en wordt in de praktijk bepaald door de nozzle capaciteit (bij continu vernevelen), de pulsduur. en pauze tijd.

Kosten verneveling

Dit zijn de investeringskosten van een vernevelingsinstallatie gedeeld door de afschrijvingstermijn.

Geforceerde ventilatie

Met geforceerde ventilatie, ook wel buitenluchtaanzuiging genoemd, wordt door middel van ventilatoren in de kasgevel en een verdeelsysteem in de vorm van luchtslurven buitenlucht geforceerd de kas in geblazen en (door het scherm) worden afgelucht door de luchtramen. Dit wordt ook wel mechanische ventilatie genoemd. Met deze input kan de ventilatiesnelheid worden opgegeven in $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$. [Lees hier meer over het geforceerd inblazen van buitenlucht.](#)

Geforceerde ventilatie capaciteit

Het maximale debiet in $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{uur}$ waarmee de buitenlucht aangezogen wordt.

Kosten geforceerde ventilatie

Dit zijn de investeringskosten van geforceerde ventilatie gedeeld door de afschrijvingstermijn.

Energieprijzen

Gas

De prijs voor een m^3 aardgas

Elektriciteit piek

De inkoopprijs van elektriciteit tijdens hoogtarief (07:00 - 23:00)

Elektriciteit dal

De inkoopprijs van elektriciteit tijdens laagtarief (23:00 - 07:00)

Variabele parameters

Gewasmanagement

Streefwaarde LAI

De LAI (Leaf area index) van het gewas wordt onder deze waarde gehouden, m.a.w. het overtollige blad wordt van onderaf geplukt. Zie [Wikipedia](#)

Stengels per plant

Vul hier het aantal aangehouden stengels per plant in.

Aangehouden vruchten

Met deze parameter kan vruchtdunning ingesteld worden. Bij 100% worden alle vruchten aangehouden en dus niet gedund, bij 50% wordt om het blad een vrucht weggehaald (specifiek voor komkommer).

Oogstgewicht

Het maximale vruchtgewicht waarop vruchten geoogst worden in gram per vrucht. Vruchten worden geoogst op basis van temperatuursom (graaddagen) en gewicht (grammen). Voor komkommer geldt dat de vrucht altijd geoogst wordt vanaf 300 graaddagen, ongeacht het gewicht. Bij minder dan 300 graaddagen wordt het oogstgewicht verlaagd op basis van de temperatuursom van de vrucht.

Klimaatsetpoints

Stooktemperatuur overdag

De temperatuur van de kaslucht overdag (tussen zonsopkomst en zonsondergang) waaronder de kas verwarmd wordt. Dit gebeurt met maximaal 2 °C per uur.

Stooktemperatuur nacht

De temperatuur van de kaslucht 's nachts (tussen zonsondergang en zonsopkomst) waaronder de kas verwarmd wordt. Dit gebeurt met maximaal 2 °C per uur.

Stralingsinvloed traject

De begin- en eindwaarden van de globale straling buiten in W/m^2 waartussen de [stooktemperatuur](#) verhoogd wordt met de [stralingsinvloed](#).

Stralingsinvloed

De temperatuur in $^{\circ}\text{C}$ waarmee de stooktemperatuur en ventilatietemperatuur maximaal verhoogd worden aan het einde van het [stralingsinvloed traject](#).

Dode zone ventilatie

Offset in $^{\circ}\text{C}$ tussen de [stooktemperatuur](#) en de temperatuur waarboven geventileerd wordt (op temperatuur). De temperatuur waarboven geventileerd wordt (ventilatietemperatuur) is dan de stooktempartuur plus de dode zone.

P-band ventilatie op temperatuur

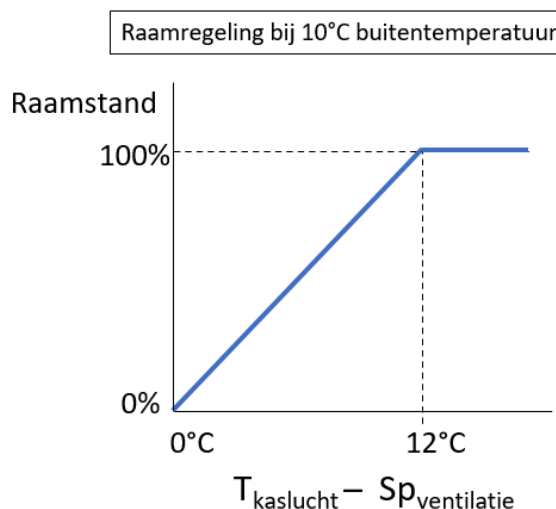
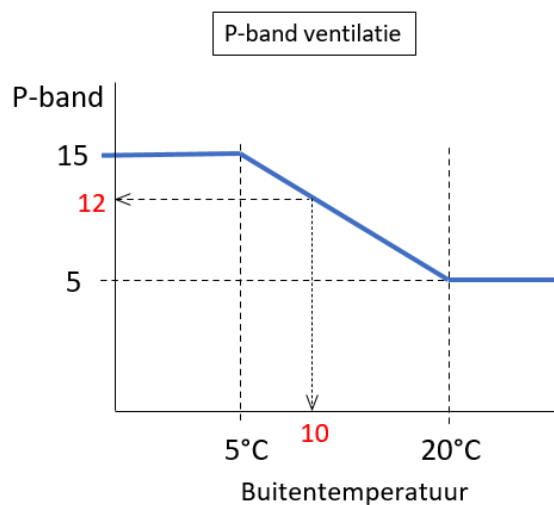
De P-band op temperatuur geeft aan bij welke temperatuur (of eigenlijk de offset bovenop de ventilatietemperatuur) de ramen 100 % open gaan. Hoe kleiner de P-band des te sneller zullen de ramen reageren (verder openen) bij het overstijgen van de ventilatietemperatuur. De P-band kan afhankelijk van de buitentemperatuur ingevuld worden met in de 1^e kolom de buitentemperatuur en in de 2^e de P-band in $^{\circ}\text{C}$. Op basis van de heersende buitentemperatuur wordt de resulterende P-band hieruit lineair geïnterpoleerd en begrensd op de minimale en maximale buitentemperaturen uit de tabel.

Voorbeeld:

De P-band op ventilatie is als volgt ingevuld

	T [$^{\circ}\text{C}$]	pb [$^{\circ}\text{C}$]
P-band ventilatie op temperatuur	5	15
	20	5

Bij een buitentemperatuur van 10°C zal de de P-band ca 12°C zijn en zullen de ramen volledig geopend zijn als het verschil tussen de temperatuur van kaslucht en ventilatietemperatuur groter is dan 12°C



Setpoint luchtvochtigheid

De relative luchtvochtigheid van de kaslucht in % waarboven geventileerd wordt (op vocht).

P-band ventilatie op vocht

De P-band op vocht geeft aan bij welke luchtvochtigheid (of eigenlijk de offset bovenop het setpoint) de ramen 100 % open gaan. Hoe kleiner de P-band des te sneller zullen de ramen reageren (verder openen) bij het overstijgen van het setpoint RV. Voorbeeld: bij een setpoint van 85°C en de P-band van 3% staat zullen de ramen bij 88% RV volledig geopend zijn. In de winter zal de raamregeling minder fel moeten zijn omdat ventileren de kas veel sneller (te snel) zal afkoelen. Daarom kan de P-band afhankelijk van de buitentemperatuur ingevuld worden met in de 1^e kolom de buitentemperatuur en in de 2^e de P-band in %. Op basis van de heersende buitentemperatuur wordt de resulterende P-band hieruit lineair geïnterpoleerd en begrensd op de minimale en maximale buitentemperaturen uit de tabel. Zie ook [PbandTemp](#)

Setpoint CO₂

CO₂ wordt overdag en wanneer belicht wordt in de kas geblazen (gedoseerd) om de groei van planten en daarmee de productie te verhogen. Hier kan de streefwaarde voor de CO₂ concentratie opgegeven worden in ppm. Of deze streefwaarde daadwerkelijk gerealiseerd wordt hangt af van de beschikbaarheid van CO₂ uit rookgassen, beschikbaarheid van zuivere CO₂ en van de doseercapaciteiten van beide bronnen (zie [Doseercapaciteit rookgas CO₂](#) en [Doseercapaciteit zuivere CO₂](#)).

Ventilatie

Minimum raamstand

Ventileren is nodig om te voorkomen dat het te warm of te vochtig wordt in de kas. Als er CO₂ gedoseerd wordt is dit ongunstig omdat de gedoseerde CO₂ dan niet afgevoerd wordt. Als er geen CO₂ gedoseerd wordt, is overdag ventileren juist gunstig omdat de CO₂ die opgenomen wordt door de planten dan aangevuld wordt. De zijde van de kas waar de wind vandaan komt, wordt de windzijde genoemd. De andere zijde wordt de luwe zijde genoemd. De minimum raamstand geeft aan hoe ver de ramen aan [luwe](#) zijde minimaal open worden gehouden.

Maximum raamstand luwe zijde

Met de maximum raamstand wordt de maximale opening van zowel de ramen aan luwe en windzijde begrensd.

Buisrail

Minimum buistemperatuur

Met de minimum buistemperatuur [°C] kan de (aanvoer)temperatuur van de buizen op een minimale waarde gehouden worden. Hierdoor kan bijvoorbeeld overtollige warmte uit de warmtebuffer afgelucht worden of voor meer luchtverplaatsing in de kas gezorgd worden (actief klimaat). [Lees hier meer over warmteafgifte van buizen.](#)

Stralingstraject afbouw minimum buistemperatuur

De minimum buistemperatuur kan stralingsafhankelijk afgebouwd worden

Overig

Krijtfactor

Met de krijtfactor kan opgegeven worden hoeveel licht tegengehouden wordt door krijten. Een krijtfactor van 0 betekent niet krijten, een krijtfactor van 1 betekent dat al het licht tegengehouden wordt. Krijten van het kasdek is een manier om een teveel aan zonlicht tegen te houden. Hiermee wordt voorkomen dat het in de kas warmer wordt dan nodig is en de plant meer verdampt van nodig is. Ook wordt direct licht omgezet in diffuus licht.

Schermbuis

Buistemperatuur scherm sluiten

Boven deze buistemperatuur wordt het scherm niet gebruikt, ook niet 's nachts (bij veel uitstraling).

Straling scherm sluiten

Met deze parameter kan ingesteld worden bij welk daglichtniveau het scherm sluit. Dit is afhankelijk van de buitentemperatuur omdat bij koud weer het scherm meer energie bespaart en daarom overdag langer dicht gehouden wordt. In de 1^e kolom de buitentemperatuur en in de 2^e het stralingscriterium. Op basis van de heersende buitentemperatuur wordt het resulterende stralingscriterium hieruit lineair geïnterpoleerd en begrensd op de minimale en maximale buitentemperaturen uit de tabel

Vochtkier

Met deze parameter kan ingesteld worden op welke kier het scherm getrokken wanneer de luchtvochtigheid het ingestelde [setpoint RV](#) overschrijdt (offset), afhankelijk van de mate van overschrijding. In de 1^e kolom de offset en in de 2^e de kier (%). Op basis van de actuele offset wordt de bijbehorende kier berekend o.b.v. interpolatie en begrensd op de minimale en maximale offsets.

Belichting

Belichtingsduur

Dit is de maximaal aantal uren per dag dat belicht wordt.

Tijdstip belichting uit

Het tijdstip (in decimale uren) dat de belichting uitgeschakeld wordt. Als dit b.v. 18:30 is vul dan 18.5 in.

Globale straling belichting uit

De globale straling in W/m^2 waarboven de belichting uitgeschakeld wordt.

Grafiek cumulatief vanaf start teelt

LAI (-)

Leaf Area Index.

Energie-efficiëntie (kg/GJ)

Het geoogst versgewicht in relatie tot het energieverbruik

Lichtefficiëntie (g/mol)

Het geoogst versgewicht in relatie tot de ontvangen PAR lichtsom

Energieverbruik (GJ/m²)

De totale hoeveelheid gebruikte gas en elektriciteit omgerekend naar GJ

RTR basistemperatuur (°C)

De Ratio Temperature Radiation (RTR) is één van de handvatten die Het Nieuwe Telen biedt door elke dag de etmaaltemperatuur in een constante verhouding af te stemmen op de lichtsom van die dag. Deze ratio wordt bepaald door een lijn te trekken door de gerealiseerde combinaties van lichtsom (x-as) en gerealiseerde etmaaltemperatuur (y-as). De basistemperatuur is dan het snijpunt met de Y-as (oftewel de denkbeeldige etmaaltemperatuur als er geen licht is).

RTR waarde (°C/(kJ/cm²/d))

De Ratio Temperature Radiation (RTR) is één van de handvatten die Het Nieuwe Telen biedt door elke dag de etmaaltemperatuur in een constante verhouding af te stemmen op de lichtsom van die dag. Deze ratio wordt bepaald door een lijn te trekken door de gerealiseerde combinaties van lichtsom (x-as) en gerealiseerde etmaaltemperatuur (y-as). De RTR waarde is dan de helling van deze lijn, oftewel de variatie in etmaaltemperatuur per 1000 Joule/cm².dag.

Geoogst versgewicht (kg/m²)

Het cumulatief geoogste versgewicht

Geoogste vruchten (#/m²)

Het cumulatief aantal geoogste vruchten

Uitgroeiduur (dagen)

Het aantal dagen vanaf vruchtzetting tot oogst

Omzet uit productie (Euro/m²)

Het aantal geoogste vruchten × de prijs per stuk (komkommer) of het aantal geoogste kilogrammen × de prijs per kg (tomaat)

Vochtgerelateerd omzetverlies (Euro/m²)

Productie- en/of kwaliteitsverlies veroorzaakt door een RV die hoger is dan het setpoint

Hoogste productprijs (Euro/stuk)

De prijs van de gewichtsklasse die het meest opbrengt

Gekregen productprijs (Euro/stuk)

De prijs die gekregen is voor de geoogste gewichtsklasse

Plantbelasting (Vruchten/m²)

Het actuele aantal vruchten aan de plant

Zwaarste vrucht (g/vrucht)

Het gewicht van de zwaarste vruchten aan de plant

Gemiddeld geoogst vruchtgewicht (g/vrucht)

Het gemiddelde gewicht van alle geoogste vruchten van die dag

Geaborteerde vruchten (komkommer) (#/m²)

Vruchtbeginfels die afsterven voordat ze gaan bloeien.

Grafiek uurwaarden huidige periode**Meteo - temp (oC)**

Buitentemperatuur

Meteo - Globale straling (W/m²)

Zonnestraling die de aarde bereikt. Zie [Globale straling](#)

Meteo - PAR som (mol)

Dagelijkse cumulatieve PAR som. Zie [PAR in Nederland](#)

Meteo - Windsnelheid (m/s)

De actuele windsnelheid

Stooktemp (oC)

Het setpoint voor de temperatuur waarboven verwarmd wordt

Kasluchttemp. (oC)

De gerealiseerde kasluchttemperatuur

RV (%)

De gerealiseerde relatieve luchtvochtigheid

CO₂-concentratie (ppm)

De gerealiseerde CO₂-concentratie

PAR op gewasniveau ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)

Straling op gewasniveau (W/m^2)

Koptemperatuur ($^{\circ}\text{C}$)

De temperatuur van de kop van het gewas

Wateropname ($\text{cc}/\text{m}^2/\text{u}$)

De wateropname van het gewas bestaande uit verdamping en toename van het versgewicht

Ventilatie ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{u}$)

Het ventilatiedebiet van de kas

Raamstand luwe zijde (%)

De stand van de luchtramen aan de luwe zijde van de nok

Raamstand windzijde (%)

De stand van de luchtramen aan de windzijde van de nok

Temperatuur buisrail ($^{\circ}\text{C}$)

De gemiddelde temperatuur van het buisrail verwarmingsnet, berekend op basis van de aanvoer- en retourtemperatuur.

Temperatuur groeinet ($^{\circ}\text{C}$)

De gemiddelde temperatuur van het groeinet, berekend op basis van de aanvoer- en retourtemperatuur.

CO_2 -dosering ($\text{g}/\text{m}^2/\text{u}$)

De gerealiseerde CO_2 -dosering, het totaal van CO_2 uit ketelrookgassen en zuivere CO_2 .

Ketelvermogen (W/m^2)

Het gerealiseerde ketelvermogen op basis van 90% ketelrendement

Scherf 1 (%)

De gerealiseerde scherfpositie van het (1e) scherm.

Scherf 2 (%)

De gerealiseerde scherfpositie van het 2e scherm.

Lampen uit/aan (0/1)

De status van de lampen

Netto straling (W/m^2)

De inkomende minus de terugkaatsende straling.

High scores

Tijdens het spelen van de game kan steeds de high score opgevraagd worden. Deze geeft een ranking van de spelers op basis van het aantal punten. Tevens worden de scores voor de verschillende onderdelen weergegeven, het gemiddeld aantal pogingen dat gebruikt is en de voortgang van de game. Als de game is uitgespeeld is de voortgang 100%.

Highscores

Speler	Voortgang [%]	Punten	Productie [kg/m ²]	Saldo [€/m ²]	Efficiëntie [kg/MJ]	Pogingen nodig [%]
jan	100	1707	67.4	20.27	73.6	18
piet	100	1096	56.9	6.26	47.1	10
klaas	100	1072	56.9	4.94	47.1	10

Analyse grafieken na uitspelen

Lichtbenuttingsefficiëntie

Deze grafiek geeft aan hoeveel gram versgewicht met 1 mol PAR gemaakt kan worden.

RTR

De Ratio Temperature Radiation (RTR) is één van de handvatten die Het Nieuwe Telen biedt door elke dag de etmaaltemperatuur in een constante verhouding af te stemmen op de lichtsom van die dag. Deze ratio wordt bepaald door een lijn te trekken door de gerealiseerde combinaties van lichtsom (x-as) en gerealiseerde etmaaltemperatuur (y-as). De basistemperatuur is dan het snijpunt met de Y-as (oftewel de denkbeeldige etmaaltemperatuur als er geen licht is). De RTR waarde is dan de helling van deze lijn, oftewel de variatie in etmaaltemperatuur per 1000 Joule/cm².dag.

Deze grafiek geeft de combinaties van lichtsom en etmaaltemperatuur weer. De bijbehorende basistemperatuur en RTR-waarde zijn te vinden in de tabel.

Etmaaltemperatuur

Deze grafiek geeft de dagelijks gerealiseerde etmaaltemperatuur

Stralingssom

Deze grafiek toont de cumulatieve stralingssom op gewasniveau in MJ/m²

Plantbelasting

Deze grafiek toont de plantbelasting. Dit is het aantal vruchten aan de plant, hier uitgedrukt in vruchten/m²

CO₂-gift

Deze grafiek toont de cumulatieve CO₂-gift. Dit is het totaal van CO₂ uit ketelrookgassen en zuivere CO₂.

Opdrachten

Werken met Kassim: Opdrachtenboek voor het groene MBO

Om bekend te raken met Kassim is er een opdrachtenboek ontwikkeld binnen het project [Het Nieuwe Telen: Gas erop!](#) Het opdrachtenboek wordt op deze Wiki weergegeven, maar kan ook worden gedownload: ['Werken met Kassim'](#)



Dit opdrachtenboek is tot stand gekomen als opdracht voor het vak Green Juniors bij Inholland Hogeschool Delft in samenwerking met Wellant en Lentiz MBO. Het project is gefinancierd door Kas als Energiebron met als uitvoeringsorganisatie SIA-RAAK.

Kassim (tijdelijk buiten gebruik)

Om Kassim opdrachten te delen kunt u gebruik maken van het onderstaande formulier. Geef een korte beschrijving waar de opdracht over gaat en voeg de opdracht toe als Word document of PDF. U kunt de antwoorden van uw opdracht ook als aparte bijlage toevoegen. In de opdrachtenlijst kunt u zien welke opdrachten al beschikbaar zijn gesteld door andere gebruikers.

 **Let op:** U mag uw contactgegevens achterlaten zodat andere gebruikers contact kunnen opnemen over uw opdracht. U bent niet verplicht uw contactgegevens in te vullen. Een opdracht kunt u altijd laten verwijderen door uw verzoek te mailen naar info.kassim@wur.nl.

Literatuur

De volgende rapporten, vakblad artikelen en rekentools dienen ter inspiratie, educatie of als naslagwerk tijdens het onderwijzen en werken met Kassim.

Rapporten

Tomaat

[Het Nieuwe Gewas](#)

[Tomatenteelt in de hooggeïsoleerde VenLow Energy kas](#)

[Tomaten belichten met minder elektriciteit](#)

Komkommer

[Lichtmetingen op komkommerbedrijven met LED-tussenbelichting](#)

[Telen met gestuurde vochtafvoer](#)

[Intensief schermen & energiezuinig ontvochtigen met Het Nieuwe Telen in komkommer](#)

[Het winterlicht gewas](#)

Paprika

[Paprika energie zuinig met goede kwaliteit](#)

[Vergelijking klimaat Paprika](#)

[Paprikateelt in de hooggeïsoleerde VenLow Energy kas](#)

Snijbloemen

[De Perfecte Chrysant teelt 1-4](#)

[Efficiënt omgaan met elektriciteit bij chrysant](#)

[Energiezuinige Belichting bij Chrysant](#)

[Duurzaamheid als leidraad voor roos](#)

[Verticaal temperatuurprofiel roos](#)

[Hoog isolerend schermen in amaryllis \(Hippeastrum\)](#)

Potplanten

[Het Nieuwe Telen Potplanten](#)

[Energiezuinige Teeltplanning voor Potplanten](#)

Kas technologie

[Monitoring Energiebesparing en Teeltervaringen bij Energie-innovaties](#)

[Teelt en energie 2SaveEnergy kas](#)

[LED als groeilicht; wat weten we nu?](#)

[Lage temperatuurverwarming in de glastuinbouw](#)

Vakblad artikelen

[Gasverbruik in onderzoekskassen onder 40% van praktijkgemiddelde](#)

[Ondanks lager CO2-niveau dan praktijk toch ruim 65 kg tomaten per m2](#)

[Kalanchoëteler haalt koude, droge kaslucht van boven het schermdoek](#)

[Rozen telen zonder fossiele energie is economisch haalbaar](#)

[Extreem veel schermen brengt paprikagewas uit balans](#)

[Bij Het Nieuwe Telen tomaat is dicht energiedoek essentieel puzzelstukje](#)

[‘Met nieuw substraatsysteem en voeding op maat gewasgroei sturen’](#)

[Het Nieuwe Telen bij aardbei is een weg van vallen en weer opstaan](#)

[‘Aardbei in balans telen is als het wiel opnieuw uitvinden’](#)

[Hele sector leert snel van nieuwe technieken op praktijkbedrijven](#)

[Meer topkwaliteit, minder energie en geen bloeivertraging door Het Nieuwe Telen](#)

Rekentools

[De Uitstralingsmonitor](#) (klik hier voor de [documentatie van de Uitstralingsmonitor](#))

[Het Nieuwe Telen](#)

[Psychrodiagram](#)

Colofon en contact

Kassim

Kassim is ontwikkeld door Wageningen University & Research business unit Glastuinbouw en Wageningen Environmental Research. Het project is gefinancierd door Wageningen UR Knowledge Sharing (WURKS), het ministerie van Economische Zaken en Klimaat, en de Stichting Programmafonds Glastuinbouw in het kader van het onderzoeksprogramma Kas als Energiebron.

Kassim is tot stand gekomen in samenwerking met InHolland hogeschool Delft. Dank gaat uit naar docenten uit het groene onderwijs voor hun bijdragen en feedback.

Deze Wiki en de simulatietool Kassim zijn onderhevig aan de [Disclaimer](#) van Wageningen University & Research.

Voor vragen, opmerkingen of suggesties kunt u mailen naar info.kassim@wur.nl

Wiki

Deze Wiki is ontwikkeld in opdracht van WURKS (Wageningen UR Knowledge Share).

Licentie

De Wiki is gepubliceerd onder de Creative Commons [Naamsvermelding-NietCommercieel-GelijkDelen 4.0 Nederland](#) licentie.

Verwijs in uw publicatie als volgt naar deze Wiki

Groen Kennisnet (2019), Kassim, Geraadpleegd op [datum] van <https://wiki.groenkennisnet.nl/space/G2>.



