

Simulatiemodel lichtuitstoot Waddenkas

Simulatiemodel voor kasklimaat en lichtuitstoot voor kassen in het Waddengebied

G.L.A.M. Swinkels





Simulatiemodel lichtuitstoot Waddenkas

Simulatiemodel voor kasklimaat en lichtuitstoot voor kassen in het Waddengebied

G.L.A.M. Swinkels

© 2009 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

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



Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Droevendaalsesteeg 1, 6708 PB Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 48 60 01
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
1 Inleiding	1
1.1 Achtergrond	1
1.2 Projectbeschrijving	2
1.2.1 Doel van het project	2
1.2.2 Werkzaamheden	2
1.2.3 Projectresultaat	3
2 Beschrijving lichtuitstootmodel	5
2.1 Inleiding	5
2.2 KASPRO	5
2.2.1 Achtergrond	5
2.2.2 Validatie weersgegevens	6
2.2.3 Validatie op basis van praktijkmetingen	7
2.3 Lichtuitstoot	9
2.3.1 Berekening	9
2.3.2 Validatie op basis van metingen	9
2.4 Graphical User Interface (GUI)	12
3 Gebruikershandleiding	13
3.1 Systeemeisen	13
3.2 Installatie	13
3.3 Gebruik	13
3.3.1 Varianten beheren	14
3.3.2 Varianten wijzigen	15
3.3.3 Helpfunctionaliteit	18
3.3.4 Varianten vergelijken	18
4 Simulaties	23
Bijlage I. Gevoeligheidsanalyse buitenklimaat	1 p.
Bijlage II. Dataset voor validatie KASPRO	3 pp.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

In de Westergozone, in het noordwesten van Fryslân, worden in het project 'Waddenkas' op praktijkschaal innovatieve technieken ingezet om energie te besparen, lichtuitstoot in de glastuinbouw te beperken, en de teelt te optimaliseren. Telers, de sector, onderzoeksinstituten, de Westergozone en de provincie Friesland investeren gedurende de komende jaren in het project. De Waddenkas is niet één fysieke kas, maar een concept. Hierbij zullen tuinders nieuwe technologieën gaan toepassen en bekijken zij welke effecten die hebben op hun teelt. De provincie Friesland heeft zich nauw verbonden met de Waddenkas, omdat men een duidelijk beeld wil hebben van de ontwikkeling van de glastuinbouw. Friesland wenst duurzame glastuinbouw met minimale maatschappelijke hinder en minimaal gebruik van fossiele brandstoffen.

Provincie Fryslân en het projectbureau Westergozone hebben met 'Waddenkas' de ambitie om sneller dan het convenant voorschrijft lichthinderreductie te realiseren in de Westergozone.

Eén van de aspecten die voor dit gebied spelen is het beperken van de lichthinder als gevolg van het gebruik van assimilatielampen. Het minimaliseren van de lichtuitstoot is bijzonder belangrijk voor het van nature donkere en kwetsbare gebied Fryslân. In de intensieve glastuinbouw worden in de laatste jaren steeds meer kassen verlicht door middel van assimilatieverlichting. In gewassen als rozen en andere snijbloemen is belichting tijdens de wintermaanden normaal geworden en ook het areaal belichte vruchtgroenten neemt snel toe. De trend van de laatste jaren laat zien dat niet alleen het areaal belichte kassen steeds meer toeneemt maar ook de belichtingsintensiteit. Gewassen als tomaat worden met relatief hoge intensiteiten belicht, paprika met lagere intensiteiten.

De belichting van kassen is voor de tuinders vaak een noodzaak om jaar rond te kunnen telen en de producten aan de markt aan te kunnen bieden. Bovendien stijgt de productie en productkwaliteit in de wintermaanden, in periodes als de prijzen hoog zijn. Aan de andere kant brengt het gebruik van assimilatiebelichting hogere investeringskosten met zich mee, gepaard met hogere energiekosten.

Verreweg het grootste deel van het uitgestoten licht, verlaat de kas via het dak. Van boven zijn de kassen goed zichtbaar als grote, lichtuitstralende oppervlakten. De lichtintensiteit is relatief hoog, het lichtspectrum omvat de meest gevoelige golflengtes voor het menselijke oog. De assimilatiebelichting brandt gemiddeld tot 3000 uur per jaar, waarvan 80% 'als het buiten donker is. Vooral in gebieden, die traditioneel landelijk en dus relatief donker waren, valt de lichtuitstoot van kassen bijzonder op, zo ook in Fryslân. Voor omwonenden en omgevende flora en fauna is de lichtuitstoot uit kassen ongewenst.

Aanleiding voor de vakgroep LTO Nederland en de Stichting Natuur en Milieu een convenant af te sluiten. Beide partijen hebben begin september 2004 een akkoord bereikt over de aanpak van lichthinder door kassen: Het 'Besluit Glastuinbouw'. Hierin staan voorschriften om lichthinder door assimilatieverlichting te beperken. Dit besluit is eind 2006 verder aangescherpt. Voor de beperking van lichthinder zal vanaf 2008 minimaal een 95% lichtdicht scherm moeten worden gebruikt tijdens bepaalde tijden van de nacht, vanaf 2014 moet een nagenoeg 100% lichtdicht scherm worden toegepast (LTO en SNM, 2004 – 2006). Deze percentages zijn gerelateerd aan het oppervlak van het schermdoek, niet aan de hoeveelheid licht die wordt tegengehouden. Hoeveel hinder mensen hebben van belichting hangt van meerdere factoren af. Dit is onderzocht door TNO (Eindrapport Lichthinder kassen, Janssen 2006).

Tuinders hebben te maken met deze regelgeving, ze moeten zich enerzijds houden aan de regels voor lichtuitstoot, anderzijds willen zij graag een zo optimaal mogelijk kasklimaat kunnen handhaven met een daaraan verbonden maximale productie en kwaliteit. Om dit te kunnen bereiken hebben tuinders verschillende keuzemogelijkheden:

- Type schermdoek
- Setpoint schermregeling
- Type belichtingsinstallatie
- Belichtingsstrategie
- Setpoints klimaatregeling (temperatuur / vocht, luchting / verwarming)

Om een tuinder te ondersteunen in zijn keuzemogelijkheden en hem te helpen in het bereiken van zijn doelstellingen is door Wageningen UR Glastuinbouw een simulatiemodel ontwikkeld, welke kasklimaat en lichtuitstoot bepaalt bij door de tuinder vooraf gekozen bedrijfsspecifieke instellingen. De ontwikkeling hiervan is gefinancierd door de Provincie Fryslân, tuinders, in opdracht van het Projectbureau Westergozone (namens Waddenkas) en onder het projectmanagement van E kwadraat advies.

1.2 Projectbeschrijving

In deze paragraaf is de projectbeschrijving opgenomen die ten grondslag heeft gelegen aan het project 'Simulatiemodel lichtuitstoot Waddenkas'.

1.2.1 Doel van het project

Het doel van het project is het ontwikkelen van een simulatiemodel dat kasklimaat en lichtuitstoot bepaalt voor verschillende kasttypes en gewassen bij vooraf door de tuinder gekozen bedrijfsspecifieke instellingen. Deze instellingen hebben betrekking op o.a. het schermdoek, de schermregeling, de belichtingsinstallatie, de belichtingsstrategie en klimaatinstellingen. Hierdoor worden individuele tuinders ondersteund in hun keuzes en kunnen zij zowel aan de regelgeving rondom lichtuitstoot voldoen als hun productiedoelstellingen optimaliseren.

1.2.2 Werkzaamheden

Fase 1: Ontwikkeling simulatiemodel kasklimaat en lichtuitstoot

Ontwikkeling van een simulatiemodel met een gebruiksvriendelijke interface. De gebruiker maakt vooraf zowel een keuze van verschillende hardwarecomponenten, zoals kasafmetingen, -types, verwarmings- en luchtingsconfiguratie, belichtingsinstallatie en schermtype, als ook een keuze van verschillende setpointinstellingen, zoals belichtingsstrategie, schermstrategie, setpoints voor temperatuur, vocht, verwarming, luchting en CO₂. De gebruiker heeft de keuze uit drie gewassen: tomaat, komkommer en paprika.

Op basis van de inputparameters zal het simulatiemodel de gevolgen voor het kasklimaat, energieverbruik, lichtuitstoot en de relatieve gewasproductie uitrekenen en deze grafisch weergeven.

Binnen het simulatiemodel wordt gebruik gemaakt van een gevalideerd kasklimaatmodel. De output van het model zal gebaseerd zijn op standaard Nederlands weer.

Daarnaast zal een lichtmodel worden ontwikkeld, welke de relatieve lichtuitstoot afhankelijk van de schermstand zal bepalen. Het model zal bij de berekeningen rekening houden met de geldende regelgeving. Zo zal een scherm altijd zo ver gesloten zijn dat de minimaal toelaatbare afscherming gerealiseerd wordt.

Resultaat: Het effect van de te kiezen maatregelen op lichtuitstoot, energieverbruik en kasklimaat worden weergegeven. De tuinder kan zo zijn bedrijfsspecifieke keuzes optimaliseren.

Fase 2: Validatie met behulp van metingen in de praktijk

De resultaten van het model zullen ook worden getoetst in de praktijk. Bij een tuinder in de Waddenregio zal over een periode van ca. 3 maanden tijdens de belichtende maanden de lichtuitstoot (lichtniveau boven het scherm en buiten de kas) worden gemeten afhankelijk van de schermstand. Gelijktijdig worden alle beschikbare klimaatgegevens van de tuinder gevolgd. Het ontwikkelde simulatiemodel wordt gevalideerd op basis van deze gegevens.

Met het simulatiemodel zullen, uitgaande van een lichtreductie van 98% of 99% of 100% door het lichtscherm, de grenzen in groeiconditie, vocht, opbrengst voor de tuinder in beeld worden gebracht.

Het project wordt uitgevoerd door Wageningen UR Glastuinbouw. E kwadraat advies voert het projectmanagement uit. Westergozone is opdrachtgever, namens Waddenkas. Aan het begin van het project wordt overleg gevoerd met Westergozone, E kwadraat advies en betrokken tuinder uit de Waddenregio over de exacte definitie van de uitgangspunten voor de modelontwikkeling. Deze projectgroep, onder voorzitterschap van Westergozone, zal minimaal om de drie maanden bij elkaar komen en de voortgang bespreken. Elk kwartaal wordt de opdrachtgever en de subsidieverstrekker (provincie Fryslân) op de hoogte gebracht van de voortgang van het project. Aan het einde van het project worden de resultaten gepresenteerd aan de opdrachtgever en tuinders uit de Westergozone.

Resultaten en Rapportage

Het resultaat van dit project is een simulatiemodel, dat vrij beschikbaar is voor geïnteresseerde tuinders. Het model zal door geïnteresseerde tuinders gedownload kunnen worden vanaf een nader te bepalen website. Tussenresultaten zijn meetdata, welke gebruikt zullen worden voor de model validatie.

1.2.3 Projectresultaat

Het resultaat van dit project is een simulatiemodel, dat vrij beschikbaar is voor geïnteresseerde tuinders. Het model kan door geïnteresseerde tuinders worden gedownload.

2 Beschrijving lichtuitstootmodel

2.1 Inleiding

De kern van het lichtuitstootmodel is een simulatiemodel dat op basis van het buitenklimaat, de bedrijfsuitrusting, de teelt en de gebruikte instelwaarden voor de kasklimaatregelaar het kasklimaat, het energieverbruik en de fotosynthese berekent. Hierbij wordt rekening gehouden met de wettelijke bepalingen met betrekking tot lichtuitstoot.

Om de complexiteit van het simulatiemodel af te schermen voor gebruikers van het lichtuitstootmodel is het lichtuitstootmodel vormgegeven in de vorm van overzichtelijke invulschermen en menu's.

De opzet van het lichtuitstootmodel is zodanig eerst een uitgangssituatie gedefinieerd wordt (referentie) waarmee varianten hierop vergeleken worden. Dit houdt in dat de gebruiker zijn huidige bedrijfssituatie invult en hierop één of meerdere wijzigingen aanbrengt, bijvoorbeeld aangescherpte eisen met betrekking tot de lichtuitstoot. Zowel de uitgangssituatie als de varianten worden door het model gesimuleerd over de periode waarin de lichthinderproblematiek speelt (1 november tot 15 april). Vervolgens worden de uitkomsten van de berekeningen geïnterpreteerd, met elkaar vergeleken en gepresenteerd in de vorm van cumulatieve frequentietabellen, totalen en etmaaloverzichten.

2.2 KASPRO

2.2.1 Achtergrond

Het simulatiemodel KASPRO berekent het kasklimaat, energie en fotosynthese in tuinbouwkassen in afhankelijkheid van het buitenklimaat, de bedrijfsuitrusting, de teelt en de gebruikte instelwaarden voor de kasklimaatregelaar. De tijdstap van het simulatiemodel is vergelijkbaar met het regel-interval van gebruikelijke kasklimaat besturings-systemen. Met KASPRO kunnen de effecten van innovaties op het terrein van klimaatbeheersing en energievoorziening in de glastuinbouw worden onderzocht. KASPRO is ontwikkeld door Wageningen UR Glastuinbouw.

Met KASPRO kan nauwkeurig worden voorgerekend in hoeverre teeltomstandigheden worden verbeterd wanneer de bedrijfsuitrusting of de klimaatregeling wordt veranderd. Zo kan objectief en voorspellend worden bepaald onder welke condities bijvoorbeeld alternatieve kasbedekkingsmaterialen, het gebruik van belichting, koeling of andere manieren van CO₂-dosering bedrijfseconomisch kunnen renderen en of de beoogde veranderingen van het teeltklimaat kunnen worden bereikt.

KASPRO is een dynamisch model dat gebaseerd op warmte- en massabalansen en rekt op minutenbasis een groot aantal toestanden (states) uit die het kasklimaat bepalen zoals:

- de temperatuur van de kaslucht, het gewas, de bodem, het dek en de verwarmingsbuizen
- de luchtvochtigheid onder en boven het scherm
- condensatie op het kasdek en het gewas
- de CO₂-concentratie in de kas

Deze toestanden worden berekend op basis van de warmtestromen (voelbaar, latent,) en vocht.

In Figuur 1 zijn de belangrijkste componenten waaruit het model is opgebouwd schematisch weergegeven.

Voor een gemiddeld lagere temperatuur en straling en een gemiddeld hogere windsnelheid zijn voor een standaard tomatenteelt de resultaten van 100% lichtreductie tussen 20:00 u en 24:00 u en 95% lichtreductie met elkaar vergeleken. De resultaten van de gevoeligheidsanalyse zijn opgenomen in Bijlage I. Uit deze resultaten blijkt dat de invloed van het iets strengere klimaat van de Westergozone een zeer beperkte invloed heeft op de uitkomsten van het lichttuitstootmodel. Hierdoor is gebruik van het standaard SEL-jaar voor het lichttuitstootmodel door Waddenkastuinders acceptabel.

2.2.3 Validatie op basis van praktijkmetingen

Voor het valideren van KASPRO op basis van praktijkgegevens zijn voor de belichte periode van 1 november 2008 tot 15 april 2009 met Letsgrow¹ de klimaatgegevens geregistreerd op het bedrijf van C.W. van Overbeek V.O.F. te Beetgum.

Onderdeel van deze gegevens zijn de instellingen van de klimaatcomputer zoals de stooktemperatuur, de streefwaarde voor de relatieve luchtvochtigheid, de regeling van de buistemperatuur etc. Informatie die niet via Letsgrow geregistreerd kan worden (zoals o.a. de afmetingen van de kas, de eigenschappen van het verwarmingssysteem en de plantdatum) zijn bij middels een vragenlijst bij de tuinder opgevraagd.

Door deze gegevens als input voor KASPRO te gebruiken en de resultaten te vergelijken met de door Letsgrow geregistreerde klimaatgegevens kan onderzocht worden in hoeverre KASPRO de praktijk benadert, of met andere woorden, hoe betrouwbaar het lichttuitstootmodel is.

Bij de validatie van KASPRO op basis van praktijkmetingen moet een aantal zaken in het achterhoofd gehouden worden:

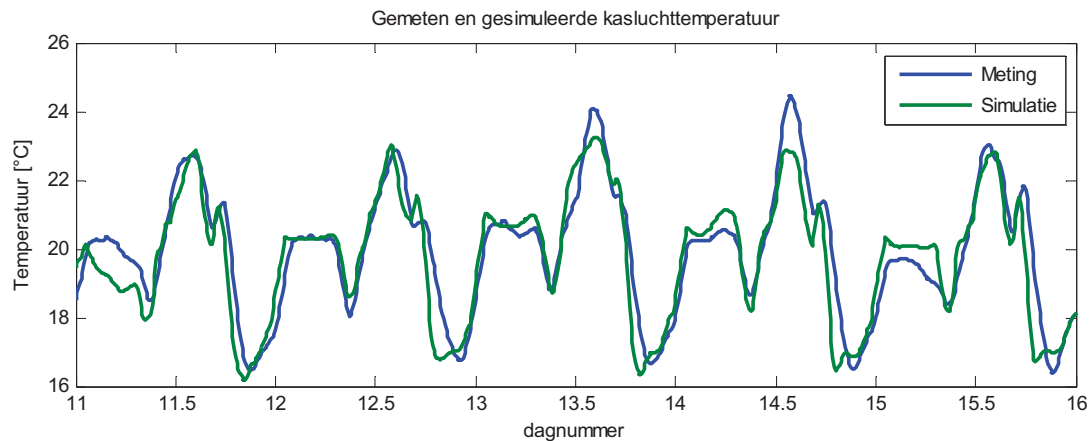
- Een simulatie is een benadering van de werkelijkheid.
- De output van een model wordt sterk beïnvloedt door de mate van detail in de input.
- Veel noodzakelijke input kan niet door Letsgrow worden geregistreerd. Een globale beschrijving van de bedrijfsvoering is middels een vragenlijst verkregen.
- In de praktijk blijken veel tuinders dagelijks de instellingen van de klimaatcomputer te veranderen terwijl KASPRO met een vaste set van parameters rekent.
- De kracht van het simulatiemodel lichttuitstoot zit meer in het vergelijken van verschillende varianten en niet zozeer in het uitrekenen van absolute waarden. Een zekere marge tussen de uitkomsten van de simulaties en de meetwaarden levert daarom geen problemen op.

In Bijlage II is de basislijst met parameters opgenomen waarmee de validatie is uitgevoerd. Een groot aantal van deze parameters wordt overschreven door de meetdata uit Letsgrow en de parameters uit de vragenlijst.

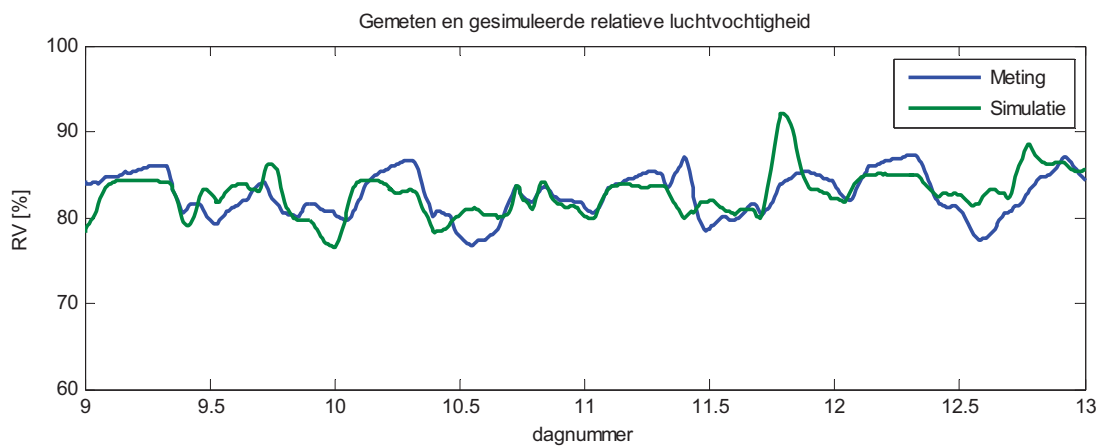
De validatie is uitgevoerd door de door Letsgrow geregistreerde stooktemperatuur, ventilatietemperatuur en de streefwaarde voor de relatieve luchtvochtigheid aan het model op te leggen. Vervolgens zijn de gemeten kasluchttemperatuur, relatieve luchtvochtigheid en de berekende warmteafgifte van het verwarmingsnet met de gesimuleerde waarden vergeleken.

Onderstaande figuren geven een indruk van de overeenkomst tussen de gesimuleerde en geregistreerde kasluchttemperatuur en relatieve luchtvochtigheid.

¹ LetsGrow is een commercieel product waarmee via een geautomatiseerd systeem allerlei gegevens van verschillende bedrijven op een standaard manier worden opgeslagen in een databank en vervolgens op internet in één grafiek of tabel samen te brengen zijn.



Figuur 2. De gemeten en gesimuleerde kasluchttemperatuur.



Figuur 3. De gemeten en gesimuleerde relatieve luchtvochtigheid.

Uit de figuren blijkt dat de gesimuleerde kasluchttemperatuur goed overeenkomt met de gemeten kasluchttemperatuur. Overdag ligt de werkelijke temperatuur soms hoger maar omdat er tijdens deze periodes geen sprake is van lichthinder heeft dit geen invloed op de modeluitkomsten. Voor de gesimuleerde relatieve luchtvochtigheid geldt dat deze gemiddeld goed overeenkomt maar op uurbasis afwijkt van de gemeten luchtvochtigheid. Omdat het simulatiemodel lichtuitstoot vooral de verschillende varianten van lichtuitstoot met elkaar vergelijkt heeft een marge tussen gesimuleerde waarden en meetwaarden daardoor in principe geen invloed op het onderlinge resultaat.

In onderstaande tabel zijn de belangrijkste uitkomsten van de simulaties als weekgemiddelden naast de meetwaarden gezet. Hieruit blijkt dat de verschillen zeer acceptabel zijn.

Tabel 1. Overzicht van de weekgemiddelde kasluchttemperatuur, luchtvochtigheid en buisvermogens van metingen versus simulaties.

	Temperatuur [°C]		Relatieve luchtvochtigheid [%]		Warmteafgifte buizen [W/m ² kas]	
	Meting	Simulatie	Meting	Simulatie	Meting	Simulatie
weeknr 1	19.7	19.9	84.1	83.1	83.5	75.1
weeknr 2	19.7	19.7	83.2	83.3	81.4	77.3
weeknr 3	19.3	19.6	81.6	83.9	78.1	76.0
weeknr 4	19.9	20.5	83.3	84.0	71.0	76.6
weeknr 5 ¹⁾	-	-	-	-	-	-
weeknr 6	20.4	19.8	84.1	85.1	53.7	68.4
weeknr 7	19.8	19.8	85.9	86.5	55.5	60.5
weeknr 8	19.9	19.7	88.6	87.2	43.7	50.0
weeknr 9	18.5	18.7	90.0	86.9	57.9	67.6
weeknr 10	17.4	16.9	88.9	87.2	82.5	82.0
weeknr 11	19.2	19.1	88.5	85.7	50.7	67.3
weeknr 12	19.3	18.9	87.2	85.9	54.7	58.6
weeknr 13	19.7	19.0	87.5	86.3	44.0	42.6
weeknr 14	20.4	19.7	86.6	82.4	49.7	60.9
weeknr 15	20.5	18.7	83.2	82.2	39.0	64.2

¹⁾ Ten gevolge van onjuiste meetdata kon geen simulatie worden gemaakt.

2.3 Lichtuitstoot

2.3.1 Berekening

In de standaardversie van KASPRO wordt geen rekening gehouden met de lichtuitstoot ten gevolge van belichten. Als gevolg hiervan is het model uitgebreid met een module die per regeltijdstap (2 minuten) de maximaal toelaatbare schermstand uitrekent op basis van de wettelijke bepalingen ten aanzien van de lichtafscherming. De hoeveelheid lichtreductie die bij een schermstand gerealiseerd wordt, wordt zodoende mede bepaald door de eigenschappen van het scherm zoals de fracties transparant materiaal en perforaties alsmede de optische eigenschappen van het transparante gedeelte.

Voor de relatie tussen schermstand en lichtuitstoot is een berekeningsmethodiek ontwikkeld die gevalideerd is op basis van praktijkmetingen. Belangrijk is dat de lichtuitstoot gedefinieerd is als het percentage van het licht dat door het openen het scherm richting de hemel straalt. De lichtuitstoot is dus relatief ten opzichte van volledige afscherming door een geheel gesloten lichtdicht scherm, vergelijkbaar met de situatie waarbij de lampen uitgeschakeld zijn (0% uitstoot) en een volledig geopend scherm (100% uitstoot). De feitelijke hoeveelheid uitgestoten licht, gekwantificeerd in bijv. lux, wordt niet berekend. Ook wordt alleen de verticale lichtuitstoot berekend, wat impliceert dat de gevels altijd volledig tot aan de nok afgeschermd worden.

2.3.2 Validatie op basis van metingen

De relatie tussen de schermstand en de lichtuitstoot is gevalideerd middel een praktijkmeting bij C.W. van Overbeek V.O.F. te Beetgum gedurende een heldere avond/nacht. De opzet hiervan is zodanig dat bij een groot aantal schermstanden de gemiddelde lichtintensiteit boven het kasdek gemeten wordt en vergeleken wordt met de situaties waarbij de lampen uitgeschakeld zijn (0% uitstoot) en waarbij het scherm geheel geopend is (100% uitstoot).

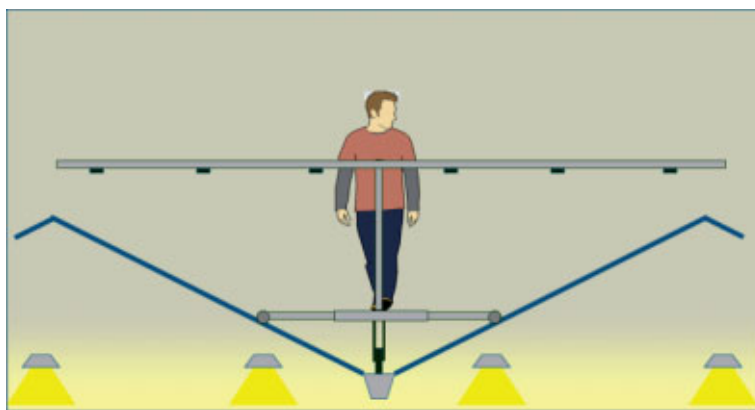
De schermstand wordt normaal gesproken door de klimaatcomputer geregistreerd. Echter, om eventuele onnauwkeurigheden in deze meting te voorkomen is de schermstand apart gemeten (Figuur 4).



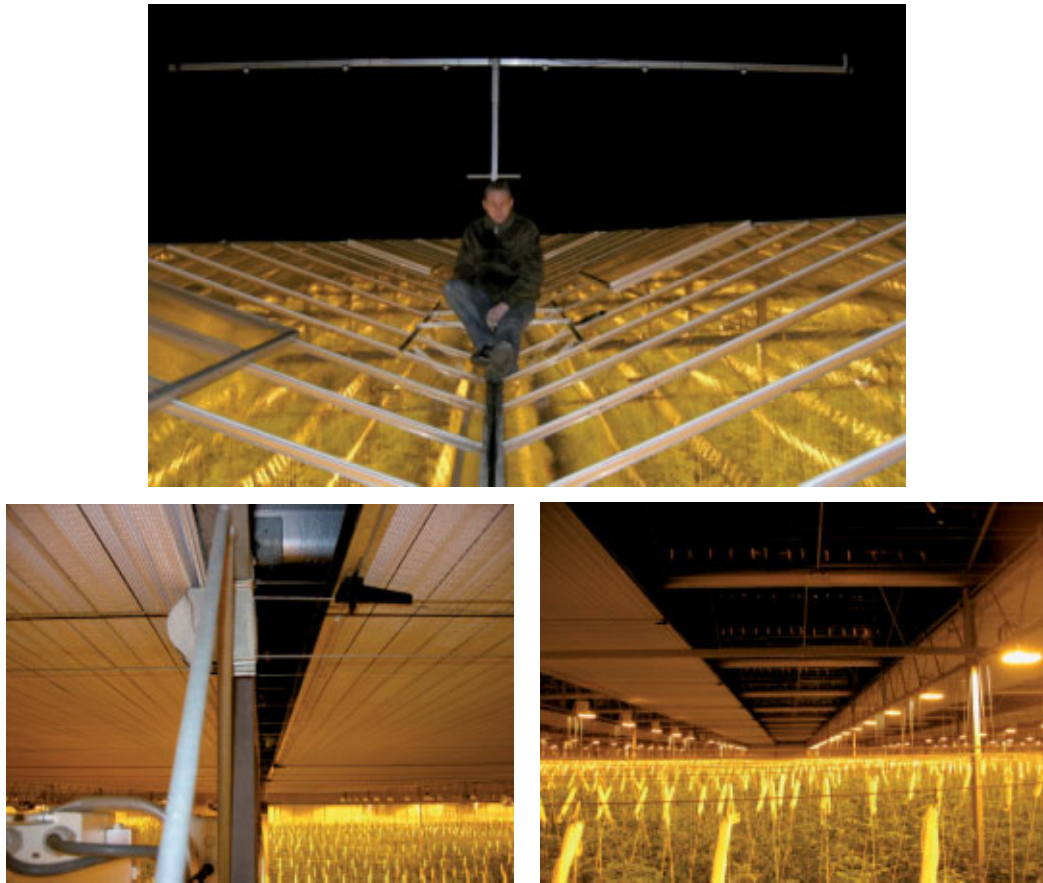
Figuur 4. Registratie van de schermstand door middel van een afstandsmeter met trekdraad, gekoppeld aan een EasyLog datalogger met een meetfrequentie van 5 seconden. De trekdraad is via de tralieligger aan het scherm gemonteerd.

De lichtintensiteit is gemeten met 6 PAR-sensoren die evenredig verdeeld over een kapbreedte op een rail, haaks op de gootrichting gemonteerd zijn. Door met de rail met constante snelheid over het dek te bewegen wordt op een groot aantal locaties boven het kasdek de intensiteit gemeten. Deze locaties vormen tezamen een gelijkmatig verdeeld grid waardoor eenvoudig de gemiddelde intensiteit berekend kan worden als het ongewogen gemiddelde van alle metingen.

Er zijn verschillende redenen om PAR-sensoren te gebruiken in plaats van lux-sensoren. Ten eerste komt Photosynthetic Active Radiation (PAR) qua golflengtebereik vrijwel overeen met het bereik van het menselijk oog (lux). Ten tweede speelt het verschil in gevoeligheid tussen PAR en lux geen rol omdat de lichtuitstoot relatief is, m.a.w. de lichtsterktes worden op elkaar gedeeld. De aanname hierbij is dat het scherm het lightspectrum, ofwel de kleur van het licht, niet beïnvloedt.

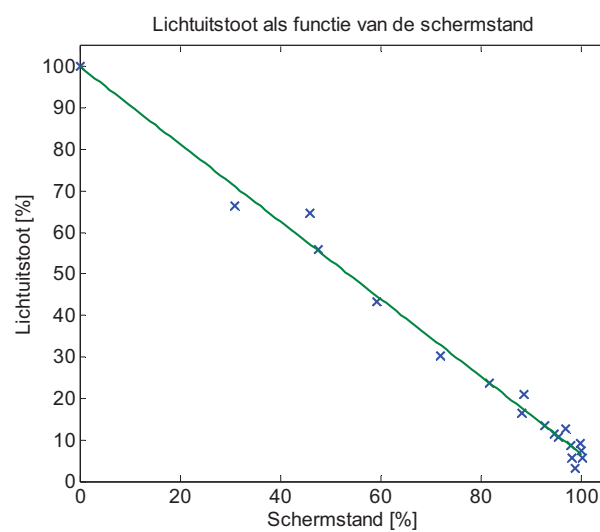


Figuur 5. Schematische weergave van het meting van de lichtuitstoot. De lichtintensiteit wordt gemeten met 6 PAR-sensoren die evenredig verdeeld over een kapbreedte op een rail, haaks op de gootrichting gemonteerd zijn. Door met de rail met constante snelheid over het dek te bewegen wordt de op een groot aantal locaties boven het kasdek gemeten waarna de gemiddelde intensiteit berekend kan worden.



Figuur 6. Praktijkmeting van de lichtuitstoot bij C.W. van Overbeek V.O.F. te Beetgum.

Door een meting bij elke schermstand, inclusief geheel geopend scherm en bij uitgeschakelde belichting, is de relatie tussen schermstand en lichtuitstoot bekend. In onderstaande figuur is deze weergegeven. Omdat het betreffende scherm voor 5% geperforeerd is schommelt de lichtuitstoot bij volledig gesloten scherm rond de 5%. Deze lage lichtintensiteiten bleken erg moeilijk meetbaar.



Figuur 7. De relatie tussen de lichtuitstoot en de schermstand. Bij volledig gesloten scherm is de lichtuitstoot nog steeds ± 5 omdat het betreffende scherm voor 5% geperforeerd is. De lage lichtintensiteit bij volledig gesloten scherm zijn erg moeilijk meetbaar zodat de meting hier enige ruis vertoont.

2.4 Graphical User Interface (GUI)

De kern van het lichtuitstootmodel is het kasklimaat simulatiemodel KASPRO dat op basis van het buitenklimaat, de bedrijfsuitrusting, de teelt en de gebruikte instelwaarden voor de kasklimaatregelaar het kasklimaat, het energieverbruik en de fotosynthese berekent. Hierbij houdt KASPRO rekening met de wettelijke bepalingen met betrekking tot lichtuitstoot. Echter, KASPRO is een model dat alleen door onderzoekers van Wageningen UR Glastuinbouw gebruikt wordt omdat hiervoor specialistische kennis noodzakelijk is. Dit komt met name door de grote hoeveelheid parameters die een juiste waarde moeten hebben, de complexiteit van het werken met het model, het uitlezen van de resultaten en nog belangrijker, de juiste interpretatie hiervan.

Dit maakt dat KASPRO normaal gesproken alleen te gebruiken is door deskundigen. Om dit probleem het hoofd te bieden is een gebruiksvriendelijke schil, ofwel graphical user interface (GUI) ontwikkeld die het gebruik van KASPRO vereenvoudigd. Deze GUI regelt:

- Het beheer van bedrijfsgegevens (kaseigenschappen, teeltinstellingen, etc.) door middel van invulschermen.
- Het beheer van de verschillende, door de gebruiker gecreëerde datasets.
- Prepareren van de input voor het kasklimaat simulatiemodel KASPRO. Uitgangspunt hierbij is dat de gebruiker alleen de meest relevante informatie moet invullen. Voor het gros van de parameters wordt automatisch de waarde gekozen zo goed mogelijk overeenkomt met wat in de praktijk, voor het betreffende gewastype, gangbaar is.
- Het aanroepen van KASPRO.
- De interpretatie van de resultaten en genereren van overzichten in de vorm van cumulatieve frequentietabellen, totalen en etmaaloverzichten.

3 Gebruikershandleiding

3.1 Systeemeisen

- Windows XP-SP2 / Vista
- Display met een minimale resolutie van 1024 x 768
- Microsoft .Net 2.0 (voor installatie is een internetverbinding noodzakelijk)

3.2 Installatie

Dubbelklik op het bestand 'setup.exe'.

Het installatieproces wordt opgestart. Volg de instructies op het scherm.

Om de installatie te beëindigen, klik op 'Finish'.

 Het lichtuitstootmodel maakt gebruik van Microsoft .Net 2.0. Vanaf Microsoft Vista is dit standaard op een pc geïnstalleerd. Bij eerdere besturingssystemen wordt dit tijdens het installeren van het lichtuitstootmodel geïnstalleerd en dit kan enige tijd kosten.

3.3 Gebruik

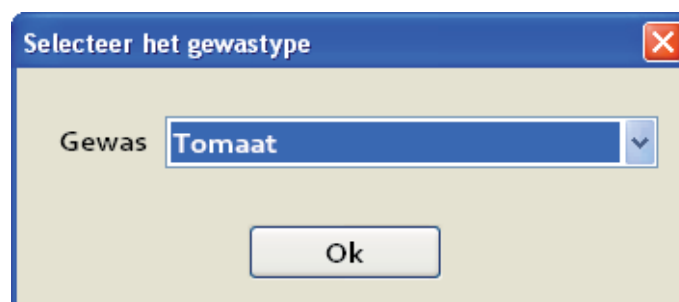
Het lichtuitstootmodel wordt gestart met

Start → Progamma's → Wageningen UR Glastuinbouw → Lichtuitstootmodel

Of met snelkoppeling op het bureaublad.

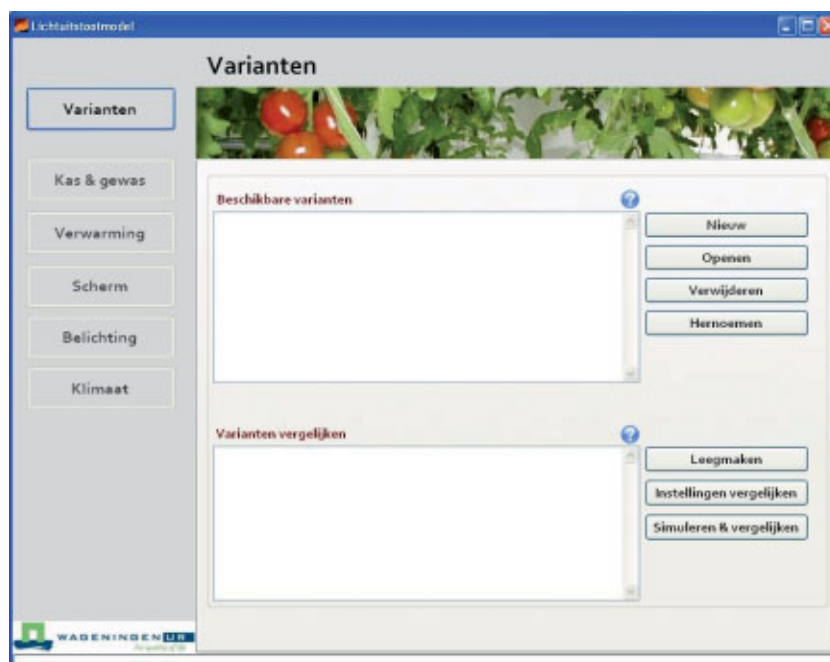


De eerste keer dat de software opgestart wordt verschijnt onderstaande dialoog voor het selecteren van het type gewas.



Selecteer het gewenste gewas en klik 'Ok'.

Vervolgens wordt het hoofdmenu zichtbaar.

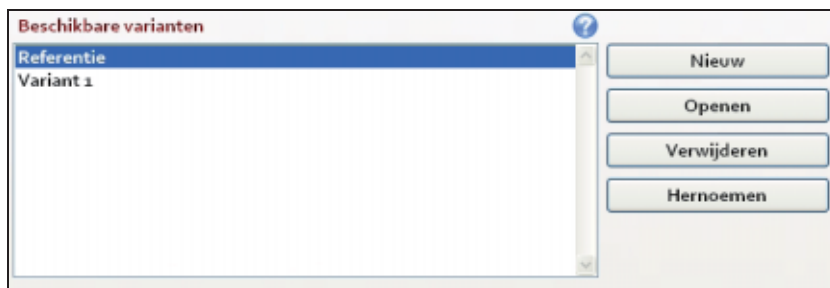


Aan de linkerkant bevindt zich het centrale menu. Elk menu-item roept een scherm op waarin een groep van parameters ingevuld kan worden. Zo kunnen in het menu 'Kas & gewas' o.a. de afmetingen van de kas ingevuld worden en in het menu 'Belichting' het belichtingsregime alsmede de wettelijke bepalingen voor lichttuitstoot.

Het basisidee achter het Lichttuitstootmodel is dat eerst de huidige bedrijfssituatie vergeleken wordt met varianten hierop. Allereerst wordt de huidige situatie ingevuld waarna deze beschouwd wordt als de referentie. Vervolgens wordt hierop een variant gemaakt, bijvoorbeeld met aangescherpte eisen voor lichttuitstoot. Hierna worden de referentie en de variant door het kasklimaatmodel doorgerekend en worden de verschillen tussen de uitkomsten grafisch en numeriek gepresenteerd. Op deze manier wordt duidelijk wat de effecten zijn op klimaat, productie en energie van deze variant. Naast de eisen omtrent lichttuitstoot kan in een variant in principe elke parameter aangepast worden om zo het effect op het kasklimaat, energie en de gewasgroei te bepalen.

3.3.1 Varianten beheren

Alle varianten die aangemaakt zijn verschijnen in een lijst met beschikbare varianten (zie onder).



De varianten worden gerangschikt op datum van creëren. Varianten kunnen geopend of verwijderd te worden door een variant met de muis te selecteren en op **Openen** of **Verwijderen** te klikken. Openen kan ook door een variant te dubbelklikken.

Er kan telkens één variant bewerkt worden. Een nieuwe variant kan gecreëerd worden met de knop **Nieuw**.

3.3.2 Varianten wijzigen

Wanneer een variant geopend wordt kunnen de parameters worden aangepast. In elke van de verschillende menu-onderdelen (**Kas & gewas**, **Verwarming**, **Scherp**, **Belichting** en **Klimaat**) kan een groep parameters worden aangepast.



Kas & gewas

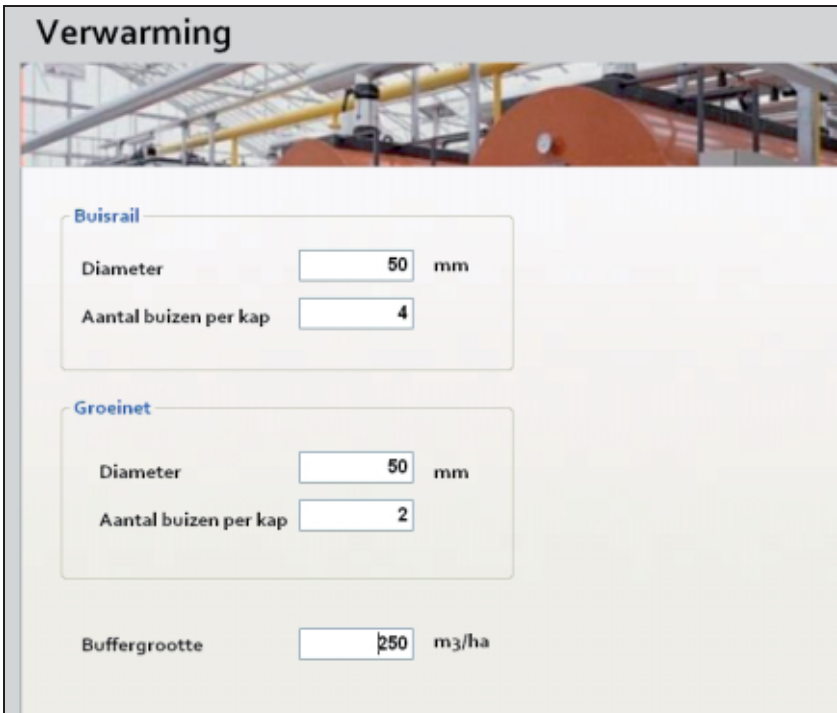
Kapbreedte m

Goothoogte m

Vakmaat m

Plantdatum gewas

Figuur 8. Invulscherm voor Kas & gewas parameters.



Verwarming

Buisrail

Diameter mm

Aantal buizen per kap

Groeinet

Diameter mm

Aantal buizen per kap

Buffergrootte m³/ha

Figuur 9. Invulscherm voor Kas & gewas parameters.

Schermb

Schermtyp

Schermtyp

Fractie open %

Fractie aluminium %

Fractie transparant %

Fractie overig %

Schermgeling

Dode zone temperatuur °C

Voorloop vochtier % kier / % raam

Maximum vochtier % kier

Buitentemperatuur scherm open

Figuur 10. Invulscherm voor schermparameters.

Belichting

Intensiteit lux (132 micromol/s/m² en ± 83 watt/m²)

Belichten van tot u

Stralingscriterium belichting uit W/m²

Lichtafscherming volgens Besluit Glastuinbouw

Figuur 11. Invulscherm voor belichtingsparameters.

Figuur 12. Invulscherm voor klimaatinstellingen.

Het lichtuitstootmodel kent 2 typen parameters.

- **Vaste parameters** Dit zijn parameters met een vaste waarde, zoals de kapbreedte.
- **Klimaatinstellingen** Dit zijn parameters waarvan de waarde gedurende het jaar kan veranderen, zoals de stooktemperatuur. Deze kunnen per periode van het jaar en per dagdeel ingesteld worden.

Vaste parameters hebben één invulveld per parameters. **Klimaatinstellingen** hebben een apart invulscherm dat opgeroepen wordt door middel van onderstaande knop links naast de naam van de klimaatinstelling.

Hiermee wordt onderstaand scherm opgeroepen.

Datum	tijd=waarde	tijd=waarde	tijd=waarde	tijd=waarde	tijd=waarde	tijd=waarde
15-10	op+2=20	on+1=18				
15-12	08:00=19	18:00=17				

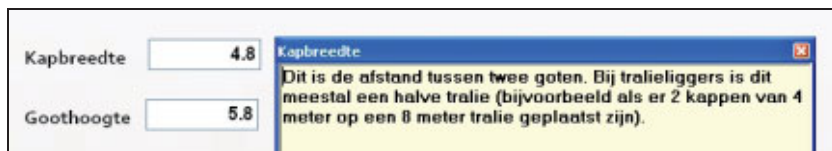
De waarden worden per periode en per dagdeel ingevuld. Het aantal periodes kan vrij gekozen worden, het aantal dagdelen is begrensd tot maximaal 6. In de eerste kolom wordt de 'vanaf'-datum ingevuld. Vanaf deze datum geldt de ingestelde waarde tot aan de volgende datum, of als er maar één datum is, voor de hele simulatieperiode. De dagdelen worden ingevuld door middel van 'tijd=waarde' combinaties. Voor het '=' teken wordt de tijd ingevuld, na het '=' teken de waarde. De tijd kan als uur:min ingevuld worden maar tevens ten opzichte van zonsopkomst of zonsondergang. Dit kan met de teksten **op** en **on** voor respectievelijk zonsopkomst en zonsondergang.

Zo geldt in bovenstaand voorbeeld voor de stooktemperatuur van 15 oktober tot 15 december een waarde van 20°C tussen 2 uur na zonsopkomst en 1 uur voor zonsondergang, en de rest van de dag 18°C.

Met de **Esc** toets of door het scherm te sluiten kan teruggekeerd worden naar de klimaatinstellingen.

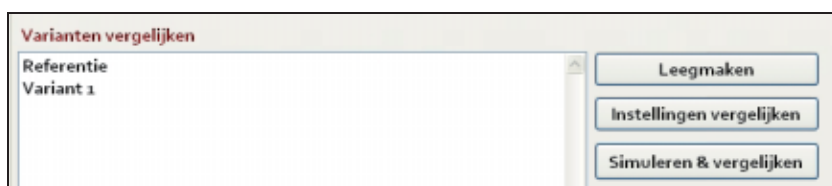
3.3.3 Helpfunctionaliteit

Voor elke parameter is een beschrijving beschikbaar door met de cursor in het invulvakje te gaan staan en op functietoets **F1** te toetsen waarna een helpscherm tevoorschijn komt.



3.3.4 Varianten vergelijken

Uit de beschikbare referentie varianten kunnen er een maximaal 10 geselecteerd worden die vervolgens doorgerekend en vergeleken kunnen worden. Het selecteren gebeurt door met de muis één variant van het venster **Beschikbare varianten** naar **Varianten vergelijken** te slepen.



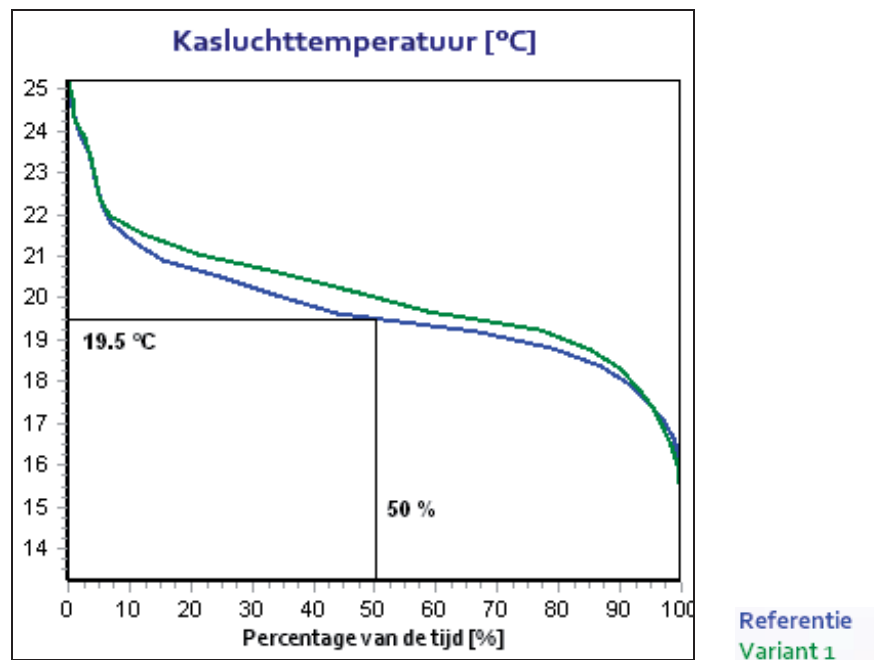
Met de knop **Leegmaken** worden alle varianten in het venster **Varianten vergelijken** gewist.

Met **Instellingen vergelijken** kan snel gekeken worden wat de verschillen in instellingen zijn tussen 2 varianten.

Met de knop **Simuleren & vergelijken** worden de varianten in het venster **Varianten vergelijken** gesimuleerd waarna de resultaten vergeleken worden. De resultaten worden op 3 manieren weergegeven:

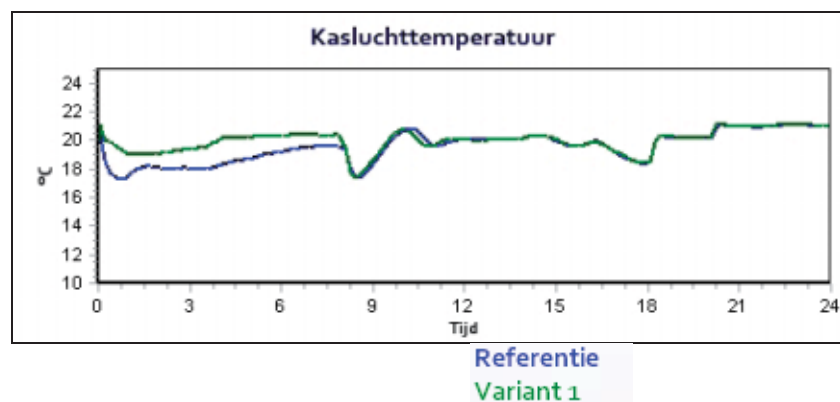
Cumulatieve frequentiegrafiek.

De cumulatieve frequentie grafiek geeft telkens de hoeveelheid tot en met een bepaalde waarde aan. In onderstaande cumulatieve frequentiegrafiek van de kasluchttemperatuur is te zien dat de temperatuur 50% van de tijd boven de 19.5°C ligt en de andere 50% van de tijd onder de 19.5 °C (blauwe lijn). Op deze manier wordt in één oogopslag duidelijk hoe vaak een bepaalde (grens)waarde voorkomt voor de gehele simulatieperiode. De verschillende varianten worden met verschillende kleuren weergegeven.



Etmaalverloop

Het etmaalverloop is het verloop van bijvoorbeeld de kasluchttemperatuur over het etmaal. In dit scherm worden de buitentemperatuur en straling, de kasluchttemperatuur, gewastemperatuur, RV, schermstand en de lichtuitstoot weergegeven. De verschillende varianten worden met verschillende kleuren weergegeven. In onderstaande figuur is de kasluchttemperatuur voor één etmaal weergegeven.



Door het simulatie dagnummer aan te passen kan ieder etmaal uit de simulatieperiode weergegeven worden.

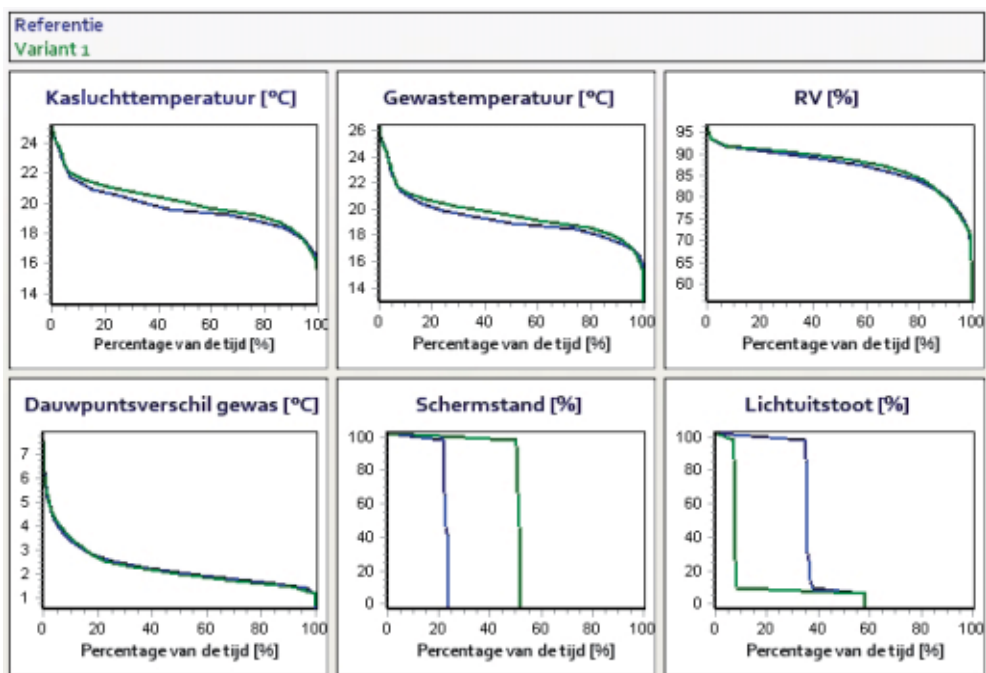
Simulatie dagnummer 1 nov

Numeriek

Voor de gehele simulatieperiode worden een aantal resultaten als gemiddelde of als totaal numeriek gepresenteerd. Dit zijn:

- **Drogestofproductie.** Dit is de relatieve drogestofproductie van het gewas voor de totale simulatieperiode. Deze wordt voor de eerste kolom op 100% gesteld en de overige varianten worden gelden relatief ten opzichte van de eerste (referentie).
- **Warmtevraag.** Dit is de relatieve warmtevraag ten behoeve van het verwarmen van de kas. Deze wordt voor de eerste kolom op 100% gesteld en de overige varianten worden gelden relatief ten opzichte van de eerste (referentie).
- **% van de tijd schermen.** Het percentage van de tijd dat er geschermd wordt.
- **% van de tijd lichtuitstoot.** Het percentage van de tijd dat er lichtuitstoot is die onder de ingevulde lichtafscherming volgens het Besluit Glastuinbouw blijft. Immers, het simulatiemodel zorgt ervoor dat er geen uitstoot boven deze norm wordt veroorzaakt.
- **Gem. luchttemp tijdens belichten en schermen.** Dit is de gemiddelde kasluchttemperatuur over de gehele simulatieperiode, alleen van de periodes dat er belicht en geschermd wordt.
- **Gem. gewastemp tijdens belichten en schermen.** Dit is de gemiddelde gewastemperatuur over de gehele simulatieperiode, alleen van de periodes dat er belicht en geschermd wordt.
- **Relatieve luchtvochtigheid.** Dit is een cumulatieve frequentietabel van de luchtvochtigheid van de kaslucht over de hele simulatieperiode.
- **Verschil kasluchttemperatuur met dauwpunt gewas.** Dit is een cumulatieve frequentietabel van het verschil tussen de kasluchttemperatuur en het dauwpunt van het gewas over de hele simulatieperiode. Dit is een maat voor het natslaan van het gewas.

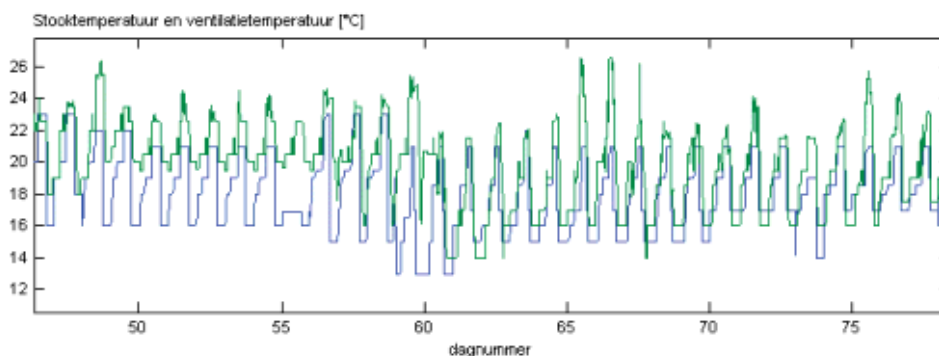
	Referentie	Variant 1
Drogestofproductie [%]	100	98.5
Warmtevraag [%]	100	89.9
% van de tijd schermen	24	52
% van de tijd lichtuitstoot (<norm)	58	58
Gem. luchttemp tijdens belichten en schermen [°C]	19.7	19.9
Gem. gewastemp tijdens belichten en schermen [°C]	19.1	19.3
Relatieve luchtvochtigheid [%]		
% van de tijd tussen 80 en 85 %	12.6	9.3
% van de tijd tussen 85 en 90 %	39.5	33.4
% van de tijd tussen 90 en 95 %	38.2	47.1
% van de tijd tussen 95 en 100 %	1.1	1.0
Verschil kasluchttemperatuur met dauwpunt gewas [°C]		
% van de tijd tussen 0.0 en 0.5 °C	0.0	0.0
% van de tijd tussen 0.5 en 1.0 °C	0.0	0.0
% van de tijd tussen 1.0 en 1.5 °C	9.9	11.9
% van de tijd tussen 1.5 en 2.0 °C	36.1	38.3
% van de tijd tussen 2.0 en 2.5 °C	28.4	25.5



4 Simulaties

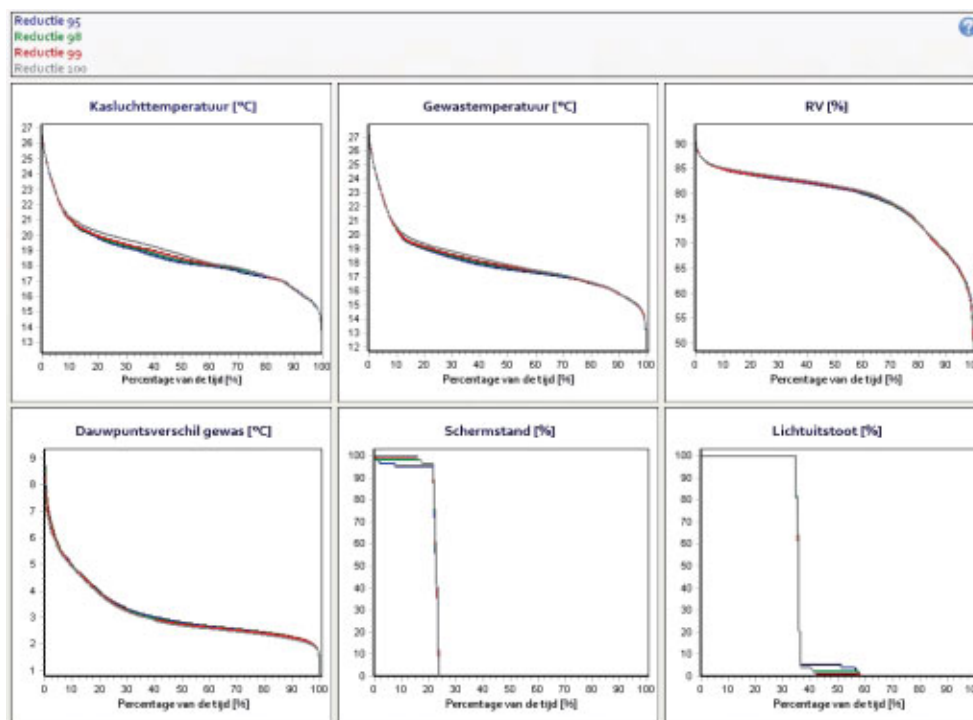
Uitgaande van een lichtreductie van 95% 98% of 99% of 100%, zijn met het lichtuitstootmodel de gevolgen voor het kasklimaat, de opbrengst en energieverbruik in beeld worden gebracht. Hiervoor zijn zoveel mogelijk de klimaatinstellingen van C.W. van Overbeek V.O.F. als basis gebruikt. Aanvullend zijn de volgende aannames/vereenvoudigingen gedaan:

- Omdat van het huidige scherm 5% van het oppervlak geperforeerd is kan met dit scherm bij 100% sluiting slechts 95% afscherming worden bereikt. Om deze reden is voor de berekeningen een 100% dicht scherm gebruikt.
- Tijdens de periode van 18:00 t/m 00:00 u, wanneer de regels met betrekking tot afscherming gelden, wordt op het bedrijf niet altijd belicht. Bij de berekeningen is uitgegaan van belichting tijdens deze periode.
- De werkelijk ingestelde klimaatinstellingen zoals stooktemperatuur en ventilatietemperatuur vertonen een relatief grillig verloop (Figuur 13). Hoewel het in het lichtuitstootmodel in principe mogelijk is om deze instellingen tot in detail in te vullen kan worden volstaan met een vereenvoudiging. De werkelijke instellingen hangen namelijk sterk af van het heersende buitenklimaat terwijl het lichtuitstootmodel met een gemiddeld klimaat rekent.



Figuur 13. Ingestelde stooktemperatuur en ventilatietemperatuur zoals gemeten bij C.W. van Overbeek V.O.F..

Een belangrijk criterium bij het meer en vaker sluiten van het scherm is de kans op condensatie van het gewas en daarmee het risico op ziektes en plagen. In het lichtuitstootmodel wordt deze kans inzichtelijk gemaakt door het verschil tussen kasluchttemperatuur en het dauwpunt van het gewas als cumulatieve frequentietabel grafisch weer te geven. Wanneer dit verschil in de buurt van nul komt wordt neemt de kans op condensatie sterk toe, zeker bij (grote) horizontale temperatuurverschillen in de kas. Uit de grafiek linksonder in Figuur 14 (dauwpuntsverschil gewas) blijkt dat de condensatiekans nauwelijks verandert met het reduceren van de lichtuitstoot. Gezien bovenstaande kan dan ook geconcludeerd worden dat het aanscherpen van de wetgeving met betrekking tot lichtuitstoot van 95% naar 100% tussen 20:00 en 00:00 u nauwelijks nadelige gevolgen heeft voor het gewas.



Figuur 14. Screenshot van de cumulatieve frequentiegrafieken van het kasklimaat, de schermstand en de lichtuitstoot. Een belangrijk criterium ten aanzien van de vochtproblematiek is het condensatierisico en daarmee de kans op ziekten en plagen. Uit de figuur linksonder (dauwpuntsverschil gewas) blijkt dat de condensatiekans nauwelijks verandert met het reduceren van de lichtuitstoot.

In 0 is een numeriek overzicht gegeven van de belangrijkste kentallen voor afschermingpercentages van 95, 98, 99 en 100%. Hieruit blijkt het aanscherpen van de wet van 95% naar 100% lichtreductie tussen 20.00 en 00.00 u vrijwel geen productieverlies geeft (maximaal 0.1%punt). De warmtevraag is licht afgenomen met maximaal 1.1%punt. Verder is het ruim een graad warmer onder het scherm tijdens belichten en ligt de RV iets vaker in het gebied van 85 - 90%.

Tabel 2. *Overzicht van de belangrijkste kentallen bij verschillende wettelijke afschermingpercentages.*

	Reductie 95	Reductie 98	Reductie 99	Reductie 100
Drogestofproductie [%]	100	100.0	99.9	99.9
Warmtevraag [%]	100	99.7	99.4	98.9
% van de tijd schermen	24	24	24	24
% van de tijd lichtuitstoot (<norm)	58	58	58	42
Gem. luchttemp tijdens belichten en schermen [°C]	18.2	18.5	18.8	19.4
Gem. gewastemp tijdens belichten en schermen [°C]	17.6	17.9	18.1	18.6
<i>Relatieve luchtvochtigheid [%]</i>				
% van de tijd tussen 80 en 85 %	39.2	37.5	36.0	32.9
% van de tijd tussen 85 en 90 %	30.2	32.2	34.0	37.3
% van de tijd tussen 90 en 95 %	1.5	1.4	1.4	1.5
% van de tijd tussen 95 en 100 %	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Verschil kasluchttemperatuur met dauwpunt gewas [°C]</i>				
% van de tijd tussen 0.0 en 0.5 °C	0.0	0.0	0.0	0.0
% van de tijd tussen 0.5 en 1.0 °C	0.0	0.0	0.0	0.0
% van de tijd tussen 1.0 en 1.5 °C	0.1	0.1	0.1	0.1
% van de tijd tussen 1.5 en 2.0 °C	0.8	0.8	0.8	0.8
% van de tijd tussen 2.0 en 2.5 °C	10.0	10.1	10.8	14.7

Bijlage I.

Gevoeligheidsanalyse buitenklimaat

De gebruikte weersgegevens van het lichtuitstootmodel zijn het langjarig gemiddelde van KNMI-data, gemeten in de Bilt (SEL-jaar²). Om het effect van een afwijkend klimaat voor de Westergozone op de uitkomsten van het lichtuitstootmodel te bepalen zijn berekeningen gemaakt met 2 extreme KNMI-datasets. Dit zijn de jaren 2001 en 2007 waarbij de buitentemperatuur over de periode 1-jan tot 1 apr in de uren van 20:00 tot 24:00 bijna 2 °C lager lag.

Tabel I.1. Verschillen tussen het SEL-jaar en KNMI-jaren 2001 en 2007.

Jaar	Temp, °C	RV, %	Windsnelheid, m/s	Hemeltemp, °C
SEL	3.7	89.4	3.2	-4.7
2001	3.9	91.0	3.3	-4.1
2007	5.8	86.9	3.7	-3.0

In Tabel I.2 zijn de resultaten opgenomen van het lichtuitstootmodel op basis van het SEL-jaar en de KNMI jaren 2001 en 2007. Om het effect van de weersgegevens op de bruikbaarheid van het model te bepalen is gerekend met een standaard tomatenteelt waarbij een 95% lichtreductie tussen 20:00 u en 24:00 u vergeleken is met een 100% lichtreductie.

Uit de tabel kan geconcludeerd worden dat de invloed van het buitenklimaat op de uitkomsten van het lichtuitstootmodel gering is. Het is dan ook acceptabel om voor het model het SEL-jaar te gebruiken.

² Het SEL-jaar is een soort 'gemiddeld' klimaatjaar met alle kenmerken van het weer gedurende het jaar. Het SEL-jaar is samengesteld uit de meest gemiddelde maanden van KNMI-data (De Bilt), uit een periode van 10 jaar. Door gebruik te maken van dit selectiejaar kunnen resultaten van berekeningen beter met elkaar worden vergeleken en kunnen de uitkomsten beter over een langere termijn worden beschouwd.

Tabel I.2. *Overzicht van modelsimulaties voor verminderde lichtuitstoot op basis van verschillende weerbestanden.*

	SEL			KNMI 2001			KNMI 2007		
	95%	100%	Δ	95%	100%	Δ	95%	100%	Δ
Drogestofproductie [%]	100	99.8	-0.2	100	99.9	-0.1	100	99.9	-0.1
Warmtevraag [%]	100	99.0	-1.0	100	99.1	-0.9	100	99.3	-0.7
% van de tijd schermen	25	25	0	34	34	0	22	22	0
% van de tijd lichtuitstoot (<norm)	58	58	0	59	59	0	58	58	0
Gem. luchttemp tijdens belichten en schermen [°C]	19.7	20.1	+0.4	19.5	19.9	+0.4	19.9	20.3	+0.4
Gem. gewastemp tijdens belichten en schermen [°C]	19.2	19.5	+0.3	19.0	19.3	+0.3	19.4	19.7	+0.3
Relatieve luchtvochtigheid [%]									
% van de tijd tussen 80 en 85	8.6	8.6	0	7.0	7.0	0	5.4	5.3	-0.1
% van de tijd tussen 85 en 90	38.3	37.1	-1.1	38.9	37.9	-1.0	34.5	34.0	-0.5
% van de tijd tussen 90 en 95	48.8	50.0	+1.2	50.2	51.1	+0.9	56.1	56.8	+0.7
% van de tijd tussen 95 en 100	1.1	1.1	0	1.3	1.3	0	0.9	0.9	0

Bijlage II.

Dataset voor validatie KASPRO

Basisparameters, deels gebaseerd op de vragenlijst

Kasconstructie	
Totale vloeroppervlak (inc. pad) [m ²]:	16000
Padbreedte [m] (padlengte is gelijk aan kopgevellengte):	3
Goothoogte [m]:	4.5
Dakhelling [graden]:	23
Breedte van een kap [m]:	4
Vakmaat [m]:	5
Hoek tussen goot en noord-zuid as [graden]:	0
Fractie zonlicht dat door de kasconstructie onderschept wordt (exclusief schermpakket en armaturen):	0.06
Type kasbedekkingsmateriaal:	enk_Bom_480x450
Warmteverlies door gevel wordt al dan niet meegenomen:	Ja
Lekventilatie [m ³ /m ² /s per m/s windsnelh):	0.5e-4
Lengte van een luchtraam in gootrichting [m]:	2.25
Hoogte van een luchtraam [m]:	1.32
Aantal ramen per kas / kasoppervlak:	0.0556
Breedtegraad:	52
Verwarmingsnetten	
Primaire net:	Low
Buisdikte ondernet (51-er = 51 mm):	50-er
Aantal buizen per kap ondernet:	4
Buisdikte bovennet:	50-er
Aantal buizen per kap bovennet:	2
Verwarmingsunits	
Nominaal ketelvermogen [W/m ²]:	100
Heeft de ketel een condensor ?:	combi
Specificaties WKK (uit file):	Jenbacher_JMS_156
Elektrisch vermogen [W/m ²]:	100
Heeft de WKK een condensor?:	ja
Wijze waarop de WKK gebruikt wordt:	belichting
Warmteopslag	
Buffervolume [m ³ /ha]:	250
Strategie bij volle buffer:	stoppen
Gewas	
Type gewas:	tomaat
Datum waarop gewas geplant wordt:	28-10
Datum waarop gewas geruimd wordt:	01-09

Setpoints	
Stooktemperatuur [°C]:	Uit Letsgrow
Begin stralingstraject voor temp. setp. verhoging [W/m²]:	100
Einde stralingstraject voor temp. setp. verhoging [W/m²]:	200
Lichtafhankelijke setpointverhoging [°C]:	4
Luchtv°Chtigheidssetpoint [RV] [dX gr/m³] [dTcan °C]:	80
Versterkingsfactor voor v°Cht op RV [% raam / % RV]:	(5,1) (12,2)
Versterkingsfactor voor v°Cht op DX [% raam / gr/kg]:	0
Versterkingsfactor voor v°Cht op DTCan [% raam / °C]:	0
Verhoging buistemp als functie van RV:	nee
Setpoint CO2-dosering overdag [ppm]:	Uit Letsgrow
CO2 bron:	WKK
CO2 doseerflux afhankelijk van lichtintensiteit [kg/ha/uur]:	180
Maximale bandbreedte rond de stooklijn (enkele breedte !) [°C]:	0
Maximale integratieperiode [uren]:	24
maxGraaduren dat in de integratie mag worden opgebouwd:	20
Buitentemperatuur waaronder ramen dicht blijven [°C]:	-1
Raamstand lijzijde waarbij loefzijde meeloopt [%]:	50
Minimale raamstand lijzijde [%]:	0
Minimale raamstand loefzijde [%]:	0
Maximale raamstand lijzijde [%]:	100
Maximale raamstand loefzijde [%]:	100
Maximale raamopening [graden]:	60
PI-geregelde raamopening:	Nee
Versterkingsfactor raamopening als functie van buitentemp [%/°C]:	20
Minimum buistemperatuur op het ondernet:	Uit Letsgrow
Ingangstijdstippen voor de temperatuur niveaus in het ondernet:	Uit Letsgrow
Minimum buistemperatuur op het bovennet:	Uit Letsgrow
Ingangstijdstippen voor de temperatuurniveaus in het bovennet:	Uit Letsgrow
Begin stralingstraject minimumbuis afbouw [W.m²]:	Uit Letsgrow
Einde stralingstraject minimumbuis afbouw [W/m²]:	Uit Letsgrow
Maximumbuistemperatuur op het ondernet [°C]:	Uit Letsgrow
Ingangstijdstippen voor maximum buistemperaturen:	Uit Letsgrow
Maximumbuistemperaturen op het bovennet [°C]:	Uit Letsgrow
Ingangstijdstippen voor maximumbuistemperaturen:	Uit Letsgrow
Temperatuur ondernet waarboven bovennet blijkt [°C]:	Uit Letsgrow
Belichting	
Keuze belichting:	Ja
Belichtingsintensiteit [W/m² als < 500, lux als > 500]:	100
Globale straling waarboven belichting geblokkeerd [W/m²]:	Uit Letsgrow
Cumsum lichtsom [J/cm²] per dag waarboven belichting die dag niet meer aan gaat:	Uit Letsgrow
Tijd per etmaal dat belichting geblokkeerd is [uren]:	Uit Letsgrow
Tijdstip waarop belichtsblokkering ingaat [dec. uren]:	Uit Letsgrow
Fractie PAR in belichtingsvermogen [-]:	0.30
Fractie NIR in belichtingsvermogen [-]:	0.25
Fractie voelbare warmte in belichtingsvermogen [-]:	0.45

Scherf	
Indien beweegbaar loopt Gevelscherm mee met het onderste scherm:	beweegbaar
Keuze scherm in gebruik:	Uit Letsgrow
Type scherm:	Alu 5prctOpen
Buitentemp waarboven niet geschermd wordt [°C]:	Uit Letsgrow
Dode zone tussen kasluchttemp. en kier temp [°C]:	Uit Letsgrow
Voorloop kierregeling in %raamstand equivalenten :	Uit Letsgrow
Aan het 1e scherm wordt het vaste folie vastgemaakt.:	nee
Periode waarin het dek gekrijt wordt:	nee
Deel van het zonlicht dat door het krijt wordt geabsorbeerd [0 - 100%]:	0

Uit Letsgrow

straling - W/m² -: Meteo (Priva - Overbeek Beetgum) - 30669
 buitentemp - °C -: Meteo (Priva - Overbeek Beetgum) - 30679
 windsnelheid - m/s -: Meteo (Priva - Overbeek Beetgum) - 30670
 assimilatie belichting: aan -: Afd 8 (Priva - Overbeek Beetgum) - 30688
 buistemp 1 - °C -: Afd 8 (Priva - Overbeek Beetgum) - 30674
 buistemp 2 - °C -: Afd 8 (Priva - Overbeek Beetgum) - 30673
 CO₂ - ppm -: Afd 8 (Priva - Overbeek Beetgum) - 30681
 CO₂ gedoseerd - m³/h -: Afd 8 (Priva - Overbeek Beetgum) - 30694
 CO₂: ber - ppm -: ber CO₂-conc (Priva - Overbeek Beetgum) - 30713
 energiebewaking: energiemeting -: Totaal gasverbruik (Priva - Overbeek Beetgum) - 30692
 energiebewaking: energiemeting -: Wkk gasverbruik (Priva - Overbeek Beetgum) - 30693
 kastemp - °C -: Afd 8 (Priva - Overbeek Beetgum) - 30671
 luwe zijde raamstand - % -: Afd 8 (Priva - Overbeek Beetgum) - 30677
 wind zijde raamstand - % -: Afd 8 (Priva - Overbeek Beetgum) - 30689
 plant: bladtemp - °C -: Afd 8 (Priva - Overbeek Beetgum) - 30680
 plant: RV - % -: Afd 8 (Priva - Overbeek Beetgum) - 30685
 RV kas - % -: Afd 8 (Priva - Overbeek Beetgum) - 30682
 scherm 1 - % -: Afd 8 (Priva - Overbeek Beetgum) - 30675
 ventilatietemp luwezijde: ViP - °C -: Afd 8 (Priva - Overbeek Beetgum) - 30686
 ventilatietemp windzijde: ViP - °C -: Afd 8 (Priva - Overbeek Beetgum) - 30684
 verwarmingstemp: ber - °C -: Afd 8 (Priva - Overbeek Beetgum) - 30676
 g/m³ -: Afd 8 (Priva - Overbeek Beetgum) - 30672
 WKK aan: melding -: WKK 1 (Priva - Overbeek Beetgum) - 30690
 WKK aan: melding -: WKK 2 (Priva - Overbeek Beetgum) - 30691

