



# Energiebesparing door een spouw in het verduisteringsscherm bij Chrysant

B.H.E. Vanthoor en I. Tsafaras

Rapport WPR-814

## Referaat

De isolatiewaarde van een Chrysanten kas is verhoogd door een spouw te creëren in het verduisteringsschermbord en door een transparant energieschermbord te gebruiken. De droge U-waarde van de kas is gedaald van 3.00 W/m<sup>2</sup>/K voor een conventioneel verduisteringsschermbord naar 1.67 W/m<sup>2</sup>/K (verlaging van 44%) voor een verduisteringsschermbord met spouw en een transparant energieschermbord. Het transparante energieschermbord zorgt voor de grootste U-waarde verlaging van 33% en de spouw in het verduisteringsschermbord zorgt voor een U-waarde verlaging van 17%. De forse U-waarde verlaging leidt echter niet tot een evenredige energiebesparing omdat de hogere isolatiewaarde van de schermen alleen een invloed heeft op het energieverbruik voor het invullen van de warmtevraag als de schermen gesloten zijn. In de proefafdeling was het energieverbruik door de verwarmingsbuizen 27.1 m<sup>3</sup> gas/m<sup>2</sup>/jaar en in de referentieafdeling 30.4 m<sup>3</sup> gas/m<sup>2</sup>/jaar. De energiebesparing door de hogere isolatiewaarde in de donkerperiode van de kas is 1.9 m<sup>3</sup> gas/m<sup>2</sup>, wat neerkomt op een totale energiebesparing van 6.3%. Door de energiebesparing kan de relatieve lage additionele investering van de spouw in het verduisteringsschermbord worden terugverdiend in een belichte Chrysantenteelt. De investering in het transparante energieschermbord en bijbehorende scherminstallatie kan niet volledig worden terugverdiend door alleen energiebesparing. Het toepassen van meerdere schermlagen had geen aantoonbaar effect op de kwaliteit en productie van de Chrysanten.

## Abstract

The insulation value of a Chrysanthemum greenhouse has been increased by creating a cavity in the blackout screen and by using a transparent energy screen. The dry U value of the greenhouse decreased from 3.00 W/m<sup>2</sup>/K for a conventional blackout screen to 1.67 W/m<sup>2</sup>/K (44% reduction) for a blackout screen with cavity and a transparent energy screen. The transparent energy screen provides the largest U-value reduction of 33% and the cavity in the blackout screen provides a U-value reduction of 17%. However, the substantial U-value reduction does not lead to an equally large energy saving because the higher insulation value of the screens only has an influence on the energy consumed to fulfil the heat demand when the screens are closed. In the better insulated department, the energy consumption through the heating pipes was 27.1 m<sup>3</sup> gas/m<sup>2</sup>/year and in the reference department 30.4 m<sup>3</sup> gas/m<sup>2</sup>/year. The energy savings due to the higher insulation value in the dark period of the greenhouse is 1.9 m<sup>3</sup> gas/m<sup>2</sup>, which amounts to a total energy saving of 6.3%. Due to the energy savings the relatively low additional investment of making the cavity in the blackout screen can be earned back in a Chrysanthemum greenhouse with artificial lights. The investment in the transparent energy screen and associated screen installation cannot be fully earned back by energy saving alone. The application of multiple screen layers had no demonstrable effect on the quality and production of Chrysanthemums.

## Rapportgegevens

Rapport WPR-814

Projectnummer: 3742194500

DOI nummer: 10.18174/457991

Thema: Energie en Klimaat

Dit rapport is tot stand gekomen in het kader van het programma Kas als Energiebron, het innovatie- en actie programma van het ministerie van LNV en LTO Glaskracht Nederland en mede gefinancierd door de Stichting Programmafonds Glastuinbouw.

## Disclaimer

© 2018 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw, Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, [www.wur.nl/plant-research](http://www.wur.nl/plant-research).

Kamer van Koophandel nr.: 09098104. BTW nr.: NL 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. 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 Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

## Adresgegevens

### Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding/probleemstelling</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Materiaal en methode</b>	<b>9</b>
	2.1 Beschrijving van de afdelingen	9
	2.2 Overzicht van alle metingen in de kas	9
	2.3 Energieberekeningen	10
	2.4 Netto straling meting	11
	2.5 Kaslucht temperatuur en scherm temperatuur meting	11
	2.6 Transmissie van het energiescherm	11
<b>3</b>	<b>Resultaten</b>	<b>13</b>
	3.1 Technische installatie van de spouw in het scherm	13
	3.2 Analyse compleet jaar met spouw in verduisteringsscherm en transparant energiescherm	14
	3.2.1 Gebruik van de schermen	14
	3.2.2 Transmissie transparant energiescherm	16
	3.2.3 Energieverbruik	16
	3.3 Impact spouw in het verduisteringsscherm	17
	3.3.1 Klimaat, energiegebruik en U-waarde	17
	3.3.2 Netto straling	24
	3.3.3 Luchttemperatuur en schermtemperatuur	28
	3.4 Gecombineerde effect spouw in verduisteringsscherm en transparant energiescherm	31
	3.4.1 Klimaat, energiegebruik en U-waarde	31
	3.4.2 Netto-straling	34
	3.5 Kwaliteit van de Chrysanten	34
	3.6 Economische analyse verschillende schermssystemen	35
<b>4</b>	<b>Discussie en leerpunten</b>	<b>37</b>
	4.1 U-waarde	37
	4.2 Energiebesparing en gebruik schermen	37
	4.3 Netto straling en schermtemperaturen	38
	4.4 Invloed Ventilation Jet op U waarden en potentie van actief ontvochtigen	39
	4.5 Kwaliteit Chrysanten	39
	4.6 Investeren in 2 <sup>e</sup> transparant scherm of een spouw in het energiescherm of beide?	39
	4.7 Potentie en leerpunten spouwschermen voor andere teelten	39
<b>5</b>	<b>Conclusie</b>	<b>41</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>43</b>





# Samenvatting

In dit onderzoek is de isolatiewaarde van een verduisteringsscherf in een Chrysantenkas verhoogd door de twee lagen van het verduisteringsdoek die normaal op elkaar liggen uit elkaar te trekken en zo een spouw te creëren. Tevens is een transparant energiescherf geïnstalleerd om de isolatiewaarde van de kas nog verder te verhogen (deze afdeling wordt in dit onderzoek de hoog-isolerende afdeling genoemd). Om ondanks de verhoogde isolatiegraad toch ook nog voldoende vocht af te kunnen voeren is deze proefafdeling voorzien van een Ventilation Jet systeem. Deze proefafdeling is vervolgens vergeleken met een referentie afdeling die een conventioneel verduisteringsscherf heeft. De invloed van de hogere isolatiegraad op klimaat, energieverbruik, netto straling en productie en kwaliteit is geanalyseerd in dit onderzoek.

De doelstelling van het onderzoek was om de U-waarde van een Chrysanten kas te verlagen van  $2.5 \text{ W/m}^2/\text{K}$  naar  $1.43 \text{ W/m}^2/\text{K}$  (verlaging van 42.8%). Door het toepassen van een spouw in het verduisteringsscherf en een transparant energiescherf is de droge U-waarde gedaald van  $3.00 \text{ W/m}^2/\text{K}$  voor een teelt met een conventioneel verduisteringsscherf naar  $1.67 \text{ W/m}^2/\text{K}$ . Dit komt overeen met een verlaging van de U-waarde van 44.3% (zie Tabel 11). Door het gebruik van de spouw en het transparante energiescherf is de procentuele verlaging van de U-waarde dus gerealiseerd en is de absolute verlaging naar een U-waarde van  $1.43 \text{ W/m}^2/\text{K}$  bijna gerealiseerd.

Het transparante energiedoek zorgt voor de grootste droge U-waarde verlaging, namelijk een gemiddelde verlaging van 33% (zie sectie 3.4.1) en de spouw in het verduisteringsscherf zorgt voor een gemiddelde U-waarde verlaging van 17% (zie Tabel 7). Als beide schermen tegelijk gebruikt worden draagt de spouw in het verduisteringsscherf voor 1/3 bij aan de energiebesparing en het transparante doek voor 2/3 aan de energiebesparing.

De forse verlaging van 44.3% van de droge U-waarde leidt echter niet tot een even grote energiebesparing. In de proefafdeling was het energieverbruik namelijk  $27.1 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^2/\text{jaar}$  en in de referentieafdeling  $30.4 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^2/\text{jaar}$ . De relatief kleine energiebesparing komt omdat de hogere isolatiewaarde van de schermen alleen een invloed heeft op het energieverbruik gebaseerd op warmtevraag als de schermen gesloten zijn wat in dit onderzoek overeenkomt met  $6.5 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^2$  (21.4% van het totale energieverbruik). De U-waarde verlaging van 44.3% heeft dus maar een invloed op 21.4% van het energieverbruik. Deze invloed is zo klein omdat in de Chrysantenteelt het overgrote deel van de energie wordt toegevoerd op basis van minimum buis temperatuur (69% in de zwaar geïsoleerde afdeling en 65% in de referentie afdeling) en omdat de schermen voornamelijk alleen in de donkerperiode zijn ingezet. De energiebesparing die in dit onderzoek kan worden toegewezen aan de hogere isolatiewaarde in de donkerperiode van de kas is  $1.9 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^2$ , wat neerkomt op een energiebesparing van 6.3%.

Het verduisteringsscherf is in beide afdelingen veel gebruikt, gemiddeld 11.6 uur per dag is het verduisteringsscherf voor meer dan 95% gesloten geweest. In beide afdelingen is het scherm vaak voor 100% gesloten geweest en enkele uren per dag is er gekieerd met dit scherm. Het transparante energiescherf is weinig gebruikt, gemiddeld slechts 1.3 uur per dag voor 100% gesloten schermen en 3.2 uur per dag voor meer dan 95% gesloten schermen. In de lichtperiode is het transparante energiescherf slechts sporadisch gebruikt. De geschatte energiebesparing door de inzet van het transparante energiescherf gedurende de licht periode is  $0.1 \text{ m}^3/\text{m}^2$  per jaar (0.3% van het totale energiegebruik). Meer inzet van het transparante energiescherf overdag zal voor een grotere energiebesparing zorgen. Of dat energetisch verstandig is, moet dan berekend worden. Door meer inzet van het transparante scherm overdag, zal er meer belicht moeten worden om het lichtverlies te compenseren.

In de proefafdeling is een Ventilation Jet systeem gebruikt om het vocht deficit in de donkerperiode te kunnen regelen. Het afvoer van het vocht betekent ook dat er voelbare warmte wordt afgevoerd. Voor de periode 20-27 december voerde de Ventilation Jet tussen 21:00 en 03:00  $7.2 \text{ Watt/m}^2$  aan voelbare warmte af, wat overeenkomt met 19.4% van de totale hoeveelheid warmte die ingebracht is door het verwarmingsnet in die periode. Dit betekent dat in de toekomst het energiebesparend effect van de spouw in het verduisteringsscherf alleen maar zal toenemen als er actief ontvochtigd wordt in de kas. Er is dan namelijk geen voelbaar warmteverlies meer door het ontvochtigen met de Ventilation Jet.

De netto straling gemeten onder het verduisteringsdoek schommelt afhankelijk van de buitenomstandigheden tussen  $-4$  en  $-11 \text{ W/m}^2$  ( $-11 \text{ W/m}^2$  betekent meer uitstraling dan  $-4 \text{ W/m}^2$ ). Dit betekent dat de planten niet veel stralingswarmte verliezen naar het scherm toe. Ook de verschillen in netto straling tussen beide afdelingen zijn relatief klein. Deze kleine verschillen in netto straling tussen beide afdelingen zal geen meetbaar effect hebben op verschillen in plant temperatuur.

De invloed van de temperatuur van het bovennet op netto straling is geanalyseerd. Als de verwarmingsbuizen boven het gewas hangen zorgt dit voor minder uitstraling van de planten naar boven toe omdat de planten dan de warme buizen zien en omdat de onderste scherm laag opgewarmd wordt door de buiswarmte. Tevens neemt de temperatuur van de bovenste bladlaag toe en wordt het temperatuur verschil tussen bovenste en onderste bladlaag beduidend kleiner. Het plaatsen van de verwarmingsbuizen boven het gewas kan in andere teelten zoals Gerbera een goede techniek zijn om ervoor te zorgen dat de planten/bloemen minder uitstralen naar boven toe. Op koude nachten straalden de planten in een hoog isolerende kas meer warmte uit naar boven toe. Dit komt enerzijds doordat de temperatuur boven de doeken in een hoog isolerende kas lager worden en daardoor ook de temperaturen van de schermen en anderzijds zorgt de betere isolatiewaarde van de kas ervoor dat de temperatuur van de bovenbuis lager wordt (ten opzichte van de referentiekas). Dit heeft als gevolg dat de plant een kouder scherm ziet en een lagere buistemperatuur waardoor de planten meer uitstralen ten opzichte van planten in een slechter isolerende kas.

Het toepassen van meerdere scherm lagen in de Chrysantenteelt had geen effect op de kwaliteit en productie van de Chrysanten. De additionele investering van de spouw in het verduisteringsdoek van  $0.44 \text{ €/m}^2$  (jaarlijkse kosten rekening houdend met onderhoud en afschrijving zijn  $0.10 \text{ €/m}^2/\text{jaar}$ ) kan worden terugverdiend als er minimaal  $0.5 \text{ m}^3$  aan gas bespaard zou worden (bij een gasprijs van  $\text{€}0.19$  per  $\text{m}^3$ ). Dit is inderdaad het geval omdat de spouw ongeveer  $0.6 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^2$  bespaart. Bij een belichte Chrysantenteelt kan de investering in het transparante energiescherm en bijbehorende scherminstallatie niet volledig worden terugverdiend door energiebesparing. Een transparant energiescherm heeft wel andere voordelen zoals dat het gesloten kan blijven gedurende de dag wat bij kleine planten met weinig verdamping zorgt voor hogere relatieve luchtvochtigheden in de kas. Tevens wordt een transparant doek ingezet om de overgangen tussen de donker en licht periode geleidelijker te laten verlopen.

Een groot voordeel van het maken van de spouw in een verduisteringsscherm is dat de tweede scherm laag al aanwezig is, dus relatief lage investeringskosten. De verduisteringsschermen die bestaan uit 2 lagen doeken worden echter alleen bij korte dag teelten toegepast zoals chrysant en gerbera. Voor andere teelten bestaan de schermen uit 1 scherm laag waardoor de investeringen in een spouwscherm beduidend hoger zullen zijn omdat dan ook nog in een extra scherm doek moet worden geïnvesteerd. In dat geval zal de tuinder als hij extra wil gaan isoleren moeten kiezen tussen het investeren in een spouw of voor een tweede extra scherm systeem.

# 1 Inleiding/probleemstelling

Uit de proef met hoogisolerende schermen bij Wageningen University & Research BU glastuinbouw bleek bij komkommer een energiebesparing haalbaar van 50% ten opzichte van een situatie met een enkel scherm (Janse 2015). Bovendien bleken ondanks het maken van veel schermuren en het minimaal ontvochtigen, productie en kwaliteit op een hoog niveau te liggen, vergelijkbaar met een goede tuinder. Daarmee is de potentie van het verhogen van de isolatiewaarde van de schermen in combinatie met zuinig ontvochtigen goed zichtbaar geworden. Vanuit de praktijk begint de belangstelling daarvoor dan ook te groeien. Een eerste experiment door een chrysantentuinder laat echter ook zien dat de introductie van meer isolerende schermen ook de nodige risico's met zich meebrengt. Door te kiezen voor een zonwerend scherm als tweede systeem onder een verduisteringsdoek konden weliswaar ook overdag schermuren worden gemaakt en kon de overgang van het openen van de verduistering mede door de inzet van de ontvochtiging ook beter verlopen, maar door het extra lichtverlies overdag werd toch productie ingeleverd. Daarnaast wordt er door de tuinders een ander probleem signaleerd. Hoewel de proef met komkommer een groot succes was, lijkt de economische speelruimte voor gewassen waarbij een minder hoge temperatuur wordt aangehouden een belangrijke barrière voor het investeren in betere en meerdere scherminstallaties.

Om met minimale kosten de isolatiewaarde van de schermen te verbeteren en de risico's op verlies aan productie of op kwaliteit te verminderen zijn in dit onderzoek de isolatiewaarde van een bestaand scherm verhoogd door de twee lagen van het verduisteringsdoek die normaal op elkaar liggen uit elkaar te trekken en zo een spouw te creëren. Tevens is een transparant energiescherm geïnstalleerd om de isolatiewaarde van de kas nog verder te verhogen. Om ondanks de verhoogde isolatiegraad toch ook nog voldoende vocht af te kunnen voeren is de proefafdeling voorzien van een Ventilation-Jet. Hiermee kan, indien nodig, de uitwisseling van vochtige kaslucht met de droge (maar koude) lucht boven het scherm naar believen worden geregeld.

Van de extra isolatiemaatregelen wordt verwacht dat de warmtedoorgang van een Chrysantenkas met enkel glas en verduisteringsscherm in de nacht van de gebruikelijke  $2.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$  naar  $1.43 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$  kan worden teruggebracht. Op jaarbasis zou dit tot een verlaging van de warmtevraag met  $5 \text{ m}^3$  aardgas equivalenten per  $\text{m}^2$  moeten kunnen leiden.

In dit project is bestudeerd of de verwachte effecten in een Chrysantenteelt in de praktijk gerealiseerd konden worden. Er is gekeken naar de invloed van de extra spouw in het verduisteringsscherm en het effect van het extra scherm op het energieverbruik, de netto straling en de schermtemperaturen. Door de slimme constructie van de spouw en de keus voor een zeer transparant scherm als 2<sup>e</sup> scherm worden geen nadelige effecten op de productie verwacht en mogelijk zelfs positieve effecten op de kwaliteit. In de economische analyse zijn de energiebesparings- en productie-effecten op een rijtje gezet, samen met de kosten voor zulke systemen zodat de potenties van zo'n verbeterd schermstelsel naar voren komen. Ten slotte zijn de resultaten van dit onderzoek in een breder perspectief geplaatst.





## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Beschrijving van de afdelingen

Gedurende het experiment worden 2 verschillende kas compartimenten met elkaar vergeleken: (1) de proefafdeling met de spouw in verduisteringsscherm, het transparante energiescherm en de Ventilation Jet (VJ) en (2) de referentie afdeling met een conventioneel verduisteringsscherm. De technische installaties van beide afdelingen staan weergegeven in Tabel 1. De referentie afdeling liep ongeveer 10 dagen voor op de proefafdeling, zodat de beide afdelingen zich ongeveer in dezelfde teeltfase bevonden. In Februari 2017 is het verduisteringsdoek in de proefafdeling afdeling vervangen voor een verduisteringsdoek met een spouw ertussen. Vanaf week 14, 2017, is er een ander ras geplant Kennedy (generatief gewas), voorheen teelde Dekker Code Green en Euro. De VJ wordt alleen in de korte dag (KD) gebruikt.

Tabel 1

*De technische installatie in de Ventilation Jet afdeling (afdeling 4) en de conventionele afdeling (afdeling 9).*

	Proef afdeling (afd. 4)	Referentie afdeling (afd. 9)
Belichting	125 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ SON-T	125 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ SON-T
Scherm boven	Verduisteringsscherm, Phormitex Eclipse (vanaf 18 februari 2017 is er een spouw in het verduisteringsdoek gemaakt)	Verduisteringsscherm, Phormitex
Scherm onder	LUXOUS 1347 FR (transparant energiescherm)	Geen
Lucht inbreng	Ventilation Jet systeem. Capaciteit 7.8 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \text{ uur})$ . 9 inblaasventilatoren (boven ventilatoren) en 20 recirculatieventilatoren (recirculatieventilatoren) in 4883 $\text{m}^2$	Ontvochtigen via de luchtramen
Ondernet	38 mm, 12 buizen per 9,60m	38 mm, 12 buizen per 9,60m
Bovennet	57 mm, 6 buizen per 9,60m	57 mm, 6 buizen per 9,60m

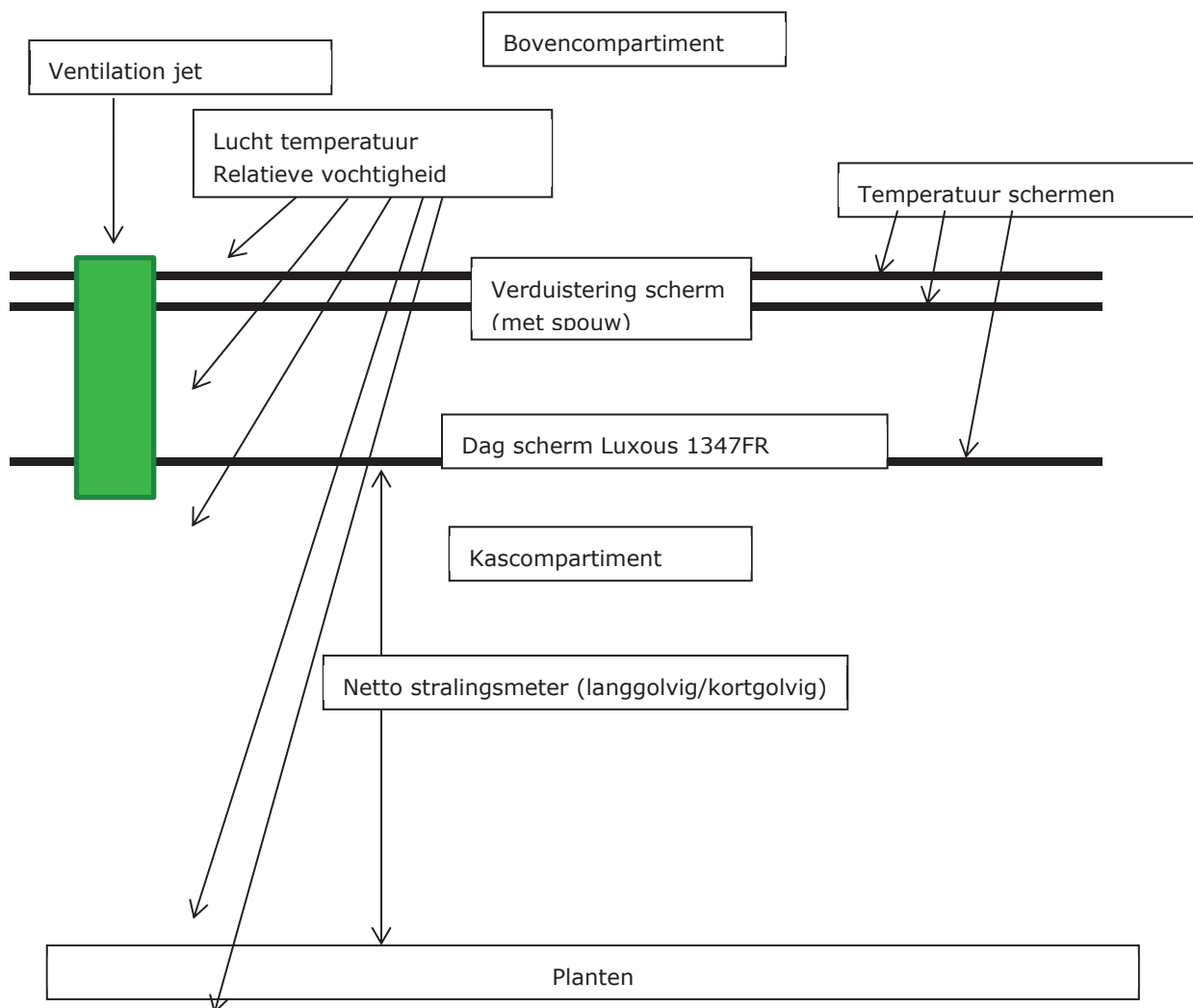
Beide verduisteringsschermen zijn Phormitex met aluminium boven en zwart beneden met een schermingspercentage van 99%. Het verduisteringsscherm in de referentie afdeling was geïnstalleerd in 2001 en in de proefafdeling in 2017. Het transparante energiedoek Luxous 1347 FR heeft volgens de leverancier een lichtverlies van 13% bij direct licht en een lichtverlies van 20% bij diffuus licht.

### 2.2 Overzicht van alle metingen in de kas

Voor beide afdelingen zijn de volgende zaken gemeten:

- De waarde van de netto stralingsmeter ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).
- De temperaturen van de schermen ( $^{\circ}\text{C}$ ).
- De luchttemperaturen in de kas, onder de doeken, tussen de doeken en boven de doeken ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Tevens is voor beide afdelingen het energieverbruik berekend aan de hand van de buistemperaturen. Figuur 1 geeft een overzicht weer van de metingen zoals ze gedaan zijn in de proefafdeling.



**Figuur 1** Overzicht van de metingen in dit onderzoek.

## 2.3 Energieberekeningen

De hoeveelheid warmte die in de kas gebracht wordt door het ondernet en het bovennet is berekend aan de hand van de berekende buistemperaturen door de klimaatcomputer. Daarbij is uitgegaan van een warmte-afgifte van  $1.8 \text{ W/m}^2/\text{°C}$ . (temperatuur verschil tussen buis en lucht) voor het ondernet en een warmteafgifte van het bovennet van  $1.3 \text{ W/m}^2/\text{°C}$ .

## 2.4 Netto straling meting

In beide afdeling is een netto stralingsmeters van het type Kipp en Zonen NR Lite 2 geïnstalleerd. Deze sensor meet het verschil tussen de inkomende straling van boven (zon, kasdek en/of kasdek) en de inkomende straling van onder (gewas en verwarmingsbuizen). Deze sensor is 1 meter boven het gewas geplaatst.



**Figuur 2** De netto stralingsmeter die geïnstalleerd is in de proefafdeling en de referentie afdeling.

## 2.5 Kaslucht temperatuur en scherm temperatuur meting

De luchttemperatuur op verschillende locaties is gemeten met geventileerde draadloze sensoren van Wireless Value (Figuur 3). De schermtemperaturen zijn gemeten met PT100 sensoren die aangesloten zijn op het draadloze netwerk van Wireless Value. De volgende PT100 sensoren zijn gebruikt om de schermtemperaturen te meten: RS Pro PT100 Sensor -20°C min +100°C max 50mm lengte x 5mm diameter.



**Figuur 3** Overzicht van de draadloze sensoren om de lucht temperatuur (links) en de doektemperaturen (rechts) te meten.

## 2.6 Transmissie van het energiescherm

De transmissie van het transparante energiedoek is bepaald door middel van 2 metingen: (1) door de lichtintensiteit zowel boven als onder het doek te meten en (2) door de lichtintensiteit buiten en onder het doek te meten voor de situatie dat het scherm dicht en open was. Meetmethode 1 is weergegeven in Figuur 4.



**Figuur 4** *Overzicht van de transmissie meting in de kas door zowel boven als onder het te doeken.*

## 3 Resultaten

De beschrijving van het systeem met de spouw in het verduisteringsschermbord wordt beschreven in sectie 3.1. Vervolgens wordt in sectie 3.2 het gerealiseerde klimaat, schermgebruik en energieverbruik beschreven voor een compleet jaar voor zowel de proef afdeling (zwaar geïsoleerde afdeling) als de referentie afdeling. Vervolgens wordt de impact van de schermen beschreven:

- In sectie 3.3 de impact van de spouw.
- In sectie 3.4 de gecombineerde impact van zowel de spouw in het verduisteringsschermbord en het transparante energieschermbord.
- In sectie 3.5 de impact van de schermen op productie en kwaliteit beschreven en in sectie 3.6 wordt een korte economische analyse gegeven van de verschillende schermssystemen.

### 3.1 Technische installatie van de spouw in het scherm

Het verduisteringsschermbord met spouw staat weergegeven in Figuur 5. Een conventioneel verduisteringsschermbord bestaat uit 2 lagen doeken die op elkaar op 1 dradenbed liggen. Door een extra dradenbed te spannen ligt iedere laag op zijn eigen dradenbed. In dit experiment is de afstand tussen de dradenbedden 3 cm waardoor een spouw in het verduisteringsschermbord ontstaat. Dezelfde trekdraad die normaal het scherm open en dicht trok voldeed ook om dit verduisteringsschermbord met spouw dicht te trekken. De aandrijfmotor voor het schermpakket moest echter worden verzwakt en in verband daarmee zijn er ook extra drukkokers tussen de kolommen geplaatst om de extra krachten op te kunnen vangen.



**Figuur 5** Het verduisteringsschermbord zonder spouw (links) en het verduisteringsschermbord met een spouw en het transparante energieschermbord (rechts) zoals geïnstalleerd in dit onderzoek.

De breedte van de verschillende scherm pakketten in opgevouwen toestand staat weergegeven in Tabel 2. Het scherm pakket met spouw is net zo breed als het verduisteringsschermbord zonder spouw, namelijk zo'n 21 cm wat neerkomt op een lichtonderschepping van 4.7%. Het transparante scherm onderschept zo'n 4% licht. Omdat de schermen boven elkaar liggen zal de totale licht onderschepping minder zijn dan de som van de licht onderschepping van de individuele schermen.

Tabel 2

*Dikte van de verschillende scherm pakketten en de hoeveelheid licht die ze onderscheppen.*

	Breedte scherm pakket (cm)	Licht onderschepping (%)
Verduistering zonder spouw	21	4.7
Verduistering met spouw	21	4.7
Transparant energiescherm	18	4.0

## 3.2 Analyse compleet jaar met spouw in verduisteringsscherm en transparant energiescherm

In Tabel 3 staat het kasklimaat, energieverbruik en de sturingen weergegeven voor een compleet jaar waarin met de spouw in het verduisteringsdoek is gewerkt.

Tabel 3

*Het klimaat, energieverbruik en sturingen bij Dekker Chrysanten voor de periode 18 februari 2017 tot 18 februari 2018. Zowel de temperatuur als de RV zijn gemeten waarden, dus geen streefwaarden.*

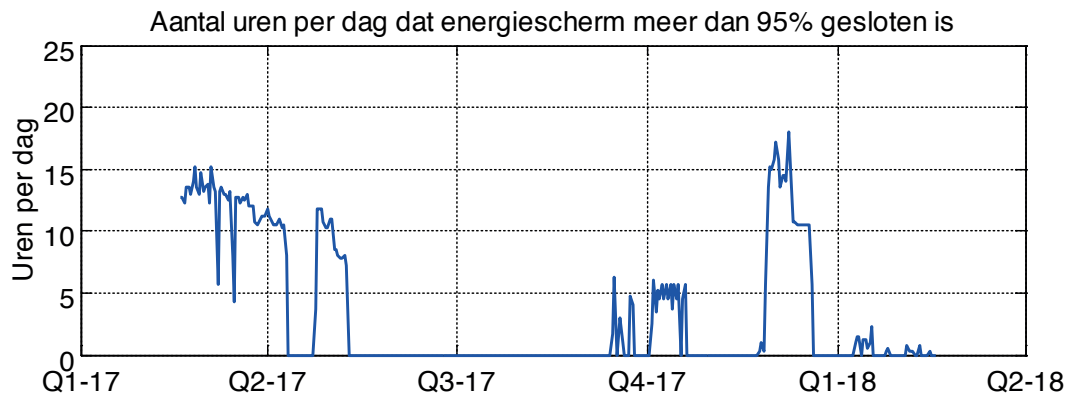
	Proef afdeling	Referentie afdeling
Temperatuur (°C)	21.0	21.0
Relatieve Vochtigheid (%)	81.7	84.2
Energieverbruik net (ondernet en bovennet) (m <sup>3</sup> gas /m <sup>2</sup> )	27.1	30.4
Energieverbruik ondernet (m <sup>3</sup> gas/m <sup>2</sup> )	18.6	19.8
Energieverbruik bovennet (m <sup>3</sup> gas/m <sup>2</sup> )	8.5	10.6
Energie scherm 100% gesloten (uur/dag)	1.3	-
Energie scherm meer dan 95% gesloten (uur/dag)	3.2	-
Verduistering scherm 100% gesloten (uur/dag)	9.7	8.7
Verduistering scherm meer dan 95% gesloten (uur/dag)	11.5	11.7
Inblaas ventilator meer dan 50% aan (uur/dag)	2.9	-

### 3.2.1 Gebruik van de schermen

Het verduisteringsscherm is in beide afdelingen veel gebruikt. In beide afdelingen is het scherm vaak voor 100% gesloten geweest en enkele uren per dag is er gekierd met dit scherm. Het transparante energiescherm is weinig gebruik, gemiddeld slechts 1.3 uur per dag voor 100% gesloten schermen en 3.2 uur per dag voor meer dan 95% gesloten schermen. Om deze getallen in perspectief te plaatsen, zijn ze vergeleken met een andere Chrysantenteler die ook een verduisteringsscherm, energiescherm en ontvochtigingsinstallatie had. Deze teler kierde meer met zijn verduisteringsscherm (gemiddeld 6.4 uur per dag was zijn verduisteringsscherm voor 100% gesloten geweest en 13 uur per dag meer dan 95% gesloten geweest). Het energiescherm gebruikte deze teler meer: voor gemiddeld bijna 4 uur per dag was het scherm voor 100% gesloten geweest en voor 8 uur per dag meer dan 95% gesloten.

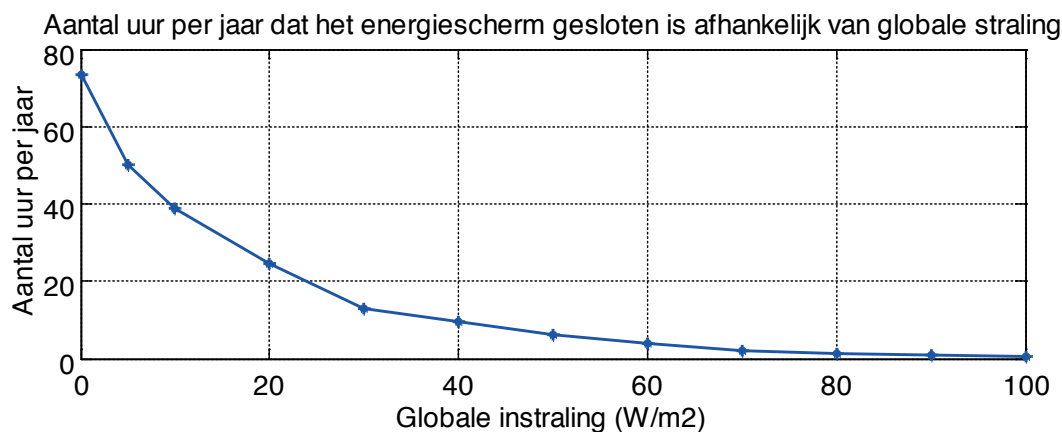
In Figuur 6 is te zien dat begin 2017 het energiedoek vrij frequent gebruikt is maar dat vanaf de herfst 2017 het energiescherm weinig gebruikt is (met uitzondering van eind november/begin december). De teler wilde het energiescherm nog niet teveel inzetten omdat de sturing van de Ventilation Jets nog vrij onstabiel was. Hij was bang dat daardoor teveel koude lucht (door gebruik van verduisteringsscherm en energiescherm wordt de lucht boven de doeken erg koud) van boven de doeken de kas in zou komen.





**Figuur 6** Aantal uren per dag dat het energiescherm voor meer dan 95% gesloten is geweest.

Het gebruik van het transparant energiescherm in de lichtperiode staat weergegeven in Figuur 7. Duidelijk is te zien dat het scherm erg weinig overdag is ingezet. Het scherm is slechts 40 uur per jaar meer dan 95% gesloten geweest als de globale instraling hoger was dan 10 Watt/m<sup>2</sup>.



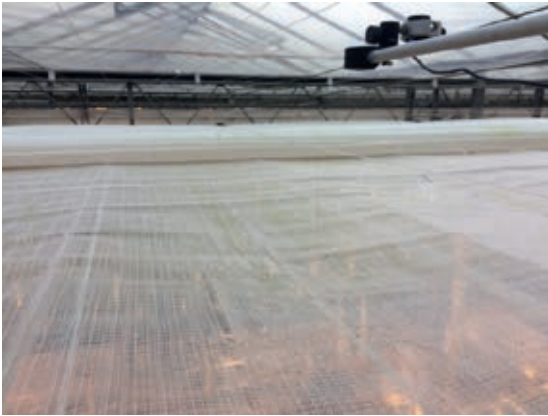
**Figuur 7** Aantal uren per jaar dat het transparante energiescherm overdag voor meer dan 95% gesloten afhankelijk van de buitenstraling (data weergegeven voor globale instraling > 0 Watt/m<sup>2</sup>).

In de lichtperiode dat het transparante energiescherm meer dan 95% is gesloten is slechts 0.3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jaar aan gas verbruikt. Dit is uiteraard een zeer klein getal omdat het aantal uren waarop dit tweede scherm overdag werd ingezet zo klein was. Ervan uitgaande dat het transparante energiedoek 25% besparing oplevert dan zou dat een gasbesparing van 0.1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> per jaar betekend hebben. Dit geeft aan dat de energiebesparing die gerealiseerd is door het transparante energiescherm overdag te gebruiken erg gering is. Het energiescherm zou bij het huidige gebruik dus niet transparant hoeven te zijn als energiebesparing het enige doel van dit scherm is. Als de tuinder zijn transparante energiescherm overdag intensief zou gaan gebruiken dan laat hij snel kostbaar groeilicht liggen. Volgens het rapport optimale schermen voor overdag (de Zwart, 2018) heeft het energetisch weinig zin om in belichte teelten overdag het transparante scherm intensiever te gebruiken omdat de energiebesparing op verwarming snel minder is dan de extra energie die in de belichting gestopt moet worden om de PAR lichtsom in de kas gelijk te houden.

De teler gebruikt zijn transparante energiescherm echter wel vaak om een geleidelijke overgang van de lichtperiode naar de donkerperiode te realiseren. Door het gebruik van het transparante scherm is hij in staat om grote schommelingen in temperatuur en RV op te vangen.

### 3.2.2 Transmissie transparant energiescherm

De transmissie van het energiescherm is bepaald door de gemeten lichtintensiteit (op 4 verschillende plekken) onder het scherm te delen door de lichtintensiteit boven het scherm. De gemeten PAR transmissie voor het transparante scherm was onder bewolkte omstandigheden 78%. Zoals te zien is in Figuur 8 was er een groene gloed op het scherm waardoor de gemiddelde transmissie beïnvloed zou kunnen worden.



**Figuur 8** Een groene gloed onder de nok duidt op wat algengroei.

Gebaseerd daarop is de lichtintensiteit gemeten door met een PAR sensor door verschillende paden te lopen. Zo kon de transmissie van de kas bepaald worden door de lichtintensiteit boven het gewas te meten en dit te delen door de lichtintensiteit buiten. De transmissie van de kas bij bewolkte hemel zonder gesloten doek was 62% en met gesloten doek 53%. Gebaseerd hierop kan geconcludeerd worden dat de transmissie van het energiescherm 85% was. De leverancier van de doeken geeft een transmissie bij diffuus licht van 80% wat aangeeft dat de transmissie van het scherm niet beïnvloed wordt door de algen groei. Waarom de meting hoger uitvalt dan de specificaties van de leverancier is niet bekend. In vervolgonderzoek zou deze meting dus nog herhaald moeten worden.

### 3.2.3 Energieverbruik

Het energieverbruik in de proefafdeling is  $3.3 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^2$  (10.9%) lager dan in de referentieafdeling. Dit lagere energieverbruik komt voornamelijk omdat het bovennet  $2.1 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^2$  minder heeft ingebracht in de proefafdeling. Het overgrote deel van het energieverbruik komt echter door het ondernet (69% in de proefafdeling en 65% in de referentie afdeling) die door de tuinders over het algemeen op minimum buis temperatuur wordt geregeld. De teler gebruikte deze minimum onderbuis om een actief klimaat bij de plant te bewerkstelligen en om te voorkomen dat er condensatie in het gewas (of buis) optreedt. Tevens heeft de teler grote delen van het jaar een warmteoverschot door zijn WKK gebruik waardoor er voor hem niet direct een noodzaak is om te stoppen met het minimumbuis gebruik. Deze onderbuis wordt dus niet op energievraag geregeld wat betekent dat extra isolerende maatregelen zoals een spouw in het energiescherm geen energiebesparing oplevert in het gebruik van het ondernet. Energiebesparing kan dus alleen gerealiseerd worden door de inzet van het bovennet te verminderen, of door de minimumbuis temperatuur op het ondernet te verlagen. In de proefafdeling was de gerealiseerde RV lager dan in de referentie afdeling. Dit heeft als gevolg dat in de proefafdeling meer energie gebruikt is voor ontvochtiging. In het geval beide afdelingen dezelfde RV gerealiseerd zouden hebben dan was het verschil in energiegebruik groter geweest. De energiebesparing is vergeleken met een andere Chrysantenteler die ook een verduisteringsscherm, energiescherm en ontvochtigingsinstallatie had. Bij deze teler zorgde deze technische installaties voor een besparing van 3.8 tot  $8.2 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jaar}$  (afhankelijk van setpoints en buitenklimaat, ). Deze energiebesparing is groter dan in dit onderzoek omdat deze teler tijdens het experiment een hogere RV accepteerde, de inzet van een minimum onderbuis bij het begin van de teelt achterwege liet en door de betere isolatie van een extra scherm.

Het energieverbruik voor beide afdelingen is uitgesplitst per verwarmingsnet en per periode zoals weergegeven in Tabel 4. Het verduisteringsscherm is meestal gesloten tussen 20:00 en 8:00 en open tussen 8:00 en 20:00. De extra isolatiewaarde van het verduisteringsdoek heeft dus alleen impact op warmte die 's nachts door het bovennet in de kas ingebracht wordt. In Tabel 4 is te zien dat in de referentie afdeling 6.5 m<sup>3</sup> gas/m<sup>2</sup> aan warmte door het bovennet in de donkerperiode wordt toegevoerd (21.4% van totale energieverbruik). De extra isolatiewaarde van het verduisteringsscherm heeft dus maar invloed op 21.4% van het totale energieverbruik. Op jaarbasis is de energiebesparing door een lagere inzet van het bovennet in de referentie afdeling 1.9 m<sup>3</sup> gas/m<sup>2</sup> (29.2%) op 6.5 m<sup>3</sup> gas/m<sup>2</sup>. Deze energiebesparing komt deels door het gebruik van de spouw in het verduisteringsscherm en deels door de inzet van het transparante energiedoek. Wordt deze energiebesparing uitgedrukt in absoluut energieverbruik dan is de energiebesparing 6.3%, er wordt namelijk 1.9 m<sup>3</sup> gas/m<sup>2</sup> bespaard op een totaal energieverbruik van 30.4 m<sup>3</sup> gas/m<sup>2</sup> in de referentieafdeling.

Tabel 4

*Warmte toevoer van de buizen verdeeld naar dag en nacht periode.*

	Warmte input van 20:00 tot 8:00	Warmte-input van 8:00 tot 20:00	Totaal
Ondernet proef	10.1	8.5	18.6
Bovennet proef	4.6	3.9	8.5
Totaal proef	14.7	12.4	27.1
Ondernet referentie	11.1	8.7	19.8
Bovennet referentie	6.5	4.1	10.6
Totaal referentie	17.6	12.8	30.4

Aangezien het lastig is om conclusies te trekken over de prestatie van de afzonderlijke schermen in een teelt die een heel jaar duurt, wordt de impact van schermen bepaald door verschillende perioden gedetailleerd te analyseren.

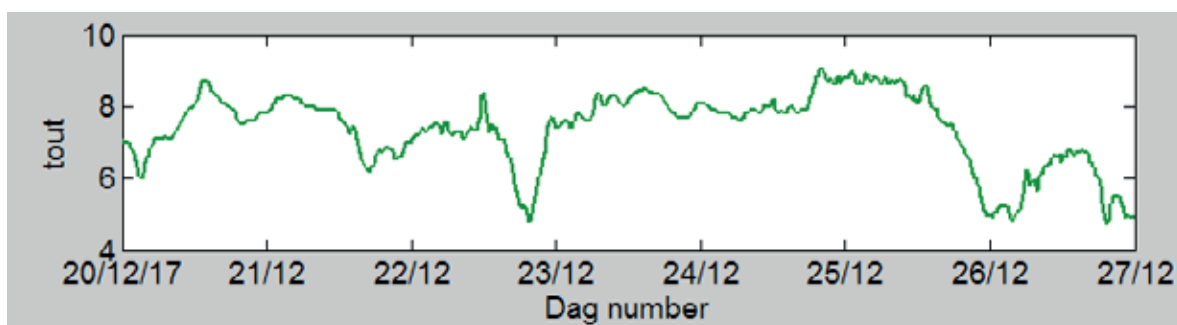
### 3.3 Impact spouw in het verduisteringsscherm

#### 3.3.1 Klimaat, energiegebruik en U-waarde

Voor de situatie dat alleen het verduisteringsscherm in beide afdelingen is gebruikt wordt het klimaat, energiegebruik en de U-waarde bepaald voor de volgende 2 periodes:

- Vrij milde buitentemperaturen (gemiddelde buitentemperatuur van 7.4°C en een minimum buitentemperatuur van 4.8°C) met over het algemeen een bewolkte hemel: 20-27 december 2017. Het gewas bevond zich op het einde van de korte dag.
- Koudere buitentemperaturen (minimum -4.2°C) en over het algemeen heldere buitenomstandigheden: 3-10 februari 2018. Het gewas bevond zich in de korte dag, 5 weken na start van de teelt.

Het buitenklimaat in de periode 20 – 27 december is weergegeven in zie Figuur 9.



**Figuur 9** De buitentemperatuur van 20 tot 27 december 2017.

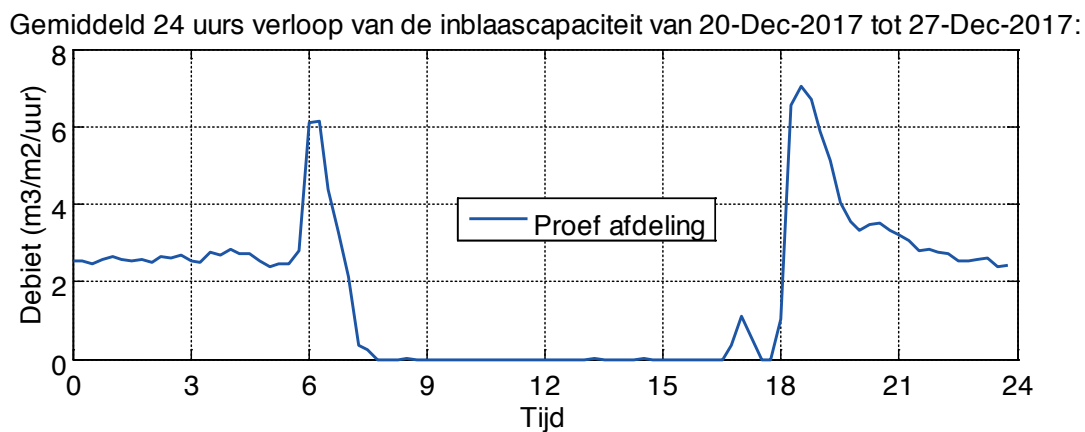
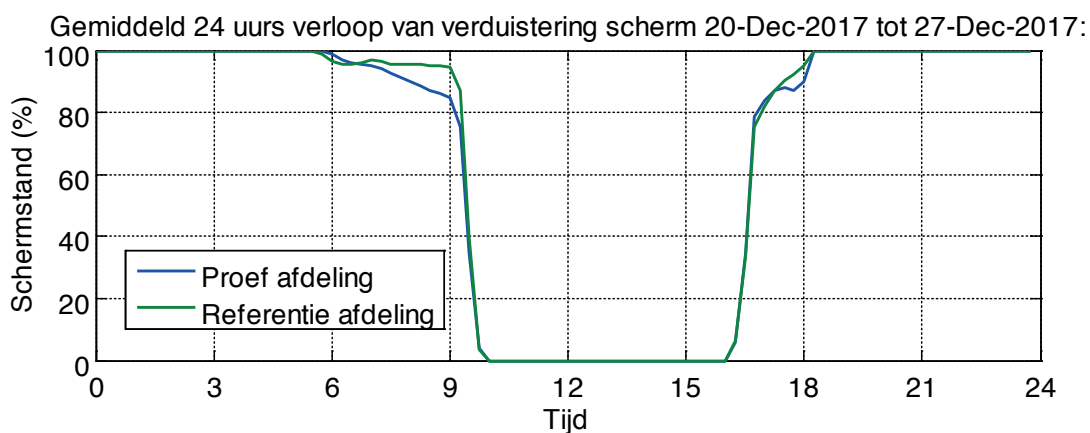
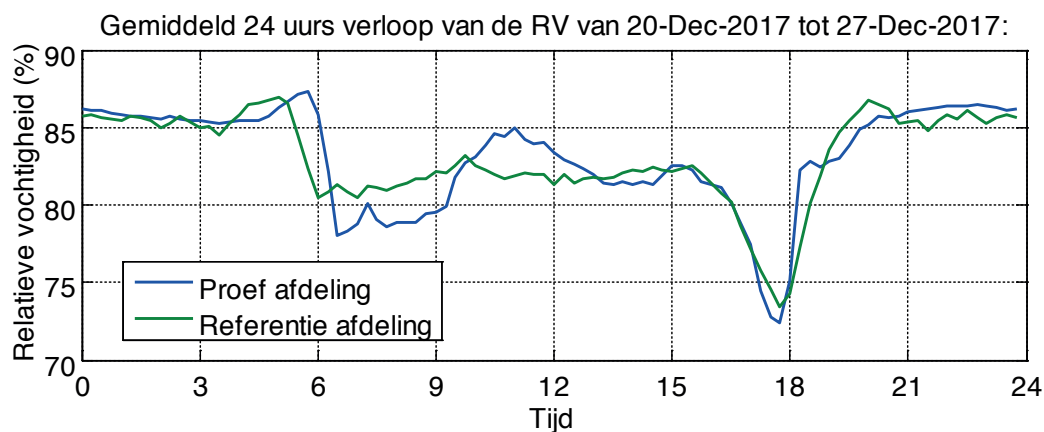
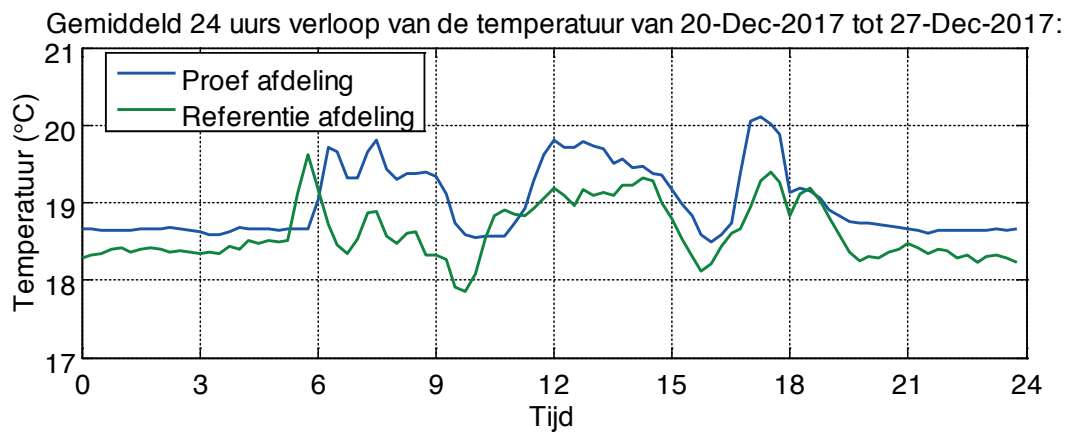
In Tabel 5 staat het kasklimaat, energieverbruik en de sturingen weergegeven voor deze periode.

**Tabel 5**

*Het klimaat, energieverbruik en sturingen bij Dekker Chrysanten voor de periode 20 tot 27 december 2017.*

	Proef afdeling	Referentie afdeling
Temperatuur (°C)	19.0	18.6
Relatieve Vochtigheid (%)	83.1	83.0
Energieverbruik ondernet (m <sup>3</sup> gas/m <sup>2</sup> )	0.45	0.39
Energieverbruik bovennet (m <sup>3</sup> gas/m <sup>2</sup> )	0.27	0.35
Energieverbruik net (ondernet en bovennet) (m <sup>3</sup> gas /m <sup>2</sup> )	0.72	0.74
Energie scherm 100% gesloten (uur/dag)	0	-
Energie scherm meer dan 95% gesloten (uur/dag)	0	-
Verduistering scherm 100% gesloten (uur/dag)	11.5	6.2
Verduistering scherm meer dan 95% gesloten (uur/dag)	12.9	14.3
Inblaas ventilator meer dan 50% aan (uur/dag)	3.6	-
Recirculatie ventilator meer dan 50% aan (uur/dag)	12.9	-

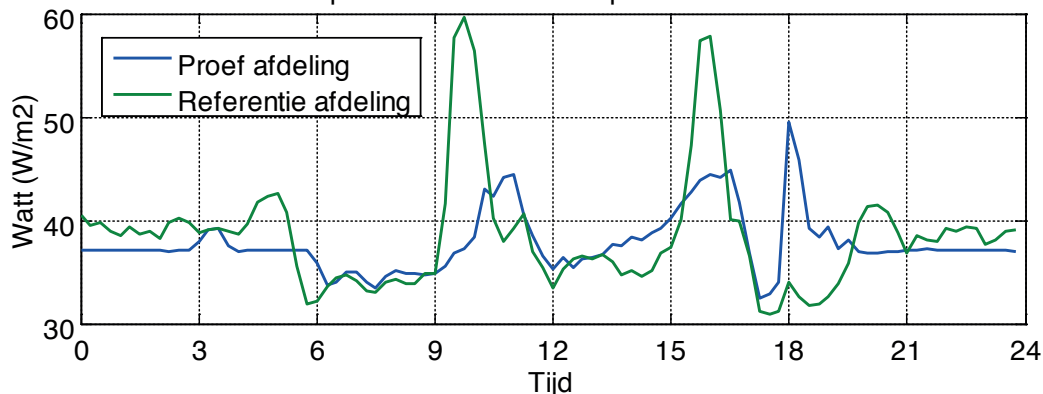
Het totale energiegebruik in beide afdelingen is nagenoeg gelijk (in de proefafdeling 0.72 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> en in de referentie afdeling 0.74 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) terwijl de inzet van het bovennet in de proefafdeling (0.27 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) minder was dan in de referentieafdeling (0.35 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>). In de proefafdeling is veel meer met een 100% gesloten verduisteringsscherm gewerkt (11.5 uur per dag) dan in de referentie afdeling (6.2 uur per dag), dit komt omdat in de proefafdeling ontvochtigd werd met het Ventilation Jet systeem. De gemiddelde temperatuur in de proefafdeling was gemiddeld 0.4°C warmer dan in de referentie afdeling. Dit verschil trad zowel 's nachts als overdag op en de RV was gedurende de nacht vrijwel gelijk tussen beide afdelingen (Figuur 10). De RV in beide afdelingen was gedurende de nacht nagenoeg hetzelfde in beide afdelingen wat een goed vergelijk van het energiegebruik mogelijk maakt. Gedurende de periode tussen 21.00 en 03:00 zijn beide verduisteringsdoeken voor 100% gesloten geweest en heeft de Ventilation Jet gewerkt.



**Figuur 10** Het 24 uren verloop van de kaslucht temperatuur (boven), de RV (midden-boven), de schermstand (midden-onder) en in de inzet van de Ventilation Jet (onder) in de proefafdeling en referentieafdeling voor de periode van 20 tot 27 december 2017.

Om het effect van de spouw op het energieverbruik te bepalen is de periode geselecteerd waarin de lampen uit stonden en het verduisteringsdoek voor 100% gesloten was en het klimaat vrij stabiel was. Er is voor gekozen om de periode tussen 21:00 en 03:00 hiervoor te selecteren. Figuur 11 laat de berekende buiswarmte input zien. In de proefafdeling wordt tussen 21:00 en 03:00 minder warmte (4.9%) de kas ingebracht dan in de referentie afdeling, namelijk  $37.1 \text{ W/m}^2$  tegen  $39.0 \text{ W/m}^2$ .

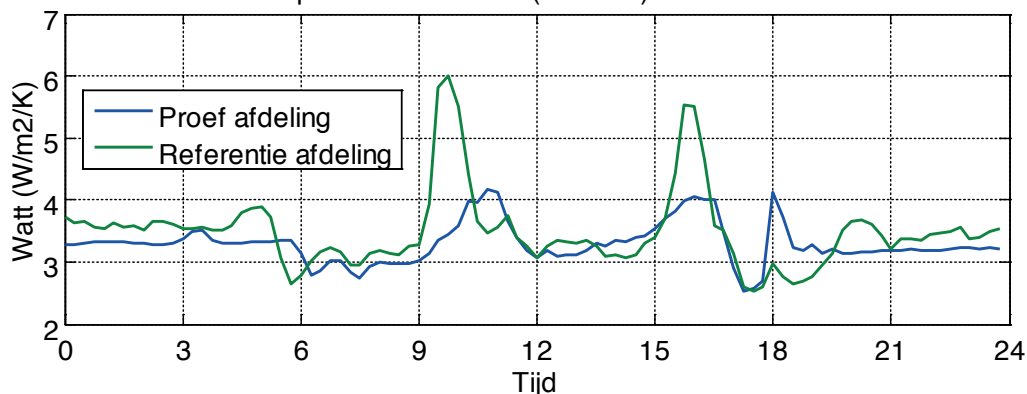
Gemiddeld 24 uurs verloop van de buiswarmte input van 20-Dec-2017 tot 27-Dec-2017:



**Figuur 11** Het 24 uurs verloop van het berekende warmteverbruik van de verwarmingsbuizen in de proef afdeling ( $37.1 \text{ W/m}^2$ ) en in de referentie afdeling ( $39.0 \text{ W/m}^2$ ) voor de periode tussen 21:00 en 03:00.

In Figuur 12 is de natte U-waarde berekend voor beide afdelingen.

Gemiddeld 24 uurs verloop van de U waarde ( $\text{W/m}^2/\text{K}$ ) van 20-Dec-2017 tot 27-Dec-2017:



**Figuur 12** Het gemiddelde verloop van de berekende U waarde voor de proef afdeling en de referentie afdeling.

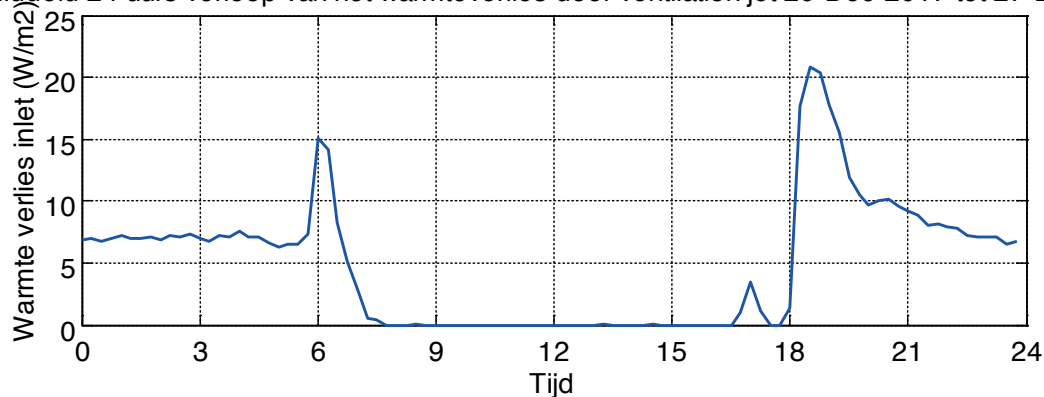
De gemiddelde U-waarde tussen 21:00 en 03:00 was  $3.26 \text{ W/m}^2/\text{K}$  in de proefafdeling en  $3.53 \text{ W/m}^2/\text{K}$  in de referentie afdeling, wat een verbetering is van 7.6%. Gedurende de nachtperiode bij matige buitentemperaturen en bewolkt werd de natte U-waarde met 7.6% verlaagd door gebruik te maken van een spouw in het verduisteringsscherm.

Belangrijk om te vermelden is dat door het gebruik van de Ventilation Jet ook voelbare warmte wordt afgevoerd in de proefafdeling. In de proefafdeling is een scherm geïnstalleerd dat beter isoleert door de spouw werking en daardoor minder vocht doorlaat. In Figuur 10 is te zien dat in beide afdelingen de RV en de schermstand gedurende de periode tussen 21:00 en 03:00 nagenoeg hetzelfde was maar dat in de proefafdeling de Ventilation Jet ingezet moest worden om hetzelfde RV niveau te halen. Ook is te zien dat de temperatuur in de proefafdeling systematisch hoger was dan in referentieafdeling.



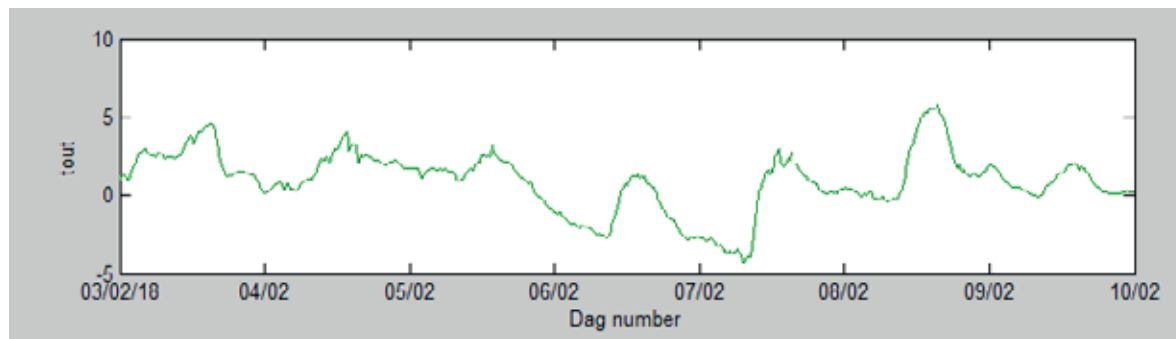
In Figuur 13 is het voelbare warmteverlies door gebruik te maken van de Ventilation Jet weergegeven. Gemiddeld werd er tussen 21:00 en 03:00 7.2 Watt/m<sup>2</sup> aan voelbare warmte afgevoerd door de Ventilation Jet, wat overeenkomt met 19.4% van de totale hoeveelheid warmte die ingebracht is door het verwarmingsnet. Het vocht in de referentieafdeling werd indien nodig deels afgevoerd door een kleine kier (<1%) in het verduisteringsscherm aan te houden.

Gemiddeld 24 uren verloop van het warmteverlies door ventilation jet 20-Dec-2017 tot 27-Dec-20



**Figuur 13** Het gemiddelde verloop van de voelbare warmte die afgevoerd wordt door het gebruik van de Ventilation Jet.

Voor een relatief koude periode tussen 3 en 10 Februari is ook de natte U-waarde bepaald. De gemiddelde buitentemperatuur gedurende deze periode was 0.9°C met een minimum van -4.2°C (zie Figuur 14).



**Figuur 14** De buitentemperatuur van 3 februari tot 10 februari 2017.

In Tabel 6 staat het klimaat, energieverbruik en sturingen weergegeven voor deze periode.

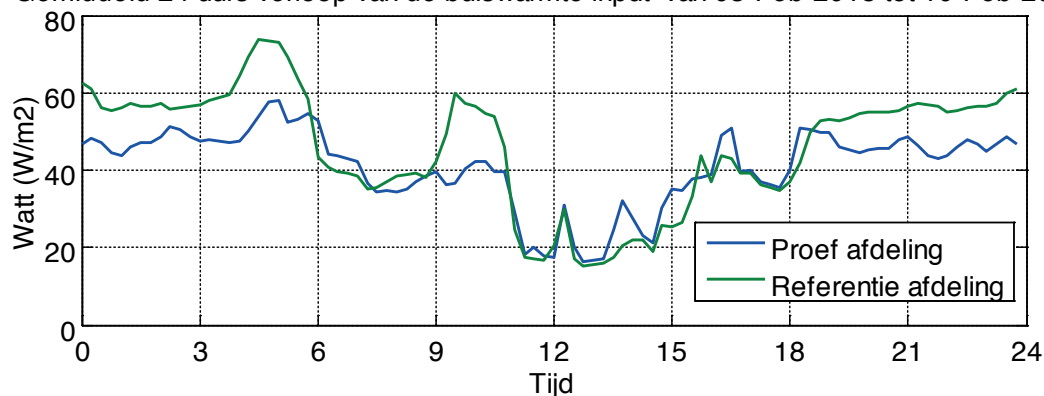
Tabel 6

*Het klimaat, energieverbruik en sturingen bij Dekker Chrysanten voor de periode van 3 tot 10 februari 2018.*

	Proef afdeling	Referentie afdeling
Temperatuur (°C)	19.4	19.5
Relatieve Vochtigheid (%)	84.9	85.5
Energieverbruik ondernet (m <sup>3</sup> gas/m <sup>2</sup> )	0.43	0.43
Energieverbruik bovennet (m <sup>3</sup> gas/m <sup>2</sup> )	0.35	0.45
Energieverbruik net (ondernet en bovennet) (m <sup>3</sup> gas /m <sup>2</sup> )	0.78	0.88
Verduistering scherm 100% gesloten (uur/dag)	11.8	7.5
Verduistering scherm meer dan 95% gesloten (uur/dag)	13.6	14.0
Energiescherm 100% gesloten (uur/dag)	0.0	-
Energiescherm meer dan 95% gesloten (uur/dag)	0.3	-
Inblaas ventilator meer dan 50% aan (uur/dag)	0.8	-
Recirculatie ventilator meer dan 50% aan (uur/dag)	12.9	-

Het klimaat is nagenoeg gelijk tussen beide afdelingen, terwijl het energieverbruik in de proef afdeling (0.78 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) 11.4% lager was dan in de referentie afdeling (0.88 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>). In de periode tussen 21:00 en 03:00 waren de verduisteringsschermen in beide afdelingen 100% gesloten en was het klimaat in beide afdelingen nagenoeg gelijk. Voor deze periode is vervolgens het energiegebruik en de U-waarde bepaald. Figuur 15 laat de berekende buiswarmte input zien. In de proefafdeling wordt tussen 21:00 en 03:00 beduidend minder warmte (18.2%) de kas ingebracht dan in de referentie afdeling, namelijk 46.8 W/m<sup>2</sup> tegen 57.2 W/m<sup>2</sup>.

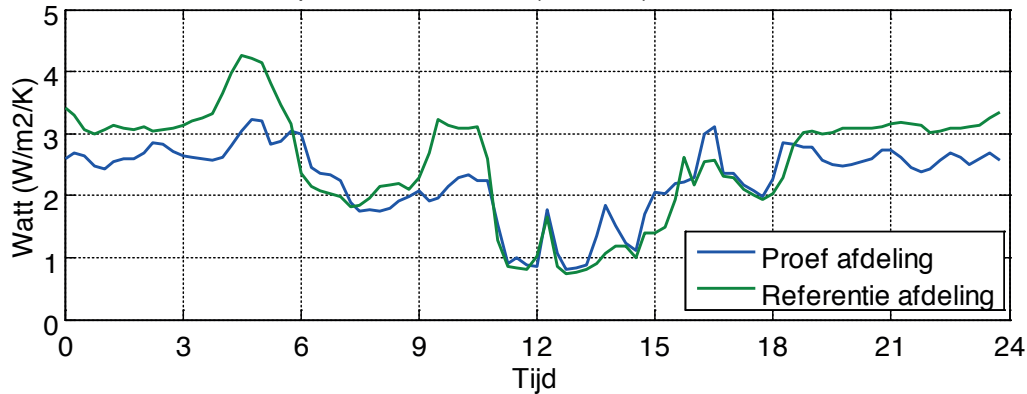
Gemiddeld 24 uren verloop van de buiswarmte input van 03-Feb-2018 tot 10-Feb-2018:



**Figuur 15** Het 24 uren verloop van het berekende warmteverbruik van de verwarmingsbuizen in de proef afdeling. (46.8 W/m<sup>2</sup>) en in de referentie afdeling (57.2 W/m<sup>2</sup>) voor de periode tussen 21:00 en 03:00.

De natte U-waarde staat weergegeven in Figuur 16.

Gemiddeld 24 uurs verloop van de U waarde (W/m<sup>2</sup>/K) van 03-Feb-2018 tot 10-Feb-2018:



**Figuur 16** Het gemiddelde verloop van de berekende U waarde voor de proef afdeling en de referentie afdeling

De gemiddelde U-waarde tussen 21:00 en 03:00 was 2.60 W/m<sup>2</sup>/K in de proefafdeling en 3.13 W/m<sup>2</sup>/K in de referentie afdeling wat een verbetering is van 16.9%. Gedurende de nachtperiode en bij lage buitentemperaturen en helder weer kan er dus een energiebesparing verwacht worden door het gebruik van de spouw van 16.9% ten opzichte van een conventioneel verduisteringsscherm.

Voor zowel de relatief warme periode in december 2017 en de relatief koude periode in februari 2018 is de natte U-waarde bepaald. Met de natte U waarde wordt bedoeld dat de invloed van de verdamping op warmteverbruik meegenomen wordt in de berekening. De natte U-waarde is dus de waarde die je voor praktisch omstandigheden toe kunt passen. In Tabel 7 is te zien dat de natte U-waarden van de beide afdelingen verschillen per periode. Zo is de berekende natte U-waarde voor de proefafdeling voor de periode in December 3.26 W/m<sup>2</sup>/K terwijl deze in Februari 2.60 W/m<sup>2</sup>/K was. Dit verschil wordt verklaard omdat de warmtevraag in December kleiner was waardoor de invloed van de verdamping op de berekende natte U waarden groter was in die periode.

Om de U-waarden van beide periodes te mogen vergelijken is daarom de droge U-waarde berekend. De droge U-waarde is berekend door 15 Watt/m<sup>2</sup> verdampingswarmte van de warmte toevoer af te trekken.

**Tabel 7**

Overzicht van de berekende natte en droge U-waarden voor het verduisteringsscherm met spouw (proef afdeling) en het conventionele verduisteringsscherm (referentie afdeling) voor de relatief warme periode in December 2017 en de relatief koude periode in Februari 2018.

	Natte U waarde (W/ m <sup>2</sup> /K)	Droge U waarde (W/ m <sup>2</sup> /K)	Verlaging natte U-waarde door spouw(%)	Verlaging droge U-waarde door spouw (%)
Proefafdeling Dec 2017	3.26	1.94	- 7.6	-10.6
Referentie afdeling Dec 2017	3.53	2.17		
Proefafdeling Feb 2018	2.60	1.76	-16.9	-23.5
Referentie afdeling Feb 2018	3.13	2.30		

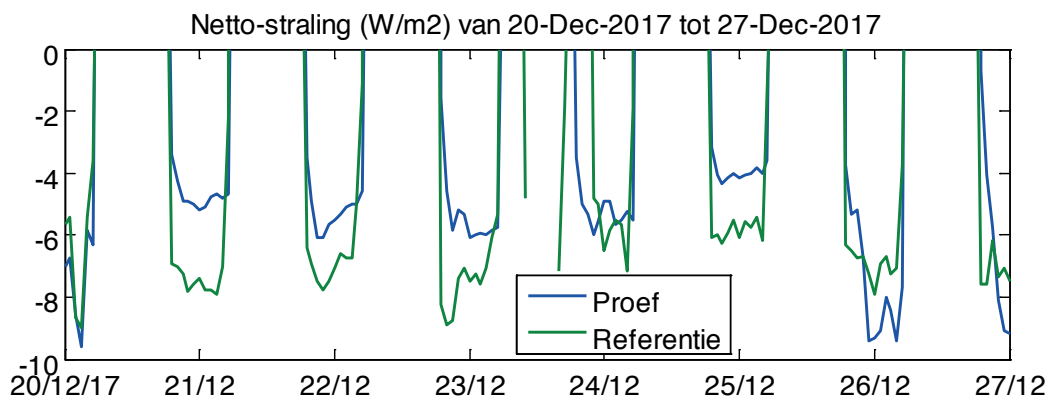
Gebaseerd op Tabel 7 kan er het volgende worden geconcludeerd over de droge U-waarde:

- De droge U-waarde voor beide doeken is voor beide periodes nagenoeg gelijk:
  - Verduisteringsdoek met spouw: 1.94 W/m<sup>2</sup>/K en 1.76 W/m<sup>2</sup>/K wat resulteert in een gemiddelde droge U waarden van 1.85 W/m<sup>2</sup>/K.
  - Verduisteringsdoek zonder spouw: 2.17 W/m<sup>2</sup>/K en 2.30 W/m<sup>2</sup>/K wat resulteert in een gemiddelde droge U waarden van 2.24 W/m<sup>2</sup>/K.
- De gemiddelde verbetering van de droge U waarden door het gebruik van een spouw in het verduisteringsscherf is dus 17.0%.
- De gemiddelde verbetering van de natte U waarden door het gebruik van een spouw in het verduisteringsscherf is dus 12.3%.

Het verschil in verlaging tussen de droge U-waarde en natte U-waarde kan verklaard worden doordat voor de droge U-waarde berekening het energiegebruik vermindert is met de energie hoeveelheid gerelateerd aan de verdamping van het gewas (aangenomen is dat de verdamping in beide afdelingen hetzelfde was).

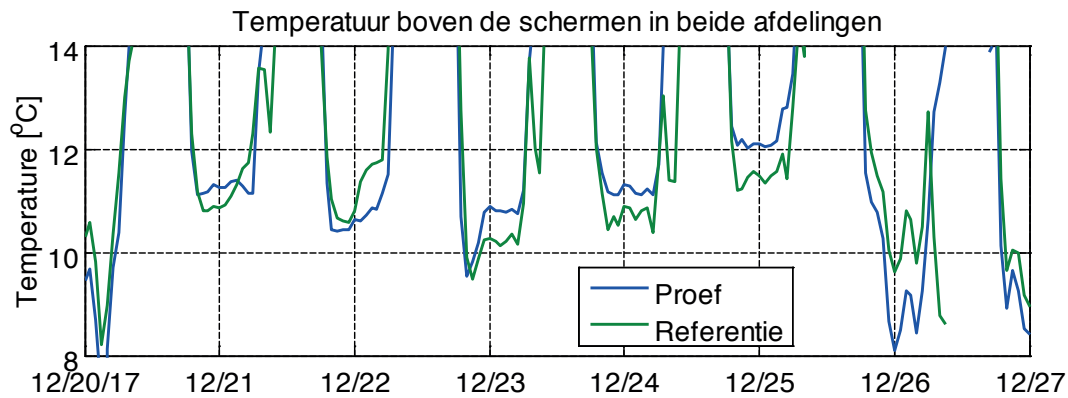
### 3.3.2 Netto straling

De netto straling gemeten in beide afdelingen door de netto-stralingsmeter staat weergegeven in Figuur 17.



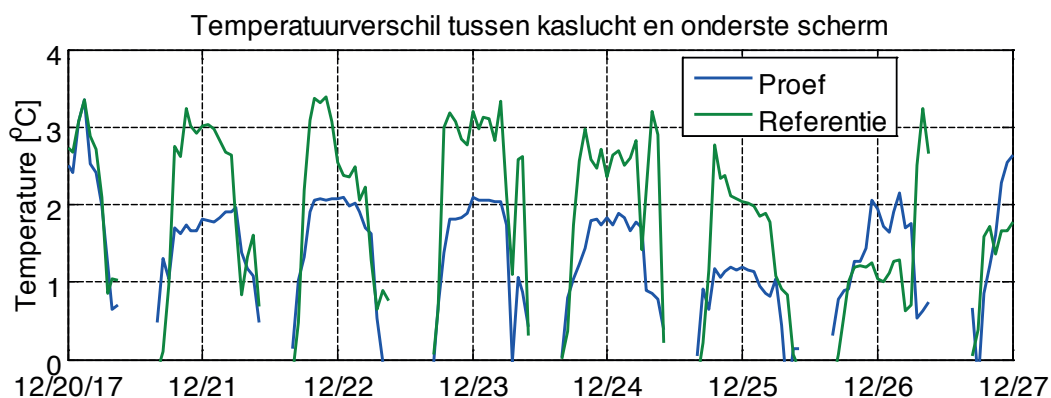
**Figuur 17** Netto straling gemeten door de netto-stralingsmeter in de proef afdeling en in de referentie afdeling voor de periode 20 december tot 27 december 2017. In beide afdelingen is alleen het verduisteringsscherf gebruikt.

Gedurende deze periode schommelt de netto straling voor beide afdelingen gedurende de nacht tussen -4 en -10 W/m<sup>2</sup>. Dit betekent dat de netto straling slechts klein was en dat ook de bloemen niet veel stralingswarmte verliezen naar het scherm toe. Ook de verschillen in netto straling tussen beide afdelingen zijn klein. In de afdeling met de spouw in het scherm is de netto straling de meeste nachten hoger (-4 tot -6 W/m<sup>2</sup>) dan in de referentie afdeling (-6 tot -8 W/m<sup>2</sup>). Wat verder opvalt is dat in de nacht van 25 op 26 december de netto straling in afdeling met de spouw lager was dan in de referentie afdeling. Deze nacht was een koudere nacht dan de overige nachten (zie Figuur 9). De temperatuur boven de doeken staat weergegeven in Figuur 18. In de nacht van 25 op 26 december is de temperatuur boven de doeken lager in proefafdeling dan in de referentie afdeling. Dit komt door de betere isolerende werking van het verduisteringsscherf met spouw. Doordat het boven de schermen kouder wordt, zullen ook de schermtemperaturen afnemen.



**Figuur 18** De temperatuur boven de schermen in proef afdeling en in de referentie afdeling voor de periode 20 tot 27 december.

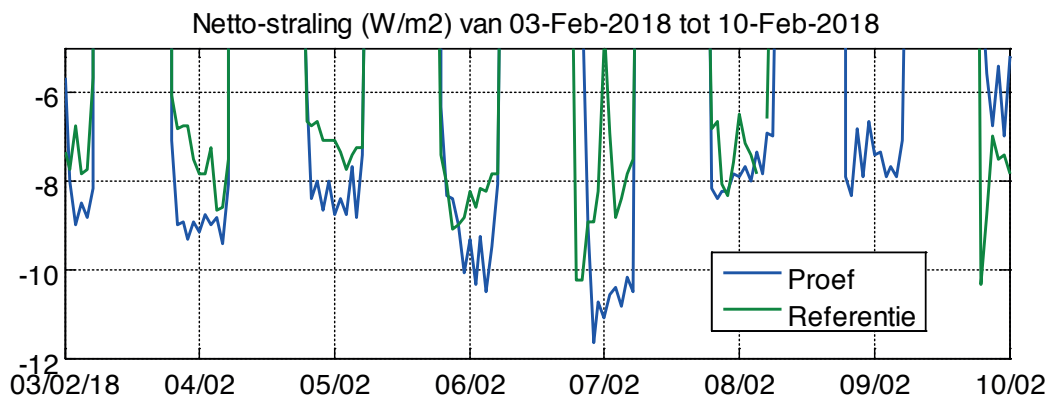
Het verschil tussen de kaslucht temperatuur en de temperatuur van het verduisteringsscherm staat weergegeven in Figuur 19.



**Figuur 19** Het verschil tussen de luchttemperatuur en het verduisteringsdoek in de proefafdeling en de referentie afdeling voor de periode van 20 december tot 27 december 2017.

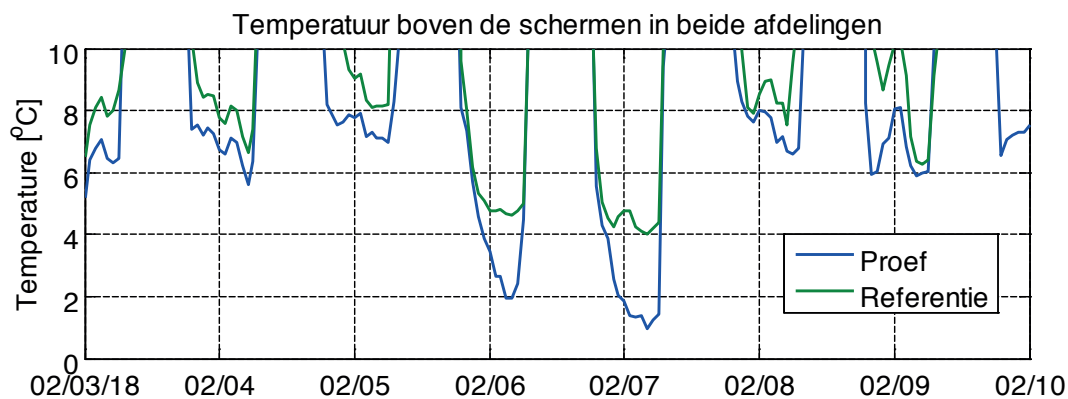
Het verschil tussen de kaslucht temperatuur en het verduisteringsdoek is groter in de referentie afdeling dan in de afdeling met de spouw. In de referentieafdeling is de kaslucht zo'n 2 tot 3°C warmer dan het verduisteringsscherm en in de proefafdeling is de kaslucht zo'n 1 tot 2°C warmer dan het verduisteringsscherm. De spouw in het verduisteringsscherm heeft dus als effect dat de temperatuur van het onderste doek van het verduisteringsscherm met 1°C toeneemt. Doordat het onderste verduisteringsdoek in de proefafdeling warmer wordt is het gemeten netto stralingsverlies kleiner dan in de referentie afdeling (vergelijk Figuur 17 met Figuur 19). In de nacht van 25 op 26 december is dit niet het geval en dit komt omdat de temperatuur boven het scherm in de afdeling met de spouw dan lager wordt dan in de referentie afdeling.

Ook voor de relatief koudere periode is de netto-uitstraling gemeten en weergegeven in Figuur 20.



**Figuur 20** Netto straling gemeten door de netto-stralingsmeter in de proef afdeling en in de referentie afdeling voor de periode 3 tot 10 februari 2018. In beide afdelingen is alleen het verduisteringsscherm gebruikt.

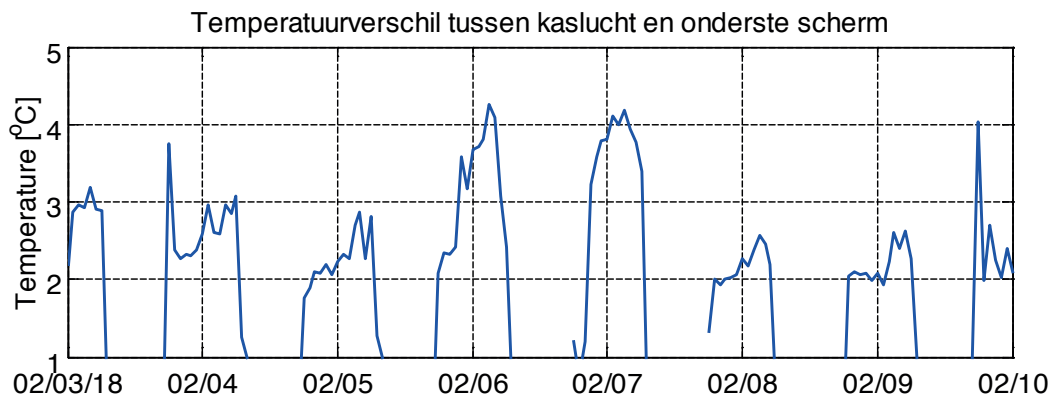
De netto-uitstraling in de afdeling met de spouw is een negatiever getal dan in de referentie afdeling wat betekent dat in de afdeling met de spouw het gewas meer naar de schermen uit zal stralen. Het verschil in netto straling tussen beide afdelingen ligt tussen 1 tot 2 W/m<sup>2</sup> wat een klein verschil is. In Figuur 21 staat de temperatuur boven de schermen weergegeven en daarin is duidelijk te zien dat wanneer het boven het scherm koud wordt (6 februari en 7 februari) ook de netto straling verder daalt. Tevens is duidelijk te zien dat het boven het scherm met de spouw het kouder wordt dan in de referentie afdeling.



**Figuur 21** De temperatuur boven de schermen in proef afdeling en in de referentie afdeling voor de periode 2 tot 10 februari.

In Figuur 22 is te zien dat de kaslucht temperatuur gedurende koude nachten maximaal zo'n 4°C warmer is dan het verduisteringsdoek.





**Figuur 22** Het verschil tussen de luchttemperatuur en het verduisteringsdoek in de proefafdeling voor de periode van 3 tot 10 februari 2018.

De netto stralingsmeter geeft bij lage buiten-en nok temperaturen relatief klein (negatief) getal (weinig uitstraling), wat betekent dat ook de planten relatief weinig uitstralen. Bij buitentemperaturen tot  $-4.2^{\circ}\text{C}$  en nok temperaturen van  $1$  tot  $4^{\circ}\text{C}$  wordt er een netto-straling gemeten van  $-10 \text{ W/m}^2$  (referentie afdeling) tot  $-11 \text{ W/m}^2$  (proef afdeling).

In alle metingen was de gemeten uitstraling in de regel klein. Dit zou mogelijk worden veroorzaakt doordat er in de Chrysantenteelt veel gebruik wordt gemaakt van verwarming met de bovenbuis. Straling vanaf de buis levert langgolvlige straling op de sensor (en op de bloemen) en verwarmt ook het scherm-oppervlak. Zo draagt een warme buis langs twee wegen tot beperking van de uitstraling.

Om deze hypothese te verifiëren is met behulp van de uitstralingsmonitor geanalyseerd wat de berekende invloed van de locatie van de bovenbuis is. Voor zowel de proefafdeling als de referentie afdeling is de uitstraling bepaald voor een koude nacht, waarbij de verdeling van de warmte over het ondernet en het bovennet is gevarieerd. De resultaten van deze analyse staan weergegeven in Tabel 8. Voor beide afdelingen neemt de uitstraling flink toe als de bovenbuis verplaatst zou worden naar onder het gewas. In de proefafdeling zou de uitstraling van  $-15.1 \text{ W/m}^2$  naar  $-24.3 \text{ W/m}^2$  toenemen (negatiever worden) en voor de referentieafdeling loopt dit van  $-5.7 \text{ W/m}^2$  naar  $-20.8 \text{ W/m}^2$ . Deze toename van de uitstraling komt doordat het scherm kouder wordt en omdat de bovenbuis niet meer naar de netto stralingssensor uitstraalt. In andere gewassen waar de temperatuur van de bovenste bladlaag belangrijk is, zoals bij Gerbera, zou het een optie kunnen zijn om de onderbuis te verplaatsten naar boven het gewas. Hierdoor zal de bloemtemperatuur omhoog gaan en wordt het verschil tussen onderste bladlaag en bovenste bladlaag beduidend kleiner.

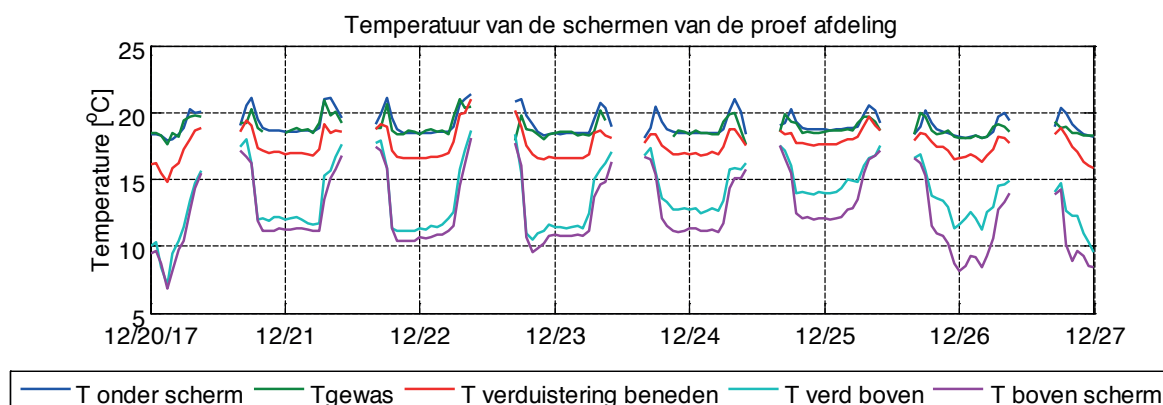
Tabel 8

Met de uitstralingsmonitor zijn de volgende waarden berekend voor een Gerbera gewas: de schermtemperatuur, de netto straling, het energieverbruik, de bovenste bladlaag temperatuur en de onderste bladlaag temperatuur. Het buitenklimaat was: een heldere nacht van -2.9°C, het binnenklimaat was 18°C met een RV van 88%. Het verduisteringsscherm was een Obscura 10075 AB+B (voor de referentiekas) en 2 losse schermlagen van het verduisteringsscherm (voor de proefkas).

	Proef, 42% ondernet 58% bovenbuis	Proef, 42% ondernet 58% onderbuis	Referentie, 32% groeibuis 68% bovenbuis	Referentie, 32% groeibuis 68% onderbuis
Scherm temperatuur (°C)	12.8	12.3	13.6	12.6
Netto straling (W/m <sup>2</sup> )	-15.1	-24.3	- 5.7	-20.8
Energieverbruik (W/m <sup>2</sup> )	61	60	89	86
Bovenste bladlaag (°C)	17.4	17.2	17.8	17.2
Onderste bladlaag (°C)	17.7	17.9	17.8	18.2

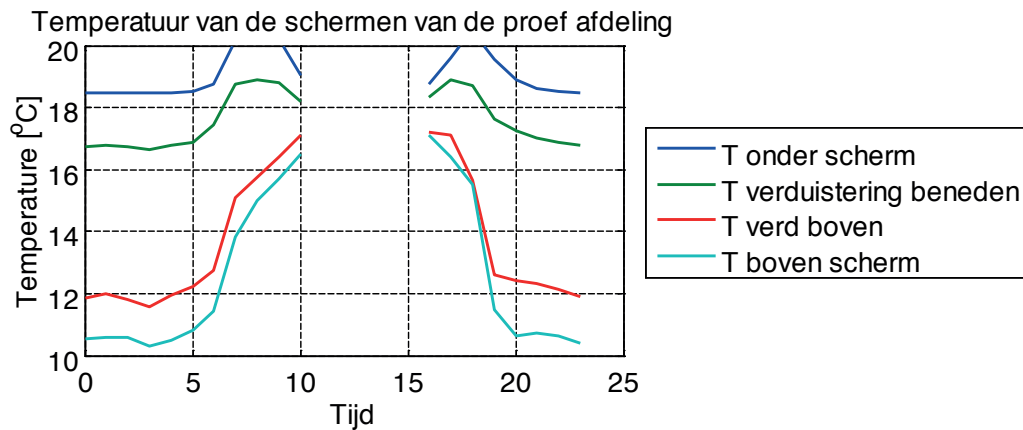
### 3.3.3 Luchttemperatuur en schermtemperatuur

De schermtemperaturen en temperaturen onder en boven de schermen voor de relatief warme periode van 20 december tot 27 december staat voor proefafdeling weergegeven in Figuur 23.



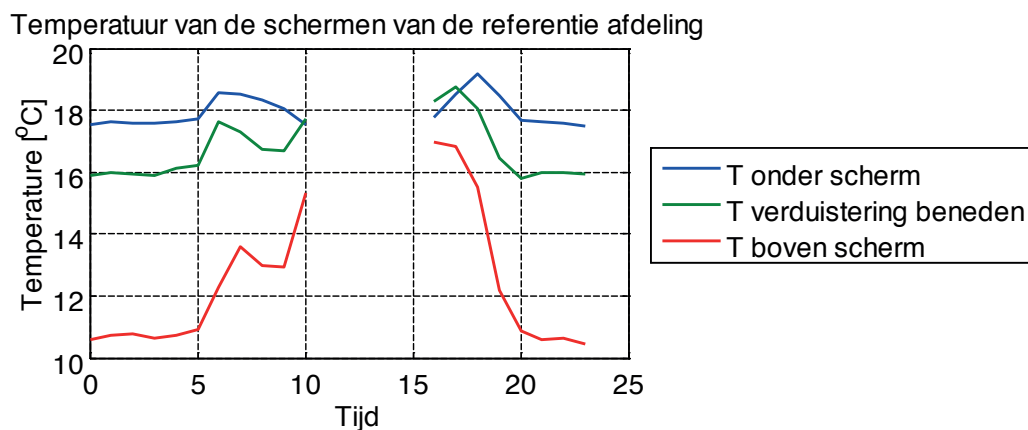
**Figuur 23** Het verloop van de schermtemperaturen en lucht temperaturen in de proefafdeling van de periode van 20 december tot 27 december 2017.

De temperatuur van de bovenste laag van het verduisteringsdoek ligt dicht tegen de nok temperatuur aan en de temperatuur van de onderste laag van het verduisteringsscherm ligt dicht tegen de temperatuur die onder het scherm gemeten is. Dit geeft aan dat de spouw een goede isolerende werking heeft. Het gemiddelde 24 uren verloop van de schermtemperaturen in proefafdeling staat weergegeven in Figuur 24. Gedurende de nacht is gemiddelde verschil tussen de bovenste laag en onderste laag van het verduisteringsscherm 5°C. De temperatuur van het onderste scherm laag is 16.9°C.



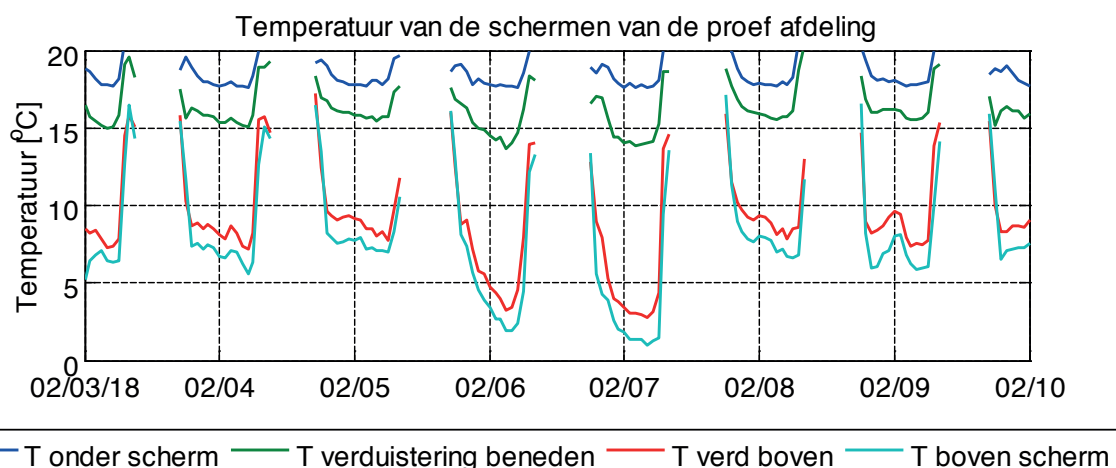
**Figuur 24** Het 24 uren verloop van de schermtemperaturen en lucht temperaturen in de proefafdeling van de periode van 20 december tot 27 december 2017.

Het gemiddelde 24 uren verloop van de schermtemperaturen in de referentie afdeling staat weergegeven in Figuur 25. In de referentie afdeling ligt de temperatuur van het verduisteringsdoek veel dichterbij de kaslucht temperatuur dan bij de nok temperatuur. De temperatuur van het verduisteringsscherm in de referentieafdeling is gedurende de nacht 16.0°C wat 0.9°C lager is dan de temperatuur van het verduisteringsscherm in de proefafdeling.



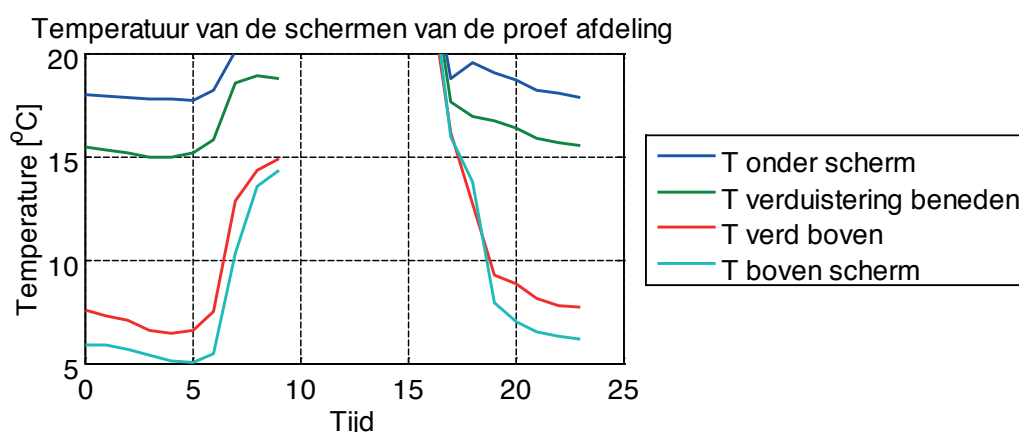
**Figuur 25** Het 24 uren verloop van de schermtemperaturen en lucht temperaturen in de referentieafdeling van de periode van 20 december tot 27 december 2017.

De schermtemperaturen en temperaturen onder en boven de schermen voor de relatief koude periode van 2 tot 10 februari december staat voor proefafdeling weergegeven in Figuur 26.



**Figuur 26** Het verloop van de schermtemperaturen en lucht temperaturen in de proefafdeling van de periode van 3 tot 10 februari 2018.

Voor de koudere dagen is de onderste laag van het verduisteringsscherm (14°C) 11°C warmer dan de bovenste laag (3°C). Het gemiddelde 24 uurs verloop van de scherm temperaturen staat weergegeven in Figuur 27 en het gemiddeld is de onderste laag (15°C) 8°C warmer dan de bovenste laag (7°C).



**Figuur 27** Het 24 uurs verloop van de schermtemperaturen en lucht temperaturen in de proefafdeling van de periode van 3 tot 10 februari 2018.

De gemiddelde nachtwaarden (van 21:00 tot 3:00) van de schermtemperaturen en de netto straling staan samengevat in Tabel 9. Het verschil tussen de luchttemperatuur en de onderste scherm laag is voor beide afdelingen en voor zowel de warme (7.2°C buitentemperatuur) als de koudere periode (0.3°C buitentemperatuur) tamelijk constant, namelijk tussen de 1.9 en 2.6°C. Tevens is voor deze periode ook de netto straling vrij constant, die varieert namelijk tussen de -5.9 W/m<sup>2</sup> en -7.8 W/m<sup>2</sup>. De verschillen tussen de relatief warme en koudere periode zijn zo klein doordat de bovenbuis in de koudere periode meer ingezet wordt waardoor de onderste doek temperatuur toeneemt (en dus minder uitstraalt naar het gewas) en de straling van de bovenbuis naar onder toe zorgt er ook voor dat het gewas naar boven toe minder uitstraalt.

Tabel 9

Samenvatting van de temperaturen en netto straling van de geanalyseerde periodes waarin alleen het verduisteringsscherm is gebruikt.

\* De periode van 8 feb 0:00 tot 8 feb 3:00 is geselecteerd, in deze periode waren alle data voorhanden.

	Buiten temp (°C )	Nok temp (°C)	Lucht temp (°C)	Onderste doek temp (°C)	Verschil lucht en onderste doek temp (°C)	Netto straling W/m <sup>2</sup>
Proef Dec 2017	7.2	10.5	18.7	16.8	1.9	-5.9
Referentie Dec 2017	7.2	10.6	18.4	15.9	2.5	-6.4
Proef Feb 2018*	0.3	7.7	18.0	15.7	2.3	-7.8
Referentie Feb 2018*	0.3	8.7	18.8	16.2	2.6	-7.5

### 3.4 Gecombineerde effect spouw in verduisteringsscherm en transparant energiescherm

#### 3.4.1 Klimaat, energiegebruik en U-waarde

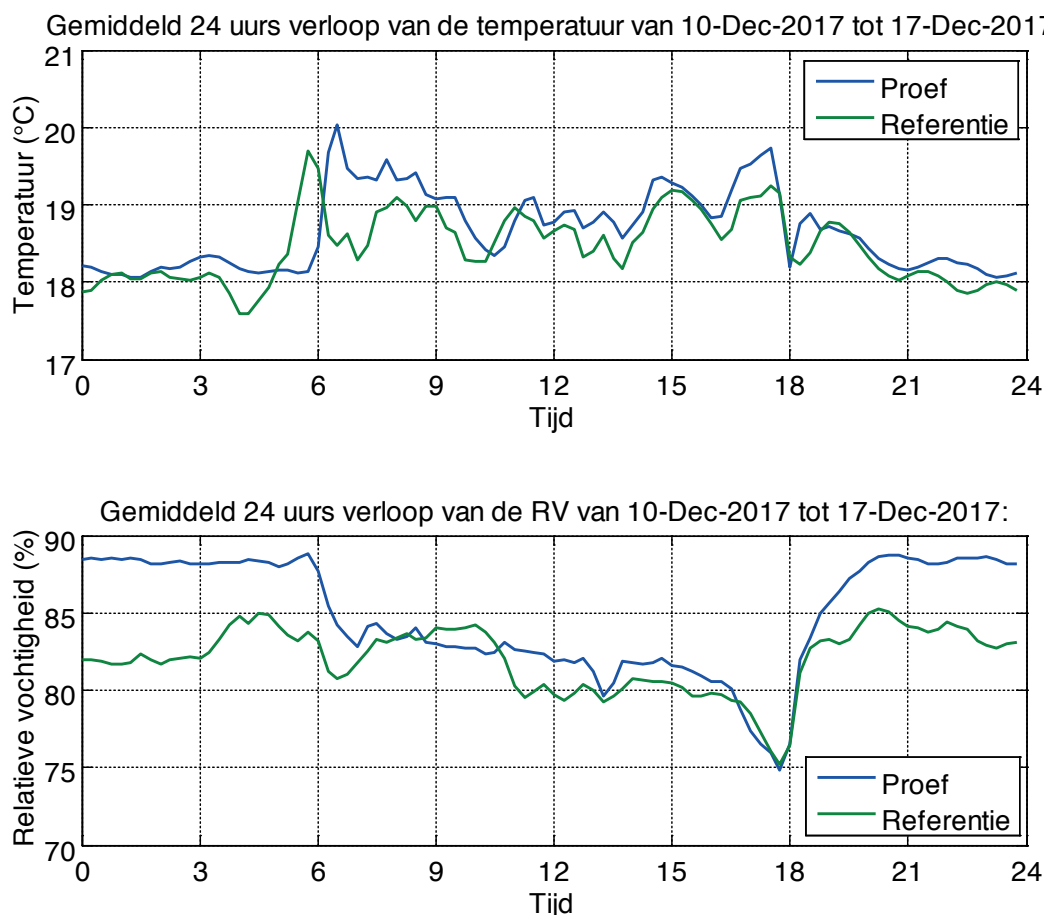
Voor de periode 10 tot 17 december is de totale energiebesparing bepaald door het gebruik van de spouw in het verduisteringsscherm en het transparante energiedoek in vergelijking de referentie afdeling. De gemiddelde buitentemperatuur voor deze periode was 2.6°C met een minimum buitentemperatuur van -1.8°C. Het klimaat, energieverbruik en sturingen voor deze periode staan weergegeven in Tabel 10.

Tabel 10

Het klimaat, energieverbruik en sturingen bij Dekker Chrysanten voor de periode 10 tot 17 december 2017.

	Proef afdeling	Referentie afdeling
Temperatuur (°C)	18.7	18.5
Relatieve Vochtigheid (%)	84.8	82.0
Energieverbruik ondernet (m <sup>3</sup> gas/m <sup>2</sup> )	0.46	0.47
Energieverbruik bovennet (m <sup>3</sup> gas/m <sup>2</sup> )	0.38	0.56
Energieverbruik net (undernet en bovennet) (m <sup>3</sup> gas /m <sup>2</sup> )	0.84	1.03
Energie scherm 100% gesloten (uur/dag)	10.6	-
Verduistering scherm 100% gesloten (uur/dag)	12.0	11.8
Verduistering scherm meer dan 95% gesloten (uur/dag)	14.4	15.4
Inblaas ventilator meer dan 50% aan (uur/dag)	0.3	-
Inblaas ventilator aan (uur/dag)	12.2	-

Beide verduisteringsschermen en het energiescherm sloten tot 100% gedurende de nacht. De Ventilation Jet is in de proef afdeling veel gebruikt met een lage stand om overtollig vocht af te voeren. De temperatuur was gedurende de nacht bijna gelijk in beide afdelingen maar de RV was in de referentieafdeling behoorlijk lager (zie Figuur 19). In proef afdeling van de RV 's nachts gemiddeld 83% en in de referentie afdeling 88%. Door het gebruik van een betere isolatie in de proefafdeling is het dus mogelijk om hogere RV's te realiseren.

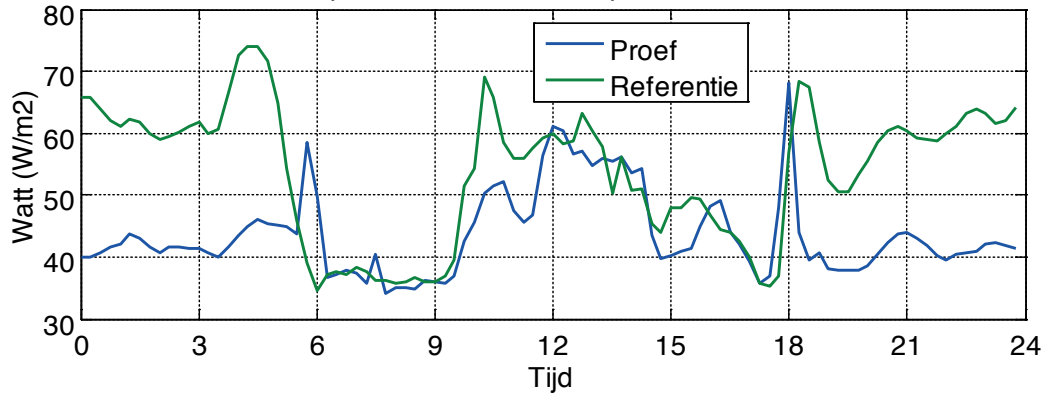


**Figuur 28** Het 24 uren verloop van de kaslucht temperatuur (boven) en de RV (onder-boven in de proefafdeling en referentieafdeling voor de periode van 10 tot 17 december 2017.

Het berekende warmteverbruik van de verwarmingsbuizen staat weergegeven in Figuur 29. De proef afdeling verbruikt tussen 21:00 en 03:00 gemiddeld 41.4 W/m<sup>2</sup> en de referentie afdeling 61.7 W/m<sup>2</sup>, dit betekent een besparing van 33.4% gedurende deze periode.



Gemiddeld 24 uren verloop van de buiswarmte input van 10-Dec-2017 tot 17-Dec-2017:



**Figuur 29** Het 24 uren verloop van het berekende warmteverbruik van de verwarmingsbuizen in de proef afdeling en in de referentie afdeling.

De berekende natte en droge U-waarde is weergegeven in Tabel 11. Door gebruik te maken van een verduisteringsscherm met spouw en een transparant energiedoek wordt de natte U-waarde 34.0 % lager en de berekende droge U-waarde wordt 44.3% lager. In sectie 3.3.1 is bepaald dat de spouw voor een natte U waarde verlaging zorgt van 12.3% wat betekent dat de natte U-waarde verlaging die optreedt door gebruik te maken van het transparante energiedoek 25% is. De verlaging van de droge U-waarde door gebruik te maken van het transparante energiescherm is 33% (gebaseerd op een natte U-waarde verlaging van 17.0% door de spouw). Geconcludeerd kan dus worden dat als beide schermen tegelijk gebruikt worden de spouw in het verduisteringsscherm voor 1/3 bijdraagt aan de energiebesparing en het transparante doek 2/3 aan de energiebesparing.

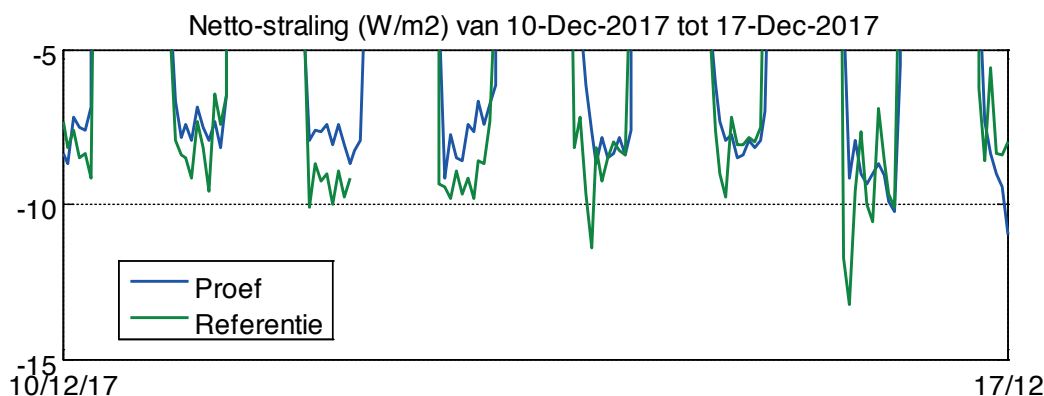
**Tabel 11**

Overzicht van de berekende natte en droge U-waarden voor het verduisteringsscherm met spouw en een transparant energiescherm dat voor 98% gesloten is (proef afdeling) en het conventionele verduisteringsscherm (referentie afdeling) voor de periode 10 tot 17 december 2017.

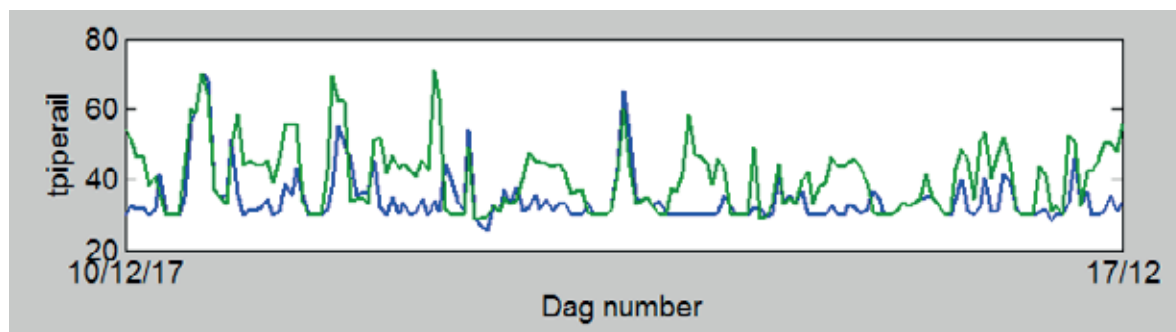
Situatie	Natte U waarde (W/ m²/K)	Droge U waarde (W/ m²/K)	Verlaging natte U-waarde door spouw en energiescherm (%)	Verlaging droge U-waarde door spouw en energiescherm (%)
Verduistering met spouw en energiescherm	2.62	1.67	-34.0	-44.3
Verduistering zonder spouw	3.97	3.00		

### 3.4.2 Netto-straling

De netto straling gemeten in beide afdelingen door de netto-stralingsmeter staat weergegeven in Figuur 30. Ook in deze periode zijn er weinig verschillen in netto-straling tussen beide afdelingen. De netto-straling is in de referentie iets lager over het algemeen. De pieken op het begin van iedere donkerperiode komen omdat dat de schermen nog niet helemaal dicht liggen. Gedurende de nacht fluctueert de waarde van de netto stralings meter in de referentie afdeling en dit komt doordat de temperatuur van de bovenbuis ook fluctueert. Dit is goed te zien in de laatste complete nacht wat aangegeven staat met de rode cirkel in Figuur 30 en Figuur 31. De temperatuur van de bovenbuis beïnvloed dus behoorlijk de waarde van de netto-stralings meter.



**Figuur 30** Netto straling gemeten door de netto-stralingsmeter in de proef afdeling en in de referentie afdeling voor de periode 10 december tot 17 december 2017.



**Figuur 31** De temperaturen van de bovenbuis (°C) in de proef afdeling (blauw lijn) en in de referentie afdeling (groen lijn) voor de periode 10 december tot 17 december 2017.

## 3.5 Kwaliteit van de Chrysanten

De teler heeft geen effecten gezien op de productie en kwaliteit van de Chrysanten door de inzet van de spouw in het verduisteringsscherm en het transparante energiescherm. Dit is ook verklaarbaar omdat de netto straling waarden gemeten in beide afdelingen weinig van elkaar verschillen, wat betekent dat er ook geen meetbare verschillen in plant temperatuur zullen optreden. Verschillen in productie zijn niet opgetreden omdat het transparante scherm overdag zeer zelden is gebruikt waardoor de lichtsommen in beide afdelingen nagenoeg gelijk zijn. De teler heeft wel lokale verschillen in kwaliteit gezien in de proefafdeling die gerelateerd zijn aan het gebruik van het Ventilation Jet systeem. Gedurende sommige teelten was op sommige plekken in de proefafdeling de kwaliteit onvoldoende. In deze cirkels vond vroegbloei plaats, wat resulteerde in mindere kwaliteit en kortere stengels. De ondervonden problemen en oplossingen staan beschreven in het rapport Ervaringen met het Ventilation Jet systeem bij Dekker Chrysanten (Vanthoor, 2018).

## 3.6 Economische analyse verschillende schermsystemen

De totale investeringskosten en jaarlijkse kosten van de verschillende schermsystemen voor nieuwbouw staan weergegeven in Tabel 12. De additionele investeringskosten voor het maken van de spouw zijn € 0.44/m<sup>2</sup> en de jaarlijkse kosten rekening houdend met onderhoud en afschrijving zijn € 0.10/m<sup>2</sup>/jaar. Bij een gasprijs van €0.19 per m<sup>3</sup>, betekent dit dat de additionele investering in de spouw terugverdiend wordt als er op jaarbasis minimaal 0.5 m<sup>3</sup> gas bespaard wordt. Op jaarbasis is er 1.9 m<sup>3</sup> gas/m<sup>2</sup> bespaard door minder inzet van het bovennet tussen 20:00 en 8:00 door het gebruik van de spouw en het transparante energiedoek (zie 3.2.3). Gedurende deze periode was het verduisteringsschermsysteem gesloten en het transparante scherm af en toe gesloten. Aangezien de spouw in deze situatie voor 1/3 bijdraagt aan de energiebesparing (zie 3.4.1) wordt er op jaarbasis dus minimaal 0.6 m<sup>3</sup> gas/m<sup>2</sup> bespaard door de spouw. De additionele investering van de spouw in het verduisteringsdoek kan dus terug verdiend worden door extra energiebesparing. Om het transparante energiescherm terug te verdienen door energiebesparing moet er minimaal 7.6 m<sup>3</sup> gas/m<sup>2</sup>/jaar bespaard worden door de inzet van het transparante energiescherm. Aangezien in de Chrysanten teelt standaard een verduisteringsschermsysteem aanwezig is zal de extra energiebesparing door een 2<sup>e</sup> scherm beperkt zijn en beduidend lager zijn dan 7.6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/gas. De totale energietoevoer van het bovennet in de referentieafdeling was 10.6 m<sup>3</sup> gas/m<sup>2</sup>/jaar (zie 3.2.3). Aangezien deze buis op warmtevraag inkomt, zullen extra isolerende maatregelen deze energietoevoer terugdringen. Het gebruik van alleen een transparant energiescherm kan deze energietoevoer echter niet terugdringen tot 3 m<sup>3</sup>gas /m<sup>2</sup> (10.6-7.6 m<sup>3</sup> gas/m<sup>2</sup>) wat inderdaad aangeeft dat een transparant energiescherm niet terug verdiend kan worden door energiebesparing bij de huidige energieprijzen.

Tabel 12

*Overzicht van de kosten voor het installeren in een nieuwe kas van verschillende schermsystemen (gebaseerd op 3.8 Ha, gegevens van een leverancier). De jaarlijkse kosten zijn berekend op basis van jaarlijkse onderhoudskosten van 5% van de nieuwaarde en de jaarlijkse afschrijvingskosten zijn berekend op basis van 20% van de nieuwaarde voor de schermstoffen en 14% van de overige materialen.*

Kosten	Verduisteringsschermsysteem zonder spouw	Verduisteringsschermsysteem met spouw	Transparant energiescherm
Totaal €	€ 351,750	€ 368,750	€ 253,200
Totale investeringen €/m <sup>2</sup>	€ 9.16	€ 9.60	€ 6.59
Jaarkosten	€ 2.02	€ 2.11	€ 1.45
Benodigde gasbesparing om extra kosten terug te verdienen		0.5	7.6



## 4 Discussie en leerpunten

### 4.1 U-waarde

Door het toepassen van een spouw in het verduisteringsschermbord en een transparant energieschermbord daalt de droge U-waarde van  $3.00 \text{ W/m}^2/\text{K}$  voor een teelt met een conventioneel verduisteringsschermbord naar  $1.67 \text{ W/m}^2/\text{K}$  wat overeenkomt met een verlaging van 44.3% (zie Tabel 11). De doelstelling van het onderzoek was om de U-waarde te verlagen van  $2.5 \text{ W/m}^2/\text{K}$  naar  $1.43 \text{ W/m}^2/\text{K}$  (verlaging van 42.8%). Door het gebruik van de spouw en het transparante energieschermbord is de procentuele verlaging van de U-waarde dus gerealiseerd en is de absolute verlaging naar een U-waarde van  $1.43 \text{ W/m}^2/\text{K}$  bijna gerealiseerd.

Het transparante energiedoek zorgt voor de grootste U-waarde verlaging, namelijk een gemiddelde verlaging van 33% (zie sectie 3.4.1) en de spouw in het verduisteringsschermbord zorgt voor een gemiddelde U-waarde verlaging van 17% (zie Tabel 7). Als beide schermen tegelijk gebruikt worden draagt de spouw in het verduisteringsschermbord voor 1/3 bij aan de energiebesparing en het transparante doek voor 2/3 aan de energiebesparing. Het energieschermbord heeft een grotere impact op de U waarde dan de spouw omdat door het gebruik van een energieschermbord een extra schermdoek wordt gebruikt. Bij de spouw wordt er geen extra schermdoek geïnstalleerd maar komen de 2 schermlagen uit elkaar te liggen. Een conventioneel verduisteringsschermbord waar de 2 doeklagen op elkaar liggen heeft volgens de leveranciers al een grotere energiebesparing (70%) dan schermen die uit een enkel doek bestaan. Dit betekent dat het scherm ook zonder spouw al veel energie bespaart waardoor eventuele extra besparingen door de spouw relatief klein zijn ten opzichte van het gebruik van een extra energieschermbord (47% energiebesparing volgens leverancier). De goede isolatiewaarde van schermen die op elkaar liggen (zonder spouw) zal zeker ook te maken hebben met het feit dat als twee doeken los op elkaar liggen op tal van plaatsen kleine spontane spouwtjes zullen optreden.

### 4.2 Energiebesparing en gebruik schermen

De forse verlaging van 44.3% van de droge U-waarde leidt echter niet tot een even grote energiebesparing. In de periode februari 2017 tot en met februari 2018 is het totale jaarlijkse energieverbruik in de zwaar geïsoleerde afdeling  $3.3 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^2$  lager ( $27.1 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^2$ ) dan in de referentieafdeling ( $30.4 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^2$ ) wat neerkomt op een besparing van 10.9%. Dit lagere energieverbruik komt voornamelijk omdat het bovennet  $2.1 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^2$  (zowel licht als donkerperiode) minder heeft ingebracht in de proefafdeling. De extra isolatiewaarde van het verduisteringsdoek en transparant energieschermbord heeft alleen impact op de warmte die in de donkerperiode door het bovennet in de kas ingebracht wordt omdat het ondernet op minimum buistemperatuur wordt gestuurd en omdat het transparante energieschermbord gedurende de dagperiode erg weinig gebruikt is. In de referentieteel wordt in de donkerperiode  $6.5 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^2$  aan warmte door het bovennet in de kas gebracht wat 21.4% van het totale energieverbruik is. De extra isolatiewaarde in de proefafdeling heeft dus maar invloed op 21.4% van het totale energieverbruik.

Op jaarbasis is de energiebesparing op inzet van de bovenbuis gerealiseerd door de zwaardere isolatie gedurende de donkerperiode  $1.9 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^2$ , wat neerkomt op een energiebesparing van 29.2% op de inzet van de bovenbuis gedurende de nacht. Wordt deze energiebesparing uitgedrukt in absoluut energieverbruik dan is de energiebesparing door minder inzet van de bovenbuis in de donkerperiode echter 6.3%. Deze energiebesparing komt deels door het gebruik van de spouw in het verduisteringsschermbord en deels door de inzet van het transparante energiedoek.

Het transparante energieschermbord is in sommige periodes erg weinig ingezet (Figuur 6). Doordat de Ventilation Jet sturing in de proefafdeling nog niet optimaal werkte, heeft de tuinder ervoor gekozen om het transparante energieschermbord in de donkerperiode dan niet in te zetten. Hiermee wilde hij voorkomen dat er te koude lucht door de Ventilation Jets de kas ingeblazen wordt. Als de Ventilation Jet sturing weer goed werkt dan gaat de tuinder zijn transparant energieschermbord meer inzetten. Hierdoor zal er meer energie bespaard kunnen worden. De extra energiebesparing die hiermee gerealiseerd kan worden kan bepaald worden door het energieverbruik van het bovennet in de donkerperiode in de proefafdeling te vermenigvuldigen met de verlaging van de natte U-waarde door het gebruik van een transparant energieschermbord, namelijk  $4.6 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^2/\text{jaar} \times 25\%$  wat neerkomt op een extra besparing die in de orde grootte zal liggen van 0 tot  $1.2 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^2/\text{jaar}$ .

Het transparante energiescherm is overdag erg weinig gebruikt. In de lichtperiode dat het transparante energiescherm meer dan 95% is gesloten is slechts  $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{gas}$  verbruikt. Ervan uitgaande dat het transparante energiedoek 25% besparing oplevert dan zou dat een besparing van  $0.1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{gas}$  betekenen. De teler gebruikte zijn transparant energiescherm niet vaker gedurende de dag omdat hij de globale instraling niet wilde wegschermen. Als de tuinder zijn transparante energiescherm overdag meer zou gaan gebruiken dan laat hij snel kostbaar groeilicht liggen. Volgens het rapport optimale schermen voor overdag (de Zwart, 2018) heeft het energetisch weinig zin om in belichte teelten overdag het transparante scherm intensief te gebruiken omdat de energiebesparing op verwarming snel minder is dan de extra energie die in de belichting gestopt moet worden om de PAR lichtsom in de kas gelijk te houden.

De grootste energiebesparing in de Chrysantenteelt kan behaald worden door de inzet van het ondernet te verminderen. Het overgrote deel van het totale energieverbruik komt namelijk door het ondernet (69% in de proefafdeling en 65% in de referentie afdeling) die door de tuinders vaak op minimum buis temperatuur wordt geregeld. In het project De Perfecte Chrysant (eveneens met een dubbel scherm en een ontvochtigingssysteem) is al aangetoond dat in een onderzoeksafdeling het ondernet op warmtevraag en luchtvochtigheid gestuurd kan worden in plaats van deze het hele jaar constant te houden. Er werd geen productieverlies waargenomen. Wel werd de kwaliteit als minder beoordeeld en was het vaasleven iets korter. Het totale jaarlijkse energieverbruik kwam uit op  $11 \text{ m}^3 \text{ gas}/\text{m}^2/\text{jaar}$ . Vanuit de ervaring van de afgelopen teeltronden worden in de nu lopende teeltronde de klimaatinstellingen iets gewijzigd om de kwaliteit wel op niveau te brengen, met mogelijk een kleine toename van het verbruik.

## 4.3 Netto straling en schermtemperaturen

De netto straling gemeten onder het verduisteringsdoek met spouw en zonder spouw schommelt afhankelijk van de buitenomstandigheden tussen  $-4$  en  $-11 \text{ W}/\text{m}^2$  ( $-11 \text{ W}/\text{m}^2$  betekent meer uitstraling dan  $-4 \text{ W}/\text{m}^2$ ). Dit betekent dat de planten niet veel stralingswarmte verliezen naar het scherm toe. Ook de verschillen in netto straling tussen beide afdelingen zijn relatief klein. Gedurende nachten met matige buitentemperaturen is de netto straling in de afdeling met het spouw in het scherm hoger ( $-4$  tot  $-6 \text{ W}/\text{m}^2$ ) dan in de referentie afdeling ( $-6$  tot  $-8 \text{ W}/\text{m}^2$ ), dit betekent dat de planten in de proefafdeling minder uitstralen naar het scherm toe. De onderste scherm temperatuur in de referentieafdeling is  $2$  tot  $3^\circ\text{C}$  kouder dan de lucht temperatuur en in de proefafdeling zo'n  $1$  tot  $2^\circ\text{C}$ .

Gedurende nachten met lagere buitentemperaturen is de netto straling in de proefafdeling  $-11 \text{ Watt}/\text{m}^2$  tegen  $-8 \text{ Watt}/\text{m}^2$  in de referentieafdeling. De planten stralen in de proefafdeling dus meer uit naar boven toe. Dit komt omdat door de zwaardere isolatie in de proefafdeling de temperatuur boven de doeken lager is dan in de referentie afdeling, namelijk  $1.5^\circ\text{C}$  in de proefafdeling en  $4^\circ\text{C}$  in de referentieafdeling. Doordat het boven de schermen kouder wordt, worden ook de schermtemperaturen lager. Gedurende zo'n koude nacht wordt de onderste scherm temperatuur in de proefafdeling zo'n  $4^\circ\text{C}$  kouder dan de luchttemperatuur. De kleine verschillen in netto-uitstraling tussen beide afdelingen zal geen meetbaar effect hebben op verschillen in plant temperatuur. Dat er relatief weinig uitstraling plaatsvindt bij lage buitentemperaturen wordt deels veroorzaakt doordat bij de Chrysantenteelt met een bovennet gewerkt wordt. De planten zien dus deels het scherm en deels het bovennet. Bij lage buitentemperaturen neemt de temperatuur van het bovennet flink toe waardoor de planten minder uitstralen naar boven toe (de planten 'zien' het warme bovennet en het bovennet warmt het onderste doek op). In de referentie afdeling wordt met hogere bovennet temperaturen gewerkt omdat deze kas minder isoleert. Het positieve straling effect is dus groter in minder goed geïsoleerde kassen. De relatie tussen bovennet temperatuur en netto straling is goed te zien in Figuur 30 en Figuur 31. Met de uitstraling monitor is de impact van de locatie van het bovennet op netto straling en bovenste blad laag geanalyseerd. Voor beide afdelingen straalt de netto stralingsmeter veel meer uit als de bovenbuis verplaatst zou worden naar onder het gewas. In de proefafdeling zou de netto-uitstraling dalen van  $-15.1 \text{ W}/\text{m}^2$  naar  $-24.3 \text{ W}/\text{m}^2$  en voor de referentieafdeling zou hij dalen van  $-5.7 \text{ W}/\text{m}^2$  naar  $-20.8 \text{ W}/\text{m}^2$ . Tevens daalde de temperatuur van de bovenste bladlaag in de proefafdeling met  $0.2^\circ\text{C}$  en in de referentie afdeling met  $0.6^\circ\text{C}$  als het bovennet verplaatst zou worden naar onder het gewas. Dit geeft aan dat de impact van de locatie van de verwarmingsbuizen een grote invloed heeft op netto straling en temperatuur van de bovenste bladlaag. In gewassen waar de temperatuur van de bovenste bladlaag belangrijk is, zoals bijvoorbeeld bij Gerbera, zou het een optie kunnen zijn om de onderbuis te verplaatsten naar boven het gewas. Hierdoor zal de bloemtemperatuur omhoog gaan en wordt het verschil tussen onderste bladlaag en bovenste bladlaag beduidend kleiner.

## 4.4 Invloed Ventilation Jet op U waarden en potentie van actief ontvochtigen

In de proefafdeling is een Ventilation Jet systeem gebruikt om het vocht deficit in de donkerperiode te kunnen regelen. Het afvoer van het vocht betekent ook dat er voelbare warmte wordt afgevoerd. Voor de periode 20-27 december voerde de Ventilation Jet tussen 21:00 en 03:00 7.2 Watt/m<sup>2</sup> aan voelbare warmte af, wat overeenkomt met 19.4% van de totale hoeveelheid warmte die ingebracht is door het verwarmingsnet in die periode. Dit betekent dat het energiebesparend effect van de spouw in het verduisteringsscherm relatief zal toenemen als er actief ontvochtigd wordt in de kas. Er is dan namelijk geen voelbaar warmteverlies meer door het ontvochtigen met de Ventilation Jet. Tevens zal actieve ontvochtiging de weg openen voor niet vocht doorlatende schermen wat vervolgens nog meer energie kan besparen ten opzichte van de huidige vocht doorlatende schermen.

## 4.5 Kwaliteit Chrysanten

De teler heeft geen effecten gezien op de productie en kwaliteit van de Chrysanten door de inzet van de spouw in het verduisteringsscherm en het transparante energiescherm. Verschillen in productie zijn niet opgetreden omdat het transparante scherm gedurende de licht periode zeer zelden is gebruikt waardoor de lichtsommen in beide afdelingen nagenoeg gelijk zijn.

## 4.6 Investeren in 2<sup>e</sup> transparant scherm of een spouw in het energiescherm of beide?

In de Chrysantenteelt kan de spouw in het verduisteringsscherm terugverdiend worden door energiebesparing (zie 3.6). Bij een energiebesparing van 0.5 m<sup>3</sup> gas/m<sup>2</sup> wordt de spouw al terugverdiend. Het grote voordeel van de spouw ten opzichte van een extra scherm met bijbehorend dradenbed en motoren is dat de additionele investeringen van de spouw laag zijn (0.44 €/m<sup>2</sup> extra investeringen voor spouw en 6.59 €/m<sup>2</sup> voor een extra energiescherm met dradenbed en motoren). Een transparant energiescherm wordt niet terugverdiend door energiebesparing omdat de investeringen redelijk hoog zijn en omdat in de chrysantenteelt de kas al standaard is uitgerust met een verduisteringsscherm wat al veel energie bespaard. Tevens is het transparant energiescherm weinig ingezet overdag en wordt in de schermperiode veel verwarmt op basis van minimum buis.

Naast energiebesparing zijn er voor telers ook nog andere redenen om voor de spouw en/of een transparant energiescherm te kiezen. Invloed van de schermen op productie en kwaliteit zijn niet waargenomen in dit onderzoek. Een voordeel van de spouw in het verduisteringsscherm is dat de isolatiewaarde omhoog gaat maar de lichtonderschepping niet: het schermpakket van een conventioneel verduisteringsscherm neemt evenveel licht weg als een scherm met spouw (4.7%). Een extra scherminstallatie neemt wel extra licht weg. Een voordeel van een transparant energiescherm is dat dit gesloten kan blijven gedurende de dag wat bij kleine planten met weinig verdamping zorgt voor hogere relatieve luchtvochtigheden in de kas. Tevens wordt een transparant doek ingezet om de overgangen tussen de donker en licht periode geleidelijker te laten verlopen.

In de chrysantenteelt is een spouw in het verduisteringsscherm economisch dus aantrekkelijker dan een 2<sup>e</sup> scherm installatie. In andere teelten waar minder met minimumbuis temperaturen geteeld wordt zal een 2<sup>e</sup> scherm eerder uitkomen dan bij chrysanten omdat daar makkelijker energie bespaard kan worden.

## 4.7 Potentie en leerpunten spouwschermen voor andere teelten

In dit onderzoek is gekeken naar het maken van een spouw in een verduisteringsscherm bij chrysanten. Bij korte dag planten zoals bijvoorbeeld chrysanten en gerbera wordt gebruik gemaakt van een verduisteringsscherm wat uit 2 lagen doeken bestaat. In andere teelten worden deze doeken niet gebruikt dus de resultaten en economische analyse die gedaan is in deze studie geldt alleen voor de kortedag planten zoals chrysanten in dit geval. Doordat de extra investering om een spouw in een verduisteringsscherm te maken erg laag is (0.44 €/m<sup>2</sup>), zal deze al bij een kleine energiebesparing rendabel zijn zoals aangetoond in dit onderzoek



Voor andere teelten die schermen hebben die uit één scherm laag bestaat, zal de extra investering voor een spouw flink toenemen omdat dan ook in een extra scherm doek geïnvesteerd moet worden. Tuinders zullen dan vaak overwegen om een compleet tweede scherm systeem te installeren in plaats van een spouw omdat zij dan de 2 scherm lagen afzonderlijk kunnen sturen in plaats van tegelijk wat bij een spouwscherm het geval is.

De opgedane kennis in dit onderzoek heeft ook toegevoegde waarde voor energiebesparing in andere teelten. Het voordeel van een spouw maken in een scherm is dat de isolatie waarde van de kas toeneemt (bij een verduisteringsscherm daalt de natte U waarde met 12.3%) bij een relatief lage extra investering (er zijn geen extra investeringen nodig zijn voor motoren en trekdraden) en omdat de lichtonderschepping van de scherm constructie niet of beperkt toeneemt. Omdat een conventioneel verduisteringsscherm al uit 2 lagen bestaat neemt de lichtonderschepping niet toe. Als er een spouw gemaakt wordt in een energiescherm dan komt er echter wel een extra scherm doek bij wat de lichtonderschepping wel toe kan laten nemen.

Om te bepalen of een spouw in het scherm een verstandige investering is, is het belangrijk om eerst te bepalen hoeveel warmte er de kas in gaat op warmtevraag op momenten dat het scherm zonder spouw dicht is (kan een verduisteringsscherm of energiescherm zijn). Vervolgens kan de energiebesparing door de spouw bepaald worden door de procentuele U-waarde verlaging door de spouw te vermenigvuldigen met de berekende hoeveelheid warmte die op warmtevraag de kas in komt. Bijvoorbeeld, in dit onderzoek is gebleken dat er  $6.5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jaar}$  aan warmte op warmtevraag in de kas met een conventioneel verduisteringsscherm wordt gebracht op momenten dat het verduisteringsscherm dicht is en dat de natte U-waarde verlaging door de spouw 12.3% is, dit betekent dat de potentiële energiebesparing door de spouw  $0.8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jaar}$  is. Doordat bij een gasprijs van €0.19 per  $\text{m}^3$ , de additionele investering in de spouw bij een minimale besparing van  $0.5 \text{ m}^3$  gas al terugverdiend wordt, is in dit geval de investering in de spouw een economisch verantwoord besluit (zie 3.6).

In dit onderzoek is de impact van een spouw in het verduisteringsscherm geanalyseerd. De spouw kan echter ook in andere type schermen worden toegepast zoals een energiescherm. De impact van de spouw op de verlaging van de U-waarde zal groter zijn bij een energiescherm dan bij een verduisteringsscherm omdat er bij een energiescherm dan een extra scherm doek bijkomt. Bij onbelichte teelten kan de volgende hoog isolerende kas een optie zijn: 2 scherm systemen waarvan het eerste systeem is uitgerust met 2 transparante energieschermen waartussen een spouw zit en het tweede systeem is uitgerust met 1 transparant energiescherm systeem. Vervolgens heeft de tuinder veel vrijheidsgraden hoe hij zijn schermen in wil zetten. Namelijk van laag isolerend (1 scherm laag, inzet conventioneel energiescherm) tot matig isolerend (2 scherm lagen, spouw in energiescherm) en hoog isolerend (beide scherm systemen tegelijk). Hiermee is de tuinder goed in staat om een juiste afweging te maken tussen isolatiewaarde en lichtverlies door gebruik van de schermen.

In dit onderzoek is tevens bepaald wat de invloed van isolatiewaarde van de kas en de locatie van de verwarmingsbuizen is op netto straling. Bij een hogere isolatiewaarde van de kas en op koude nachten straalde de planten meer warmte uit naar boven toe. Dit komt enerzijds doordat de temperatuur boven de doeken in een hoog isolerende kas lager worden en daardoor ook de temperaturen van de schermen en anderzijds zorgt de betere isolatiewaarde van de kas ervoor dat de temperatuur van de bovenbuis lager wordt (ten opzichte van de referentiekas, zie 3.3.2).

In zo'n situatie moet de tuinder een beslissing nemen of hij meer waarde hecht aan een betere isolatiewaarde (dus scherm(en) voor 100% dicht) of voor minder uitstraling (kieren in de schermen waardoor de temperatuur van de schermen omhoog gaat).

Als de verwarmingsbuizen boven het gewas hangen zorgt dit voor minder uitstraling van de planten naar boven toe omdat de planten dan de warme buizen zien en omdat de onderste scherm laag opgewarmd wordt door de buiswarmte. Tevens neemt de temperatuur van de bovenste bladlaag toe en wordt het temperatuur verschil tussen bovenste en onderste bladlaag beduidend kleiner (zie 3.3.2).

## 5 Conclusie

In dit onderzoek is de isolatiewaarde van een verduisteringsscherf in een Chrysantenkas verhoogd door de twee lagen van het verduisteringsdoek die normaal op elkaar liggen uit elkaar te trekken en zo een spouw te creëren. Tevens is een transparant energiescherf geïnstalleerd om de isolatiewaarde van de kas nog verder te verhogen. Om ondanks de verhoogde isolatiegraad toch ook nog voldoende vocht af te kunnen voeren is deze proefafdeling voorzien van een Ventilation Jet systeem. Deze proefafdeling is vervolgens vergeleken met een referentie afdeling die een conventioneel verduisteringsscherf heeft. De invloed van de hogere isolatiegraad op klimaat, energieverbruik, netto straling en productie en kwaliteit is geanalyseerd in dit onderzoek.

De doelstelling van het onderzoek was om de U-waarde van een Chrysanten kas te verlagen van  $2.5 \text{ W/m}^2/\text{K}$  naar  $1.43 \text{ W/m}^2/\text{K}$  (verlaging van 42.8%). Door het toepassen van een spouw in het verduisteringsscherf en een transparant energiescherf is de droge U-waarde gedaald van  $3.00 \text{ W/m}^2/\text{K}$  voor een teelt met een conventioneel verduisteringsscherf naar  $1.67 \text{ W/m}^2/\text{K}$ . Dit komt overeen met een verlaging van de U-waarde van 44.3% (zie Tabel 11). Door het gebruik van de spouw en het transparante energiescherf is de procentuele verlaging van de U-waarde dus gerealiseerd en is de absolute verlaging naar een U-waarde van  $1.43 \text{ W/m}^2/\text{K}$  bijna gerealiseerd.

Het transparante energiedoek zorgt voor de grootste droge U-waarde verlaging, namelijk een gemiddelde verlaging van 33% (zie sectie 3.4.1) en de spouw in het verduisteringsscherf zorgt voor een gemiddelde U-waarde verlaging van 17% (zie Tabel 7). Als beide schermen tegelijk gebruikt worden draagt de spouw in het verduisteringsscherf voor 1/3 bij aan de energiebesparing en het transparante doek voor 2/3 aan de energiebesparing.

De forse verlaging van 44.3% van de droge U-waarde leidt echter niet tot een even grote energiebesparing namelijk in de proefafdeling was het energieverbruik  $27.1 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^2/\text{jaar}$  en in de referentieafdeling  $30.4 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^2/\text{jaar}$ . Dit komt omdat de hogere isolatiewaarde van de schermen alleen een invloed heeft op het energieverbruik voor het invullen van de warmtevraag als de schermen gesloten zijn wat in dit onderzoek overeenkomt met  $6.5 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^2$  (21.4% van het totale energieverbruik). De U-waarde verlaging van 44.3% heeft dus maar een invloed op 21.4% van het energieverbruik. Deze invloed is zo klein omdat in de Chrysantenteelt het overgrote deel van de energie wordt toegevoerd op basis van minimum buis temperatuur (69% in de zwaar geïsoleerde afdeling en 65% in de referentie afdeling) en omdat de schermen voornamelijk alleen in de donkerperiode zijn ingezet. De energiebesparing die in dit onderzoek kan worden toegewezen aan de hogere isolatiewaarde in de donkerperiode van de kas is  $1.9 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^2$ , wat neerkomt op een energiebesparing van 6.3%. Tevens is de proefafdeling uitgerust met een Ventilation Jet waardoor een lagere RV werd behaald ten op zichte van de referentie afdeling. Om deze lagere RV te bewerkstelligen is er meer energie gebruikt. Enerzijds omdat er meer voelbare en latente energie is afgevoerd door ventilatie en anderzijds omdat de verdamping toenam door de lagere RV. Als de RV in de proefafdeling hetzelfde geweest zou zijn als in de referentie afdeling, dan zou het verschil in energiegebruik tussen de proefafdeling en referentie afdeling groter geweest zijn.

Het toepassen van meerdere schermlagen in de Chrysantenteelt had geen effect op de kwaliteit en productie van de Chrysanten. De relatieve lage additionele investering van de spouw in het verduisteringsdoek van 0.44 €/m<sup>2</sup> (jaarlijkse kosten rekening houdend met onderhoud en afschrijving zijn 0.10 €/m<sup>2</sup>/jaar) kan worden terugverdiend als er minimaal 0.5 m<sup>3</sup> aan gas bespaard zou worden (bij een gasprijs van €0.19 per m<sup>3</sup>). Dit is inderdaad het geval omdat de spouw ongeveer 0.6 m<sup>3</sup> gas/m<sup>2</sup> bespaart. Bij een belichte Chrysantenteelt kan de investering in het transparante energiescherm en bijbehorende scherminstallatie kan niet volledig worden terugverdiend door energiebesparing. Een transparant energiescherm heeft wel andere voordelen zoals dat het gesloten kan blijven gedurende de dag wat bij kleine planten met weinig verdamping zorgt voor hogere relatieve luchtvochtigheden in de kas. Tevens wordt een transparant doek ingezet om de overgangen tussen de donker en licht periode geleidelijker te laten verlopen. De resultaten en opgedane kennis in dit onderzoek kan ook worden toegepast op andere type schermssystemen zoals een spouw in het energiescherm en op andere type teelten zoals beschreven in de discussie in sectie 4. De impact van een spouw in een verduisteringsscherm en/of in een energiescherm op energiebesparing in andere teelten hangt erg af van de hoeveelheid energie die op warmtevraag in de kas wordt gebracht als de schermen gesloten zijn. Een groot voordeel van het maken van de spouw in een verduisteringsscherm is dat de tweede scherm laag al aanwezig is, dus relatief lage investeringskosten. De verduisteringsschermen die bestaan uit 2 lagen doeken worden alleen bij korte dag teelten toegepast zoals chrysant en gerbera. Voor andere teelten bestaan de schermen uit 1 scherm laag waardoor de investeringen in een spouwscherm beduidend hoger zullen zijn omdat dan ook nog in een extra scherm doek moet worden geïnvesteerd. In dat geval zal de tuinder als hij extra wil gaan isoleren moeten kiezen tussen het investeren in een spouw of voor een tweede extra schermstelsel.

# Literatuur

De Zwart, H.F. 2018.

Optimale schermen voor overdag.

Janse, J., van Weel P., de Zwart, H.F. 2015.

Gebruik van hoogisolierende schermen in een komkommerteelt.

Raaphorst, M., van Weel, P., Roelofs, T. 2015

Praktijkproef HNT Chrysant.

Vanthoor, B.H.E., Tsafaras, I. 2018.

Ervaringen met het Ventilation Jet systeem bij Dekker Chrysanten.











To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



Wageningen University & Research,  
BU Glastuinbouw  
Postbus 20  
2665 ZG Bleiswijk  
Violierenweg 1  
2665 MV Bleiswijk  
T +31 (0)317 48 56 06  
F +31 (0) 10 522 51 93  
[www.wur.nl/glastuinbouw](http://www.wur.nl/glastuinbouw)

Rapport WPR-814

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.