Winterteelten chrysant

Energiezuinige demonstratieteelten met chrysant bij Delphy Improvement Centre

Marcel Raaphorst[1], Bas Oudshoorn[2], Eric Poot[2], Paul de Veld[3] en Martijn Wiekens[4]

[1] Wageningen Plant Research; [2] Delphy Improvement Centre; [3] Delphy; [4] Plant Lighting

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Referaat
Bij twee afdelingen van het Delphy Improvement Centre zijn twee winterteelten uitgevoerd, waarin in een afdeling de belichting is geïntensiveerd naar gemiddeld 250 µmol/(m².s) overdag, zodat meer warmte kan worden geoogst en gedurende de winter met een elektrische warmtepomp en een dagbuffer kan worden voorzien in de gehele warmtevraag. In de andere afdeling is ter vergelijking een standaard belichtingsintensiteit van gemiddeld 175 µmol/(m².s) overdag gehanteerd.
De intensievere belichting heeft geleid tot een restvraag van 1 m³/(m².jaar) aan extra aardgasequivalenten, een lagere footprint per tak en een lagere kostprijs. De verdamping is op verschillende manieren gemonitord, maar deze verschillende manieren gaven ook verschillende resultaten.
Bij teelt 1 bleek de houdbaarheid en de bladkwaliteit bij met name Chic onvoldoende. Het stimuleren van de luchtbeweging leek daar verbetering in te brengen bij teelt 2. Luis is de enige plaag waartegen eenmalig chemisch is opgetreden. Aaltjes werden wel een groeiend probleem, wat werd geweten aan het niet stomen van de grond. Als de grond jaarlijks moet worden gestoomd, is dat het grootste obstakel op weg naar een fossielvrije chrysantenteelt.

Abstract
At two compartments of the Delphy Improvement Centre, two winter crops were carried out. In one compartment, lighting was intensified to an average of 250 µmol/(m².s) during the day, allowing more heat to be harvested and enabling the entire heat demand to be met during winter using an electric heat pump and a 24-hours buffer. In the other department, a standard lighting intensity of 175 µmol/(m².s) during the day was used for comparison.
The intensified lighting resulted in a residual demand of 1 m³/(m².year) in additional natural gas equivalents and a lower footprint per stem and a lower cost price. Evaporation was monitored in various ways, but these different methods produced varying results.
In crop cycle 1, the shelf life and leaf quality—particularly for Chic—proved insufficient. Encouraging air movement appeared to improve this in crop cycle 2. Aphids were the only pest that required a one-time chemical treatment. Nematodes, however, became an increasing issue, attributed to the absence of soil steaming. If annual soil steaming is required, this would present the biggest hurdle on the path to fossil-free chrysanthemum cultivation.

Rapportgegevens
Rapport WPR-1482
Projectnummer: 3742 3298 00
BO-nummer: 43
DOI: https://doi.org/10.18174/701774

Dit project is gefinancierd vanuit het programma Kas als Energiebron, het innovatie- en actieprogramma voor energiebesparing en verduurzaming in de glastuinbouw van Glastuinbouw Nederland en het ministerie van LVVN. Verder hebben bijgedragen ChrIP, de stekleveranciers Dümmen Orange, Van Zanten en Dekker, en de participanten Signify en Brinkman. Daarnaast is het project veel dank verschuldigd aan de telers die de proeven hebben begeleid.

Disclaimer
© 2025 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research,
Businessunit Glastuinbouw
Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, 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, Businessunit Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk	Postbus 644, 6700 AP Wageningen
Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk	Droevendaalsesteeg 1, 6708 PB Wageningen
T +31 (0)317 48 56 06	T +31 (0)317 48 60 01
wur.nl/glastuinbouw	wur.nl/glastuinbouw

Inhoud

Samenvatting **5**

1 Inleiding **7**

1.1 Probleemstelling 7
1.2 Doelstelling 7
1.2.1 Teeltdoelstellingen 7
1.2.2 Energiedoelstellingen 7
1.2.3 Nevendoelstellingen 8

2 Werkwijze **9**

2.1 Kasuitrusting 9
2.2 Teelten 10
2.2.1 Nachtlengte 11
2.3 Beïnvloeding lengtegroei 11
2.3.1 EOD Verrood 11
2.3.2 Remstof 12

3 Resultaten **13**

3.1 Kasklimaat en verwarming 13
3.2 Schermen 14
3.3 Licht - Temperatuur verhouding 15
3.4 Gewasmetingen en productie 16
3.5 Gewasbescherming 17
3.6 Houdbaarheid 17

4 Energie en CO_2 **18**

4.1 Warmtebalans 19
4.2 Footprint 20
4.3 Economische analyse 20

5 Watergift en verdamping **23**

5.1 Weegschalen 23
5.2 Energie-input 24
5.3 Vochtafvoer via de luchtbehandelingsunits 25
5.4 Metingen en berekeningen met de energiebalans 25
5.4.1 Teelt 1 27
5.4.2 Teelt 2 29

6 Leerpunten **33**

6.1 Verlaging footprint 33
6.2 Economische haalbaarheid 33
6.3 Inzicht verdamping 33
6.4 Gewasreacties 34
6.5 Stomen 34
6.6 Gewasbescherming 34

Literatuur **35**

Bijlage 1 Teeltverslagen **36**

Bijlage 2 Publiciteit **49**

Samenvatting

Door latente warmte te oogsten en te hergebruiken, is het mogelijk om een groot deel van de verwarming bij een chrysantenteelt te elektrificeren met een warmtepomp, luchtbehandelingsunits en een dagbuffer. In de winterperiode kan echter niet op alle dagen voldoende warmte worden geoogst voor een volledig fossielvrije teelt. Bij twee afdelingen van het Delphy Improvement Centre zijn daarom twee winterteelten (plantweken 44 en 2) uitgevoerd, waarin in een afdeling de belichting is geïntensiveerd naar gemiddeld 250 µmol/(m².s) overdag, zodat meer warmte kan worden geoogst. Op die manier zou wel voldoende warmte beschikbaar moeten zijn. In de andere afdeling is ter vergelijking een standaard belichtingsintensiteit van gemiddeld 175 µmol/(m².s) overdag gehanteerd.
Ondanks de intensievere belichting bleek op koude dagen met beregening tezamen nog ongeveer 1 m³/(m².jaar) aan extra aardgasequivalenten nodig. Wel heeft de hogere productie geleid tot een lagere footprint per tak. Ook zou met een iets grotere buffer wel fossielvrij moeten kunnen worden geteeld, want daarvoor is per saldo in deze twee winterteelten voldoende geoogst.
Het intensiveren van de belichting heeft geleid tot een verlaging van de kostprijs per kg product. Of de investering in ontvochtiging met warmte-terugwinning kan worden terugverdiend, hangt af van de kostprijs van elektriciteit en warmte. Hoe hoger de warmteprijs en hoe lager de elektriciteitsprijs, hoe eerder de investering rendabel is.

De verdamping is intensief gemonitord tijdens de twee teelten. De beschikbare methoden hiervoor waren weegschalen, afvoer via luchtbehandelingsunits (LBU's) en de energiebalans (met metingen van de fytawatch). De metingen met de weegschalen leken tijdens de tweede teelt een betrouwbaarder verloop gedurende de dag weer te geven dan tijdens de eerste teelt. De totale gemeten verdamping door de weegschalen lag op ongeveer 2/3^{e} van de hoeveelheid beregening, op 1/2^{e} tot 2/3^{e} van de berekende verdamping op basis van de energiebalans. Deze grote verschillen geven aan dat meer ervaring met deze technieken nodig is voordat harde uitspraken kunnen worden gedaan over de verdamping in een grondteelt.

Chic en Pina Colada waren de hoofdrassen. Daarnaast zijn op kleinere schaal de rassen Altaj, Beau Monde, Celebrate, Fabienne, Ilonka, Kennedy, Prosecco, Purple Star, Peptalk en Sun Up geteeld. Bij teelt 1 bleek de houdbaarheid en de bladkwaliteit bij met name Chic onvoldoende. Dit werd geweten aan de lage luchtbeweging in de kas. Het wijzigen van de instellingen door het inbrengen van minder warmte vanuit de LBU's en meer warmte vanaf de onderbuis, leek de luchtbeweging te stimuleren. In ieder geval gaven de weegschalen daarna meer verdamping aan.

De plagen zijn beheerst met biologische bestrijders. Alleen luis moest tijdens teelt 1 chemisch worden gecorrigeerd. Ook zijn bodemfungiciden preventief toegepast. Wortelknobbelaaltjes werden wel een groeiend probleem, wat werd geweten aan het niet stomen van de grond. Als de grond wel jaarlijks moet worden gestoomd dan is dat het grootste obstakel op weg naar een fossielvrije chrysantenteelt.

1 Inleiding

Sinds februari 2017 is in een afdeling van 1000 m² bij Delphy Improvement Centre te Bleiswijk onderzoek gedaan naar energiezuinig telen van Chrysant. Deze proeven hebben de werktitel 'De Perfecte Chrysant' meegekregen. Als vervolg hierop zijn twee teelten uitgevoerd waarin getest is of met een hogere belichtingsintensiteit ook in de winter volledig fossielvrije chrysanten kunnen worden geteeld.

1.1 Probleemstelling

Elektrificatie is een essentiële stap richting fossielvrije glastuinbouw. Door warmteoverschotten via actieve ontvochtiging te oogsten en op te slaan (WKO), kan deze later worden gebruikt. Deze route van elektrificatie wordt al een aantal jaren met succes beproefd bij een aantal gewassen in onder meer Kas2030 en bij Delphy Improvement Centre in Bleiswijk. Meer warmte kan worden gewonnen als planten meer water verdampen, gestimuleerd door energie van LED-lampen. Deze methode wordt al succesvol toegepast bij chrysantenteelt, maar een seizoensbuffer zoals WKO blijft nodig. Een alternatief is om in de winter de belichting te intensiveren, wat extra warmte oplevert zonder luchtramen te openen. Getest moet worden hoe de belichting, temperatuur, en vochtregulatie moeten worden ingesteld om deze methode te optimaliseren.

1.2 Doelstelling

De doelstelling is het volledig fossielvrij maken van de chrysantenteelt zonder WKO, door middel van het dynamisch inzetten van LED-belichting met hoge maximale belichtingsintensiteit in combinatie met een adequate strategie van Isolatie, ontvochtiging, warmte-oogst en korte termijn warmtebuffering.

1.2.1 Teeltdoelstellingen

- Door de intensievere belichting kan de plantdichtheid en het aantal dagen Lange Dag (LD) gelijk gehouden worden aan die van zomerteelten. Dit levert een meerproductie van 18% op en verlaagt de footprint per stengel chrysant.
- Meer inzicht in verdamping van het gewas, zowel overdag als in de nacht, door weegschalen in te graven en metingen aan de energiebalans van het gewas uit te voeren.
- Inzicht krijgen in de gewasreactie op de extremere DIF, vochtiger telen en Full LED zonder achtergrond van zonlicht (gesloten schermen tijdens de koudste dagen).

1.2.2 Energiedoelstellingen

- Dit onderzoek levert een directe bijdrage aan de energiedoelstellingen door de input van fossiele brandstoffen terug te brengen naar 0, zonder de inzet van een lange-termijn warmtebuffer.
- Indicatie van de bijdrage die het onderzoek levert aan de doelstellingen van het energieprogramma t.o.v. state-of-the-art referentieniveau:
  - Besparing van de laatste 5 m³/m² aardgasequivalenten in de wintermaanden (november t/m maart)
  - Reductie van uitstoot van CO2 door volledig te elektrificeren en gesloten te telen in de wintermaanden waardoor gedoseerde CO2 optimaal benut wordt
  - De chrysantenteelt kan volledig worden uitgevoerd met duurzame energie
  - Door de belichting te intensiveren kan in de winter een productieverhoging van 18% worden gehaald door in plaats van 51 stuks/m2 naar 60 te gaan en van 9 dagen LD naar 8. Dit levert een meerproductie van 18% op en verlaagt de footprint per stengel chrysant.
- Het chrysantenareaal in Nederland is momenteel 450 hectare. Op dit areaal kan de ontwikkelde kennis snel worden toegepast. Daarnaast is de kennis faciliterend voor andere belichte teelten.

1.2.3 Nevendoelstellingen

- Kennisuitbreiding op het gebied van bodemweerbaarheid als alternatief voor stomen. Voorafgaand aan de proeven zal niet worden gestoomd.

2 Werkwijze

In afdeling 5.1 en 5.2 van het Delphy Improvement Centre zijn 2 teelten met chrysant uitgevoerd. Naast de hoofdrassen Chic en Pina Colada zijn volgende rassen op kleinere schaal geteeld: Altaj, Beau Monde, Celebrate, Fabienne, Ilonka, Kennedy, Prosecco, Purple Star (alle troschrysant) en de santinirassen Peptalk en Sun Up.

De afdelingen hebben beide 9 bedden. Bij de gewaswaarnemingen zijn de buitenste twee bedden buiten beschouwing gelaten.

De CO_2 doseercapaciteit is gelimiteerd op hoogstens 120 kg/(ha.uur). Remstof bespuitingen zijn uitgevoerd met een spuitboom, afhankelijk van lengte-ontwikkeling van het gewas en verwachte klimaat. Bij rassen die geen remming nodig hadden zijn de spuitdoppen dichtgezet.

Het kasklimaat en het gebruik van verwarming, ontvochtiging, CO_2 dosering en belichting zijn dagelijks vastgelegd. De BCO leden konden dit online volgen. De gewasbescherming is gedaan met inzet van biologische bestrijders. De gewasbescherming heeft als basis biologische bestrijding van trips, luis en eventueel andere insecten. Wekelijks is een groep met begeleidende telers, een teeltadviseur, onderzoeker en proefleider bijeengekomen om de ontwikkelingen in de teelt te bespreken. De gewasbescherming, de watergift en de bemesting zijn ook in het wekelijks overleg geëvalueerd.

Tussen de laatste stoombeurt en de eerste teelt van dit project hebben vijf teelten in beide afdelingen gestaan.

2.1 Kasuitrusting

De kasfaciliteit bij het Delphy Improvement Centre is een Venlokas met een 9.6 tralie die in twee afdelingen is gesplitst: links afdeling 5.1 en rechts afdeling 5.2. Beide afdelingen zijn 504 m², (35 x 14.4 m) en ingericht voor chrysantenteelt. Het kasdek is diffuus glas met 2 AR-coatings: 80% haze, 95,5% loodrechte en 85% hemisferische transmissie. Er zijn twee doeken: een verduisteringsdoek met witte onderzijde (Obscura 10070 FR WB+BW) en een energiedoek (Luxous 1347 FR).

De afdelingen zijn uitgerust met Full LED belichting met een potentiële capaciteit van ±350 µmol/(m².s) links (hoge belichting of HL) respectievelijk 210 µmol/(m².s) rechts (standaard belichting of LL). De ingezette capaciteit daarvan is beperkt gebleven tot de voor dit onderzoek gestelde doelen (zie Tabel 2).
Met de productie modules kan +/- 20 µmol/(m².s) verrood gerealiseerd worden.

Het in april 2019 geïnstalleerde systeem voor actieve ontvochtiging gebaseerd op warmtewinning met 2 LBU's en drie slurven boven het gewas is ook gesplitst, zodat nu beide LBU's de lucht via ieder twee slurven boven het gewas uitblazen. Het maximale debiet is 12 m³/(m².uur), waarbij het mogelijk is om in plaats van kaslucht ook buitenlucht aan te zuigen. Op basis van energiemetingen wordt het werkelijke debiet lager geschat (± 10 m³/m².uur). De luchtramen zijn voorzien van grofmazig insectengaas (0.8 * 0.8 mm). Er is een hogedruk nevelinstallatie die 500 gr/(m².uur) aan water kan vernevelen.

Om de gewasverdamping te meten zijn weegschalen (zie Figuur 1) in de grond ingegraven. In iedere weegschaal is een leliekist gevuld met kasgrond gezet, met daarin chrysantenplanten met dezelfde plantdichtheid als de rest van de afdeling. Hiermee zou de gewichtsdaling representatief moeten zijn voor de verdamping van de rest van de kas.

Figuur 1 *Weegschaal met leliebak in de kasgrond ingegraven.*

2.2 Teelten

In Tabel 1 zijn de plantdatum, het aantal dagen met een korte nacht (LD), de plantdichtheid en de behandeling per teelt weergegeven.

Tabel 1 *Plantdatum, plantdichtheid, aantal dagen langedag (LD) en behandelingen van de 2 teelten.*

Teelt	Plantdatum	Week	Dag	Aantal dagen LD	Plantdichtheid Pina Colada	Chic	Behandelingen
1 HL	31-10-2024	44	4	8	63.8	60	Gem. 250 µmol/(m2.s)
1 LL				9	48.8	46.4	Gem. 175 µmol/(m2.s)
2 HL	9-1-2025	2	4	7	60	56.3	Gem. 250 µmol/(m2.s)
2 LL				8	48.8	46.4	Gem. 175 µmol/(m2.s)

Naast de hoofdrassen zijn steeds een aantal andere rassen geplant en beoordeeld. Uitgangspunt was dat dit op twee vakken van 5 meter per ras werd gedaan. De keuze van de rassen is gemaakt in overleg met de toeleveranciers. De rassen zijn gekozen vanwege specifieke kenmerken zoals gevoeligheid voor slecht blad, gedrongen groei, sterke groei en om naast troschrysanten ook santinirassen mee te nemen in het onderzoek. De klimaatomstandigheden bleven erop gericht om de Chic en Pina Colada optimaal te telen en er zijn geen concessies gedaan naar de overige rassen. Per teelt werd voor Chic een iets lagere plantdichtheid aangehouden dan bij de andere rassen. Voor de santinirassen was de plantdichtheid 50-85% hoger.

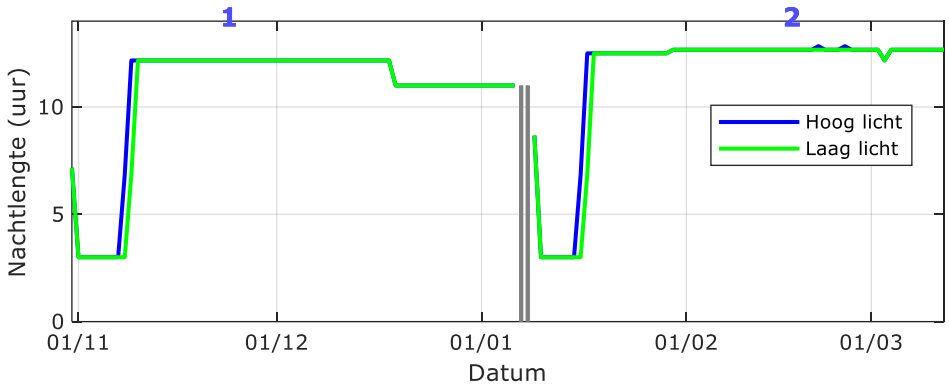
Voorafgaand aan beide teelten is een teeltaanpak beschreven met de doelstellingen voor die teelt (Bijlage 1). In elke teelten is onderscheid gemaakt tussen de afdelingen gemaakt op het gebied van een specifieke klimaatinstellingen. De teeltaanpak is bij het begin van een teelt besproken met de begeleidingscommissie. De klimaatinstellingen die per teelt of behandeling zijn aangepast zijn in Tabel 2 weergegeven. De volledige overzichten van de klimaatinstellingen per teelt zijn in Bijlage 1 weergegeven.

Tabel 2 *De basis instellingen voor stoken, ventileren, koelen, belichten en het gebruik van het energiescherm per teelt en behandeling.*

Instellingen		Teelt 1HL	Teelt 1LL	Teelt2HL	Teelt 2LL
LD dag stook	°C	21.5	21.5	21	21
LD Lichtverhoging Ventilatie en koeling	°C	5	5	5/6	5/6
KD dag stook	°C	20.5	20	20.5	20
KD Traject lichtverhoging	W/m²	100-250	100-250	150-350	150-350
KD nacht stook	°C	18	18	16	16
KD nacht koeling	°C	19	19	15	15
Ontvochtiging aan					
KD dag RV >	%	80	77	77	77
KD nacht RV >	%	87	87	80	80
Energiescherm dag					
Buiten temperatuur <	°C	10	10	10	10
Straling <	W/m²	100	100	125	125
Energiescherm uur voor donker dicht bij					
Straling <	W/m²	150	150	150	150
Belichtingsintensiteit max	µmol/(m2.s)	300	200	300	200
Belichtingsintensiteit gemiddeld	µmol/(m2.s)	250	175	250	175
Dimmen vanaf	µmol/(m2.s)	400	250	400	300

2.2.1 Nachtlengte

De nachtlengte is voor beide teelten gelijk gehouden. Alleen de start van de KD-periode verschilde. Aan het einde van teelt 1 is een kortere nacht aangehouden, omdat dat aan het einde van de teelt minder risico op bloeivertraging geeft. Bovendien kunnen de lampen bij een langere belichtingsperiode langer bijdragen aan de verwarming van de kas. In Figuur 2 is het verloop van de nachtlengte weergegeven op basis van een PAR sensor in de kas.



Figuur 2 *Nachtlengte gedurende beide teelten voor de lange dag en korte dag periode.*

2.3 Beïnvloeding lengtegroei

2.3.1 EOD Verrood

Om de lengtegroei te stimuleren is bij de teelten met een relatief lage intensiteit EndOfDay (EOD) verrood gegeven. Dat betekent dat direct na het sluiten van de verduistering en/of het afschakelen van de belichting 20 minuten lang verrode straling met een intensiteit van 10 µmol/(m².s) wordt gegeven. Tijdens teelt 2 is ook overdag verrood meegegeven. Dit betreft dan 5% van de totale belichtingsintensiteit. De duur van de verroodbehandeling hangt af van de gewasgroei en wordt door de BCO bepaalt. Meestal duurt deze meestal niet langer dan drie weken. Daarna moet voor de meeste cultivars de lengtegroei juist worden afgeremd met behulp van remstoffen.

2.3.2 Remstof

De remstof behandelingen zijn per teelt, per ras en behandeling uitgevoerd en afgestemd op de groei van het ras. De hoeveelheid remstof (Alar= daminozide) wordt standaard opgegeven in gespoten hoeveelheid werkzame stof in gram per 1000 m². Optellen van de hoeveelheid per keer geeft een indicatie van de hoeveelheid remstof die per teelt is gebruikt. Dat is in Tabel 3 weergegeven naast de gemeten taklengte aan het einde van de teelt. Een gedetailleerde weergave van de remstofbespuitingen zijn te vinden in de cultuurkaarten van Bijlage 1. De verschillen tussen Teelt 1 en Teelt 2 zijn niet groot. Tussen de behandelingen zijn wel grote verschillen in de hoeveelheid remstof die gebruikt is. HL heeft gemiddeld 24% meer remstof gekregen en is gemiddeld 7% langer dan LL. Daarbij zijn er ook nog verschillen in de reactie van de rassen: Chic, Fabienne en Beau Monde krijgen de meeste remstof en Chic, Prosecco, Celebrate en Beau Monde hebben de grootste lengte gekregen.

Tabel 3 *Hoeveelheid remstof en lengte per ras, per teelt en per behandeling.*

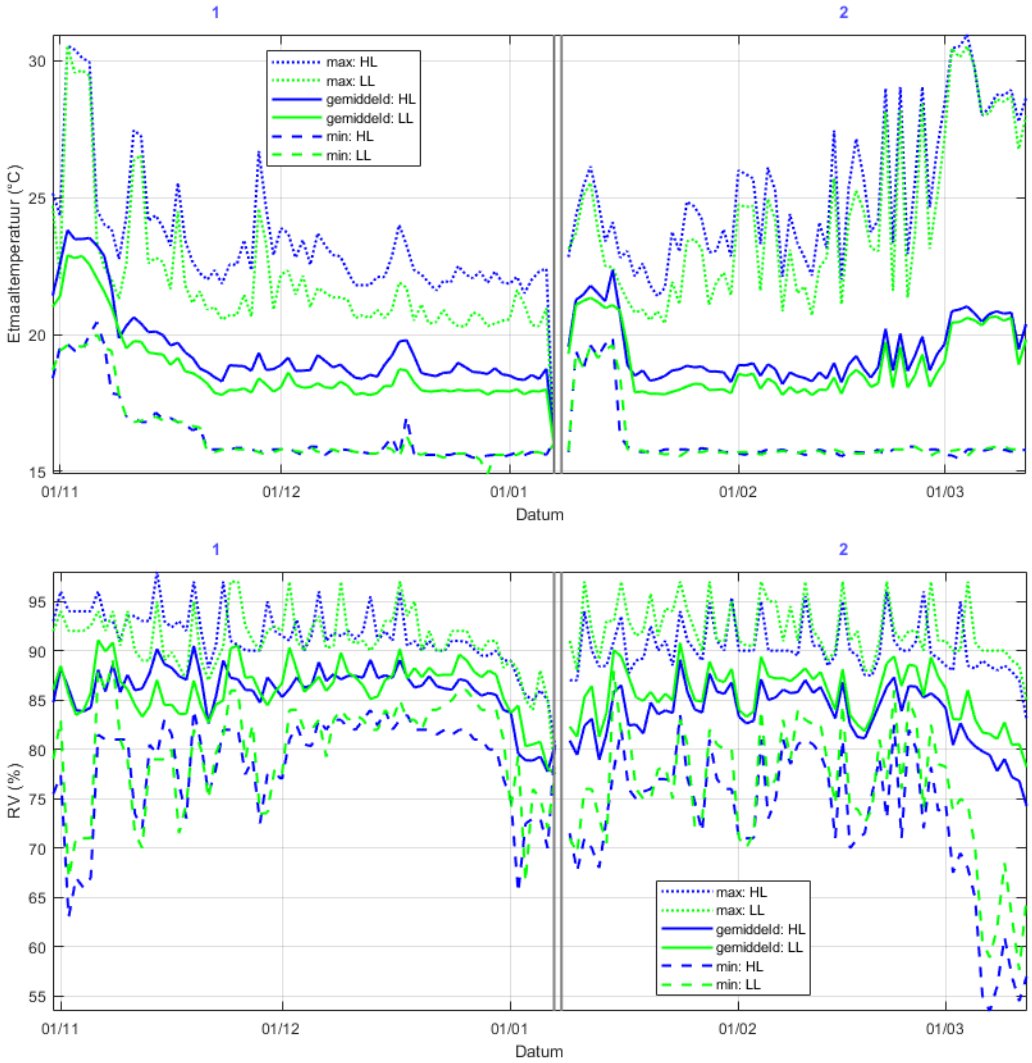
	Gebruik remstof (g/1000 m²)				**Lengte bij oogst (cm)**			
	Teelt 1		**Teelt 2**		**Teelt 1**		**Teelt 2**	
Ras\behandeling	**HL**	**LL**	**HL**	**LL**	**HL**	**LL**	**HL**	**LL**
Chic	1100	800	1400	1050	87.0	78.6	95.0	80.0
Pina Colada	300	300	400	300	80.2	74.1	83.7	80.0
Altaj	150	100	200	200	80.3	83.0	85.0	78.8
Beau Monde	2000	1800	1900	1500	93.8	84.5	82.5	84.8
Celebrate	700	500	500	400	85.8	88.0	89.3	87.8
Fabienne	1200	1200	1400	800	82.4	73.3	78.8	68.8
Ilonka	400	300	300	200	85.5	77.5	80.5	78.8
Kennedy	600	600	400	300	83.3	76.0	80.5	75.5
Prosecco	500	400	600	400	88.3	74.8	87.5	83.8
Purple Star	800	800	400	300	80.8	73.5	80.3	78.8
Peptalk	50	50	50	50	64.5	63.0	69.3	63.0
Sun up	50	50	50	50	68.3	66.0	77.8	71.8
Gemiddelde	*655*	*575*	*633*	*463*	*81.7*	*76.0*	*82.5*	*77.7*

3 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste resultaten per item behandeld. Een overzicht van de resultaten per teelt inclusief cultuurkaarten zijn als teeltverslagen weergegeven in Bijlage 1.

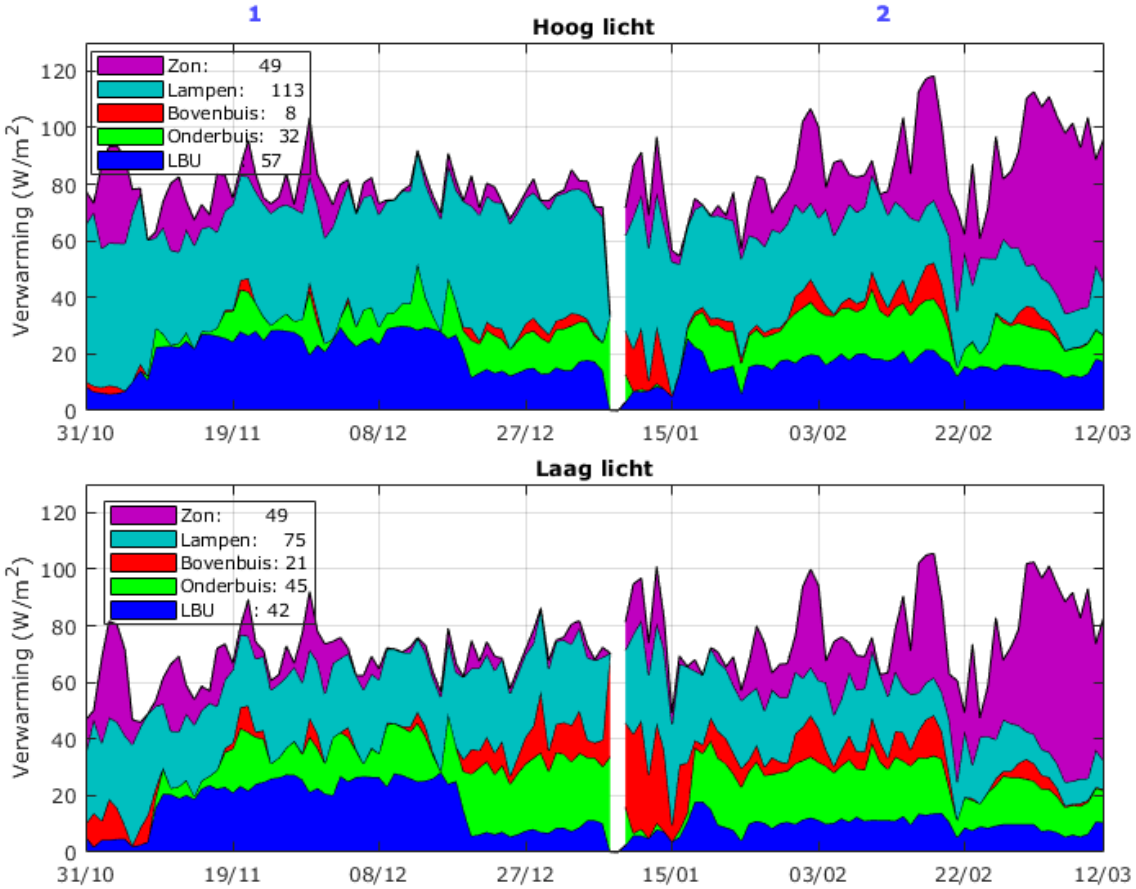
3.1 Kasklimaat en verwarming

In onderstaande 2 grafieken van Figuur 3 worden maximum- en gemiddelde- en minimumwaarden per etmaal voor temperatuur en luchtvochtigheid getoond. De minimumtemperatuur was in beide teelten voor beide behandelingen gelijk. Voor wat betreft de gemiddelde en de maximumtemperatuur was deze in de afdeling met de hogere lichtintensiteit telkens hoger. Alleen aan het einde van teelt 2, waarbij de zon een steeds grotere invloed kreeg op de maximum temperatuur werd het temperatuurverschil tussen beide afdelingen vrijwel 0. De DIF is hiermee iets groter in de afdeling met HL, al is het verschil met LL niet groot. Het verloop van de RV laat duidelijk zien op welke dagen er is gegoten. Vooral tijdens de tweede teelt was bij LL de RV hoger dan bij HL. Bij de eerste teelt was dit lang niet altijd het geval.



Figuur 3 *Etmaalwaarden (minimum, gemiddeld en maximum) voor kastemperatuur (boven), en relatieve luchtvochtigheid (onder).*

In de afdeling met standaard belichting is meer buiswarmte ingezet dan in de afdeling met hoog licht, waar de lampen al voor de meeste warmte-input zorgden. In Figuur 4 is de verhouding tussen de verschillende warmtebronnen (LBU, buizen, lampen en zon) per etmaal weergegeven. Over het algemeen zijn de lampen de grootste warmterbron, maar na half februari neemt de zon het grootste deel voor zijn rekening. Hierbij dient rekening te worden gehouden dat zowel de lampen als de zon alleen overdag voor verwarming zorgen. 's Nachts is de verwarming alleen afkomstig van de buizen en de LBU. Vanaf half december is te zien dat het setpoint van de uitblaastemperatuur voor de LBU is verlaagd, waardoor minder warmte via de LBU en meer via de buizen is ingezet. Het doel van deze aanpassing was om met koudere lucht uit de slurven en met warmere onderbuizen de luchtbeweging in het gewas te stimuleren. Ondanks dat luchtbeweging de verdamping kan stimuleren, lijkt dit geen of weinig invloed op de totale warmtevraag te hebben gehad.

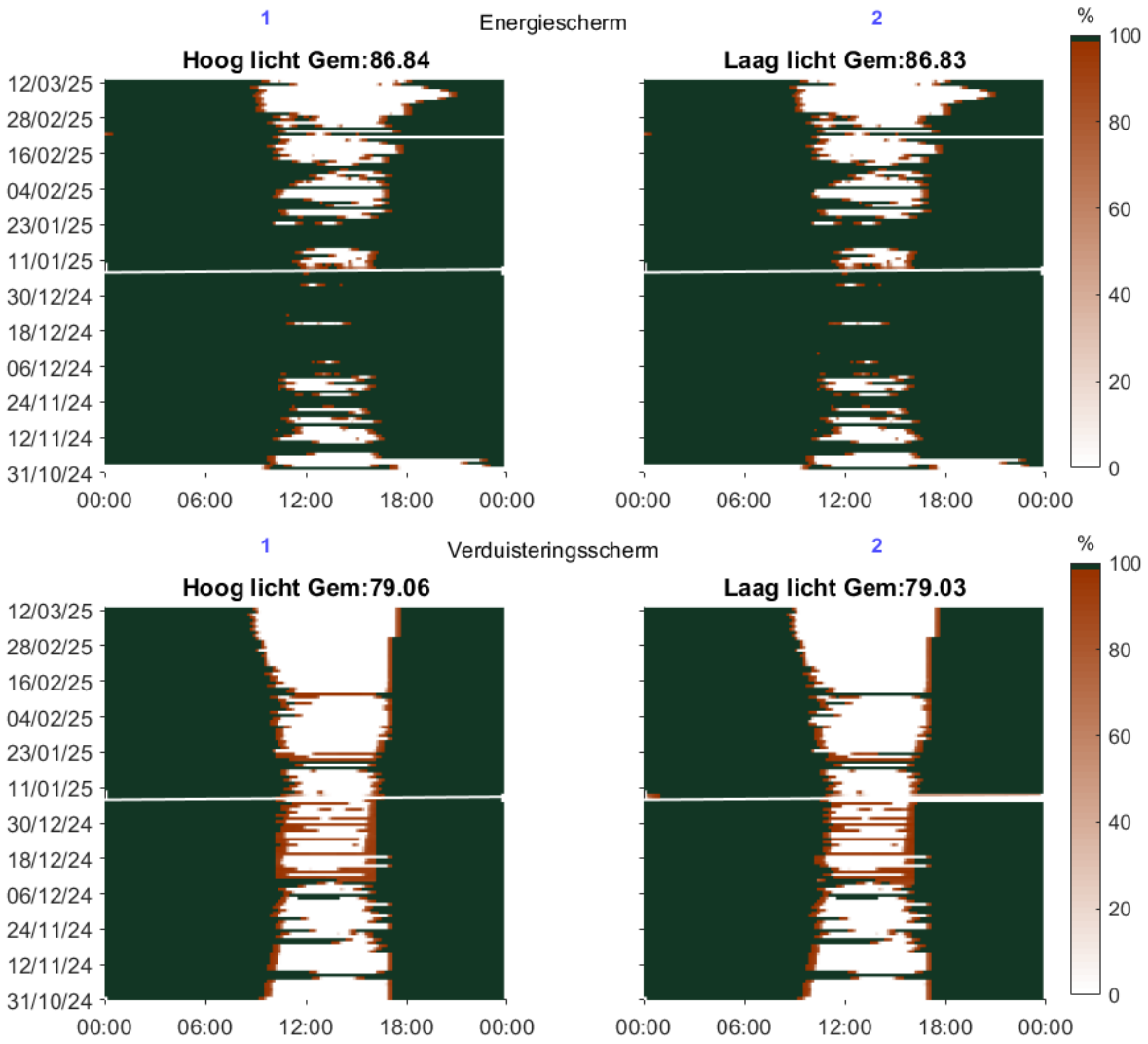


Figuur 4 *Verwarming van de twee afdelingen (gemiddeld per etmaal in W/m², en in de legenda in kWh/m² over de twee teelten) afkomstig van de luchtbehandelingsunits (LBU), de boven- en onderbuis, de lampen en de zon.*

In Bijlage 1 zijn grafieken van gemiddelde temperatuur en RV voor dag en nacht per teelt opgenomen.

3.2 Schermen

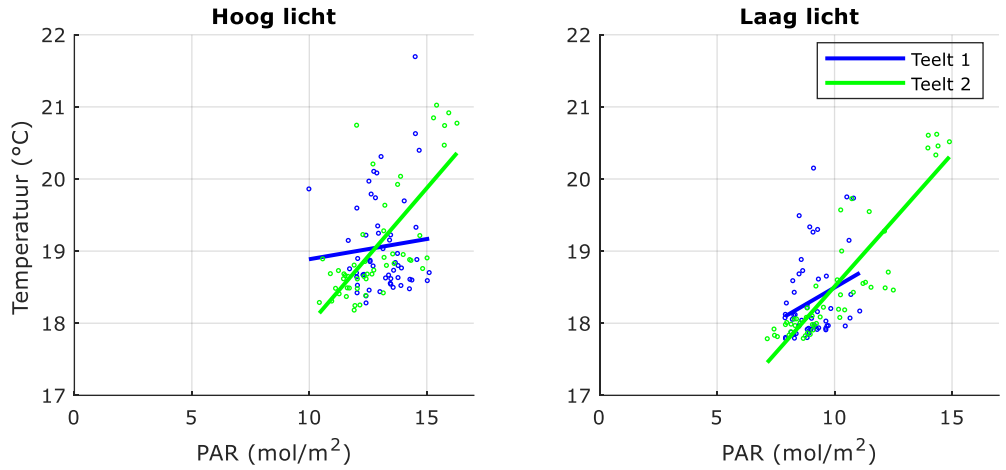
Het energiedoek wordt pas geopend als de buitentemperatuur en of de globale straling boven het setpoint uitkomt. Het energiedoek is in beide afdelingen ±87% van de tijd gesloten geweest, en het kwam geregeld voor, dat het energiedoek dagen achter elkaar gesloten bleef. Het verduisteringsdoek is in beide afdelingen ±79% van de tijd gesloten geweest. Ook die is op koude dagen een heel etmaal dicht gebleven, zodat het gewas die dagen geen zonlicht heeft gezien. Na 5 weken is overdag wel een kier aangehouden in het verduisteringsdoek om bij een volgroeid gewas de verdamping te stimuleren.



Figuur 5 *Tienminutenoverzichten van de schermstand (%) van het energiedoek (boven) en van het verduisteringsdoek (onder).*

3.3 Licht - Temperatuur verhouding

Hoe meer licht het gewas ontvangt, hoe hoger de kastemperatuur moet zijn om de geproduceerde assimilaten te verwerken. In Figuur 6 zijn de gerealiseerde etmaaltemperaturen tijdens de KD periode uitgezet tegen de hoeveelheid ontvangen PAR per etmaal. Hierbij is gesteld dat ieder etmaal start en eindigt om 6:00 uur in de ochtend. De hoeveelheid PAR overdag bepaalt immers de gewenste temperatuur op dat moment en in de volgende uren om de gevormde assimilaten te verwerken.
Uit de figuur is te zien dat alle regressielijnen stijgend zijn, maar dat vooral bij teelt 1 de variatie per dag in beide afdelingen erg groot is.



Figuur 6 *Verhouding tussen de etmaaltemperatuur (°C) en de hoeveelheid PAR (mol/(m².dag)) voor de twee teelten bij de twee afdelingen*

3.4 Gewasmetingen en productie

Tijdens elke teelt is de ontwikkeling van de takken gevolgd door planten te meten op de plantkenmerken, lengte, vers en drooggewicht stengel, blad en bloem, bladoppervlak en bij de eindoogst het aantal bloemen en knoppen en de lengte vanaf het potje met bruin/geel blad aan de steel. Aan het einde van de LD periode en na vier weken KD zijn per cultivar en per afdeling 60 takken (3 veldjes van 20 planten) gemeten. Aan het eind van de teelt zijn 120 takken (4 veldjes van 30 takken) gemeten. In dit verslag zijn niet alle resultaten van deze metingen verwerkt, maar wordt het beperkt tot een aantal gegevens van de eindmeting (Tabel 5). De LBE blijkt bij hoog licht altijd lager te zijn dan bij laag licht. Verder is bij de eindmeting een extra meting met hetzelfde meetprotocol als bij de voorgaande teelten gebruikt: de perfectiescore voor het objectiveren van de kwaliteit van het eindproduct. De details van de perfectiescore zijn per teelt weergegeven in Bijlage 1.

Tabel 4 *Teeltduur, reactietijd, gewicht en productie per m², de lichtsom tijdens de teelt, de lichtbenuttingsefficiëntie en perfectiescore voor Chic en Pina Colada in de 2 teelten per behandeling.*

Teelt	Week	Behandeling	Teeltduur [dagen]	Reactie tijd [dagen]	Gewicht [gram/tak]	Productie [gram/m²]	PARsom [mol/m²]	LBE [g/mol]	Score
		Chic							
1	44	Hoog licht	63	56	92.0	5517	880	6.3	6.7
		Laag licht	66	55	95.1	4411	601	7.3	7.0
2	3	Hoog licht	60	53	83.0	4674	775	6.0	8.1
		Laag licht	60	52	88.0	4084	587	7.0	8.0
		Pina Colada							
1	44	Hoog licht	67	59	107.2	6838	938	7.3	7.5
		Laag licht	68	59	98.7	4816	640	7.5	7.6
2	3	Hoog licht	64	56	96.4	5787	819	7.1	8.0
		Laag licht	64	55	93.3	4555	624	7.3	7.5

3.5 Gewasbescherming

Tijdens beide teelten is gestreefd naar het vermijden van de inzet van chemische middelen door preventief natuurlijke bestrijders uit te zetten. In teelt 1 is er vanaf teeltweek 2 gestart met de inzet van bestrijders, Propylea en een mix van sluipwespen (Aphidius colemani, Aphidius ervi, Aphidius matricariae, Aphelinus abdominalis, Ephedrus cerasicola en Praon volucre). Daarnaast is er Orius uitgezet tegen trips en Phytoseiulus tegen spint. Trips is de gehele teelt onder controle geweest en spint is niet gevonden. Luis werd al in de tweede teeltweek gevonden in beide afdelingen. In teeltweek 6 is er Chrysoperla bijgezet op de luizenhaarden. Echter ging de luis toch harder dan de luisbestrijders. Ook de sluipwespenmix had niet voldoende bestrijdend effect ondanks dat er veel parasitering is waargenomen. Er is uiteindelijk afgespoten met Teppeki & Sivanto Prime. Hierna zijn er geen levende luizen meer gevonden. Wel levende Propylea. Deze natuurlijke bestrijder lijkt dus bestand tegen Teppeki & Sivanto Prime.
Omdat luis al vroeg opdook in de eerste teelt, is er besloten om in teelt 2 een bodembehandeling uit te voeren met Lalguard om eventueel overgebleven luizen in de bodem te bestrijden. Eén dag na planten is er gespoten met Neudosan en dit is drie dagen later herhaald. Na de laatste bespuiting zijn de eerste natuurlijke bestrijders uitgezet op bankerplanten (Lobularia). Tegen trips en spint waren dat, net als in teelt 1, Orius en Phytoseiulus. Tegen luis is gewerkt met Propylea, Aphidius colemani en Micromus angulatus. Daarnaast zijn er wekelijks biostimulanten meegegeven met het gietwater, Biosecta en Silicapower. Trips en spint waren de gehele teelt onder controle. In teeltweek 6 is er één kleine luizenhaard geconstateerd. Hierin zijn extra Propylea en Micromus ingezet. Na iets meer dan 1 week was de plek volledig opgeruimd.
Tussen de laatste stoombeurt en de eerste teelt van dit project hebben vijf chrysantteelten in beide afdelingen gestaan waarbij gefocust is op bodemweerbaarheid. En is gekozen om niet te stomen om het effect van de acties in het voorgaande project te onderzoeken. Het toepassen van bodemweerbaarheidsproducten is niet doorgezet. In beide afdelingen werd in de eerste teelt een plek met wortelknobbelaaltjes gevonden. In reactie hier op zijn de middelen soilcomplex carbocomplex toegepast om de grond meer weerbaar te maken. In de hoog lichtafdeling is de plek met aaltjes uitgebreid in ronde twee. In de laag lichtafdeling (LL) is de haard kleiner geworden. Of het stoppen van de toepassing van bodemweerbaarheidsproducten de oorzaak is van de infectiedruk van de wortelknobbelaaltjes. is niet te concluderen. Mogelijk hebben deze producten de aaltjes in de voorgaande teelten onderdrukt. Het is echter ook mogelijk dat de aaltjes pas binnen zijn gekomen bij de start van dit project.

3.6 Houdbaarheid

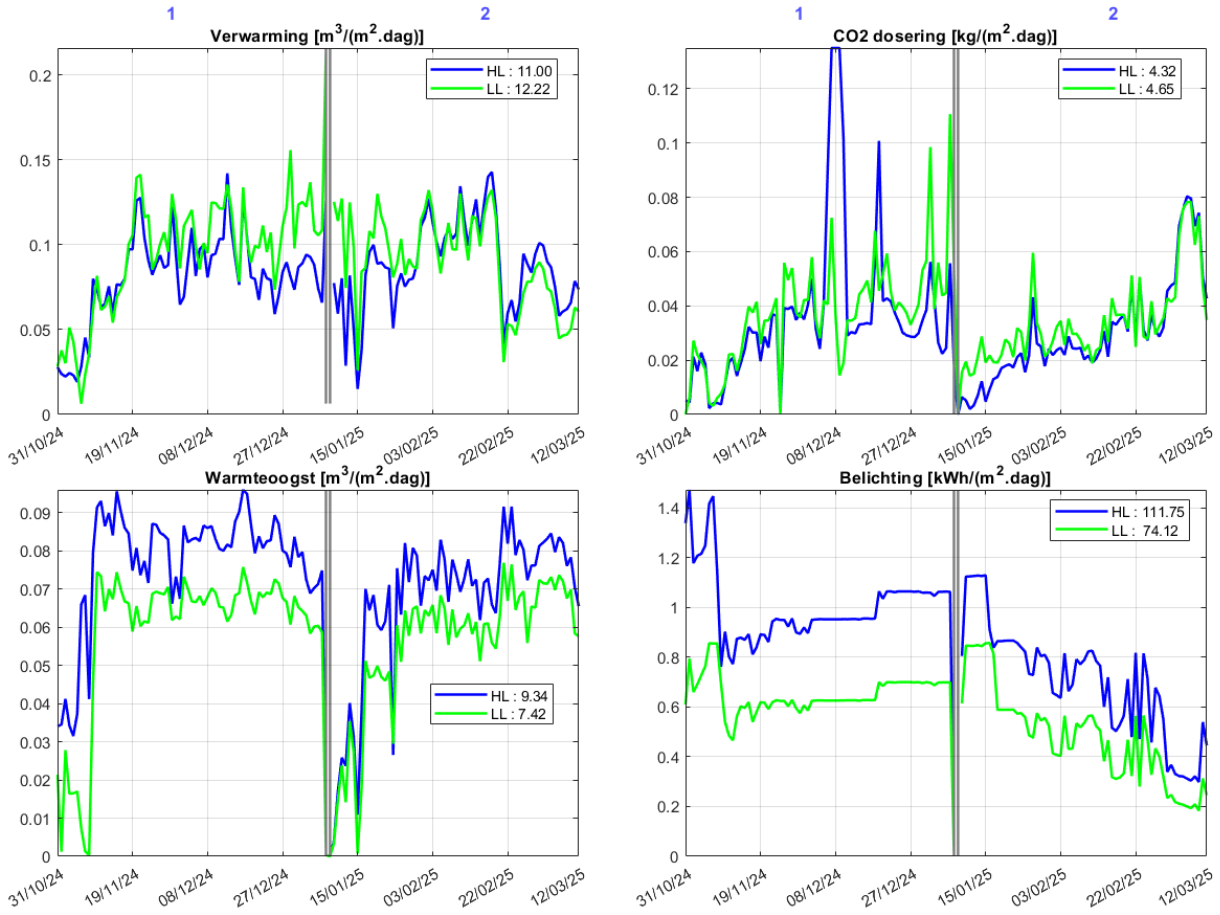
De houdbaarheid van Chic en Pina Colada is per teelt en behandeling getest. Daarvoor zijn per behandeling 4 of 6 bossen van 5 takken ingehoesd en droog in een doos bewaard in de koelcel gedurende 7 dagen. De takken waren gelijk geoogst met de takken die voor de destructieve eindmeting zijn geoogst. Na de transportsimulatie zijn de takken met 5 stuks per vaas in de uitbloeiruimte gezet bij 20°C en 60% RV en een daglengte van 12 uur. Daarna zijn de takken geregeld beoordeeld op vaasleven.
Bij teelt 1 viel de houdbaarheid tegen. Pina Colada bij laag licht had zelfs een gemiddelde houdbaarheid van minder dan 7 dagen. Bij teelt 2 was de gemiddelde houdbaarheid telkens meer dan 14 dagen. Bij standaard belichting (LL) lag het gemiddelde een fractie lager dan bij hoog licht (HL), maar dat verschil was niet significant.

Tabel 5 *De gemiddelde houdbaarheid in dagen en de standaardafwijking (SD) per teelt, behandeling en cultivar.*

Cultivar	Plantweek	Teelt	Gemiddelde HL	SD HL	Gemiddelde LL	SD LL
Chic	44	1	9.3	2.8	11.8	1.0
Chic	3	2	15.9	2.8	14.9	2.2
Pina Colada	44	1	13.1	5.0	6.4	2.2
Pina Colada	3	2	19.3	2.9	18.5	1.8

4 Energie en CO_2

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de inzet van de middelen warmte, koude, CO_2 en elektriciteit (voor belichting) bij de proef. Figuur 7 geeft het verloop weer van het gerealiseerde gebruik per etmaal van deze middelen.



Figuur 7 *Verloop van de hoeveelheid verwarming, CO_2-dosering, koeling (=warmteoogst) en belichting per etmaal voor de intensieve afdeling (HL) en de standaardafdeling (LL).*

Discussie: Energie input in onderzoek is niet gelijk aan praktijk

Bij het elektriciteitsverbruik voor belichten moet worden opgemerkt dat het gebruik iets hoger is dan in de praktijk kan worden bereikt. Dit heeft met twee aspecten te maken. In de afdeling hangen verhoudingsgewijs meer armaturen (ca 15% meer), dan op een groot bedrijf om het gewenste lichtniveau overal in de afdeling te bereiken, vooral bij de gevels.

Het rendement van de lampen is met 3.4 µmol/J weliswaar hoger is dan dat van SON-T, maar lager dan de LED-lampen die praktijkbedrijven kunnen aanschaffen, al komen ook lagere rendementen voor. Meer lampen met een iets lagere efficiëntie dan mogelijk is betekent dat er meer warmte van de lampen in de kas komt. Verwacht mag dus worden dat op een groter praktijkoppervlak met efficiëntere LED-lampen minder elektriciteit voor belichten nodig is maar meer warmte nodig zal zijn om de gewenste kastemperatuur te realiseren.

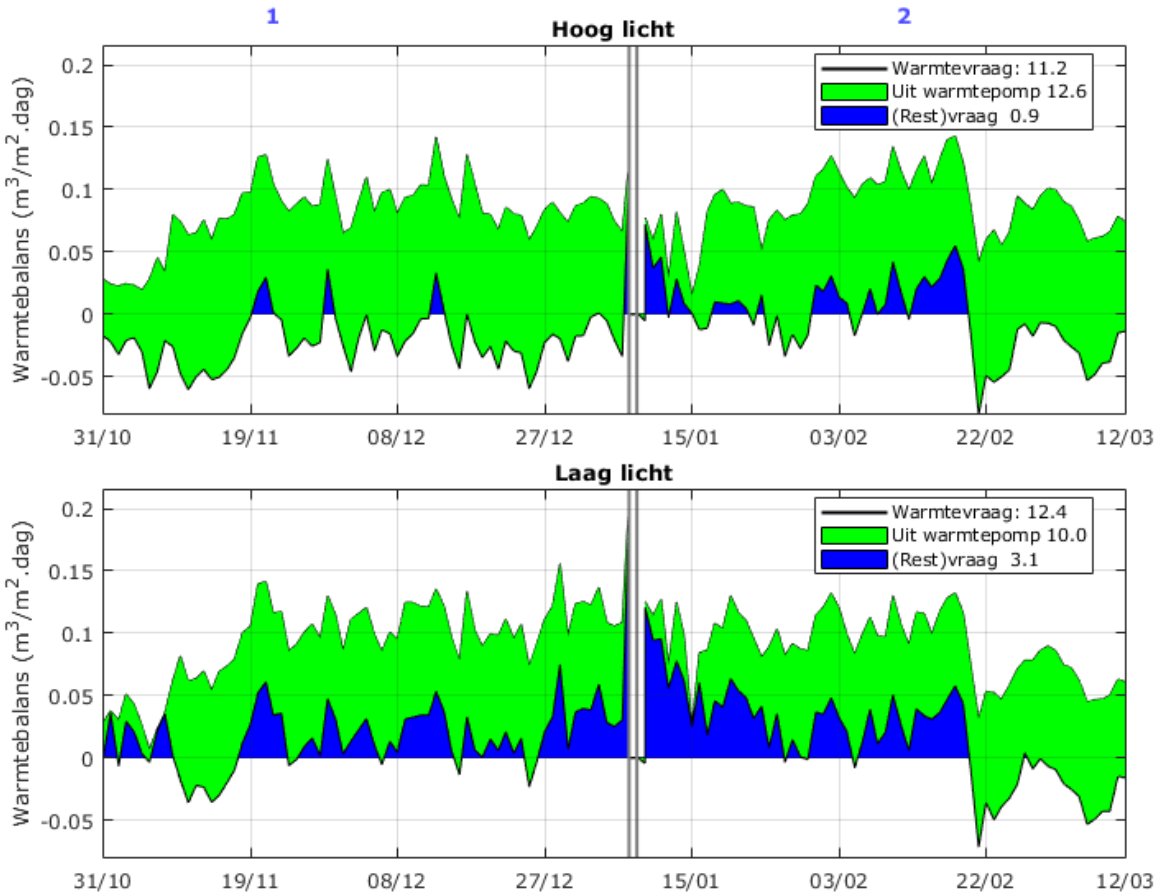
Bij de warmte spelen nog twee effecten. Een praktijkbedrijf heeft een hogere lichttransmissie en krijgt dus meer energie van de zon binnen en een praktijkbedrijf heeft een ander geveloppervlak in verhouding tot het oppervlak aan kasdek. De afdeling bij het Improvement Centre ligt met 3 van de 4 gevels tegen andere afdelingen of de kascorridor. Toch heeft door de grootte van de afdeling de gevel die grenst aan de buitenlucht een oppervlak van ca 20% in vergelijking tot het kasoppervlak, terwijl dat voor praktijkbedrijven meestal rond 10% ligt. Hierdoor gaat er meer warmte verloren via de gevel.

De combinatie van deze verschillen tussen de proefafdeling en een praktijkbedrijf maakt dat de vertaling van de energiecijfers van het onderzoek naar praktijksituatie lastig is. Voor dit onderzoek worden alleen de gegevens van de afdeling vermeld. Om een schatting te maken van het energieverbruik op praktijkschaal zullen modelberekeningen nodig zijn.

4.1 Warmtebalans

In dit project is ervan uitgegaan dat de warmtepomp iedere m³ geoogst aardgasequivalent met behulp van 2,9 kWh aan elektriciteit kan omzetten in 1,33 m³ bruikbaar aardgasequivalent. De vraag naar warmte loopt niet synchroon met de hoeveelheid beschikbare warmte. In Figuur 8 wordt getoond dat ook in de 'Hoog licht afdeling' op sommige dagen onvoldoende warmte kon worden geoogst om voor dat etmaal in de warmtevraag te voorzien. Met name in teelt 2 waren er dagen waarin er een restvraag overbleef. Deze restvraag was 8% van de totale warmtevraag over deze twee teelten. In de 'Laag licht afdeling' (LL) was de restvraag met 3,1 m^3/m^2 een stuk hoger dan bij HL, wat neerkomt op 25% van de warmtevraag.

De maximale warmtevraag per etmaal betreft bij HL ongeveer 0,14 m³ae/m². Om die hoeveelheid op te slaan bij een temperatuur van 20°C boven de retourtemperatuur is een buffer nodig van 0,14*31.65/4,18/30*10000=350 m³/ha. Indien de warmtebuffer voldoende groot zou zijn om de warmte van 3 etmalen in plaats van 1 etmaal op te slaan dan zou de restvraag in de twee afdelingen 0,6 respectievelijk 2,8 m³/m² zijn. Dit betekent dat de buffer dan ook de tekorten van drie dagen moet opvangen, wat neerkomt op een buffer van 350*(0,14 + 2*0,05)/0,14 = 600 m³/ha die de restvraag met slechts enkele tienden m³ae/m² verlaagt ten opzichte van een buffer van 350 m³/ha.



Figuur 8 *Dagelijks verloop van het verschil tussen de gevraagde warmte en de hoeveelheid warmte die dankzij de warmteoogst met een warmtepomp kan worden geproduceerd (m³/(m².dag)). De bovenste lijn is de totale warmtevraag; het groene vlak betreft de warmte die door inzet van de warmtepomp is geproduceerd. Het blauwe vlak betreft de restvraag die uit andere bronnen moet worden gehaald. Als het groene vlak onder de nullijn komt is er sprake van een warmte overschot.*

4.2 Footprint

In een chrysantenteelt wordt het overgrote deel van de CO_2-footprint bepaald door het energiegebruik. Om de footprint per stengel te bepalen moet eerst worden gedefinieerd hoeveel aardgas en elektriciteit nodig zijn per teelt en hoeveel CO_2-emissie door het gas- en elektriciteitsverbruik wordt veroorzaakt. In Tabel 6 is bepaald dat voor de twee teelten met HL 0,9 m³/m² aardgas en 130,9 kWh/m² aan elektriciteit is gebruikt en met LL 3,1 m³/m² aardgas en 90,4 kWh/m². De CO_2-dosering is bij deze berekening buiten beschouwing gelaten.
Als wordt uitgegaan van 0,22 kg CO_2 per kWh grijze elektriciteit (bron: CBS 2023) en 2,134 kg CO_2 per m³ aardgas (dit is inclusief het transport en de productie van schaliegas) dan komt dat met HL en LL neer op 30,7 respectievelijk 26,5 kg/m² aan CO_2 emissie voor deze twee teelten.

Tabel 6 *Gebruikshoeveelheden per teelt voor verwarming, warmte-oogst, resterend gasverbruik, CO_2-dosering, belichting en totaal elektriciteitsgebruik (belichting+warmtepomp).*

Teelt	Verwarming [m³/m² ae]		Warmteoogst [m³/m² ae]		Gasverbruik [m³/m²]		CO_2 dosering [kg/m²]		Elektriciteit voor belichting [kWh/m²]		Elektriciteit totaal [kWh/m²]	
Afdeling	HL	LL	HL	LL	HL	LL	HL	LL	HL	LL	HL	LL
1	5.35	6.48	4.96	3.92	0.2	1.4	2.41	2.51	66.5	43.7	77.4	52.3
2	5.45	5.74	4.23	3.5	0.7	1.7	1.88	2.14	44.2	30.4	53.5	38.1
2 teelten	10.80	12.22	9.19	7.42	0.9	3.1	4.29	4.65	110.7	74.1	130.9	90.4

De footprint per stengel wordt berekend door de CO_2-emisssie van de verschillende teelten te delen door de plantdichtheden (zie Tabel 7). Hieruit blijkt dat de intensieve teelten (HL gemiddeld 250 µmol/(m².s)) een lagere footprint per stengel hebben dan de teelten standaard teelt LL met gemiddeld 175 µmol/(m².s).

Tabel 7 *Berekening van de CO_2-footprint in kg CO_2 per stengel.*

Teelt	CO2 emissie [kg/m²]		Plantdichtheid Pina Colada [#/m²]		Plantdichtheid Chic [#/m²]		Footprint Pina Colada [kg/st]		Footprint Chic [kg/st]	
Afdeling	HL	LL	HL	LL	HL	LL	HL	LL	HL	LL
1	17.5	14.5	63.8	48.8	60.0	46.4	0.27	0.30	0.29	0.31
2	13.2	12.0	60.0	48.8	56.3	46.4	0.22	0.25	0.24	0.26
2 teelten	30.7	26.5	123.8	97.6	116.3	92.8	0.25	0.27	0.26	0.29

4.3 Economische analyse

Om te bepalen of het investeren in zwaardere belichting in combinatie met een ontvochtigingsinstallatie met warmterugwinning economisch interessant is zijn de volgende kostenposten bepaald:
- Rente, onderhoud en afschrijving van:
  - LED belichting
  - Luchtbehandelingsunits, slurven en warmtepomp
  - Warmtebuffer
- Warmte-inkoop
- Elektriciteitsinkoop

In Tabel 8 zijn de kosten per geproduceerde kg chrysant voor drie scenario's doorgerekend:
1. Hoog licht afdeling (HL)
2. Laag licht afdeling (LL)
3. Referentiekas (Ref) zonder ontvochtiging, waarbij is aangenomen dat het warmtegebruik, het elektriciteitsgebruik voor belichting en de productie gelijk zijn aan die van LL.

Hierbij is gerekend met een warmteprijs van 0,40 €/m³ae en een elektriciteitsprijs van 0,10 €/kWh. Naast het energiegebruik is ook gerekend met de investeringskosten van belichting en warmtevoorziening. De investeringskosten voor belichting van een jaar drukken volledig drukken op deze twee teelten. De investeringskosten voor WP, WKK, buffers, LBU en ketel van een jaar drukken voor 59% op deze twee teelten, omdat 59% van de verwarming in deze twee teelten wordt gebruikt. Daar bovenop is rekening gehouden met vaste kosten, zoals de afschrijving en onderhoud van de kas de schermen, de verwarmingsbuizen, de bedrijfsruimte et cetera, en de kosten voor gewasbescherming. Deze zijn vastgesteld op € 18,- voor een heel jaar en op € 6,50 per m^2 gedurende deze twee teelten in alle drie de scenario's. Geen rekening is gehouden met kosten voor plantmateriaal, bemesting, verpakking en arbeid, die in alle scenario per kg chrysant gelijk worden verondersteld. Uit Tabel 8 blijkt dat onder die condities de kostprijs per kg chrysanten het laagst is bij de intensieve teelt.

Tabel 8 *Schatting van de energiekosten per kg chrysant voor drie scenario's.*

		Investering/Aantal			Kosten €/m²		
		HL	LL	Ref	HL	LL	Ref
LED	€/m²	63.0	42.0	42.0	8.19	5.46	5.46
WKK	€/m²			32.0			4.73
LBU en slurven/ schermventilator	€/m²	11.0	11.0	6.0	0.85	0.85	0.46
WP	€/m²	12.0	12.0		0.92	0.92	
Buffer	€/m²	3.0	3.0		0.23	0.23	
Elektra licht	kWh/m²	110.7	74.1		11.07	7.41	
Elektra WP	kWh/m²	20.2	16.3		2.02	1.63	
Gas voor WKK	m³/m²			24.8			9.92
Verkoop elektriciteit (netto)	kWh/m²			17.5			-1.75
Warmte uit ketel	m³ae/m²	0.9	3.1		0.36	1.24	
Energiekosten	€/m²				23.64	17.74	18.82
Overige vaste kosten	€/m²				6.51	6.51	6.51
Productie	kg/m²	11.4	8.9	8.9			
Energie+vaste kosten	€/kg				2.64	2.71	2.84
Energie+vaste kosten bij afschrijving heel jaar	€/kg				3.96	4.40	4.59

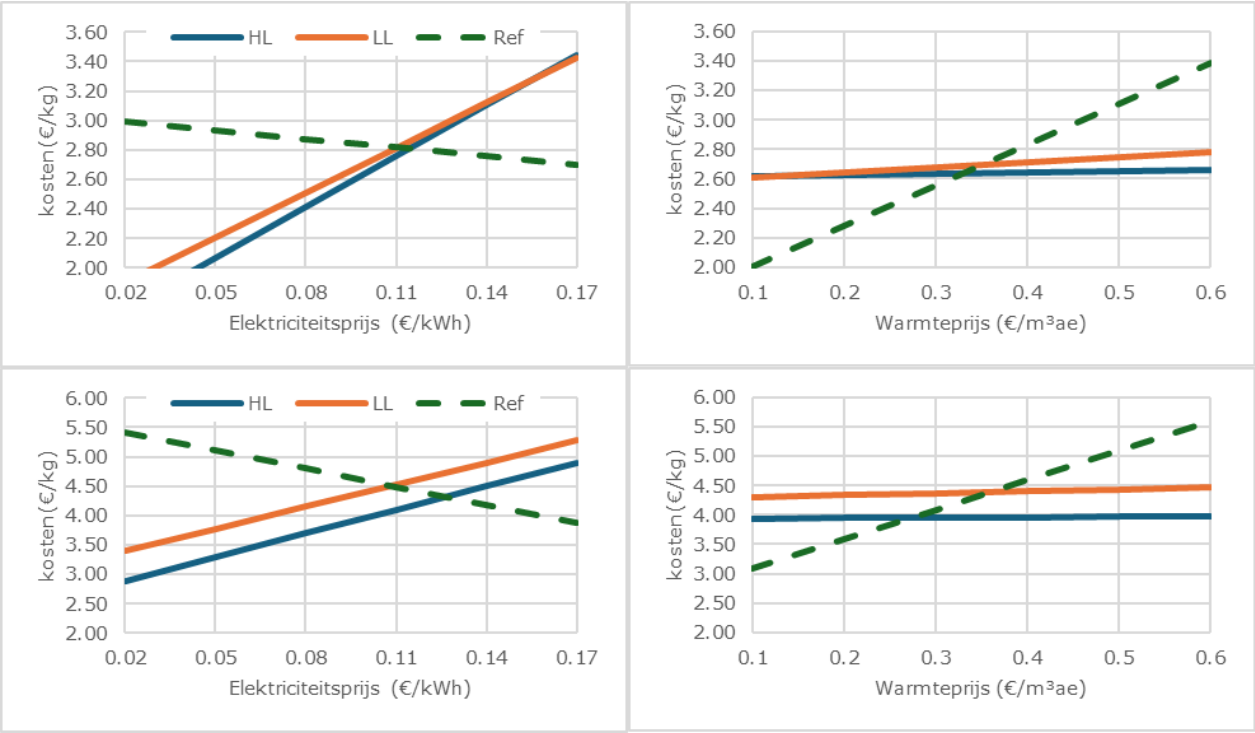
Hierbij dient te worden aangetekend dat geen rekening is gehouden met de voordelen van de warmtepomp en de luchtbehandelingskasten in de rest van het jaar. Daarom is in Tabel 8 een extra regel toegevoegd met de kostprijs indien de kosten en baten van de genoemde energie en vaste kosten over een heel jaar worden gedeeld door de kg-productie van deze twee teelten.
Hierbij is gerekend met het volgende:

- de warmtevraag voor alle afdelingen is in de rest van het jaar 10 m³ae/m² extra
- bij HL en LL is dan 22 kWh/m² aan extra elektriciteit voor de warmtepomp nodig.
- bij de referentie wordt de WKK langer benut, waardoor 20 m³/m², meer aardgas nodig is en 74 kW/m² meer elektriciteit aan het net wordt geleverd.

Ook met die rekenwijze heeft het HL scenario de laagste kostprijs per kg.

Verder zijn de berekende kostprijzen in Tabel 8 sterk afhankelijk van de elektriciteitsprijs en in mindere mate van de warmteprijs (zie Figuur 9). De kostprijs van HL ligt in alle gevallen lager dan die van LL. Bij een elektriciteitsprijs van 0,1 €/kWh (figuur rechtsboven) ligt het break-even point voor een warmtepomp bij de twee extensieve scenario's (LL en ref) rond een warmteprijs van 0,35 €/m³ae. Als HL en ref met elkaar worden vergeleken dat ligt het break-even point bij een warmteprijs van 0,33 €/m³ae.
Bij een warmteprijs van 0,40 €/m^{3}ae (figuur linksboven) ligt het break-even point voor HL en ref rond een elektriciteitsprijs van 0,110 €/kWh. LL is gunstiger dan de referentie als de elektriciteitsprijs lager is dan 0,114 €/kWh.
Met de alternatieve berekening drukken de hogere jaarkosten per m^2 op de producties van twee teelten, waardoor de laag producerende LL en ref relatief ongunstig uitvallen. Dan liggen de break-even points tussen HL en ref op respectievelijk 0,127 €/kWh en 0,273 €/m^{3}ae en tussen LL en ref op respectievelijk 0,108 €/kWh en 0,359 €/m^{3}ae.

Het verloop van de kostprijzen per kg bij afdelingen HL en LL lopen vrijwel parallel doordat het elektriciteitsverbruik per geproduceerde kg chrysanten onderling niet veel verschilt. Dit laat zien dat de rentabiliteit van het intensiveren betrekkelijk onafhankelijk is van de elektriciteitsprijs.



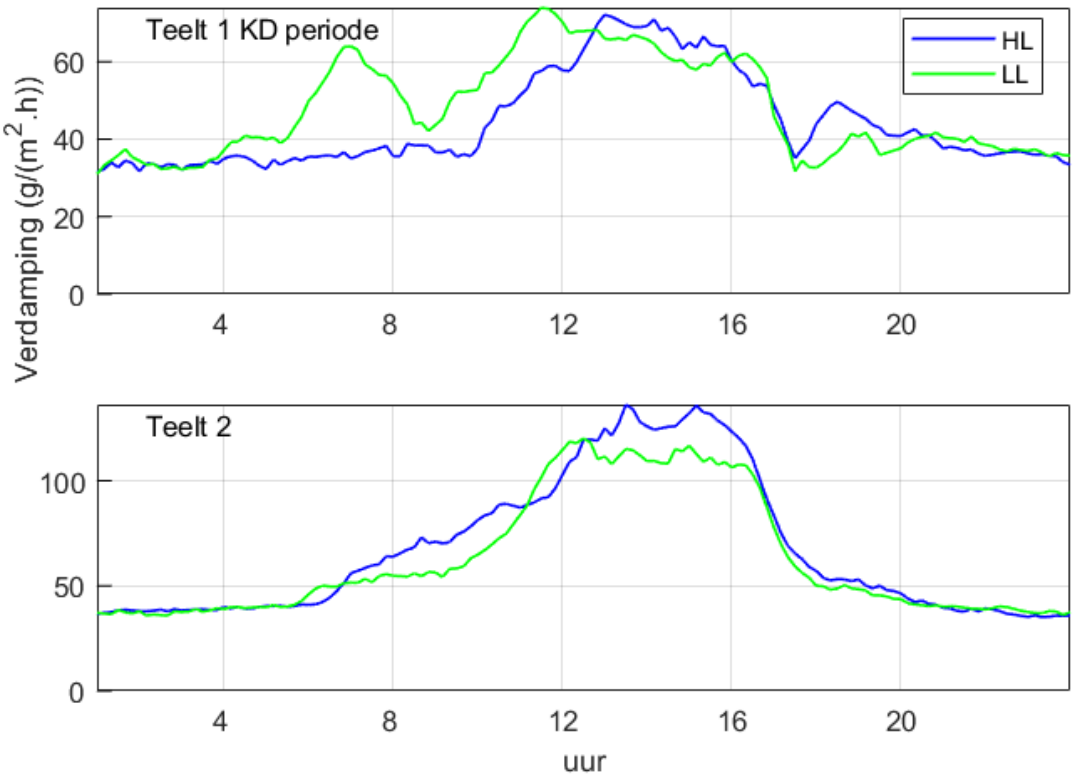
Figuur 9 *Energiekosten per kg chrysant voor de twee teelten als functie van de elektriciteitsprijs bij een warmteprijs van 0,4 €/m³ae (links) en als functie van de warmteprijs bij een elektriciteitsprijs van 0,1 €/kWh (rechts). De bovenste figuren betreffen alleen de winterteelten. De onderste figuren houden ook rekening met 10 m³ae/m² extra warmtevraag in de rest van het jaar.*

5 Watergift en verdamping

De waterhuishouding is op meerdere manieren gemeten of berekend. Ten eerste is de watergift geregistreerd. Deze bleek in teelt 1 bij HL en LL respectievelijk 119 en 108 l/m² te bedragen en bij teelt 2 respectievelijk 144 en 134 l/m². De cumulatieve watergift is echter altijd hoger dan de cumulatieve verdamping, omdat een deel van de watergift ook via de drainage wordt afgevoerd.

5.1 Weegschalen

De gewasverdamping is gemeten met weegschalen in de grond. Alleen tijdens beregening van het gewas en daarna (de grond in de weegschaal druipt een aantal uren uit) is de meting niet representatief. Voor de andere momenten is in Figuur 10 een cyclisch gemiddelde weergegeven van een gemiddeld etmaal per teelt. Hieruit blijkt dat de nachtverdamping in teelt 1 gemiddeld rond 35 g/(m^2.uur) lag en tijdens teelt 2 iets hoger (± 40 g/(m^2.uur)). Mogelijk is dit veroorzaakt door het verschil in cultivar (tijdens teelt 1 waren de weegschalen beplant met Chic; tijdens teelt 2 was dat Pina Colada). De verdamping overdag was lager dan verwacht. Zeker tijdens teelt 1 in de linkerafdeling steeg de verdamping nauwelijks op het moment dat de lampen aangingen, en begon deze pas te stijgen op het moment dat het verduisteringsscherm geopend werd. Het gewas in de rechterafdeling ging wel al meer verdampen op het moment dat de lampen aangingen. Aangezien in de HL-afdeling meer is belicht dan bij LL, wordt daar ook meer verdamping verwacht. Dat dit niet is gevonden, heeft twijfels opgeleverd. Enerzijds zou deze nieuwe meetwijze afwijkingen kunnen leveren. Anderzijds zou het kunnen zijn dat de verdamping niet gelijk verdeeld is over de kas, bijvoorbeeld doordat rassen kunnen verschillen in de mate van verdamping, of doordat de beperkte luchtbeweging in de kas ook nog ongelijkmatig verdeeld is. Nadat besloten is vanuit de slurven een lagere uitblaastemperatuur te hanteren werden de metingen realistischer, mogelijk doordat door die aanpassing meer luchtbeweging in het gewas werd gerealiseerd. Ook tijdens teelt 2 laat de gemeten verdamping een meer realistisch verloop zien.



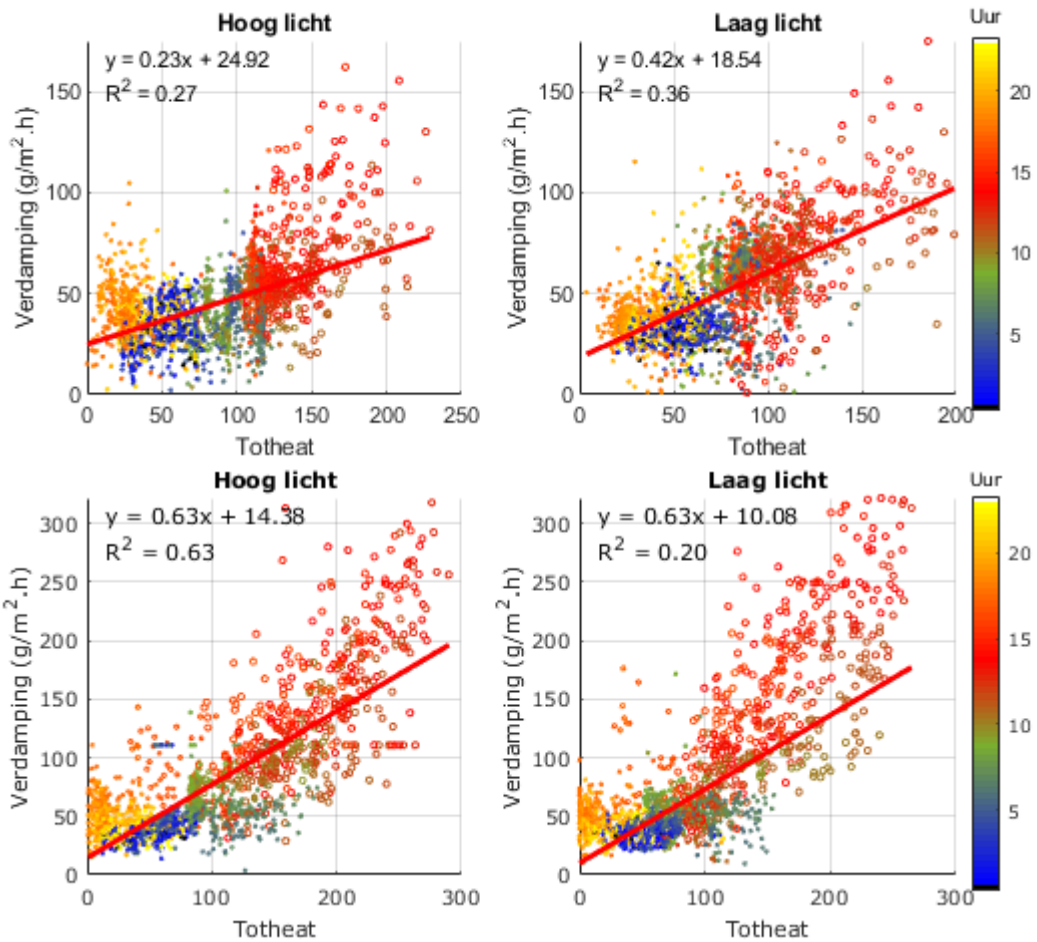
Figuur 10 *Cyclisch verloop van de met de weegschalen gemeten verdamping (g/(m^2.uur)) in beide afdelingen en beide teelten tijdens de KD periode.*

De gemiddeld gemeten verdamping was tijdens teelt 1 gelijk aan 1,04 respectievelijk 1,15 l/(m^2.dag). Dat zou voor een teelt van 68 dagen neerkomen op 71 respectievelijk 79 l/(m^2.teelt). Dat is 60% respectievelijk 73% van de watergift.
De gemiddeld gemeten verdamping was tijdens teelt 2 gelijk aan 1,62 respectievelijk 1,42 l/(m^2.dag). Dat zou voor een teelt van 63 dagen neerkomen op 102 respectievelijk 89 l/(m^2.teelt). Dat is 71% respectievelijk 66% van de watergift.

5.2 Energie-input

De hoeveelheid verdamping is sterk gecorreleerd met de hoeveelheid energie die de kas binnenkomt (zie Figuur 11). De belangrijkste energiestromen zijn die van de zon, de lampen en van de verwarming. Uit Figuur 11 blijkt de correlatie het grootst tijdens teelt 2 in de kas met hoog licht (R^2=63%). Verder valt op dat de gele/oranje punten (avonduren) veelal boven de regressielijn liggen en de blauwe punten (nachturen) daar juist onder. Een mogelijke verklaring daarvoor is de kasbodem die gedurende de avond nog warmte afgeeft aan de afgekoelde kaslucht, terwijl dat 's nachts niet meer het geval is.

Omdat de verdampingswarmte van water bij 20°C gelijk is aan 2450 J/g (ook wel uitgedrukt als 1000/2450=0.41 liter/MJ), en een Wh gelijk is aan 3600 J, zal de verwachte verhouding tussen verdamping en energie-input lager zijn dan 3600/2450=1.47 g/Wh. Niet alle binnengekomen warmte wordt immers omgezet in verdamping, maar verlaat de kas als voelbare warmte (bijvoorbeeld door luchtuitwisseling of uitstraling). De regressielijnen van teelt 2 geven aan dat een Wh extra warmte leidt tot 0,63 g extra verdamping (ofwel 0.19 l/MJ). Dit geeft aan dat minder dan de helft van de warmte wordt omgezet in verdamping en de rest dus verdwijnt als voelbare warmte. Bij teelt 1 zijn de regressielijnen nog veel minder steil.



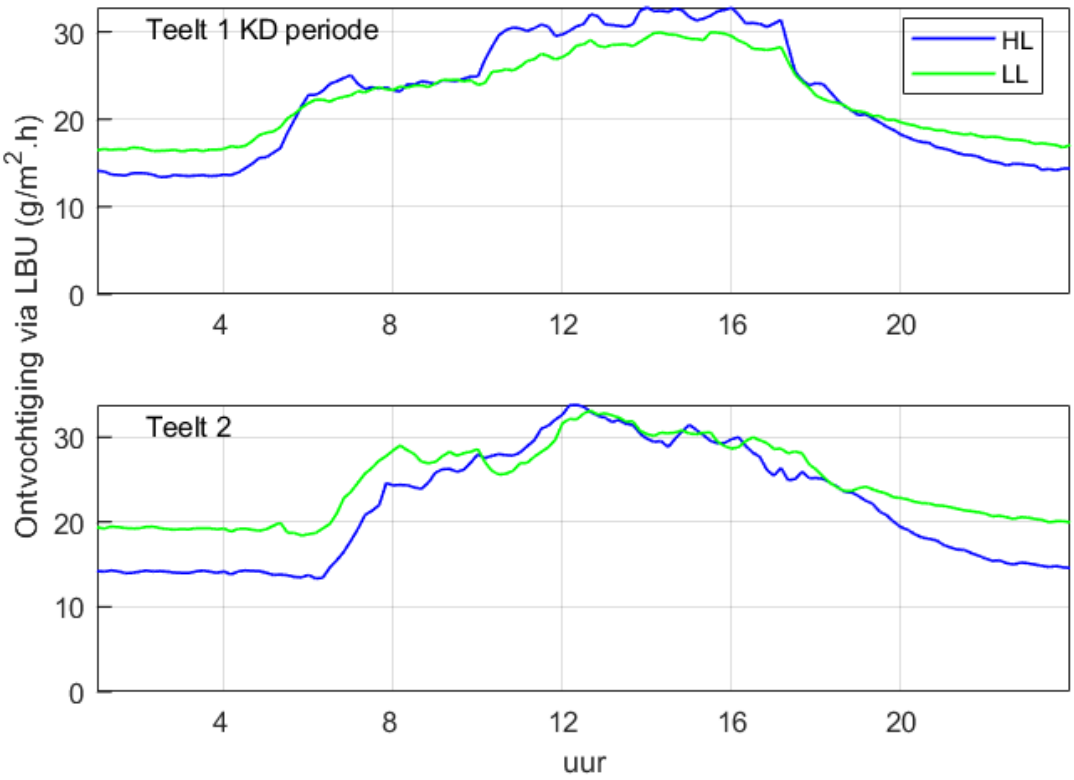
Figuur 11 *Gemeten verdamping in de 2 afdelingen tijdens teelt 1 (boven) en teelt 2 (onder) uitgezet tegen de totale hoeveelheid warmte van buizen, LBU, lampen en zonlicht (W/m^2). De kleur staat voor het tijdstip van de dag.*

5.3 Vochtafvoer via de luchtbehandelingsunits

De verdamping is ook benaderd door te berekenen hoeveel vocht door de luchtbehandelingsunits is onttrokken (zie Figuur 12). Hierbij is het verschil tussen de absolute luchtvochtigheid van de aangezogen en de uitgeblazen lucht vermenigvuldigd met het debiet door de luchtbehandelingsunits. Hierin zijn de condensatie tegen het kasdek en de lekverliezen dus niet meegenomen. Wat opvalt bij deze berekende ontvochtiging is dat deze tijdens de nacht verschilt tussen de afdelingen, terwijl de luchtvochtigheid en de verwarming dan onderling niet veel verschillen. Dat zou kunnen worden verklaard door een of meerdere van de volgende hypothesen:

- Het gewas in de afdeling met hoog licht verdampt minder makkelijk;
- De LBU's in de afdeling met hoog licht realiseren een hoger debiet of in de afdeling met standaard belichting een lager debiet dan waarvan is uitgegaan (max 12 m^3/m^2.uur);
- Condensatie of lekkage via het kasdek en de gevel vindt in de afdeling met hoog licht meer plaats dan in de afdeling met standaard belichting.

Verder valt op dat Figuur 12 veel lagere waarden weergeeft dan Figuur 10. Zelfs 's nachts, als de ramen en schermen gesloten zijn ligt de berekende vochtafvoer via de LBU lager dan 50% van de gemeten verdamping. Dit geeft aan dat de LBU's slechts een klein deel van de verdamping afvoeren.



Figuur 12 *Cyclisch verloop van de met de LBU gemeten ontvochtiging (g/(m^2.uur)) in beide afdelingen en beide teelten tijdens de KD periode.*

5.4 Metingen en berekeningen met de energiebalans

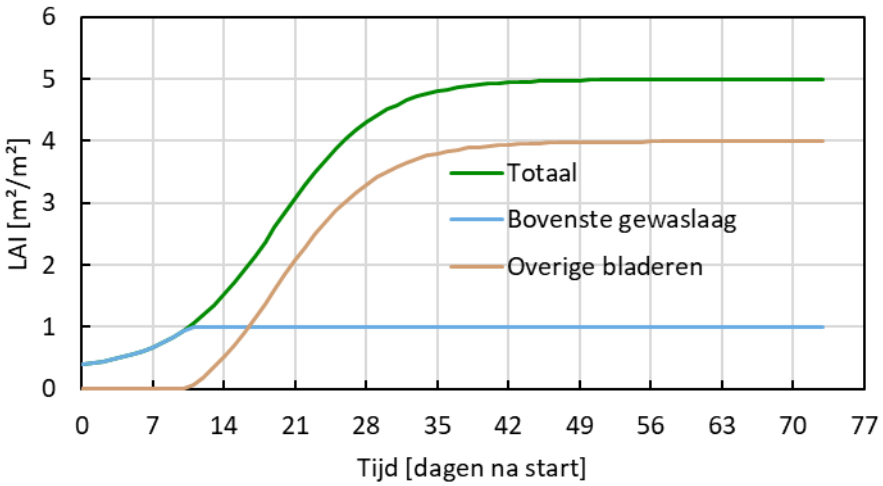
Gewasverdamping kan ook worden berekend vanuit de energiebalans van het gewas (Wiekens et al., 2024). In voorgaand onderzoek bij Plant Lighting (uitgevoerd in een klimaatcel) kwam naar voren dat hoewel er in absolute zin nog een verschil in etmaalverdamping naar voren kwam, het algemene patroon van verdamping dezelfde trends liet zien.

Het doel van deze studie is om de meetresultaten uit de weegschalen te correleren en vergelijken met een berekende verdamping van de energiebalansmethode in de omgeving van een kas. Hiertoe is een fytawatch ingezet (een mobiele meetbox uitgerust met sensoren om de energiebalans van het gewas te kwantificeren).

De methode van het berekenen van de gewasverdamping vanuit de energiebalans wordt uitgebreid beschreven in Wiekens et al., 2024. De verdamping is berekend op basis van twee gewaslagen (de bovenste m²/m² van de LAI en het blad daaronder). In twee chrysantenteelten in twee afdelingen van het Delphy Improvement Centre zijn metingen verricht aan de energiebalans van het gewas. In de eerste teelt is gemeten aan het ras Chic, en tijdens de tweede teelt aan het ras Pina Colada.
Omdat er ten tijde van de analyse geen LAI bekend was is de aanname gedaan dat de LAI gedurende de teelten steeg naar 5.0 m²/m², net als in eerder onderzoek (Ongepubliceerd vervolg op Wiekens et al., 2024). Vanaf 11 dagen na start werd er gerekend met een tweede gewaslaag, omdat er een totale LAI van meer dan 1.0 m²/m² werd bereikt. Het (aangenomen) verloop van de LAI over de teelt is weergegeven in Figuur 13.
Na afloop van de teelten bleek dat er verschillen waren tussen de LAI van beide afdelingen. In beide teelten werd na 40 dagen een lagere LAI gemeten (27% in de eerste teelt, 21% in de tweede teelt) in de afdeling met lage lichtintensiteiten (Tabel 9). Het verschil tussen de aangenomen gelijke LAI en het werkelijke verschil heeft alleen een effect op de berekende convectieve warmteoverdracht (straling wordt immers alleen door de 1ᵉ (bovenste) laag van de LAI opgenomen). Omdat het aandeel van de convectieve warmteoverdracht zo'n 75% van de totale verdamping besloeg zal het verschil in LAI (Gemiddeld 24%) een effect van rond de 18% op de totale (berekende) gewasverdamping hebben gehad (op een etmaalverdamping van 2.5 l/m²/d is dit 0.45 l/m²/d). Hierbij is geen rekening gehouden met verschillen in de temperatuurverschillen tussen blad en lucht (Figuur 15). Bij grotere temperatuurverschillen tussen blad en lucht heeft een verandering in LAI namelijk meer effect op de convectieve warmteoverdracht.

Tabel 9 *LAI tijdens dag 40 van teelt 1 en 2 (m²/m²).*

	Teelt 1			Teelt 2		
	HL	**LL**	**HL/LL**	**HL**	**LL**	**HL/LL**
Pina colada	6.3	4.6	138%	4.7	3.9	121%
Chic	6.4	5.0	127%	5.2	4.5	115%



Figuur 13 *Het verloop van de LAI over de teelt. De totale LAI (blauw) is verdeeld over de bovenste gewaslaag (oranje) en de overige bladeren (groen).*

De energiebalans houdt in dat de som van voelbare en latente warmte-overdracht tussen blad en lucht gelijk is aan 0. De voelbare warmte-overdracht wordt mede bepaald door de luchtsnelheid. Tijdens de eerste teelt is de luchtsnelheid op 49 dagen na start (19-12-2024) op twee hoogtes vastgelegd in het ras Chic in beide afdelingen. Hiertoe is met de anemometer (TSI-8475) bij de kop van het gewas en bij dieper gelegen bladeren gemeten (71 en 35 cm vanaf de grond).

Op elk van deze hoogtes is driemaal voor ten minste twintig minuten gemeten, waarbinnen de luchtsnelheid elke tien seconden is geregistreerd. De gemiddelde luchtsnelheden en bijbehorende geschatte warmteoverdrachtscoëfficiënten zijn te vinden in Tabel 10. Omdat het verschil in luchtsnelheid tussen beide afdelingen in absolute zin klein was, is ervoor gekozen om een gemiddelde luchtsnelheid toe te passen op de berekeningen van verdamping van beide afdelingen.

Tabel 10 *De gemiddelde gemeten luchtsnelheden in de twee afdelingen op twee hoogtes en de daarbij behorende warmteoverdrachtscoëfficiënten voor het berekenen van de convectieve warmteoverdracht. De relatie tussen luchtsnelheid en warmteoverdrachtscoëfficiënt is niet lineair, waardoor de gemiddelde warmteoverdrachtscoëfficiënt niet het gemiddelde van de beide afdelingen is.*

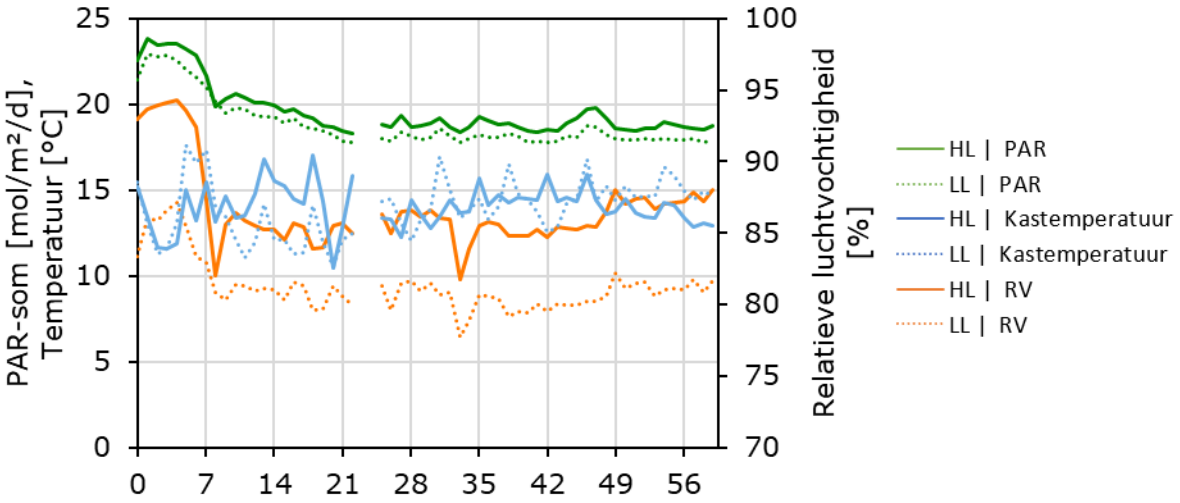
	Luchtsnelheid [m/s]			**Warmteoverdrachtscoëfficiënt [W/m²/K]**		
	Afdeling 5.1 (HL)	**Afdeling 5.2 (LL)**	**Gemiddeld**	**Afdeling 5.1 (HL)**	**Afdeling 5.2 (LL)**	**Gemiddeld**
Topblad	0.10	0.06	0.08	9.0	6.9	8.0
Diep blad	0.05	0.03	0.04	6.3	4.9	5.7

5.4.1 Teelt 1

Tijdens de eerste teelt is met de fytawatch gemeten vanaf de dag van planting tot en met dag 66 van de teelt (31-10-2024 – 26-12-2024). In de hierop volgende sub paragrafen worden de bevindingen van deze periode besproken.

5.4.1.1 Klimaat

Tussen de twee afdelingen was de relatieve luchtvochtigheid (RV) vergelijkbaar. Gemiddeld lag de kastemperatuur 0.7 °C hoger in de afdeling met een hogere lichtintensiteit, en lag de RV 0.1% lager. De PAR-som was tussen de kassen verschillend door de verschillen in belichtingsbehandelingen en was 4.2 mol/m²/d hoger in de afdeling met hogere lichtintensiteit (Figuur 14).

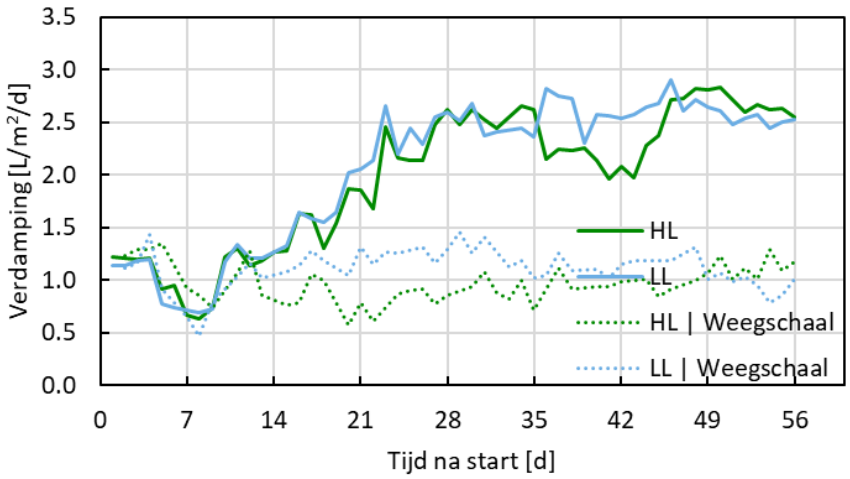


Figuur 14 *Het verloop van de dagelijks PAR-som (groen), kastemperatuur (blauw) en RV (oranje) over de meetperiode. Gegevens van de afdelingen met de hogere en lagere PAR-som zijn met doorgetrokken lijnen en gestippeld weergegeven.*

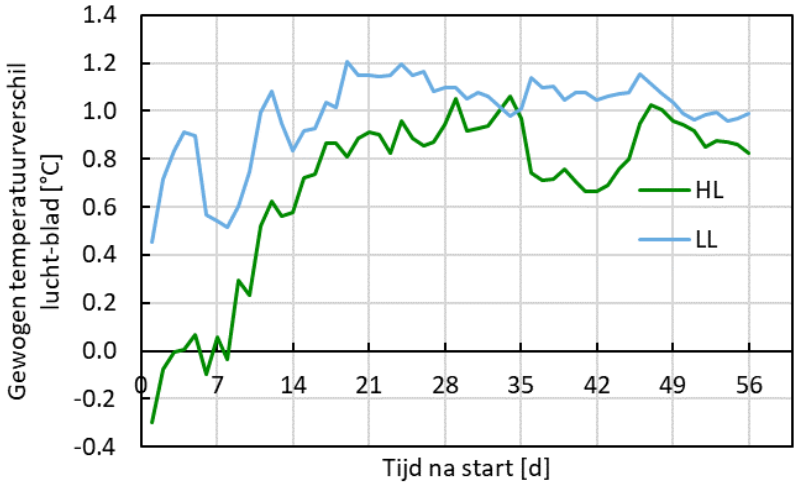
5.4.1.2 Etmaalverdamping

Tussen de afdelingen werd geen verschil in verdamping berekend via de energiebalans, behalve tussen dag 36 en 45, waarbij er een 'dip' zichtbaar is in de etmaalverdamping van de HL afdeling (Figuur 15). Dit is opvallend, omdat er geen trendbreuk zichtbaar is in de PAR-som of de RV (Figuur 14).

De oorzaak hiervan ligt in veranderingen in temperatuurverschillen tussen blad- en lucht (Figuur 16). De luchtbeweging is op dag 49 van de teelt vastgelegd, maar is tijdens de teelt niet continu gemonitord. Daarnaast is ook opvallend dat de gemeten verdamping met de weeggoten na twee weken teelt lager was dan de berekende verdamping, waarna deze de rest van de teelt ruim twee keer zo klein was. Dit gold voor beide afdelingen. Ook was de gemeten verdamping lager in de afdeling met hoge lichtintensiteit. Dit gaat tegen de verwachtingen in, omdat er bij hoge lichtintensiteit meer stralingsgedreven verdamping plaatsvindt. De verschillen zijn daarom ontstaan doordat er een kleiner verschil tussen blad- en luchttemperaturen was in de afdeling met een hogere lichtintensiteit, en/of doordat er in de afdeling met een lagere lichtintensiteit meer luchtbeweging was.



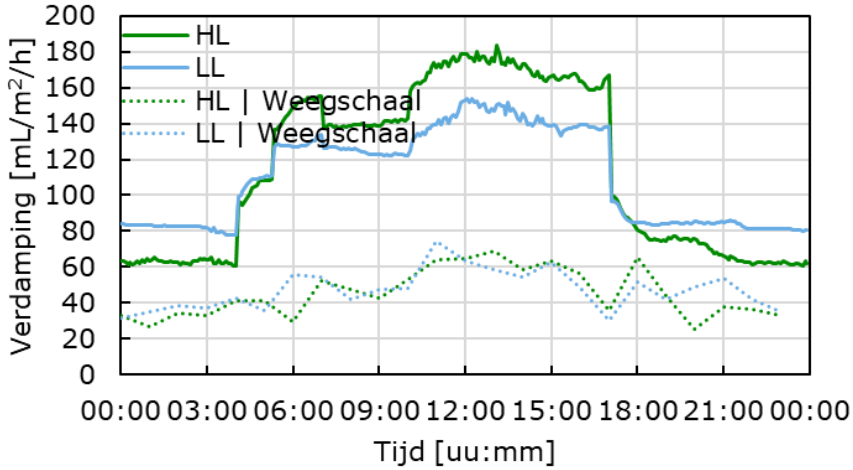
Figuur 15 *De etmaalverdamping over de meetperiode berekend uit de energiebalans (doorgetrokken) en gemeten met de weegschaal (gestippeld) voor de HL (blauw) en LL (oranje) behandelingen.*



Figuur 16 *Het op de LAI van de twee bladlagen gewogen temperatuurverschil (het gemiddelde temperatuurverschil tussen blad en lucht gewogen op de LAI van topbladeren en dieper gelegen bladeren) tussen de kaslucht en bladeren over de meetperiode voor de afdelingen met hogere en lagere belichtingsintensiteiten (blauw, oranje).*

5.4.1.3 Patroon van verdamping over het etmaal

Het patroon van de berekende verdamping over het etmaal laat een trend zien waarbij er tijdens de dag (fotoperiode) de grootste verdamping was (4:00 – 17:00). De berekende verdamping was vanzelfsprekend groter in de afdeling met een hoge lichtintensiteit. Gedurende de nacht was de verdamping echter lager in die afdeling, terwijl op die momenten geen behandelingsverschil werd geïntroduceerd. Voor de gemeten verdamping op dag 46 – 52 waren bovenstaande verschillen echter niet zichtbaar (Figuur 17).



Figuur 17 *Patroon van het cyclische gemiddelde van de berekende en gemeten verdamping (doorgetrokken en gestippeld) tussen dag 46 – 52 van de teelt. Het cyclisch gemiddelde is het gemiddelde op een gegeven tijdstip van alle dagen in die periode. De verdamping van de afdeling met hogere belichtingsintensiteit is weergegeven in het blauw, die van de lagere belichtingsintensiteit in het oranje. NB op dag 49 is de fotoperiode verlengd door om 04:00 te starten met belichten.*

5.4.1.4 Conclusies teelt 1

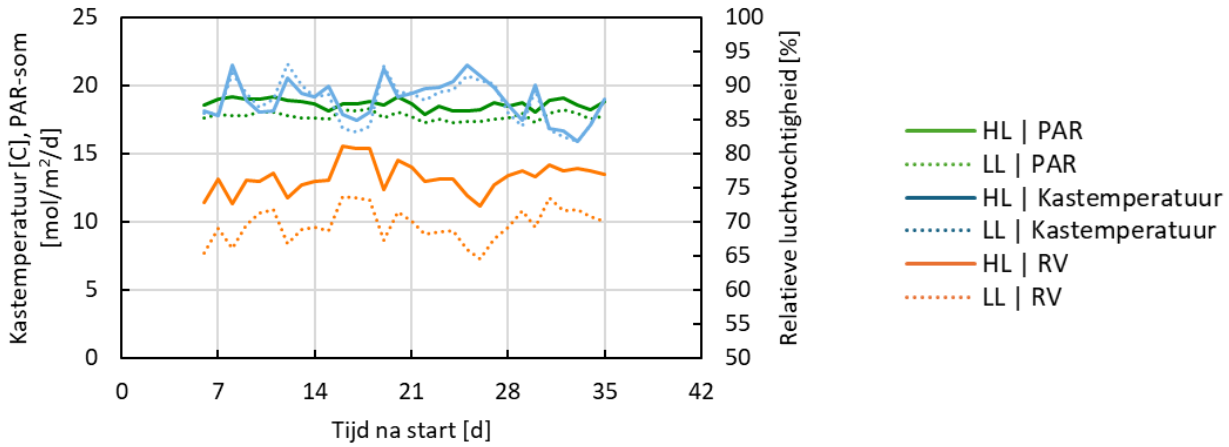
Ondanks een verschil in lichtsom werden er tussen de afdelingen geen aanzienlijke verschillen in etmaalverdamping gerealiseerd, wat tegen de verwachtingen instrijkt. Binnen de berekende verdamping was het aandeel van straling groter in de afdeling met hogere belichtingsintensiteit, maar werd dit op de etmaalbalans tenietgedaan door een kleinere convectieve warmteoverdracht. De gemeten verdamping was over het algemeen vergelijkbaar tussen de afdelingen, wat ook tegen de verwachting ingaat. Daarnaast werd er weinig dynamiek gevonden in het patroon over het etmaal, wat opvallend is aangezien straling een aanzienlijke rol speelt in de verdamping en waarvan de intensiteit varieerde over het etmaal.

5.4.2 Teelt 2

5.4.2.1 Klimaat

Opnieuw was tussen de twee afdelingen de RV vergelijkbaar. De gemiddelde kastemperatuur was 0.9 °C lager en de RV was 0.3% lager in de afdeling met een lagere lichtsom. De PAR-som verschilde gemiddelde 3.5 mol/m²/d (Figuur 18). Tussen dag 16 - 19 van de teelt was de RV verlaagd en de PAR-som verhoogd in beide afdelingen.

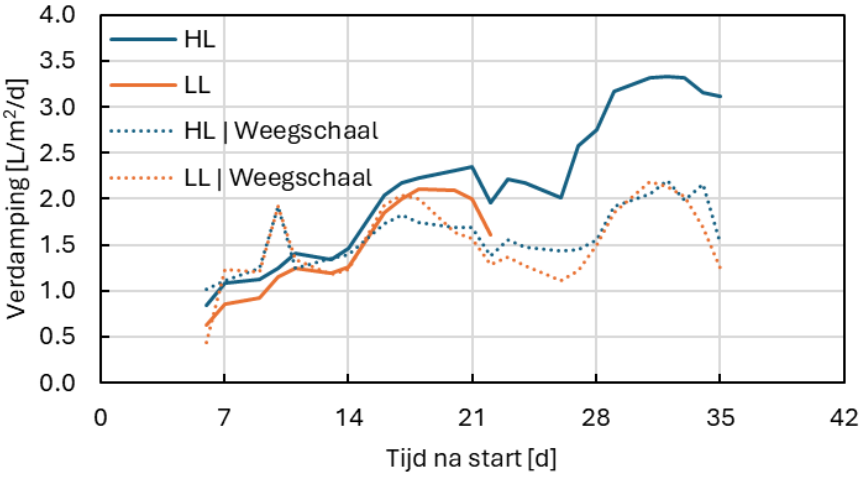
Ten opzichte van de eerste teelt is een deel van de ingebrachte warmte verschoven van het warmteblok van de ontvochtiging naar de groeibuizen. Hiermee is de warmte-inbreng dichter bij het gewas gebracht (de slurven hingen boven in de kas, terwijl de groeibuis tussen het gewas lag).



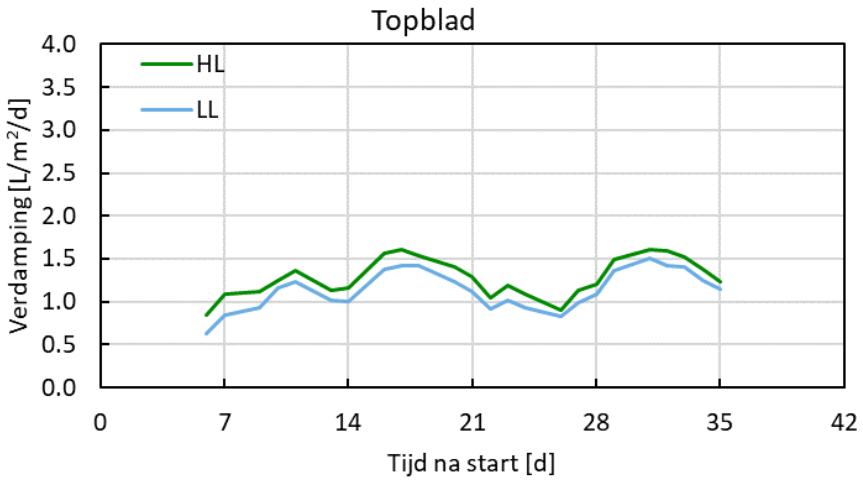
Figuur 18 *Het verloop van de dagelijks PAR-som (groen), kastemperatuur (blauw) en RV (oranje) over de meetperiode. Gegevens van de afdelingen met de hogere en lagere PAR-som zijn met doorgetrokken lijnen en gestippeld weergegeven.*

5.4.2.2 Etmaalverdamping

De etmaalverdamping nam tot 21 dagen na start toe, waarna deze bijna een week redelijk stabiel bleef. Vanaf 27 dagen na start steeg de verdamping weer. Deze tijdelijke 'stabilisatie' in verdamping werd veroorzaakt door het stijgen van de RV en het dalen van de lichtsom na dag 19 terwijl de LAI toenam. Op dag 23 van de teelt raakte een sensor defect, waardoor de verdamping van dieper gelegen bladeren in de afdeling met lage lichtintensiteit niet kon worden berekend. Zowel de gemeten verdamping met de weegschaal als de berekende verdamping van topbladeren laten echter vergelijkbare patronen in verdamping zien tussen de twee afdelingen (Figuur 19; Figuur 20).



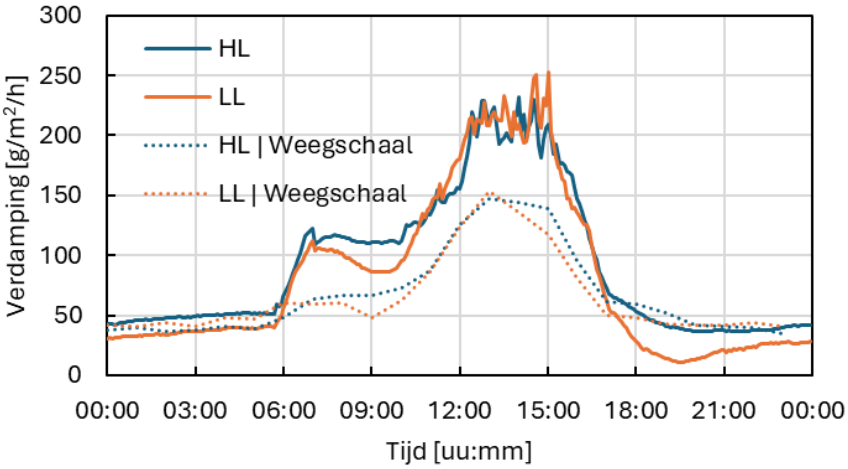
Figuur 19 *De etmaalverdamping over de meetperiode berekend uit de energiebalans (doorgetrokken) en gemeten met de weegschaal (gestippeld) voor de HL (blauw) en LL (oranje) behandelingen. Door een probleem met een sensor kon de verdamping van dieper gelegen bladeren in de afdeling met lagere lichtintensiteit na dag 22 niet berekend worden en kon er ook geen totale verdamping worden berekend.*



Figuur 20 *De berekende etmaalverdamping van de topbladeren over de meetperiode berekend uit de energiebalans (doorgetrokken) voor de HL (blauw) en LL (oranje) behandelingen.*

5.4.2.3 Patroon van verdamping over het etmaal

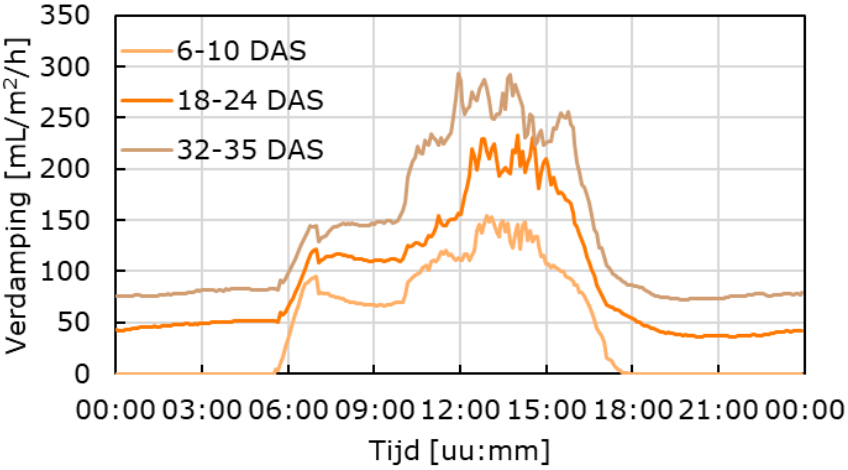
In tegenstelling tot de verschillen in het patroon van de gemeten en berekende verdamping in de eerste teelt zijn er in de tweede teelt meer overeenkomsten. Op momenten met een toename in (netto) straling (6:00 en rond 10:30) nam zowel de berekende als gemeten verdamping toe. Hierbij werd de berekende verdamping tijdens de fotoperiode overschat ten opzichte van de verdamping op basis van de weeggoten. In de nacht was de berekende verdamping hoger in de afdeling met een hogere belichtingsintensiteit. Er werd in de gemeten verdamping nauwelijks verschil gevonden tussen de belichtingsbehandelingen (Figuur 21).



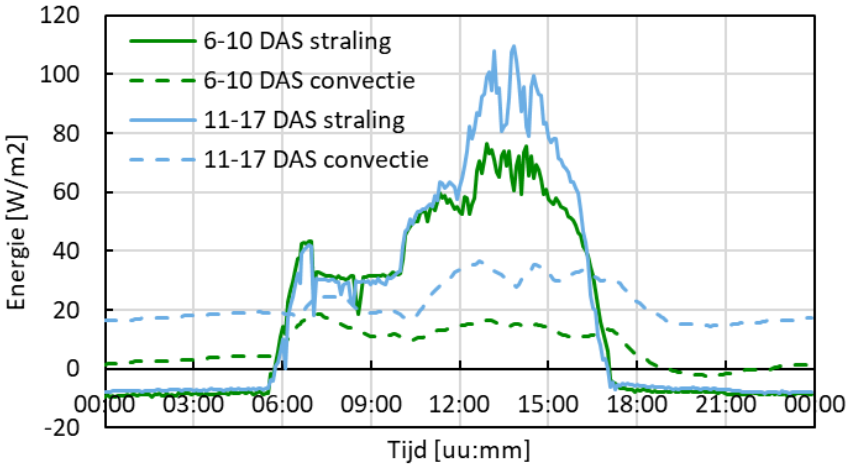
Figuur 21 *Patroon van het cyclische gemiddelde van de berekende en gemeten verdamping (doorgetrokken en gestippeld) tussen dag 18-23 van de teelt. Het cyclisch gemiddelde is het gemiddelde op een gegeven tijdstip van alle dagen in die periode. De verdamping van de afdeling met hogere belichtingsintensiteit is weergegeven in het blauw, die van de lagere belichtingsintensiteit in het oranje.*

5.4.2.4 Energiestromen en totale berekende verdamping

Over de meetperiode nam de verdamping toe met de toename van de LAI. Hierdoor nam de convectieve warmteoverdracht toe. Ook was er door de toenemende bladoppervlakte een toename van de opgenomen (netto) straling (Figuur 22; Figuur 23).



Figuur 22 *Cyclisch gemiddelde patroon van de berekende verdamping op dag 6-10, 18-24 en 32-35 dagen na start in de afdeling met de hogere lichtintensiteit. De toename in verdamping over de tijd komt hoofdzakelijk door een toename in convectieve warmteoverdracht en niet door een toename van de stralingsintensiteit (door de toename van LAI).*



Figuur 23 *De cyclisch gemiddelde berekende verdampingsenergie voor de afdeling met een hogere belichtingsintensiteit opgesplitst in convectiewarmte en opgenomen netto straling tussen 6-10 en 11-17 dagen na start.*

5.4.2.5 Conclusies teelt 2

In verhouding tot de eerste teelt werden er in de tweede teelt meer overeenkomsten gevonden tussen de berekende en gemeten verdamping. Deze overeenkomsten namen naargelang de teelt vorderde in absolute zin af, maar de algemene patronen over de teelt waren vergelijkbaar. Verschillen in verdamping tussen de belichtingsbehandelingen waren groter binnen de berekende verdamping, terwijl er tussen de twee behandelingen op de gemeten verdamping weinig verschillen werden gevonden. In hoeverre de verschuiving van de warmte-inbreng van de slurven naar de groeibuis een effect heeft gehad is niet bekend. Mogelijk is hierdoor de luchtbeweging (via convectieve warmtestroming) toegenomen en is de warmteverdeling uniformer geworden. Hier is echter geen hard bewijs voor.
Het doel van deze studie is om de meetresultaten uit de weegschalen te correleren en vergelijken met een berekende verdamping van de energiebalansmethode in de omgeving van een kas. Over het algemeen kwamen de patronen van verdamping van de energiebalans redelijk overeen met die uit de weegschalen. Wel werd het aandeel van straling overschat, waardoor de berekende verdamping op basis van de energiebalans in de fotoperiode hoger uitviel dan die op basis van de weegschaal. In absolute zin kwamen de twee ook redelijk overeen, maar namen de verschillen toe naargelang de teelt vorderde.

6 Leerpunten

6.1 Verlaging footprint

Door de intensievere belichting wordt de CO_2-footprint verlaagd, al schiet een dagbuffer op koude dagen met beregening tekort om gedurende de hele winter zonder extra (fossiele) warmte te telen. Daarvoor zal met de gehanteerde klimaatinstellingen nog ongeveer 1 m^3/m^2.jaar aan aardgasequivalenten extra warmte nodig zijn. Het installeren van een drie keer zo grote warmtebuffer kan extra warmtebehoefte nog met ongeveer 0,3 m^3/m^2 verlagen. Een grotere buffer kan wel de grotere warmtebehoefte op beregeningsdagen opvangen, maar heeft geen nut tijdens een langdurige koudeperiode.

6.2 Economische haalbaarheid

De economische haalbaarheid van het gebruik van een ontvochtigingsinstallatie met warmteterugwinning en een warmtepomp hangt grotendeels af van de prijs van elektriciteit en van warmte. Een systeem met warmtepomp lijkt rendabel bij een elektriciteitsprijs lager dan ±0,105 €/kWh en een warmteprijs hoger dan ±0.375 €/m^3ae. Het installeren van een grotere warmtebuffer om de laatste pieken van de resterende warmtevraag op te vangen, is niet rendabel.

Ondanks de lagere LBE geeft het intensiveren van de belichting een verlaging van de kostprijs per kg chrysant. Aangezien de productie en het elektriciteitsgebruik bij intensivering van de belichting in de winterperiode relatief gelijk op lopen, heeft de elektriciteitsprijs slechts een geringe invloed de haalbaarheid van intensivering.

6.3 Inzicht verdamping

Het ingraven van weegschalen geeft inzicht over het verloop van de verdamping, maar de resultaten wijken nog zo veel af van de verwachtingen, dat meerdere weegschalen nodig zijn voor betrouwbare conclusies. In vergelijking met andere meetmethoden is uit het onderzoek het volgende naar voren gekomen:

- De watergift is ongeveer 50% hoger geweest dan de met de weegschalen gemeten verdamping
- Bij teelt 2 toont de regressielijn van gemeten verdamping ten opzichte van de warmte-input van zon, lampen en kasverwarming een zodanige stijging dat de bij de extra verdamping behorende verdampingswarmte gelijk is aan de extra toegevoegde warmte. Bij teelt 1 was die verhouding veel minder duidelijk.
- De berekende vochtafvoer via de LBU is minder dan 50% van de met de weegschalen gemeten verdamping.
- De met de uit de energiebalans berekende verdamping is met name overdag 80% tot 300% hoger dan de met de weegschalen gemeten verdamping.
- De gemeten en berekende nachtverdamping zijn met 35-50 g/(m^2.uur) hoger dan de ±30 g/(m^2.uur) waar voorheen van is uitgegaan.
- De verschillende resultaten uit de gehanteerde meetmethoden duiden op onnauwkeurigheid of het ontbreken van gegevens.
- Watergift is niet gelijk aan verdamping, want het heeft ook drain tot gevolg.
- Weegschalen kunnen worden verstoord, bijvoorbeeld doordat bladeren van de weegschaal steunen op bladeren naast de weegschaal, of andersom. Ook kunnen de loadcellen van de weegschaal gevoelig zijn voor temperatuurschommelingen, hoewel zo dicht bij de grond geen grote temperatuurschommelingen mogen worden verwacht. Verder zijn de weegschalen niet betrouwbaar na een gietbeurt. Daarom zijn de data van de weegschalen tot een halve dag na iedere gietbeurt genegeerd.
- De warmte-input van de kas is niet volledig gemeten. Zo is geen rekening gehouden met uitstraling. Bovendien zal luchtuitwisseling bij een lage luchtvochtigheid van de buitenlucht voor meer vochtafvoer zorgen per eenheid warmteverlies. Daar is ook geen rekening mee gehouden.

- De berekende warmte-afvoer via de LBU houdt geen rekening met lekkage van de kas noch met condensatie tegen het kasdek. Ook kan het werkelijke debiet van de LBU afwijken van het berekende debiet.
- De berekeningen met de energiebalans gaan uit van puntmetingen, terwijl puntmetingen niet altijd representatief hoeven te zijn voor het hele gewas. Bovendien is de berekende warmte-overdrachtscoëfficiënt sterk afhankelijk van de luchtsnelheid en heeft deze invloed op de temperatuurverschillen tussen kaslucht en blad. Verder kan bij een temperatuurverschil van minder dan 1°C en een meetonnauwkeurigheid van ±0,1 °C al 10% afwijking van de berekende verdamping ontstaan. Ook is het effect van de straling van de verwarmingsbuizen in het gewas en van de bodem mogelijk vertekend doordat de netto stralingsmeter boven het gewas was geplaatst. Bladeren die daartussen hingen namen al een deel van deze straling op voordat de sensor bereikt kon worden. De netto stralingsmeter was daarom alleen representatief voor de bovenste gewaslaag.

6.4 Gewasreacties

De klimaatverschillen tussen de afdelingen kwamen vooral tot uiting in de hoeveelheid PAR. De verschillen in DIF en luchtvochtigheid zijn klein gebleven. Daarmee is ook geen verschil in reactietijd noch in houdbaarheid gerealiseerd. Wel viel de houdbaarheid en de bladkwaliteit (alleen van Chic) van teelt 1 in beide afdelingen tegen, wat te maken kan hebben met de lage gemeten verdamping, met name overdag. Dat vooral aan het einde van teelt 1 beide schermen soms 24 uur gesloten zijn geweest, en de slurven vooral warme lucht hebben uitgeblazen kan hebben geleid tot minder luchtbeweging in het gewas en daarmee onvoldoende verdamping. Door vanaf het einde van teelt 1 minder warmte in te brengen via de LBU's en meer via de onderbuizen lijkt hierin verbetering te zijn gekomen. Bij teelt 2 kan ook de kortere LD en de kleinere plantdichtheid hebben voor dit teelt geleid tot verbetering van de bladkwaliteit.
Verder is de LBE in de HL afdeling telkens lager dan in de LL afdeling, wat duidt op afnemende meeropbrengst bij hogere belichtingsniveaus.

6.5 Stomen

De twee winterteelten zijn niet voorafgegaan aan het ontsmetten van de grond door stomen. Gehoopt werd dat de inzet van weerbaarheidsverhogende middelen in voorgaande teelten, tot een voldoende weerbare grond zou hebben geleid. Die weerbaarheid bleek onvoldoende te zijn om het optreden van wortelknobbelaaltjes te voorkomen. Als de grond jaarlijks moet worden gestoomd dan is dat het grootste obstakel op weg naar een fossielvrije chrysantenteelt.

6.6 Gewasbescherming

Ondanks de inzet van vele biologische bestrijders moest luis tijdens teelt 1 ook chemisch worden onderdrukt door Teppeki en Sivanto Prime. Propylea bleef na de inzet van deze middelen actief. Tijdens teelt 2 konden alle plagen wel met biologische gewasbescherming (predatoren en biologische spuitmiddelen) worden onderdrukt, mede dankzij gerichte inzet op luishaarden.

Literatuur

Wiekens, M., van den Boogaart, S.A.J., Trouwborst, G. en Hogewoning, S.W. (2024) Basiskennis verdamping chrysant. Deelrapport III in project "Kennisontwikkeling over verdamping: van fundamenteel naar toegepast". Plant Lighting B.V., Bunnik. 64p.

Rapporten over De Perfecte Chrysant.

Raaphorst, M., de Zwart, F., Schuddebeurs, L. & de Veld, P., 2018. De perfecte chrysant teelt 1-4: energiezuinige demonstratieteelten bij Delphy Improvement Centre. Bleiswijk: Wageningen Plant Research. 46 p. (Rapport Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw; no. WPR-752)

Raaphorst, M., Elings, A., de Gelder, A., Schuddebeurs, L. & de Veld, P., 2020. De perfecte chrysant teelt 1-9: Energiezuinige demonstratieteelten bij Delphy Improvement Centre. Bleiswijk: Wageningen Plant Research. 70 p. (Rapport WPR; no. 939)

Raaphorst, M., de Gelder, A., Helmus, L., van der Stoep, R. & de Veld, P., 2020. Met LED naar een perfecte chrysant Teelt 10-15: Energiezuinige demonstratieteelten bij Delphy Improvement Centre. Wageningen: Wageningen Plant Research. 66 p. (Rapport / Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw; no. WPR-988)

Raaphorst, M., de Gelder, A., Helmus-Schuddebeurs, L., van der Stoep, R. & de Veld, P., 2022a, Met LED naar een Perfecte Chrysant Teelt 16-19: Energiezuinige demonstratieteelten bij Delphy Improvement Centre. Bleiswijk: Wageningen Plant Research. 68 p. (Rapport / Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw; no. WPR-1135)

Raaphorst, M., de Gelder, A., Helmus-Schuddebeurs, L., Bos, J. & de Veld, P., 2022b. Perfecte Chrysant met LED en verrood Teelt 20-23: Energiezuinige demonstratieteelten bij Delphy Improvement Centre. Bleiswijk: Wageningen Plant Research. 70 p. (Rapport / Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw; no. WPR-1202)

de Gelder, A., Raaphorst, M., Helmus-Schuddebeurs, L., Bos, J., van der Meer, H. & de Veld, P., 2023. Perfecte Chrysant met verrood koeler telen Teelt 24-28: Evaluatie van energiezuinige demonstratieteelten bij Delphy Improvement Centre. Bleiswijk: Wageningen Plant Research. 82 p. (Rapport / Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw; no. WPR-1260)

Raaphorst, M., Oudshoorn, B., Poot, E., de Veld, P. & Wiekens, M., 2025. Perfecte Chrysant fossielvrij en weerbaar Teelt 29-33: Energiezuinige demonstratieteelten Chrysant bij Delphy Improvement Centre. Bleiswijk: Wageningen Plant Research. 73 p. (Rapport / Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw; no. WPR-1449)

Bijlage 1 Teeltverslagen

Verslag teelt 1
Plantdatum: w/d 44/4 2025
Afdeling 5.1 (links) gemiddeld 250 µmol/(m².s): hoge belichtingsintensiteit (HL)
Afdeling 5.2 (rechts) gemiddeld 175 µmol/(m².s): standaard belichtingsintensiteit (LL)

Plantdichtheid:
LL: 46.4/m² (Chic) 48.8/m² (Pina Colada + overige trosrassen), 85/m² (santinirassen)
HL: 60/m² (Chic) 63/m² (Pina Colada + overige trosrassen), 101/m² (santinirassen)
Dagen LD:
LL: 9 dagen
HL: 8 dagen

Doelstellingen deze teelt:
- Fossielvrije winterteelt onder gemiddeld 250 µmol/(m².s) t.o.v. een standaard teelt met gemiddeld 175 µmol/(m².s)
- Gelijke LBE bij HL ten opzichte van LL, ofwel 25% meerproductie
- Optimale kwaliteit (blad, bloem, houdbaarheid) onder beide belichtingsniveaus en bij intensief schermgebruik
- Inzicht in de verdamping over het etmaal met behulp van weegschalen
- Een schoon eindproduct onder 100% biologische gewasbescherming

Belichtingsstrategie:

Variabele strategie gemiddeld 175 umol

	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	gemiddeld umol	# dagen
LD	150	150	150	150	150	150	150	100	100	100	150	150	150	150	150	150				150	150	150	150	150	143	9
KD					175	200	200	140	140	140	200	200	200	200	200	175									181	55
																								Gemiddeld:	175	

Variabele strategie gemiddeld 250 umol

	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	gemiddeld umol	# dagen
LD	250	250	250	250	250	250	250	125	125	125	250	250	250	250	250	250				250	250	250	250	250	232	8
KD					250	300	300	150	150	150	300	300	300	300	300	250									254	54
																								Gemiddeld:	251	

Belichting opgestart en uitgezet in een half uur tijd van 100 naar het uiteindelijke niveau (en voor eindigen andersom).
Dimmen bij 300 µmol/(m².s)op gewasniveau bij LL en bij 400 µmol/(m².s) bij HL.
Verrood: vanaf start teelt 20 min 10 µmol/(m².s)EOD. Wel verrood overdag tot 75 W/m² buitenstraling.

Klimaatstrategie:

Behandeling: standaard = gemiddeld 175 umol

	LD			KD		
	dag	dim-uren 7-10u	nacht	dag	dim-uren 7-10u	nacht
stooktemperatuur	21,5	20	20	20	18,5	17
Koeltemperatuur	23,5	23,5	22	22,5	22,5	18
lichtverhoging koeltemp	6	6		6	6	
ventilatietemperatuur	24	24	24	24	24	24
lichtverhoging ventilatietemp	5	5		5	5	
lichttraject	100-250W	100-250W		100-250W	100-250W	
streef etmaaltemperatuur	20C+2,5/1000J/cm²			17,5C+2,5/1000J/cm²		
Min raamstand L+W	0%	0%	0%	0%	0%	0%
P banden luw max/min	8-3	8-3	7-3	8-3	8-3	7-3
P banden wind	12-3	12-3	10-3	12-3	12-3	10-3
Ontvochtigen			-	>77% RV	>77% RV	>87% RV
Prioriteit 1 ontvochtigen				koudeblok	koudeblok	koudeblok
Prioriteit 2 ontvochtigen						buitenlucht
Prioriteit 1 verwarmen	bovenbuis 55C	bovenbuis 55C	bovenbuis 55C	onderbuis 33C	onderbuis 33C	onderbuis 33C
Prioriteit 2 verwarmen	onderbuis 33C	onderbuis 33C	onderbuis 33C	bovenbuis 55C	bovenbuis 55C	bovenbuis 55C
Vernevelen	-	-	-	-	-	-
Verduisteringsdoek dicht dag	<5C + < 50W	<5C + < 50W		<5C + < 50W	<5C + < 50W	
Energiedoek	<10C + < 100W	<10C + < 100W	<13C buitentemp	<10C + < 100W	<10C + < 100W	<13C buitentemp
Energiedoek uur voor donker:	<150W	<150W		<150W	<150W	

Behandeling: behandeling = gemiddeld 250 umol

	LD			KD		
	dag	dim-uren 7-10u	nacht	dag	dim-uren 7-10u	nacht
stooktemperatuur	21,5	20	20	20,5	18,5	17
Koeltemperatuur	23,5	23,5	22	22,5	22,5	18
lichtverhoging koeltemp	6	6		6	6	
ventilatietemperatuur	24	24	24	24	24	24
lichtverhoging ventilatietemp	5	5		5	5	
lichttraject	100-250W	100-250W		100-250W	100-250W	
streef etmaaltemperatuur	20C+2,5/1000J/cm²			17,5C+2,5/1000J/cm²		
Min raamstand L+W	0%	0%	0%	0%	0%	0%
P banden luw max/min	8-3	8-3	7-3	8-3	8-3	7-3
P banden wind	12-3	12-3	10-3	12-3	12-3	10-3
Ontvochtigen			-	>77% RV	>77% RV	>87% RV
Prioriteit 1 ontvochtigen				koudeblok	koudeblok	koudeblok
Prioriteit 2 ontvochtigen						buitenlucht
Prioriteit 1 verwarmen	bovenbuis 55C	bovenbuis 55C	bovenbuis 55C	onderbuis 33C	onderbuis 33C	onderbuis 33C
Prioriteit 2 verwarmen	onderbuis 33C	onderbuis 33C	onderbuis 33C	bovenbuis 55C	bovenbuis 55C	bovenbuis 55C
Vernevelen	-	-	-	-	-	-
Verduisteringsdoek dicht dag	<5C + < 50W	<5C + < 50W		<5C + < 50W	<5C + < 50W	
Energiedoek	<10C + < 100W	<10C + < 100W	<13C buitentemp	<10C + < 100W	<10C + < 100W	<13C buitentemp
Energiedoek uur voor donker:	<150W	<150W		<150W	<150W	

Resultaten:

		Reactietijd dagen	gewicht per tak gr/tak v.a. pot	Productie gr/m2	Lichtsom mol/m2	LBE g/mol	Teelt duur (dagen)	Elektra verbruik lampen (kWh/m²)	Elektra verbruik pomp (kWh/m²)	Warmtegebr klimaat (m³/m²)	Totaal gas verbruik (m³/m²)	Warmte-oogst kWh/m²
Pina Colada	250 umol	59	107.2	6838	938	7.3	67	67	12.2	5.0	-0.6	36.7
	175 umol	60	98.7	4816	640	7.5	68	44	11.5	5.8	0.6	34.4
Chic	250 umol	55	92.0	5517	880	6.3	63	63	11.5	4.7	-0.5	34.6
	175 umol	56	95.1	4411	601	7.3	64	42	10.8	5.4	0.5	32.3

Groei-indicatie overige rassen (30 takken)

teelt	Teeltduur		Reactie tijd		Lengte cm		bruin blad cm		totaal gewicht gr		totaal gewicht gr/m2		gewicht 70 cm		holle steel	
1	250umol	175 umol	250umol	175 umol	250umol	175 umol	250umol	175 umol	250umol	175 umol	250umol	175 umol	250umol	175 umol	250umol	175 umol
Ilonka	68	68	59	58	85,5	77,5	25,5	12,5	93,6	109,0	5618,3	5056,0	86,3	94,5	0%	0%
Prosecco	67	65	58	55	88,3	74,8	32,0	12,3	80,0	89,7	5104,1	4378,4	73,5	84,3	7%	0%
Beau Monde	64	67	55	57	93,8	84,5	16,5	0,0	93,9	110,3	5991,4	5383,6	84,8	108,7	7%	0%
Altaj	69	68	60	58	80,3	83,0	9,3	3,0	102,9	97,0	6564,9	4735,5	94,5	91,9	100%	100%
Kennedy	63	63	54	53	83,3	76,0	8,5	0,0	72,8	92,3	4366,6	4280,6	65,3	85,5	100%	100%
Fabiene	60	63	51	53	82,4	73,3	17,5	13,8	72,6	84,1	4634,4	4102,8	68,3	79,9	0%	0%
Purple star	67	66	58	56	80,8	73,5	11,8	0,0	96,3	107,8	6141,2	5261,7	90,0	104,0	93%	0%
Celebrate	68	68	59	58	85,8	88,0	32,3	29,3	99,7	111,4	6358,4	5434,0	91,7	100,8	100%	93%
Gemiddelde	**65**	**66**	**56**	**56**	**85**	**78**	**17**	**6**	**87**	**99**	**5489**	**4743**	**80**	**93**	**44%**	**29%**
	Teeltduur		Reactie tijd		Lengte cm		bruin blad cm		total gewicht gr		totaal gewicht gr/m2		gewicht 55 cm		holle steel	
Peptalk	60	60	51	50	64,5	63,0	16,0	0,0	59,4	59,2	6020,6	4995,9	53,6	53,6	0%	20%
Sun Up	68	68	59	58	68,3	66,0	34,3	29,0	60,1	55,2	6087,9	4657,9	54,6	51,6	13%	53%

niet rijp en beide afdelingen niet in gemiddelde

Overzicht perfectiescore teelt 1 bij Chic (links) en Pina Colada (rechts)

	DPC links 5.1 Hoog lichtnivo 250 umol	DPC rechts 5.2 Lager Lichtnivo 175 umol
Perfectiescore	6,7	7,0
Plantdichtheid	60,0	46,4
Dagen LD	8	9
Reactietijd	55	54
rijpte	1	-1
aantal bloemen	10,1	12,4
Volgroeide bloemen	6,2	5,5
gekleurde knoppen	4,8	4,5
groene knoppen	0,1	0,0
doorbuiging	31,4	35,9
bladkwaliteit 1 = heel slecht, 5 = heel goed	1,0	2,5
lengte	87,0	78,6
gewicht 70 cm	98,8	96,4
gewicht vanaf potje	105,2	100,8
bloemkwaliteit	5,0	5,0
Plantdichtheid st/m2	60,0	46,4
fictieve kg/m2 vanaf potje	6,3	4,7
fictieve kg/m2 op 70 cm	5,9	4,5
Teeltduur dagen	63	63
fictieve gr/m2/dag vanaf potje	100,2	74,2
fictieve gr/m2/dag op 70 cm	94,1	71,0
molsom:	880	601
LBE vanaf potje	7,2	7,8
LBE op 70 cm	6,7	7,4
Opmerking	40 cm rot blad	15 á 20 cm rot blad

	DPC links 5.1 Hoog lichtnivo 250 umol	DPC rechts 5.2 Lager Lichtnivo 175 umol
Perfectiescore	7,5	7,6
Plantdichtheid	63,8	48,8
Dagen LD	8	9
Reactietijd	58	58
rijpte	0	-1,5
aantal bloemen	8,2	9,9
Volgroeide bloemen	4,7	3,9
gekleurde knoppen	6,2	6,0
groene knoppen	0,0	0,4
doorbuiging	30,8	40,5
bladkwaliteit 1 = heel slecht, 5 = heel goed	3,2	4,8
lengte	80,2	74,1
gewicht 70 cm	105,0	99,0
gewicht vanaf potje	114,5	105,7
bloemkwaliteit	4,9	4,3
Plantdichtheid st/m2	63,8	48,8
fictieve kg/m2 vanaf potje	7,3	5,2
fictieve kg/m2 op 70 cm	6,7	4,8
Teeltduur dagen	66	67
fictieve gr/m2/dag vanaf potje	110,7	77,0
fictieve gr/m2/dag op 70 cm	101,5	72,1
molsom:	938	640
LBE vanaf potje	7,8	8,1
LBE op 70 cm	7,1	7,5
Opmerkingen	gedeeltelijk rot blad 63% holle stelen	goed blad 46% holle stel;en

Bevindingen tijdens de teelt

De teelt:

Voor de start van de teelt is organisch materiaal ingewerkt om de bovenste teeltlaag fijner te laten vallen. Hiervoor is 4,5 cm van 50% gerijpte groenkeurcompost fractie 0-15 (dubbelgezeefde) en 50% oude bladcompost gebruikt. Hierna is de grond losgetrokken en gefreesd.

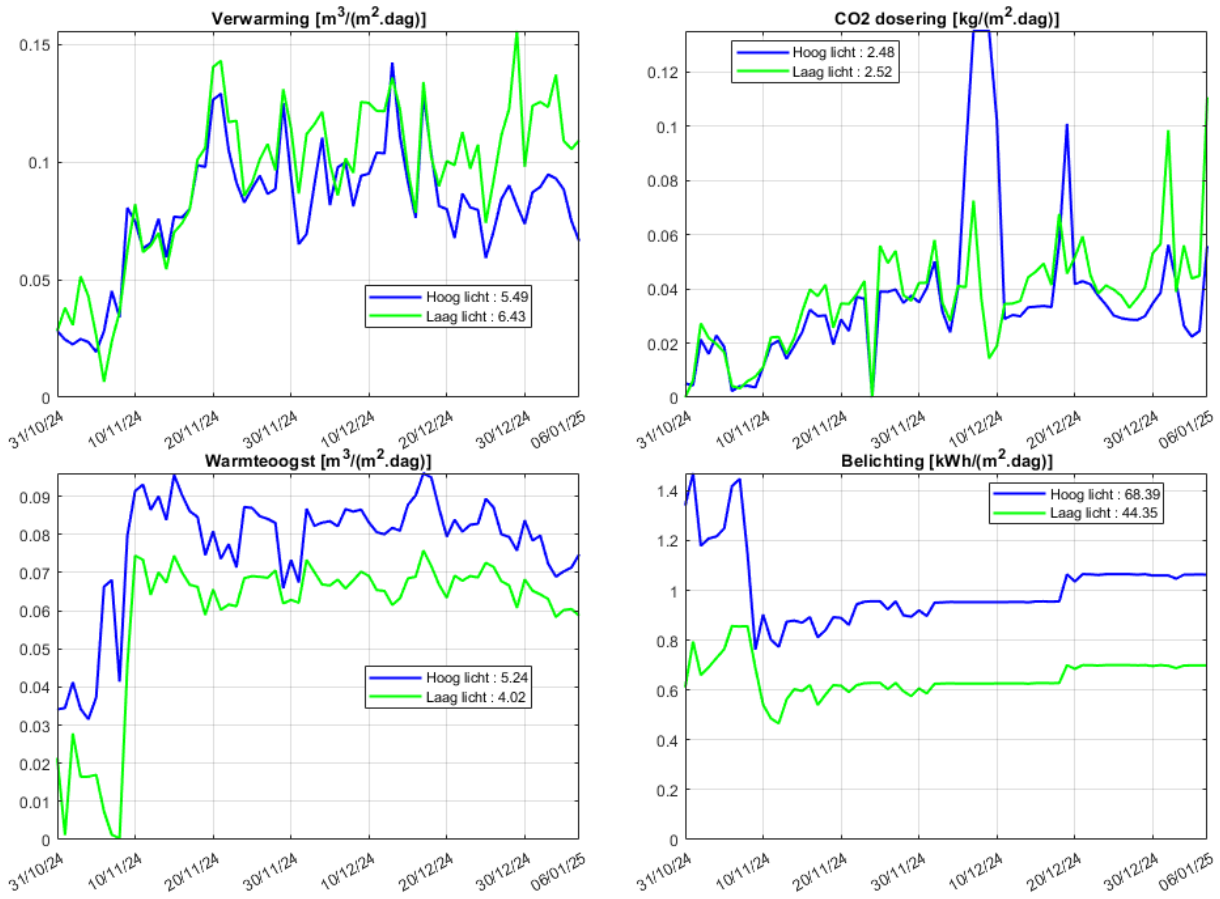
Na 4-5 dagen was er al gebreksblad/lichtschade aan het oude blad zichtbaar bij de behandeling met hoge lichtintensiteit. Deze schade was uiteindelijk bij vrijwel alle rassen zichtbaar en fors. Bij de standaard lichtintensiteit was deze schade vrijwel niet aanwezig.

Het gewas onder HL stond na de eerste remstofbespuitingen gedrongen met veel blad in de kop. Daar ook meer ongelijkheid, ondanks selectief remmen. De plantdichtheid van 63/m² is voor de meeste rassen te dik geweest.
Door het donkere weer bleef het blad makkelijk te lang nat na een gietbeurt. Uiteindelijk is bij HL 119 l/m² gegoten en bij LL 108 l/m².
De bladkwaliteit was bij HL bij de oogst zeer matig bij de meeste rassen en bij Chic zeer slecht. Dit werd na 5-6 weken teelt al duidelijk. Mede hierdoor was de LBE bij Chic uiteindelijk een stuk lager bij HL. Bij LL was de bladkwaliteit geen probleem.

Klimaat:

Tijdens de LD bleek een stooktemperatuur van 21,5 °C bij de LL (gemiddeld 175 µmol/(m².s)) voor extra energievraag te zorgen in de belichte nacht. Daarom is deze verlaagd naar 21 °C.
De bladkwaliteit werd na 5-6 weken teelt al duidelijk minder bij HL, ondanks dat de ontvochtiging via de actieve ontvochtiging (AVS = actieve ventilatiesysteem) in de nacht vrijwel continu maximaal was (bij streef RV van 80%). Daarnaast is na 6 weken KD een kier van 10% in het verduisteringsdoek vrijgegeven tijdens de belichtingsuren tussen de 19-22 °C kastemperatuur.
Een belangrijke aanpassing was de actieve ontvochtiging in de nacht vanaf 2 weken voor oogst. De temperatuur uit de AVS werd hiervoor altijd terugverwarmd naar de kastemperatuur tot 1 °C boven de kastemperatuur. Hierdoor was de warmtevraag vaak voldoende en was buisvraag van het ondernet regelmatig niet nodig. Dit is aangepast: de inblaastemperatuur door de slurven vanuit de AVS is verlaagd tot 2 °C onder de kastemperatuur. Hierdoor ontstond er meer warmtevraag in de onderbuizen. Door de lagere temperatuur boven in de kas en de constante aanwezigheid van een onderbuis van 33 °C, wordt er een verticaal temperatuurverschil gecreëerd, waardoor er meer luchtbeweging vanuit het gewas op gang kon komen. Dit resulteerde in een hogere nachtverdamping, te zien op de weegschalen, en een lagere RV.
De weegschalen: leliebak gevuld met de eigen kasgrond is ingegraven en staat op een weegunit die continu het gewicht van de bak weegt. Het verschil tussen (5 minuten) wegingen bepaalt de verdamping in die tijd.

Energie:



Een doelstelling van deze teelt was om de behoefte aan fossiele energie voor de verwarming naar nul te reduceren door het verhogen van de belichtingsintensiteit. Over de gehele teelt gezien is dit gelukt, maar niet op alle dagen. Het hangt dan af van de warmteopslagcapaciteit, of deze dagen gecompenseerd kunnen worden. Om netto fossielvrij te kunnen telen zijn tijdens de teelt wel een aantal aanpassingen gedaan. Zo is de stooktemperatuur in de nacht verlaagd van 17 naar 16 °C (na 14 dagen KD). Daarnaast is de overgang van nacht- naar dagtemperatuur vertraagd ingesteld, omdat er anders een onnodige warmtevraag ontstaat als de lampen aan gaan. Ook is het dimmen van de belichting tussen 7-10u verlaagd: naar 75% i.p.v. naar 50%.
De aanpassing van een lagere inblaastemperatuur en hierdoor meer onderbuisvraag resulteerde niet in meer warmtevraag. De hogere warmtevraag in de onderbuis werd gecompenseerd door de lagere warmtevraag van het warmteblok in de AVS.

Gewasbescherming:
Na 2 weken teelt is er een plek met wortelknobbelaaltjes zichtbaar geworden in de behandeling van HL.
Na 3 weken teelt ontstond er weer een vrij forse infectiedruk van luis, die in eerste instantie met extra Aphidius en Propylea is aangepakt. Een week later is toch een eerste chemische correctie nodig geweest. Dit is later in teelt nog een keer herhaald. Einde teelt enorm veel parasitering door Aphidius colemani en niet meer afgespoten.
Trips, spint, mineervlieg is deze teelt geen probleem geweest.

Leerpunten teelt 1 (plantweek 44):

- Toepassen van een fors hoger lichtniveau, naar gemiddeld 250 µmol/(m².s), maakt fossielvrij telen mogelijk indien er voldoende warmteopslagcapaciteit is om 2-4 dagen van warmteoogst-tekorten op te vangen.
- Bij HL is meer slecht blad aangetroffen. Hiermee moet rekening worden gehouden wat betreft de plantdichtheid, de remstofstrategie, de watergeefstrategie en de ontvochtiging.
- Voor een goede vochtafvoer uit het gewas lijkt een strategie van het inblazen van koudere lucht dan de kastemperatuur door de slurven en hierdoor meer energieaanvoer via de onderbuis positief te werken.
- Weegschalen kunnen een redelijk inzicht geven in de verdamping gedurende de dag. Meer ervaring is nodig, omdat er soms onverklaarbare metingen worden genoteerd.
- Luis blijft het meest lastige insect in een 100% biologische teelt.

Tabel 11 *Cultuurkaart teelt 1.*

Cultivar	[#/m²] 300	[#/m2] 200	Plant datum	300umol	200umol	Einde OND.	Start Oogst	Einde Oogst	# Netto reactie	Start Oogst	Einde Oogst	Gewicht prog. [g]
Chic	60	46,4	44/4 2024	45/5 8	45/6 9		1/4 55		55			88
Pina Colada	63,8	48,8					2/2 60		60			90
Prosseco	63,8	48,8										
Altaj	63,8	48,8										
Ilonka	63,8	48,8										
Celebrate	63,8	48,8										
Fabienne	63,8	48,8										
Purple Star	63,8	48,8										
Kennedy	63,8	48,8										
Sun up	101	85										
Peptalk	101	85										

	Groeireguleringsbespuiting					Watergift		Gewasbescherming			Groeimeting		
	W-D	Middel	# dagen KD	Lengte [cm]	Concentratie [g/100L]	3=300umol 2=200umol W-D	L/m²	W-D	middel	concentratie	W-D	Lengte [cm]	Gewicht [g]
Chic	46/5 3		6	40	100	44/5 (3+2)	20	44/5	Ranman				
	47/1 3 + 2		10/9	49	200	45/3 (3+2)	8		Ortiva				
	47/3 3 + 2		12/11	53	200	45/7 (3+2)	8		Salixer				
	47/5 3		14	59	200	46/4	3:12 2:9						
	48/1 2		16	59	200	47/2	3:15 2:12						
	48/5 3		21	68	200	47/6	3: 10						
	49/1 3 + 2		24/23	72/66	200	48/1	2: 12						
						48/5	3: 12						
						49/1	2: 12						
Pina Colada	47/1 3 + 2		10/9	45	100	49/5	3: 12						
	47/5 3		14	51	100	50/1	2: 12						
	48/1 2		16	54	100	50/5	3: 10						
	49/1 3 + 2		24/23	65/64	100	51/2	3:12 2:15						
Fabienne	47/1 3 + 2		10/9	50	200								
	47/3 3 + 2		12/11	53	200								
	47/5 3 +2		14/13	60	200								
	48/1 3 + 2		17/16	63	200								
	48/5 3 + 2		21/20	68	200								
	49/1 3 + 2		24/23	72	200								
Kennedy	47/1 3 + 2		10/9	45	200								
	47/5 3 + 2		12/11	56/53	200								
	48/1 3 + 2		17/16	58/56	200								
Celebrate	47/3 3		12	52	100								
	47/5 2		13	52	100								
	48/1 3		17	55	200								
	48/5 3 + 2		21/20	65	200								
	49/1 3 + 2		24/23	69	200								
Prosecco	48/1 3		17	55	100								
	48/5 3 + 2		21/20	60	200								
	49/1 3 + 2		24/23	65	200								
Ilonka	48/1 3 +2		17/16	55/52	200/100								
	48/5 3 + 2		21/20	62	200								
Beau Monde	46/3 3		5	40	200								
	47/1 3 + 2		10/9	53	200								
	47/3 3 + 2		12/11	59	400								
	47/5 3 + 2		14/13	62	400								
	48/1 3 + 2		17/16	66	400								
	48/5 3 + 2		21/20	74	400								
P Star	47/1 3 + 2		10/9	45	200								
	47/3 3 + 2		12/11	49	200								
	48/1 3 + 2		17/16	54	200								
	48/5 3 + 2		21/20	64	200								
Sunup	49/1 3 + 2		24/23	54/52	50								
Peptalk	49/1 3 + 2		24/23	54/51	50								
Altaj	47/3 3		12	44	100								
	47/5 2		13	45	100								
	48/5 3		21	54	50	Totaal L/R:	3:119 2:108						

Verslag teelt 2
Plantdatum: w/d 2/4 2025
Afdeling 5.1 (links) gemiddeld 250 µmol/(m².s): hoge belichtingsintensiteit (HL)
Afdeling 5.2 (rechts) gemiddeld 175 µmol/(m².s): standaard belichtingsintensiteit (LL)
Plantdichtheid:
LL: 46.4/m² (Chic) 48.8/m² (Pina Colada + overige trosrassen), 85/m² (santinirassen)
HL: 56.3/m² (Chic) 60/m² (Pina Colada + overige trosrassen), 101/m² (santinirassen)
Dagen LD:
LL: 8 dagen
HL: 7 dagen

Doelstellingen teelt 2 (gelijk aan die van teelt 1):
- Fossielvrije winterteelt onder gemiddeld 250 µmol/(m².s) t.o.v. een standaard teelt met gemiddeld 175 µmol/(m².s)
- Gelijke LBE onder HL ten opzichte van LL = 25% meerproductie
- Optimale kwaliteit (blad, bloem, houdbaarheid) onder beide belichtingsniveaus en bij intensief schermgebruik
- Inzicht in de verdamping over het etmaal met behulp van weegschalen
- Een schoon eindproduct onder 100% biologische gewasbescherming

Belichtingsstrategie:

Variabele strategie gemiddeld 175 umol

	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	gemiddeld umol	# dagen
LD	150	150	150	150	150	150	150	100	100	100	150	150	150	150	150	150				150	150	150	150	150	143	9
KD					175	200	200	150	150	150	200	200	200	200	200	175									183	55
Gemiddeld:																									178	

Variabele strategie gemiddeld 250 umol

	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	gemiddeld umol	# dagen
LD	200	200	200	200	200	200	200	125	125	125	200	200	200	200	200	200				200	200	200	200	200	189	8
KD					250	300	300	220	220	220	300	300	300	300	300	250									272	54
Gemiddeld:																									261	

De belichting wordt opgestart en uitgezet in een half uur tijd van 100 µmol/(m².s) naar het uiteindelijke niveau (en voor eindigen andersom).
Dimmen bij 300 µmol/(m².s) op gewasniveau bij behandeling LL en bij 400 µmol/(m².s) bij behandeling HL.
Verrood: vanaf start teelt 20 min 10 µmol/(m².s) EOD. Tot aantal dagen KD: 7
Verrood overdag = 5% van totale PAR tot 100 µmol/(m².s) boven het ingestelde PAR-niveau, dus maximaal 15 µmol/(m².s) bij LL en maximaal 20 µmol/(m².s) bij HL.

Klimaatstrategie:

Behandeling: standaard = gemiddeld 175 umol

	LD dag	dim-uren 7-10u	nacht	KD dag	dim-uren 7-10u	nacht
stooktemperatuur	21	20	20	20	18,5	16
Koeltemperatuur	23,5	23,5	22	22,5	22,5	15
lichtverhoging koeltemp	6	6		6	6	
ventilatietemperatuur	24	24	24	24	24	24
lichtverhoging ventilatietemp	5	5		5	5	
lichttraject	100-250W	100-250W		150-350W	150-350W	
streef etmaaltemperatuur	20C+2,5/1000J/cm²			17,5C+2,5/1000J/cm²		
Min raamstand L+W	0%	0%	0%	0%	0%	0%
P banden luw max/min	8-3	8-3	7-3	8-3	8-3	7-3
P banden wind	12-3	12-3	10-3	12-3	12-3	10-3
Ontvochtigen RV			-	>77% RV	>77% RV	>80% RV
Ontvochtigen VD				< 4,0 VD	< 4,0 VD	< 1,9 VD
Prioriteit 1 ontvochtigen				koudeblok	koudeblok	koudeblok
Prioriteit 2 ontvochtigen						buitenlucht
Prioriteit 1 verwarmen	bovenbuis 55C	bovenbuis 55C	bovenbuis 55C	onderbuis 33C	onderbuis 33C	onderbuis 33C
Prioriteit 2 verwarmen	onderbuis 33C	onderbuis 33C	onderbuis 33C	bovenbuis 55C	bovenbuis 55C	bovenbuis 55C
Vernevelen	-	-	-	-	-	-
Verduisteringsdoek dicht dag	<5C + < 50W	<5C + < 50W		<5C + < 50W	<5C + < 50W	
Kier verduisteringsdoek				19-22C 10%	19-22C 10%	
Energiedoek	<10C + < 125W	<10C + < 125W	<13C buitentemp	<10C + < 125W	<10C + < 125W	<13C buitentemp
Energiedoek uur voor donker:	<150W	<150W		<150W	<150W	

Behandeling: behandeling = gemiddeld 250 umol

	LD dag	dim-uren 7-10u	nacht	KD dag	dim-uren 7-10u	nacht
stooktemperatuur	21	20	20	20,5	18,5	16
Koeltemperatuur	23,5	23,5	22	22,5	22,5	15
lichtverhoging koeltemp	6	6		6	6	
ventilatietemperatuur	24	24	24	24	24	24
lichtverhoging ventilatietemp	5	5		5	5	
lichttraject	100-250W	100-250W		150-350W	150-350W	
streef etmaaltemperatuur	20C+2,5/1000J/cm²			17,5C+2,5/1000J/cm²		
Min raamstand L+W	0%	0%	0%	0%	0%	0%
P banden luw max/min	8-3	8-3	7-3	8-3	8-3	7-3
P banden wind	12-3	12-3	10-3	12-3	12-3	10-3
Ontvochtigen			-	>77% RV	>77% RV	>80% RV
Ontvochtigen VD				< 4,0 VD	< 4,0 VD	< 1,9 VD
Prioriteit 1 ontvochtigen				koudeblok	koudeblok	koudeblok
Prioriteit 2 ontvochtigen						buitenlucht
Prioriteit 1 verwarmen	bovenbuis 55C	bovenbuis 55C	bovenbuis 55C	onderbuis 33C	onderbuis 33C	onderbuis 33C
Prioriteit 2 verwarmen	onderbuis 33C	onderbuis 33C	onderbuis 33C	bovenbuis 55C	bovenbuis 55C	bovenbuis 55C
Vernevelen	-	-	-	-	-	-
Verduisteringsdoek dicht dag	<5C + < 50W	<5C + < 50W		<5C + < 50W	<5C + < 50W	
Kier verduisteringsdoek				19-22C 10%	19-22C 10%	
Energiedoek	<10C + < 125W	<10C + < 125W	<13C buitentemp	<10C + < 125W	<10C + < 125W	<13C buitentemp
Energiedoek uur voor donker:	<150W	<150W		<150W	<150W	

Resultaten:

		Reactietijd dagen	Gewicht per tak vanaf pot g/tak	Productie gr/m2	Lichtsom mol/m2	LBE g/mol	Teelt duur dagen	Elektra verbruik lampen kWh/m²	Elektra verbruik pomp kWh/m²	Warmte-gebruik klimaat m³/m²	Saldo gas-verbruik m³/m²	Warmte-oogst kWh/m²
Pina Colada	250 umol	56	96.4	5787	819	7.1	63	44	12.4	5.5	-0.1	37.2
	175 umol	55	93.3	4555	624	7.3	63	30	10.3	5.7	1.1	30.8
Chic	250 umol	53	83.0	4674	775	6.0	60	42	11.7	5.2	-0.1	35.2
	175 umol	52	88.0	4084	587	7.0	60	29	9.7	5.4	1.0	29.1

Groei-indicatie overige rassen (30 takken)

teelt	Teeltduur		Reactie tijd		Lengte cm		bruin blad cm		totaal gewicht gr		totaal gewicht gr/m2		gewicht 70 cm		holle steel	
2	51	52	51	52	51	52	51	52	51	52	51	52	51	52	51	52
Ilonka	61	63	54	55	80,5	78,8	5,8	12,5	107,4	105,8	6444,7	5163,3	92,2	89,7	0%	0%
Prosecco	62	63	55	55	87,5	83,8	7,3	12,3	88,7	88,8	5324,2	4335,1	74,0	77,7	13%	0%
Beau Monde	62	63	55	55	82,5	84,8	0,5	0,0	78,4	94,4	4703,9	4605,1	70,2	86,4	20%	13%
Altaj	64	66	57	58	85,0	79,8	0,0	3,0	88,4	78,2	5302,7	3816,9	74,4	67,4	100%	100%
Kennedy	60	61	53	53	80,5	75,5	0,0	0,0	70,6	74,5	4237,8	3634,2	62,8	66,5	100%	100%
Fabiene	60	61	53	53	78,8	68,8	5,0	13,8	74,2	72,7	4453,7	3547,5	67,0	68,8	0%	0%
Purple star	62	63	55	55	80,3	79,8	0,0	0,0	71,6	83,9	4295,5	4092,3	64,2	76,0	20%	20%
Celebrate	64	65	57	57	89,3	87,8	13,5	29,3	85,7	97,2	5142,3	4743,6	72,0	81,9	60%	100%
Gemiddelde	**62**	**63**	**55**	**55**	**82**	**79**	**3**	**6**	**83**	**85**	**4966**	**4171**	**72**	**76**	**36%**	**33%**
	Teeltduur		Reactie tijd		Lengte cm		bruin blad cm		total gewicht gr		totaal gewicht gr/m2		gewicht 55 cm		holle steel	
Peptalk	58	59	51	51	69,3	63,0	0,0	0,0	44,9	48,2	4039,1	4093,1	35,4	42,5	53%	50%
Sun Up	64	64	57	56	77,8	71,8	20,0	29,0	47,2	46,4	4244,5	3944,7	38,1	39,1	33%	67%

Overzicht perfectiescore teelt 2 bij Chic (links) en Pina Colada (rechts)

	DPC links 5.1 Hoog lichtnivo	DPC rechts 5.2 Lager Lichtnivo
Perfectiescore	8,1	8,0
Plantdichtheid	56,3	46,4
Dagen LD	7	8
Reactietijd	53	52
rijpte	1	-1
aantal bloemen	7,4	8,9
Volgroeide bloemen	4,6	4,8
gekleurde knoppen	5,0	4,8
groene knoppen	0,0	0,0
doorbuiging	23,0	37,4
bladkwaliteit 1 = heel slecht, 5 = heel goed	3,7	4,7
lengte	95,0	80,0
gewicht 70 cm	86,3	87,2
gewicht vanaf potje	99,4	93,9
bloemkwaliteit	5,0	5,0
Plantdichtheid st/m2	56,3	46,4
fictieve kg/m2 vanaf potje	5,6	4,4
fictieve kg/m2 op 70 cm	4,9	4,0
Teeltduur dagen	60	60
fictieve gr/m2/dag vanaf potje	93,3	72,6
fictieve gr/m2/dag op 70 cm	81,0	67,4
molsom:	775	587
LBE 70 cm	6,3	6,9
LB vanaf potje	7,2	7,4
Opmerking	25 cm shagblad	blad goed dunner slapper

	DPC links 5.1 Hoog lichtnivo	DPC rechts 5.2 Lager Lichtnivo
Perfectiescore	8,0	7,5
Plantdichtheid	60,0	46,4
Dagen LD	7	8
Reactietijd	56	57
rijpte	-1	-2
aantal bloemen	6,6	7,2
Volgroeide bloemen	3,5	2,8
gekleurde knoppen	6,5	8,0
groene knoppen	1,0	0,5
doorbuiging	29,9	29,9
bladkwaliteit 1 = heel slecht, 5 = heel goed	5,0	5,0
lengte	83,7	80,0
gewicht 70 cm	89,0	87,1
gewicht vanaf potje	95,2	97,1
bloemkwaliteit	4,3	4,2
Plantdichtheid st/m2	60,0	46,4
fictieve kg/m2 vanaf potje	5,7	4,5
fictieve kg/m2 op 70 cm	5,3	4,0
Teeltduur dagen	63	65
fictieve gr/m2/dag vanaf potje	90,7	69,3
fictieve gr/m2/dag op 70 cm	84,8	62,2
molsom:	819	624
LBE 70 cm	6,5	6,5
LB vanaf potje	7,0	7,2
Opmerkingen	70% hol	50% hol

Bevindingen tijdens de teelt

De teelt:

Bij de start is het belichtingsniveau bij de hoge belichting minder hoog ingesteld dan de vorige teelt om gebreksblad/lichtschade te voorkomen: max 200 µmol/(m².s) in plaats van 250 µmol/(m².s). Dit leidde wel tot minder bladschade, maar was nog wel duidelijk meer dan bij het standaard belichtingsniveau (waar gestart werd met 150 µmol/(m².s)).

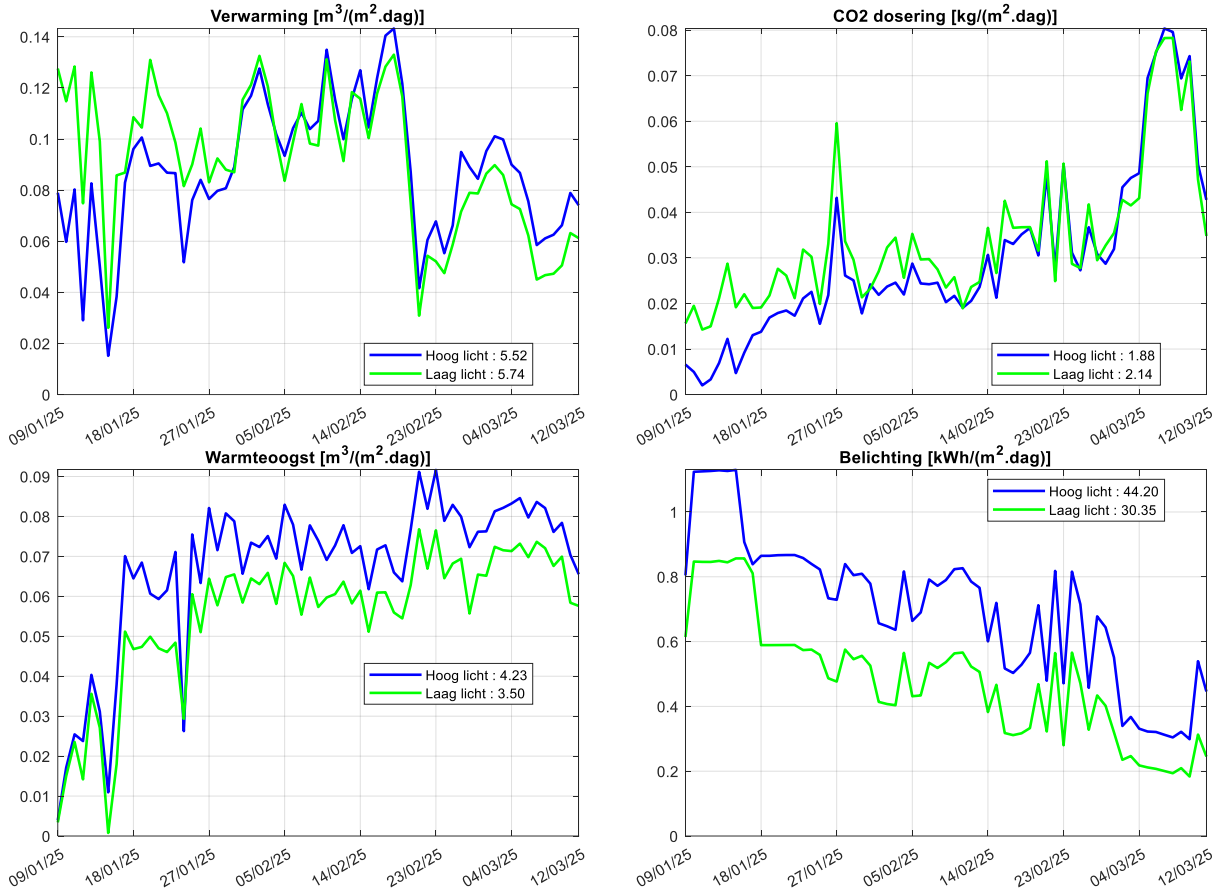
Gewas onder hoog lichtniveau gaf ondanks de lagere plantdichtheid toch meer ongelijke groei dan bij standaard lichtniveau. De bladkwaliteit was deze keer geen probleem, maar was bij Chic wel minder dan bij de standaard.

De LBE was over het algemeen wat hoger bij het standaard lichtniveau t.o.v. de verhoogde intensiteit.

Klimaat:

Vanaf begin KD is de koeltemperatuur 1 °C lager ingesteld dan de stooktemperatuur. Hierdoor kwam de onderbuis er regelmatiger in. De eerste weken van de teelt is er zeer intensief geschermd met beide doeken i.v.m. koud en donker weer. Bij het hoge lichtniveau is wel een kier van 10% ingesteld op kastemperatuur. De weegschalen lieten een nachtverdamping zien van rond de 35 gram/m² per uur. De ontvochtiging via het AVS-systeem was vaak tussen de 15 en 20 gram/m² per uur, wat betekent dat er dus ongeveer de helft van de nachtverdamping is afgevoerd door de (dichte) doeken (verduisteringsdoek + energiedoek).

Energie:



Bij koud (nachtvorst) en zonnig weer lukte het niet om genoeg warmte te oogsten om de warmtevraag in te vullen. Om dit wel te realiseren zou een grotere koel/ontvochtigingscapaciteit geïnstalleerd moeten worden en/of een lagere warmtevraag gecreëerd moeten worden door nog lager in (nacht) temperatuur te gaan of nog dichtere doeken te installeren. Een andere optie is een langere-termijn opslagcapaciteit, want over de gehele teelt was het saldo warmtevraag/warmteproductie wel nul bij het hoge lichtniveau.

Gewasbescherming:
De aaltjesplek was bij HL nog verder uitgebreid.
De luisbestrijding is deze teelt wel succesvol verlopen. Er is wel een luisaantasting ontstaan, maar deze is goed onder controle gekregen met de combi sluipwespen en lieveheersbeestjes (gerichte uitzet op de infectieplekken).

Leerpunten teelt 2 (plantweek 2):
- Bij koudere buitentemperaturen (nachtvorst) en zonnig weer lukt het ook met hoog lichtniveau niet om met korte termijnopslag om fossielvrij aan de warmtevraag te voldoen.
- Langere termijnopslag, hogere capaciteit warmteoogst en het creëren van minder warmtevraag zijn oplossingsrichtingen.
- Met een lagere inblaastemperatuur dan de stooktemperatuur en hierdoor meer energie via de onderbuis was de bladkwaliteit beter Bij Chic met HL nog wel minder dan bij LL.
- Gerichte inzet biologie op haarden kan luisdruk onder controle brengen.

Tabel 12 *Cultuurkaart teelt 2.*

Cultivar	[#/m²] 300	[#/m2] 200	Plant datum	300umol	200umol	Einde OND.	Start Oogst	Einde Oogst	# Netto reactie	Start Oogst	Einde Oogst	Gewicht prog. [g]
Chic	56,3	46,4	2/4 2024	3/4 7	3/5 8		11/1 53		53			90
Pina Colada	60	48,8					11/4 56		56			90
Prosseco	60	48,8										
Altaj	60	48,8										
Ilonka	60	48,8										
Celebrate	60	48,8										
Fabienne	60	48,8										
Purple Star	60	48,8										
Kennedy	60	48,8										
Sun up	90	85										
Peptalk	90	85										

	Groeireguleringsbespuiting					Watergift		Gewasbescherming			Groeimeting		
	W-D	Middel	# dagen KD	Lengte [cm]	Concentratie [g/100L]	3=300umol 2=200umol W-D	L/m²	W-D	middel	concentratie	W-D	Lengte [cm]	Gewicht [g]
Chic	4/4 3+2		7/6	40/38	100/50	2/6 (3+2)	15	44/5	Ranman				
	5/1 3 + 2		11/10	47/47	200/200	3/4 (3+2)	4		Ortiva				
	5/3 3		13	52	200	4/1 (3+2)	6		Carbocomplex				
	5/5 3 + 2		15/10	56/52	200/200	4/5	3: 10 2: 8						
	6/3 3 + 2		20/19	62/59	400/200	5/2 (3+2)	12						
	6/5 2		21	63	200	5/5 (3+2)	3: 12 2: 9						
	7/1 3 + 2		25/24	72/69	300/200	6/2	15						
						7/1	15						
						7/6 (3+2)	3: 15 2:10						
Pina Colada	5/1 3 + 2		11/10	40/40	100/100	8/5	15						
	5/5 3		15	50	100	9/3 (3)	15						
	7/1 3 + 2		25/24	65/62	200/200	9/4 (2)	15						
						10/1 (3)	10						
Fabienne	5/1 3 + 2		11/10	45/43	100/100	10/2 (2)	10						
	5/5 3 + 2		15/14	53/50	200/100								
	6/1 3		18	60	200								
	6/3 3 + 2		20/19	62/59	400/200								
	6/5 3 + 2		21	63	200								
	7/1 3 + 2		25/24	72/69	300/200								
Kennedy	5/1 3 + 2		11/10	40/40	100/100								
	5/5 3		15	50	100								
	6/3 3 + 2		20/19	61/60	200								
Celebrate	5/5 3		15	50	100								
	6/3 3 + 2		20/19	62/60	200								
	7/1 3 + 2		25/24	72/70	200/200								
Prosecco	6/1 3		18	55	200								
	6/3 2		19	55	200								
	6/5 3		22	63	200								
	7/1 3 + 2		25/24	69/68	200/200								
Ilonka	5/5 3		15	51	100								
	6/3 3		20	60	200								
	6/5 2		21	60	200								
Beau Monde	4/4 3+2		7/6	42/40	200/100								
	5/1 3 + 2			48/47	200/200								
	5/3 3 + 2		13/12	55/52	400/200								
	5/5 3 + 2		15/10	59/56	200/200								
	6/3 3 + 2		20/19	68/67	400/400								
	6/5 3 +2		22/21	72/71	200/200								
	7/1 3 + 2		25/24	75/72	300/200								
P Star	5/1 3 + 2		11/10	42/42	100/100								
	5/5 3		15	50	100								
	6/3 3 + 2		20/19	61/60	200/200								
Sunup	7/1 3 + 2		25/24	52/50	50/50								
Peptalk	7/1 3 + 2		25/24	52/50	50/50								
Altaj	6/5 3 +2		22/21	57/55	200/200	TOTAAL:							
						300 umol	144						
						200 umol	134						

Bijlage 2 Publiciteit

Een onderdeel van het projectwerk is het overdragen van de kennis uit het onderzoek naar de praktijk, naast de wekelijkse begeleidingscommissie bijeenkomsten zijn er bijeenkomsten georganiseerd voor een grotere begeleidingsgroep op 5 februari en 9 april 2025 en is een open middag gehouden op 6 maart 2025.

Verder is een artikel over het project verschenen in Onder Glas:
https://www.onderglas.nl/magazines/?wur=true#dflip-df_60575/32/

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

Wageningen University & Research
BU Glastuinbouw
Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
E glastuinbouw@wur.nl
wur.nl/glastuinbouw

Rapport WPR-1482

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, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers 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.