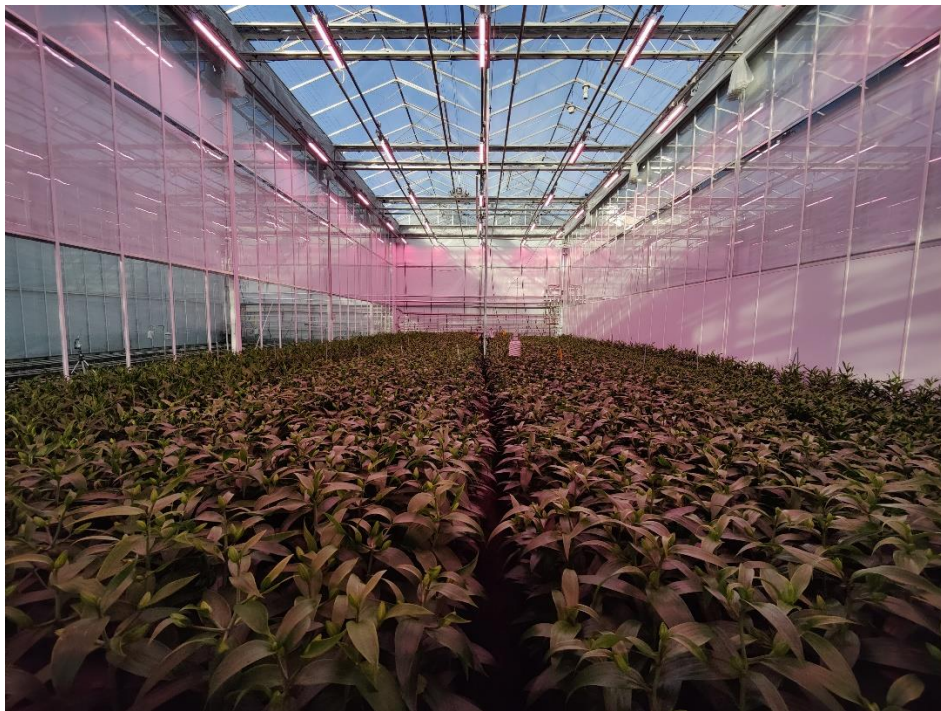


Lelie toekomstbestendig met LED en minimale warmtevraag



Oktober 2023

M.W. Bongers, D. Ruiter, S. Jochems, en S.W. Hogewoning

Lelie toekomstbestendig met LED en minimale warmtevraag

Oktober 2023

M.W. Bongers¹, D.I. Ruiter¹, S. Jochems² en S.W. Hogewoning¹.

¹Plant Lighting B.V.

Doordraai 1

3981 PE Bunnik

info@plantlighting.nl

www.plantlighting.nl

²Delphy Improvement Centre B.V.

Violierenweg 3

2665 MV Bleiswijk

M.W. Bongers, D.I. Ruiter, S. Jochems, S.W. Hogewoning. 2023. Lelie toekomstbestendig met LED en minimale warmtevraag. Plant Lighting B.V., Bunnik 94p.



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit



**Glastuinbouw
Nederland**

morgen groeit vandaag



Gewascoöperatie **Lelie**



© 2023 Plant Lighting B.V.

Dit rapport is tot stand gekomen in samenwerking met het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Glastuinbouw Nederland in het kader van het programma Kas als Energiebron, ter stimulering van energiebesparende maatregelen in de tuinbouw. Het onderzoek is mede mogelijk gemaakt door bijdragen vanuit de gewascoöperatie Lelie, Fluence en Royal Brinkman. De resultaten mogen vrij gebruikt worden, mits de bronnen worden vermeld.

Plant Lighting B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen als gevolg van gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Inhoudsopgave

SAMENVATTING	6
DANKWOORD	8
1 INLEIDING.....	9
1.1 Achtergrond lelieteelt onder LED.....	9
1.2 Volgende stappen energiezuinige teelt.....	10
1.3 Onderzoeksvragen.....	11
2 MATERIAAL EN METHODEN	12
2.1 Plantmateriaal en algemene proefopzet	12
2.2 Belichting.....	13
2.3 Klimaatstrategie en kasuitrusting.....	15
2.4 Metingen bloemtakken en analyse	16
2.5 Vaasleven	17
2.6 Energiebalans gewas en berekende verdamping	17
2.7 Gewasfotosynthese en assimilatenbalans.....	18
3 RESULTATEN KLIMAAT & ENERGIE	19
3.1 Buitenomstandigheden	19
3.2 Belichting.....	19
3.3 Temperatuurstrategie en vochthuishouding	21
3.4 Schermgebruik.....	26
3.5 Cijfers en discussie energie	26
3.6 Discussie klimaat en energie	29
4 RESULTATEN TEELT.....	31
4.1 Algemene gewasbeschrijving.....	31
4.2 Meetresultaten bloemtakken per ras	31
4.3 Meetresultaten bloemtakken samengevat	44
5 RESULTATEN ENERGIEBALANS.....	45
6 GEWASFOTOSYNTHESE EN ASSIMILATENBALANS	49
6.1 Assimilatenaanmaak	49
6.2 Assimilatenverbruik	50
6.3 Assimilatenbalans	52
6.4 Benodigde lichtsom in het voorjaar.....	53
6.5 Discussie gewasfotosynthese	54
7 DISCUSSIE EN CONCLUSIES	56
7.1 Discussie.....	56
7.2 Conclusies	57
REFERENTIES.....	59
BIJLAGE	60
I Gewasfotosynthese	60

II Lichtverdeling in de kas.....	64
III Voedingsschema en nutriëntenanalyse	65
IV Schermgebruik.....	66
V Details vaasleven	72
VI Schatting assimilaten bol.....	74
VII Foto's.....	75

Samenvatting

Aanleiding en doelstelling

De lelieteelt maakt op dit moment grote stappen richting een duurzame energiezuinige teelt. De afgelopen 3 jaar is er kennis ontwikkeld over lelieteelt onder full-LED belichting. Er is gebleken dat in de eerste weken een lage lichtintensiteit volstaat, er is minimaal 6 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ verrood licht nodig om bij Oriëntal lelies teeltvertraging te voorkomen, en een LED-spectrum met een hoger aandeel groen en blauw licht bleek geen duidelijke voordelen te bieden.

Dit onderzoek richt zich op het verder minimaliseren van de elektra- en warmtevraag vanuit het streven naar een toekomstbestendig fossielvrij teeltsysteem. Om op elektra te besparen is in de beginfase van de teelt belicht met een lage lichtintensiteit en de belichting overdag uitgeschakeld. Vervolgens is stapsgewijs meer belicht en gestuurd op een dagsom. Bij voldoende daglicht werd de belichting gedimd en verrood uitgeschakeld. De warmtevraag is geminimaliseerd door te isoleren via intensief gebruik van drie schermen en door overdag hogere temperaturen toe te laten en 's nachts een lagere minimumtemperatuur te accepteren. Actief ontvochtiging is ingezet om vocht te beheersen zonder minimumbuis. Bijkomend voordeel hiervan is dat de CO_2 ook beter wordt behouden in de kas. Waarbij de uitdaging is om met deze maatregelen een goede kwaliteit lelie te telen.

Onderzoeksvragen

- Kun je een goede kwaliteit lelie telen onder full-LED in combinatie met beter isoleren, actief ontvochtigen en temperatuurintegratie door een grotere DIF toe te laten?
- Wat is de grens in plantdichtheid om een goede kwaliteit te behouden?
- Ontstaan er bij de energiebesparingsstrategie problemen met verdamping met invloed op de kwaliteit?
- Biedt inzicht in de assimilatenbalans van lelie kansen voor verdere energiebesparing?

Proefopzet

De proef vond plaats van 6 september 2022 tot en met 26 mei 2023. Er werd geteeld in twee naast elkaar gelegen proefkassen waarin twee teelten met vier weken verschil in plantdatum uitgevoerd werden. Per proefkas waren er 3 opeenvolgende trekken (zes teelten in totaal) met de cultivars Santander (Oriëntal), Tabledance & Zambesi (Oriëntal x Trompet ofwel OT), en Brindisi (LA-hybride). Er zijn twee plantdichtheden getoetst van netto 33 en 42/ m^2 (50 en 58/ m^2 voor Brindisi). Na het ontdooien en planten zijn de bollen twee weken beworteld in een donkere koelcel bij 14-15 °C. Hierna zijn de planten verplaatst naar de proefkas.

Resultaten en conclusie

Het is in grote lijnen gelukt om een goede kwaliteit lelie te telen met de getoetste teeltstrategie. De bladkwaliteit bleef met name in de winter soms wel een aandachtspunt, vooral bij Santander. Bij Brindisi waren er vooral in de eerste trek bladproblemen (halve maantjes), wat duidt op calciumgebrek. Zambesi had bijna geen bladproblemen. Bij Tabledance viel op dat de bladkwaliteit wat slechter was bij de hoge plantdichtheid. Verder was de bladkwaliteit van

Tabledance acceptabel. De mogelijkheid om te telen bij de hogere plantdichtheid gegeven de klimaatomstandigheden verschilde per ras. Bij Santander en Brindisi ging dit zonder problemen. Bij Zambesi en Tabledance resulteerde de hoge plantdichtheid in meer slappe takken. Dat leidde in meerdere trekken tot een korter vaasleven als gevolg van steelknik. Dit jaar was er minder sprake van een te korte taklengte vergeleken met de proef vorig jaar, mogelijk vanwege de lagere nachttemperatuur.

In vergelijking met de vorige proef (2021-2022) is er ditmaal over een vergelijkbare periode fors energie bespaard, terwijl de buitentemperaturen vergelijkbaar waren. Het warmtegebruik voor drie opvolgende teelten in de twee kasafdelingen in deze proef was 5.4 en 9.0 m³/m² (waarvan 1.7 en 2.8 m³/m² teruggewonnen uit latente warmte) ten opzichte van 13.3 m³/m² aardgasequivalenten voor drie teelten in 2021. De verlaging van de nachttemperatuur en het extra scherm zullen beide de energievraag hebben verminderd. Ook de inzet van condensatie-ontvochtiging (DryGair) zorgt voor minder energie-inbreng (uit gas) door het oogsten van latente warmte en minder verlies van voelbare warmte door vermindering van de noodzaak tot ventilatie. De energievraag wordt juist verhoogd op momenten dat de DryGair ingezet wordt terwijl er ook warmte afgelucht wordt. Daarom is op die momenten ontvochtigd door te luchten. Bij relatief lage temperaturen is de efficiëntie van een condensatie-ontvochtiging ook lager. Bij een teeltstrategie met lage nachttemperaturen kan een alternatieve methode voor ontvochtiging overwogen worden.

De berekeningen van de verdamping van de bovenste gewaslaag op basis van metingen aan de energiebalans laten zien dat er in de onbelichte nacht nauwelijks verdamping was. Op dagen met een lage buitentemperatuur zorgde uitstraling ervoor dat er geen energie voor verdamping overbleef. Het is niet duidelijk of dit ook leidde tot bladproblemen. Verder werd de verdamping met name in de periode dat er belicht wordt onder de gesloten doeken beïnvloed door de luchtvochtigheid. Op momenten dat de luchtvochtigheid verlaagd werd, steeg de verdamping. Dit laat zien dat het belangrijk is om de luchtvochtigheid te beheersen om de verdamping te kunnen beheersen (balans tussen noodzaak en overmaat).

De berekeningen aan de assimilatenbalans laten zien dat er tussen 1.5 en 6.5 week na start in de kas een tekort is aan assimilatenproductie ten opzichte van het berekende gebruik voor groei. Dit tekort wordt waarschijnlijk aangevuld vanuit de bol. Meer kennis over het kunnen benutten van de assimilatenreserves uit de bol biedt kansen voor een gerichtere inzet van belichting om elektragebruik verder te minimaliseren. Uit de berekening van de assimilatie per m² gewas blijkt dat in het voorjaar een 7 tot 12% hogere lichtsom nodig is om dezelfde assimilatie als in de winter te bereiken. Dit is mede afhankelijk van het CO₂ niveau in de kas.

Met de gevolgde teeltstrategie is het warmteverbruik fors verminderd zonder dat dit zichtbaar nadelige gevolgen had voor de plantkwaliteit. Het is goed mogelijk om in de nacht een lagere temperatuur toe te laten. Bladkwaliteit in de winter blijft een aandachtspunt.

Dankwoord

Dit rapport geeft de resultaten weer van een onderzoek naar mogelijkheden voor verdere energiebesparing in de lelieteelt. Het onderzoek vond gedurende 6 trekken plaats in een proefkas van het Delphy Improvement Centre. Dit onderzoek is ondersteund door het programma 'Kas als Energiebron', gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Glastuinbouw Nederland, de gewascoöperatie lelie, en Fluence. De belichting is gesponsord door Fluence en Royal Brinkman heeft de DryGair gesponsord.

We willen een aantal personen nog met name hartelijk bedanken voor hun bijdrage in de BCO: de leliekwekers Fokke Galema (Kwekerij Bakker), Kees van Paridon en Andre Imanse (Dutch Lily Masters), Thomas Evers (Bredefleur) en potleliekweker Peter van de Wetering (Wetering Potlilium BV), en vanuit LED-leverancier Fluence Gert-Jan Goes. Thomas Evers (Bredefleur) voor het leveren van plantmateriaal. Kees van Paridon en Andre Imanse (Dutch Lily Masters) voor het leveren van plantmateriaal en medewerking aan het planten en koelen in de voortrek. Helma Hoff en Machteld Bouw (Glastuinbouw Nederland) worden bedankt voor het coördineren van de BCO's. Onderzoekspartner Delphy Improvement Centre wordt bedankt voor de prettige samenwerking. Als laatste willen we de onderzoekscoördinatoren Dennis Medema, Robert Solleveld, Marjolijn Valkenhoef en Leo Oprel van het programma Kas als Energiebron bedanken voor hun steun bij de totstandkoming en uitvoering van dit project.

Oktober 2023,

Sander Hogewoning

1 Inleiding

1.1 Achtergrond lelieteelt onder LED

De lelieteelt maakt op dit moment grote stappen richting een duurzamere energiezuinige teelt. Veel bedrijven overwegen over te stappen op LED-belichting om op elektra te besparen. Daarbij wordt voor hybride belichting gekozen of zelfs al voor full-LED. Recente inzichten uit onderzoek worden dus snel toegepast in de praktijk. De afgelopen drie jaar is er door Plant Lighting en Delphy Improvement Centre veel kennis ontwikkeld over lelieteelt onder full-LED belichting. Hieronder volgt een samenvatting van een aantal belangrijke bevindingen uit die recente onderzoeken.

De eerste weken van de teelt nadat de scheuten boven de grond zijn, blijkt lelie voldoende te hebben aan een lage intensiteit licht, waarbij 25, 50 of 100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PAR belichting gedurende de eerste teeltweken geen invloed had op het uiteindelijke takgewicht (Hogewoning et al. 2020). Wel moet in die eerste teeltweken een lange daglengte gecombineerd met verrood licht aangeboden worden om geen teeltvertraging op te lopen bij de daartoe gevoelige Oriëntal en Oriëntal x Trompet (OT) hybriden. Belichting zonder verrood vertraagde de teelt tot soms meer dan 10 dagen (afhankelijk van ras, herkomst bollen, en seizoen; Hogewoning et al. 2020). Een aanvulling van 6 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ verrood op het PAR-licht (LED RB) bleek in dat onderzoek voldoende om teeltvertraging te voorkomen. Meer verrood gaf geen verdere versnelling, maar minder verrood (3 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) leidde wel nog tot enige dagen vertraging ten opzichte van belichting met SON-T.

In een kasproef met LED-belichting met en zonder verrood reageerde de teeltduur van de toetste Oriëntal- en OT-hybriden (Santander, Marlon, Tabledance en Zambesi) sterk op verrood licht, terwijl de teeltduur van de toetste LA-hybriden (Corleone en Caesars Palace) en Longiflorum (Watchup) hooguit enige dagen langer was zonder verrood (Hogewoning et al. 2021). Juist gedurende de eerste weken van de teelt is het verrood noodzakelijk bij Oriëntal- en OT-hybriden. Uit zeer recent onderzoek is gebleken dat verrood na enige teeltweken al geen effect meer heeft op teeltsnelheid en mag worden uitgezet (Boogaart et al, 2023).

Er blijkt een goede lelie geteeld te kunnen worden met een 'standaard' RWB-spectrum (grofweg 6-8%B; 5-10%G; 82-89%R) met daar bovenop 6 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ verrood licht (Hogewoning et al. 2022). Deze kasproef toonde aan dat het toevoegen van een hoger aandeel groen en blauw licht geen extra toegevoegde waarde geeft ten opzichte van het eerdergenoemde spectrum. Dat is een positief resultaat aangezien blauwe en witte LED's energetisch minder efficiënt zijn dan rode LEDs. Daarnaast bleef ook de bladkwaliteit afgelopen winterteelt 2021/2022 goed onder het 'standaard' RWB-spectrum aangevuld met verrood, hoewel één gevoelig ras (Marlon) nog wel lichte chlorose vertoonde. Voldoende verdamping is waarschijnlijk belangrijk voor een goede bladkwaliteit en vraagt aandacht in een energiezuinige teelt. De basis voor een goede lelieteelt onder LED is dus gezet.

1.2 Volgende stappen energiezuinige teelt

Dit onderzoek is in feite een demonstratieteelt waarin ervaring opgedaan wordt met energiebesparende maatregelen en technieken. Met als doel om een goede kwaliteit lelie te kunnen telen met zo min mogelijk energiegebruik. Het verder reduceren van het elektra- en warmtegebruik sluit aan bij het streven naar een toekomstbestendig fossielvrij teeltsysteem.

Elektra

Voor verdere elektrabesparing is het belangrijk om de energiezuinige LED-belichting zo efficiënt mogelijk in te zetten. Dat kan door in de beginfase van de teelt (eerste ± 3 weken) te belichten met een lage lichtintensiteit ($25\text{--}30 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PAR) in de belichte nacht en de belichting uit te schakelen overdag. Dit kan omdat de assimilatenbehoefte in deze teeltfase laag is (Hogewoning et al., 2020). In de hierop volgende groeifase vraagt het gewas wel meer assimilaten. Dan is het belangrijk om te sturen op voldoende licht voor de benodigde assimilatie, maar de belichting te dimmen zodra er voldoende daglicht is. Dit vraagt dynamisch dimbare belichting en kennis over de omzetting van licht in assimilaten op gewasniveau. Daarnaast kan ook het verrood uitgeschakeld worden bij voldoende daglicht, wat een kleine besparing aan elektra oplevert. De combinatie van bovenstaande maatregelen resulteren in een zo'n efficiënt mogelijk elektraverbruik voor de belichting.

Warmte en CO₂

Ook de warmtevraag moet worden geminimaliseerd. In de meest recente kasproef met lelie onder LED (2021-2022) is ook ingezet op beperking van de warmtevraag (Hogewoning et al. 2022). Het gasverbruik voor verwarming was in die proef totaal $13.3 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2}$, waarbij alleen in de zomer (half mei tot derde week van september) niet geteeld is. Er is toen belicht met maximaal $150 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ LED, geïsoleerd met twee schermen (energie en lichtuitstoot), verwarmingsbuizen zijn alleen ingezet bij warmtevraag, en in de winter is een redelijk vlakke temperatuur aangehouden (stooklijn 18°C). In die proef bleek dat veruit de meeste warmtevraag in de onbelichte nacht is.

In de hier gerapporteerde kasproef uitgevoerd in de periode september 2022- mei 2023 is de kas daarom nog beter geïsoleerd door intensief gebruik van drie schermen (2x energie en lichtuitstoot). Ook is temperatuurintegratie toegepast door overdag een hogere temperatuur toe te laten en 's nachts een fors lagere minimumtemperatuur te accepteren (stooklijn $14\text{--}15^\circ\text{C}$). Voor vochtbeheersing is gebruik gemaakt van actieve ontvochtiging met een condensatie-ontvochtiger. Hiermee kan vocht zonder minimumbuis en luchting worden beheerst en de latente warmte uit het vocht worden teruggewonnen. Bijkomend voordeel is dat de CO₂ ook beter wordt behouden in de kas. Actieve ontvochtiging met condensatie-ontvochtiger kost wel elektriciteit. De gerealiseerde verhouding tussen elektragebruik voor ontvochtiging en de bespaarde plus teruggewonnen warmte zijn bepalend voor het succes van de toepassing van condensatie-ontvochtiging.

1.3 Onderzoeksvragen

Het doel om is een hoge productie te halen en een goede kwaliteit lelie te telen met zo min mogelijk energiegebruik. De volgende specifieke onderzoeksvragen wordt aandacht aan besteed:

- Kun je een goede kwaliteit lelie telen onder full-LED in combinatie met beter isoleren, actief ontvochtigen en temperatuurintegratie door een grotere DIF toe te laten?
- Wat is de grens in plantdichtheid om een goede kwaliteit te behouden?
- Ontstaan er bij de energiebesparingsstrategie problemen met verdamping met invloed op de kwaliteit?
- Biedt inzicht in de assimilatenbalans van lelie kansen voor verdere energiebesparing?

2 Materiaal en methoden

2.1 Plantmateriaal en algemene proefopzet

De proef vond plaats van 6 september 2022 tot en met 26 mei 2023 in twee naast elkaar gelegen proefkassen van 240 m² bruto bij Delphy Improvement Centre. Er waren drie opeenvolgende teelten (trekken) lelie (*Lilium* spp., L.) in iedere proefkas. Tussen de twee proefkassen is enige weken verschil in plantdatum aangehouden, waardoor twee trekken in een verschillende teeltfase op hetzelfde moment plaatsvonden. Er werden bollen geplant in standaard broeikisten (40 x 60 cm) met hergebruikt gestoomd kokossubstraat (Dutch Lily Masters locatie Lisserbroek). Boven de kisten werd gaas geplaatst om de planten te ondersteunen, bij Brindisi is vanaf de 3^e trek geen gaas geplaatst.

De proef is uitgevoerd met vier cultivars: Santander (Oriëntal), Tabledance & Zambesi (Oriëntal x Trompet ofwel OT), en Brindisi (LA-hybride). Per cultivar zijn twee plantdichtheden getoetst. Voor Santander, Tabledance en Zambesi was er een lage plantdichtheid van 8 bollen per kist of 33.3 bollen per netto m² (exclusief paden) en een hoge plantdichtheid van 10 bollen per kist of 41.7 bollen per netto m². Voor Brindisi was de lage plantdichtheid 12 bollen per kist of 50.0 bollen per netto m² en de hoge plantdichtheid 14 bollen per kist of 58.3 bollen per m². Van elke plantdichtheid waren er 10 meetkisten waarin per meetkist een gelijk versgewicht aan bollen geplant werd (Tabel 1). Herkomst van de bollen staat weergegeven in Tabel 1. De bollen zijn twee weken voor het planten ontdooid bij 5 °C (soms iets kortere of langere tijd; zie Tabel 1). Na het planten zijn de bollen beworteld in een donkere koelcel bij 14-15 °C (Tabel 1). Hierna zijn de planten verplaatst naar de proefkas.

Water werd gegeven naar behoefte, hoofdzakelijk door het inline druppel irrigatiesysteem en zo nodig handmatig gecorrigeerd. Tijdens de teelt is gegoten met een EC van 1 mS/cm, alleen aan het begin van trek 1 was de EC 1.5. In de eerste 2 weken is gegoten met schoon water. Het voedingsschema is toegevoegd in bijlage III Voedingsschema. De kisten stonden op een basalt teeltvloer, zodat het drainwater kon wegvloeien.



Figuur 1 Indruk van een van de twee proefafdelingen.

Tabel 1 Herkomst, ziftmaat, aantal bollen per kist, gewicht bollen, plantdatum en datum van verplaatsing naar kas van de vier getoetste cultivars en de twee plantdichtheden. NL=Nederland. ZH=Zuidelijk halfmond.

1e planting (11.1)		Plantdichtheid 1		Plantdichtheid 2		Herkomst bollen	Ontdooi datum	Plant datum	Kas datum
Cultivar	Ziftmaat	Bollen/ kist	Gewicht	Bollen/ kist	Gewicht				
Or Santander	16-18	8	530 ± 5g	10	660 ± 5g	NL 2021	09/aug	23/aug	06/sep
OT Tabledance	16-18	8	535 ± 5g	10	670 ± 5g	NL 2021	09/aug	23/aug	06/sep
OT Zambesi	16-18	8	505 ± 5g	10	630 ± 5g	NL 2021	09/aug	23/aug	06/sep
LA Brindisi	16-18	12	615 ± 5g	14	720 ± 5g	NL 2021	16/aug	31/aug	13/sep
2e planting (11.2)		Plantdichtheid 1		Plantdichtheid 2		Herkomst bollen	Ontdooi datum	Plant datum	Kas datum
Cultivar	Ziftmaat	Bollen/ kist	Gewicht	Bollen/ kist	Gewicht				
Or Santander	16-18	8	530 ± 5g	10	660 ± 5g	NL 2021	06/sep	20/sep	04/okt
OT Tabledance	16-18	8	535 ± 5g	10	670 ± 5g	NL 2021	06/sep	20/sep	04/okt
OT Zambesi	16-18	8	505 ± 5g	10	630 ± 5g	NL 2021	06/sep	20/sep	04/okt
LA Brindisi	16-18	12	650 ± 5g	14	760 ± 5g	NL 2021	13/sep	27/sep	11/okt
3e planting (11.2)		Plantdichtheid 1		Plantdichtheid 2		Herkomst bollen	Ontdooi datum	Plant datum	Kas datum
Cultivar	Ziftmaat	Bollen/ kist	Gewicht	Bollen/ kist	Gewicht				
Or Santander	16-18	8	615 ± 5g	10	765 ± 5g	NL 2021	26/Okt	08/Nov	23/Nov
OT Tabledance	16-18	8	600 ± 5g	10	750 ± 5g	NL 2021	26/Okt	08/Nov	23/Nov
OT Zambesi	16-18	8	465 ± 5g	10	585 ± 5g	NL 2021	26/Okt	08/Nov	23/Nov
LA Brindisi	16-18	12	650 ± 5g	14	760 ± 5g	NL 2021	02/Nov	16/Nov	30/Nov
4e planting (11.2)		Plantdichtheid 1		Plantdichtheid 2		Herkomst bollen	Ontdooi datum	Plant datum	Kas datum
Cultivar	Ziftmaat	Bollen/ kist	Gewicht	Bollen/ kist	Gewicht				
Or Santander	16-18	8	625 ± 5g	10	775 ± 5g	ZH 2021-22	23/Nov	09/Dec	19/Dec
OT Tabledance	16-18	8	605 ± 5g	10	755 ± 5g	ZH 2021-22	23/Nov	09/Dec	19/Dec
OT Zambesi	16-18	8	500 ± 5g	10	625 ± 5g	NL 2021	23/Nov	09/Dec	19/Dec
LA Brindisi	16-18	12	675 ± 5g	14	785 ± 5g	NL 2021	23/Nov	15/Dec	27/Dec
5e planting (11.2)		Plantdichtheid 1		Plantdichtheid 2		Herkomst bollen	Ontdooi datum	Plant datum	Kas datum
Cultivar	Ziftmaat	Bollen/ kist	Gewicht	Bollen/ kist	Gewicht				
Or Santander	16-18	8	515 ± 5g	10	645 ± 5g	ZH 2021-22	05/Jan	18/Jan	01/Feb
OT Tabledance	16-18	8	575 ± 5g	10	720 ± 5g	ZH 2021-22	04/Jan	18/Jan	01/Feb
OT Zambesi	16-18	8	520 ± 5g	10	650 ± 5g	ZH 2021-22	04/Jan	18/Jan	01/Feb
LA Brindisi	16-18	12	700 ± 5g	14	815 ± 5g	NL 2022	11/Jan	25/Jan	08/Feb
6e planting (11.2)		Plantdichtheid 1		Plantdichtheid 2		Herkomst bollen	Ontdooi datum	Plant datum	Kas datum
Cultivar	Ziftmaat	Bollen/ kist	Gewicht	Bollen/ kist	Gewicht				
Or Santander	16-18	8	545 ± 5g	10	680 ± 5g	NL 2022	03/Feb	16/Feb	10/Mar
OT Tabledance	16-18	8	545 ± 5g	10	680 ± 5g	NL 2022	03/Feb	16/Feb	10/Mar
OT Zambesi	16-18	8	520 ± 5g	10	650 ± 5g	NL 2022	03/Feb	16/Feb	10/Mar
LA Brindisi	16-18	12	700 ± 5g	14	815 ± 5g	NL 2022	10/Feb	24/Feb	17/Mar

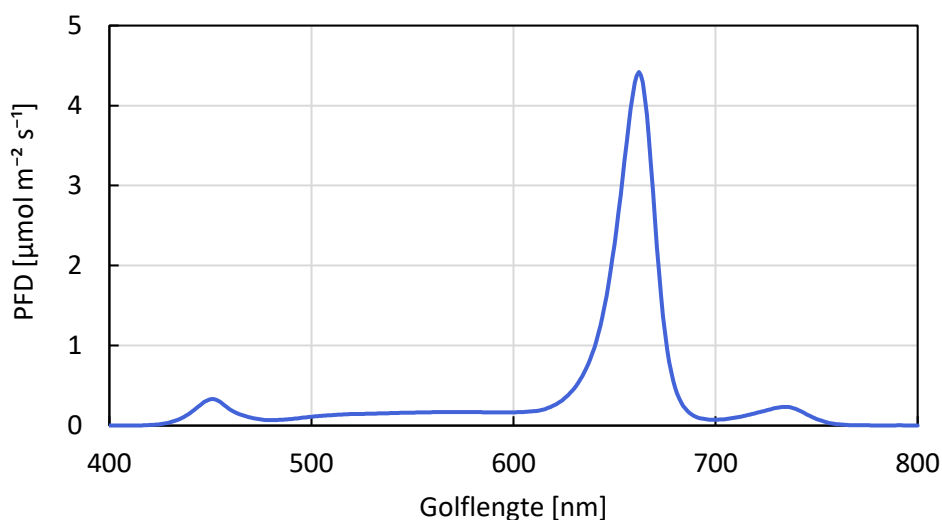
2.2 Belichting

De kas is uitgerust met full-LED belichting (Fluence, Austin, USA). Er werd een fotoperiode van 18 uur aangehouden. Het licht binnen de meetvakken was homogeen verdeeld (bijlage II Lichtverdeling in de kas). Het spectrum staat weergegeven in Figuur 2. Binnen het PAR (400-700 nm) gedeelte bestond het spectrum uit 7% blauw (400-500 nm), 11% groen (500-600 nm) en 82% rood (600-700 nm) door gebruik van dimbare type R8 armaturen. Daarbij zijn

aanvullend verrood-modules geïnstalleerd met een intensiteit van 7 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. In iedere teelt werd gestart met 30 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR belichting. Afhankelijk van de ontwikkeling van het gewas werd na ongeveer 2 weken opgeschakeld naar 60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ in trek 1). Er werd na ongeveer 3 weken opgeschakeld naar 150 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR. In Tabel 2 staat per trek wanneer is opgeschakeld in belichting. Er is een daglengte van 18 uur aangehouden om teeltvertraging bij de Oriëntal- en OT-hybriden te voorkomen. De belichting (inclusief het verrood) werd 18 uur voor zon-onder aangezet, waarbij de intensiteit in een periode van een half uur werd opgebouwd. Gedurende de eerste teeltweken zijn de lampen uitgeschakeld bij $> 60 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ daglicht in de kas. Vanaf het moment dat werd opgeschakeld naar 150 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR is gestuurd op een lichtsom van 12 mol/m²/dag, waarbij de belichting werd gedimd bij voldoende daglicht op basis van de PAR-meting in de kas. De verrode belichting is uitgeschakeld vanaf 75W/m² buitenstraling om op elektra te besparen.

Tabel 2 Overzicht van het verloop van de verschillende trekken en intensiteit belichting in $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Op dag 0 gingen cultivars Santander, Tabledance en Zambesi de kas in (behalve trek 5) en Brindisi ongeveer een week later.

Afdeling 1			Afdeling 2		
Datum	Dag	Gebeurtenis	Datum	Dag	Gebeurtenis
Trek 1			Trek 2		
06/09/2022	0	Start trek 1 (30 μmol)	04/10/2022	0	Start trek 2 (30 μmol)
13/09/2022	7	Brindisi de kas in	11/10/2022	7	Brindisi de kas in
21/09/2022	15	Opschakeling 100 μmol	15/10/2022	11	Opschakeling 60 μmol
25/09/2022	19	Opschakeling 150 μmol	25/10/2022	21	Opschakeling 150 μmol
24/10/2022	48	Start oogst Brindisi	30/11/2022	57	Start oogst trek 2
09/11/2022	64	Einde oogst trek 1	12/12/2022	69	Einde oogst trek 2
Trek 3			Trek 4		
22/11/2022	0	Start trek 3 (30 μmol)	19/12/2022	0	Start trek 4 (30 μmol)
30/11/2022	8	Brindisi de kas in	26/12/2022	7	Brindisi de kas in
06/12/2022	14	Opschakeling 60 μmol	03/01/2023	15	Opschakeling 60 μmol
14/12/2022	22	Opschakeling 150 μmol	10/01/2023	22	Opschakeling 150 μmol
23/01/2023	62	Start oogst trek 3	24/02/2023	67	Start oogst trek 4
01/02/2023	71	Einde oogst trek 3	12/03/2023	83	Einde oogst trek 4
Trek 5			Trek 6		
03/02/2023	0	Start trek 5, Tabledance, Zambesi (30 μmol)	10/03/2023	0	Start trek 6 (30 μmol)
06/02/2023	3	Santander kas			
08/02/2023	5	Brindisi de kas in	17/03/2023	7	Brindisi de kas in
22/02/2023	19	Opschakeling 60 μmol	24/03/2023	14	Opschakeling 60 μmol
25/02/2023	22	Opschakeling 150 μmol	31/03/2023	21	Opschakeling 150 μmol
07/04/2023	63	Start oogst trek 5	08/05/2023	59	Start oogst trek 6
17/04/2023	73	Einde oogst trek 5	26/05/2023	77	Einde oogst trek 6



Figuur 2 Spectrale samenstelling van de belichting in de twee proefkassen. De kleurverhouding binnen het PAR gedeelte (400-700 nm) is 7% blauw (400-500 nm), 11% groen (500-600 nm), 82% rood (600-700 nm).

2.3 Klimaatstrategie en kasuitrusting

Er zijn 3 schermen geïnstalleerd op twee dradenbedden, een verduisteringsscherm (Obscura 9950) en een energiescherm (Luxous 1147 FR) op het bovenste dradenbed en op het onderste dradenbed eenzelfde energiescherm. Voor actieve ontvochtiging is een DryGair DG-X geïnstalleerd in beide proefkassen. Deze unit is overgedimensioneerd voor een afdeling van 250 m². De overdimensionering had tot gevolg dat het RV-setpoint snel gehaald werd, waardoor het apparaat veel vaker aan- en uitschakelde dan in de praktijk. Dit maakt de ontvochtiging per Joule elektra minder efficiënt. Dit type DryGair werkt vanaf 15 °C, de optimale temperatuur ligt volgens de leverancier tussen 18 en 26 °C. Door de relatief lage temperatuur in dit lelie-onderzoek (etmaal 18 °C) was de efficiëntie dus niet optimaal.

Op hoofdlijnen is de volgende klimaatstrategie gehanteerd:

- Etmaaltemperatuur 17.5-18.5 °C
- Minimumtemperatuur 12 °C (trek 1-2) en 14-15 °C (trek 3-6)
- RV maximaal 80% overdag, 85-90% s 'nachts en minimale rv 60%

Na trek 1 (streef-etmaal 18.5 °C) is de gewenste etmaaltemperatuur verlaagd naar 18 °C. Vanaf halverwege december, in de donkere maanden is de gewenste etmaaltemperatuur verlaagd naar 17.5 °C. Vanaf februari 2023 was de streef temperatuur weer 18 °C. Vocht is gereguleerd door ventilatie via de ramen zolang er geen warmtevraag was. Als met alleen raamopening de RV te hoog bleef werd er een schermkier getrokken. Als vervolgens alsnog de RV te hoog opliep werd de DryGair ingezet. Bij warmtevraag was de primaire vochtregeling met de DryGair, behalve in trek 6.

In hoofdstuk 3 staan verdere details over de klimaatregeling en de gevolgen voor het energiegebruik.

2.4 Metingen bloemtakken en analyse

De metingen bij oogst zijn gedaan aan alle takken van 10 meetkisten per trek, per cultivar, per plantdichtheid. Van elke meetkist zijn de takken geoogst op een gelijk rijpheidsstadium met de rijpste bloemknop volledig op kleur. Aan alle takken zijn de volgende metingen verricht:

- Taklengte
- Takgewicht vers
- Takgewicht vers op 90 cm
- Bladkwaliteit
- Aanwezigheid bladpunten
- Stevigheid

Aan takken op 4 van de 10 meetkisten zijn daarnaast de volgende metingen verricht:

- Aantal knoppen (goede, misvormde en verdroogde knoppen)
- Knoplengte
- Takgewicht droog

De stevigheid is bepaald door de tak horizontaal te houden. Als de tak doorbuigt en ook niet terug kan veren wordt de tak als slap geteld. Het droge takgewicht is bepaald door de takken te wegen nadat deze zijn gedroogd in een papieren zak in een droogstoof op 80 °C of 100 °C. Bladkwaliteit is gescoord als 'bladpunten' en als 'bladvlekken' (Figuur 3). Voor de meting is een gradatie gebruikt van 'slecht', 'middel', 'goed'. Bij slecht heeft de meerderheid van het blad aan een tak problemen, bij middel zijn er slechts enkele aangetaste bladeren of is de aantasting erg klein, bij goed zijn er geen bladproblemen.



Figuur 3 Kwaliteitsproblemen geteld bij de meting van de bladkwaliteit. Links een blad dat geteld is als 'bladpunt', de andere parameters zijn gemeten als 'bladvlekken'.

De effecten van plantdichtheid zijn per trek getoetst voor de verschillende cultivars. Voor de statistische analyse is de kist als experimentele eenheid beschouwd (N=4 of N=10), hierbij is de gemiddelde waarde per tak (bijvoorbeeld takgewicht) binnen een kist of het percentage per kist (bijvoorbeeld percentage slappe takken) gebruikt. Per trek en per cultivar is een t-test gedaan in R (R core team 2022).

2.5 Vaasleven

Het vaasleven is getoetst door het FloraHolland Post Harvest Kenniscentrum (Naaldwijk, Nederland) na alle 6 trekken, zowel bij de hoge als de lage plantdichtheid, en voor alle cultivars. Alleen bij de derde trek is bij Brindisi geen vaasleventest gedaan vanwege peniciliumaantasting. Per trek, dichtheid en cultivar zijn 15 takken in drie bossen getest. Deze zijn gehoesd en in een kartonnen doos naar FloraHolland gebracht. De registratie is gedaan per tak. De testprocedure voor vaasleven startte met een transportsimulatie, waarbij de takken gedurende 4 dagen bij 8°C ingehoesd droog in een kartonnen doos werden gelegd. Als de takken na oogst een dag in de koelcel bij Delphy hadden gelegen werd de transportsimulatie met een dag verkort. Vervolgens werd voor de simulatie van de bloemenwinkel 3 cm van de stelen afgeknipt en werden ze enkele uren in een gekoelde opslagruimte in water gezet, waarna ze 2 dagen bij 20°C werden gezet. Om consumentengedrag te simuleren, werden de stelen afgeknipt, gedeeltelijk ontbladerd en in een vaas gezet met Chrysal universele vloeibare voedingsoplossing voor snijbloemen. De vazen werden geplaatst in een ruimte bij 20°C, RV 60%, en 12 uur licht (1000 lux). De vaas ondersteunde ongeveer 1/3^e van de steel, waardoor stengels relatief snel doorbuigen en knikken. Tijdens het vaasleven werden de planten driemaal per week beoordeeld volgens de VBN-normen voor lelies (vbn.nl). De punten van beoordeling zijn de lengte van het vaasleven en reden van afschrijving (uitbloei, geel blad, steelknik, verwelking, slappe bloem, slap blad of bladvlekken).

2.6 Energiebalans gewas en berekende verdamping

Om inzicht te krijgen in het patroon van het verloop van de verdamping over de dag zijn metingen gedaan aan de energiebalans. Hieruit kan de hoeveelheid verdamping berekend worden. Deze energiebalans bestaat uit de volgende aspecten (Voogt en van Weel, 2008; Trouwborst et al. 2022):

- In- en uitgaande (warmte)straling, gemeten met een netto stralingsmeter, maal de absorptie van de bovenste bladlaag.
- Inkomende en uitgaande convectie-energie, gemeten via het verschil in lucht- en planttemperatuur en vermenigvuldigd met de warmteoverdrachtscoëfficiënt.
- Verdampingsenergie, uitgedrukt als door de som van netto straling en convectie-energie.

De verdamping is gelijk aan de som van de energie in straling en convectie. Immers, als er energie binnenkomt moet er om in balans te zijn evenveel energie weer uitgaan door

verdamping. De verdamping wordt dus niet direct gemeten zoals met een weegschaal, maar indirect bepaald via de energie die overblijft voor verdamping. Als de netto energietoevoer kleiner of gelijk aan nul is, is er geen verdamping. Ook fotosynthese draagt overigens bij aan de energiebalans (omzetting stralingsenergie in chemische energie), maar die bijdrage is klein en is in de berekeningen buiten beschouwing gelaten.

Om de energiebalans te bepalen is gemeten met een Fytawatch. Deze bestaat uit een netto stralingsmeter, PAR-meter, luchttemperatuursensor, RV-sensor en een bladtemperatuursensor. Luchttemperatuur, PAR en netto straling zijn gemeten op 30 cm boven het gewas. Er is gemeten van eind oktober tot begin mei. De metingen zijn gedaan aan cultivars Tabledance en Zambesi, deze vormen een dicht gewas zodat de bladtemperatuursensor alleen bladtemperatuur meet en niet de bodem.

2.7 Gewasfotosynthese en assimilatenbalans

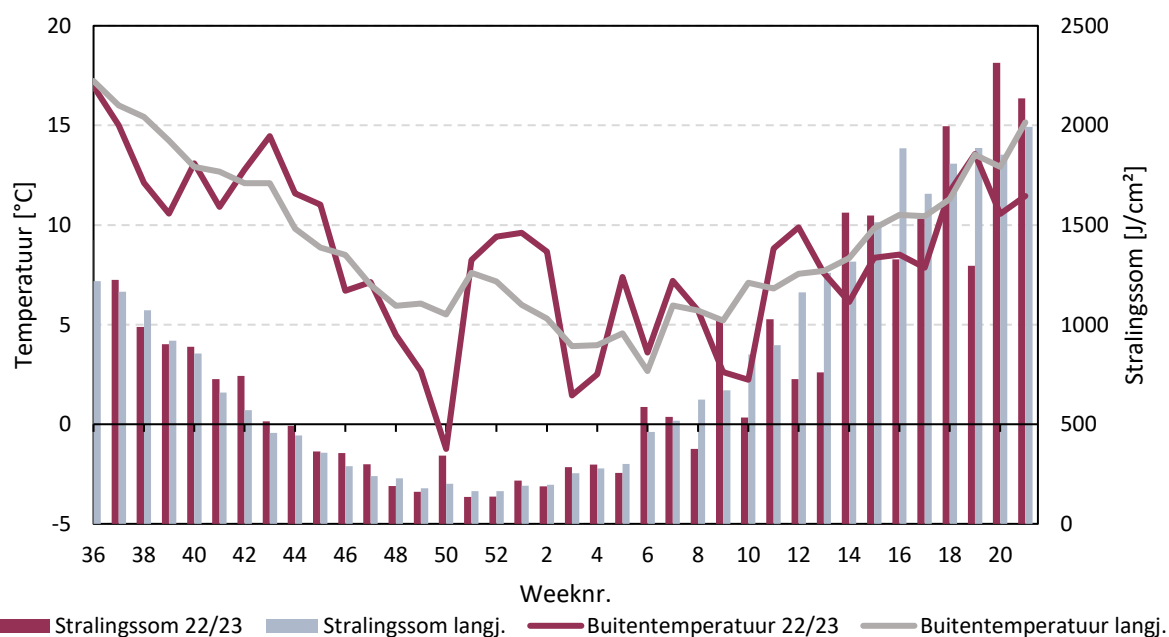
De gewasfotosynthese (assimilatenproductie) en de voor groei gebruikte assimilaten zijn per m² gewas per dag modelmatig berekend over de hele teelt. Het resultaat is het verloop over de teelt van de balans tussen assimilatenproductie- en verbruik. De bol en wortels zijn hierbij buiten beschouwing gelaten.

Om de gewasfotosynthese te berekenen is gebruik gemaakt van het gewasfotosynthese-model van Plant Lighting. De LAI en het drooggewicht van planten zijn wekelijks gemeten van week 3 tot einde teelt bij cv. Santander in trek 3. Het drooggewicht is uitgesplitst in stengel, blad en knoppen. Per week zijn er 16 takken gemeten (2 kisten bij de laagste plantdichtheid). Wekelijks is ook de lichtuitdoving gemeten met een kwantum lijnsensor (LI-191R Li-Cor). Afhankelijk van de hoogte van het gewas is dit gemeten boven en onder het gewas en op 30 en 60 cm hoogte. Per hoogte zijn er 9 metingen gedaan, onderin zijn er 3 metingen gedaan. Bij de lichtonderschepping is het verschil tussen twee plantdichtheden statistisch getoetst met een t-test in JASP (2021 versie 0.16). Daarnaast zijn er fotosynthesemetingen gedaan met Li-6400 en Li-6800 mobiele fotosyntheseapparaten (Li-Cor, USA). Hiermee zijn lichtresponscurves gemaakt van de netto CO₂-opname bij oplopende lichtintensiteit bij verschillende gewaslagen. Daarnaast zijn er CO₂-responscurves gemeten van de netto CO₂-opname bij oplopende CO₂-niveaus op bladeren bovenin het gewas. Alle meetgegevens zijn gebruikt voor de modelmatige berekeningen.

3 Resultaten klimaat & energie

3.1 Buitenomstandigheden

Het kasklimaat wordt in grote mate beïnvloedt door de buitenomstandigheden. De buitenomstandigheden van de teeltperiode van alle trekken vergeleken met het langjarige gemiddelde (de afgelopen 10 jaar in Bleiswijk) is weergegeven in Figuur 4. De teeltperiode wordt gekenmerkt door een relatief koud najaar, een gemiddelde wintertemperatuur, en een iets donkerder voorjaar (vooral week 12-13 en 16).

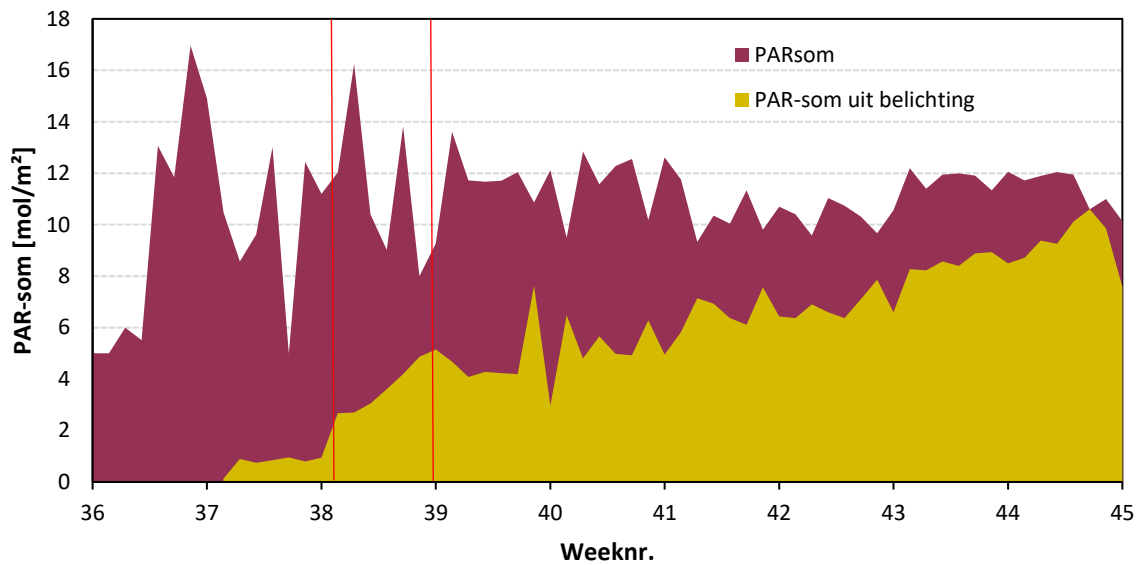


Figuur 4 Buitenomstandigheden gedurende de teeltperiode in vergelijking met het langjarige gemiddelde.

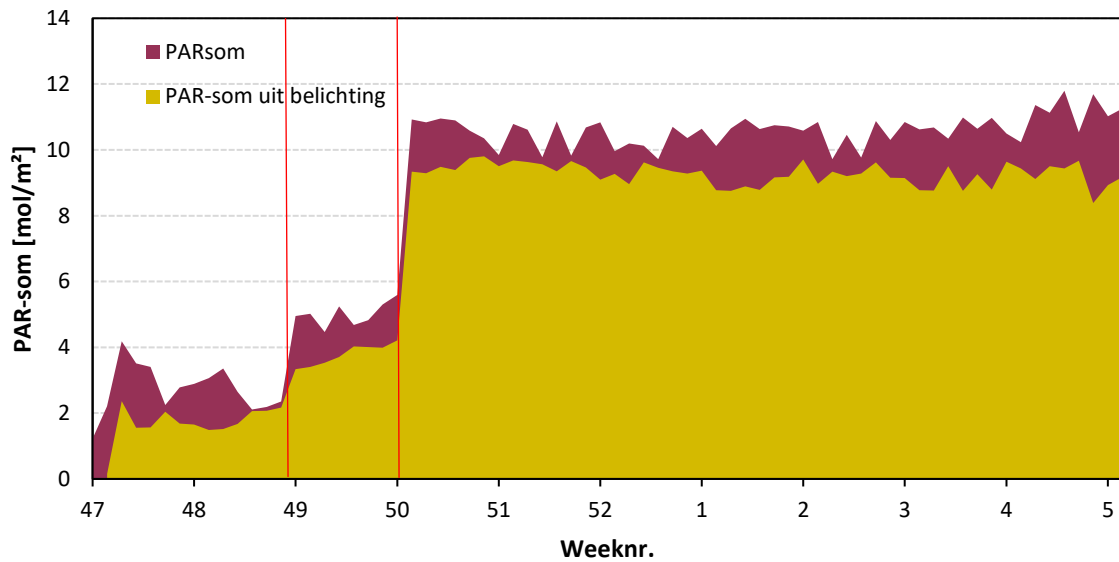
3.2 Belichting

Vanaf het moment dat de lelies in de kas staan, is met een belichtingsduur van 18 uur (inclusief verrood) belicht. Er werd na 3 weken opgeschakeld naar $150 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (Tabel 2). Afhankelijk van de ontwikkeling van het gewas werd in de eerste 2 weken belicht met $30 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ en na 2 weken opgeschakeld naar $60 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Na de opschakeling naar $150 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ werd gestuurd op een gemiddelde lichtsom van $12 \text{ mol}/\text{m}^2$ per dag.

De belichting zorgde voor een klein aandeel van de totale lichtsom in het begin van de eerste trek (Figuur 5), en aan het eind van de laatste trek (niet weergegeven). Echter, in de donkerste periode tijdens trek 3 was het aandeel belichting in de totale PAR-som (belichting + daglicht) veruit het grootste (Figuur 6). De maximaal behaalde lichtsommen in die periode waren op sommige dagen iets lager dan de streefwaarde van $12 \text{ mol}/\text{m}^2$. De totale PAR-sommen zijn weergegeven in Tabel 3.



Figuur 5 Dagelijkse PAR-som gedurende trek 1. De maximumcapaciteit van de lampen was $30\mu\text{mol}$, $100\mu\text{mol}$ (vanaf eerste rode lijn), en $150\mu\text{mol}$ (tweede rode lijn).



Figuur 6 Dagelijkse PAR-som gedurende trek 3. De maximumcapaciteit van de lampen was $30\mu\text{mol}$, $60\mu\text{mol}$ (vanaf eerste rode lijn), en $150\mu\text{mol}$ (tweede rode lijn).

Tabel 3 Totale lichtsommen exclusief en inclusief buitenlicht.

Trek	PAR-som uit LED [mol/m ²]	PAR-som totaal [mol/m ²]
1	301	701
2	423	681
3	516	607
4	438	759
5	327	769
6	139	988

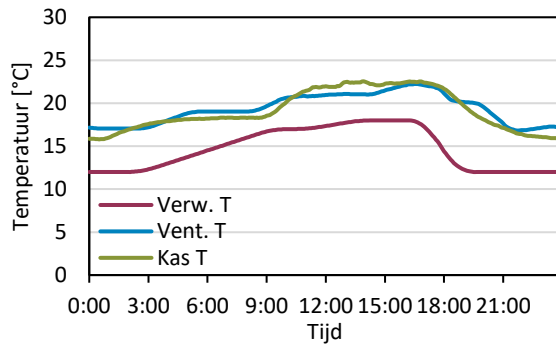
3.3 Temperatuurstrategie en vochthuishouding

Bij een omschakeling naar een energiezuinige en fossielvrije teelt is het belangrijk dat bij warmtevraag de ingebrachte energie in de kas zo lang mogelijk vastgehouden wordt. Dat is in deze proef gedaan door intensief te schermen en het ophopende vocht te beheersen met de DryGair, waarbij ventilatie via de luchtramen werd beperkt om de warmte binnen te houden. Echter, actief ontvochtigen kost ook elektrische energie. Op momenten dat er geen warmtevraag is, zorgt dit voor een hoger energiegebruik. Op deze momenten is geprobeerd om vocht af te voeren door te ventileren zonder minimumbuis. Daarnaast werd in deze teeltproef ook een hogere DIF aangehouden dan bij voorgaande proeven (Hogewoning et al., 2022), om op die manier de warmtevraag in de onbelichte nacht te beperken en de belichting en de zon de kas op te laten warmen overdag. Bijkomend voordeel is dat door hogere dagtemperaturen minder snel gelucht wordt en CO₂ verliezen daardoor worden beperkt.

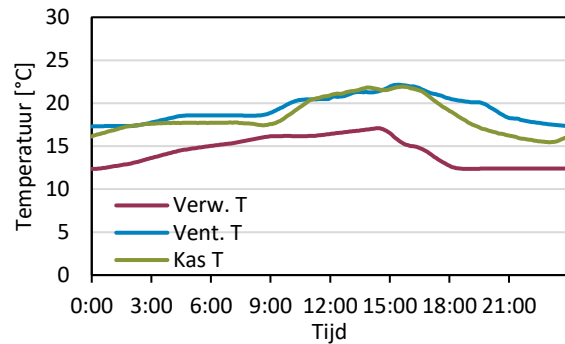
Gerealiseerde gemiddelden per trek van temperatuur, RV en CO₂ worden weergegeven in Tabel 4. Een grafische weergave per teelt is weergegeven in Figuur 7 t/m Figuur 12. In vergelijking met vorig onderzoek, waarin geteeld is met een relatief vlakke temperatuur over het etmaal en er met name in de onbelichte nacht warmtevraag was, is een hogere DIF aangehouden. Met name in het najaar (trek 1 en 2) is mede daardoor weinig buisverwarming nodig geweest.

Tabel 4 Klimaatgemiddelden in alle zes trekken. NB alle 'Dag' waardes zijn inclusief de belichte nacht. CO₂ is het gemiddelde tussen zonsopgang en zonsondergang.

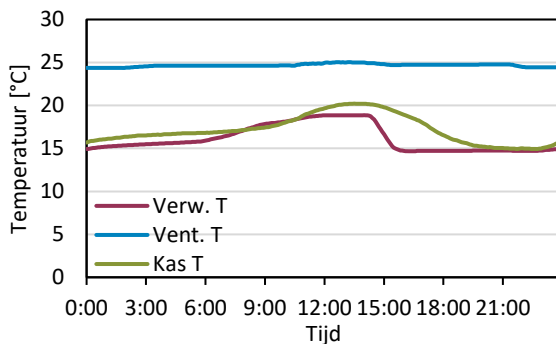
Trek	Etmaal T	Dag T	Nacht T	DIF	Dag RV	Nacht RV	Dag CO ₂
1	19.2	20.1	16.9	3.1	76	83	587
2	18.0	18.7	16.2	2.4	80	85	658
3	17.2	17.8	15.7	2.1	81	83	771
4	17.2	18.0	15.1	2.6	83	89	798
5	18.2	19.2	15.6	3.7	77	85	792
6	18.0	19.3	15.2	4.1	74	87	623



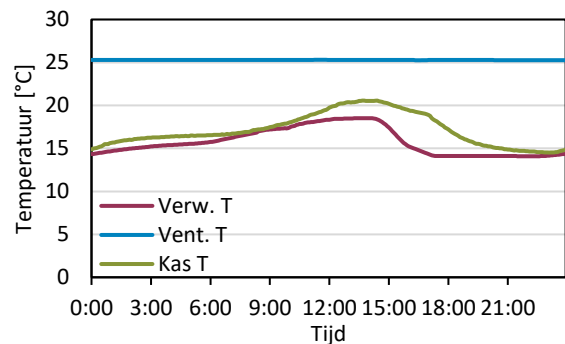
Figuur 7 Cyclische gemiddelden van trek 1 t/m eerste oogst.



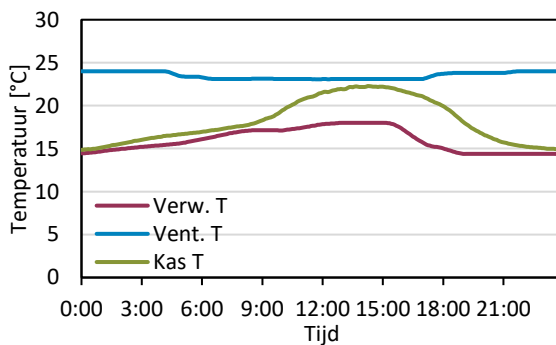
Figuur 8 Cyclische gemiddelden van trek 2 t/m eerste oogst.



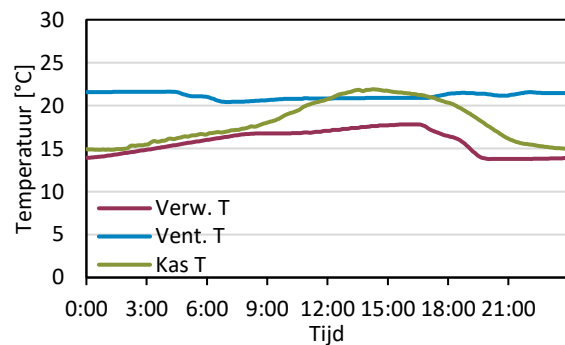
Figuur 9 Cyclische gemiddelden van trek 3 t/m eerste oogst.



Figuur 10 Cyclische gemiddelden van trek 4 t/m eerste oogst.

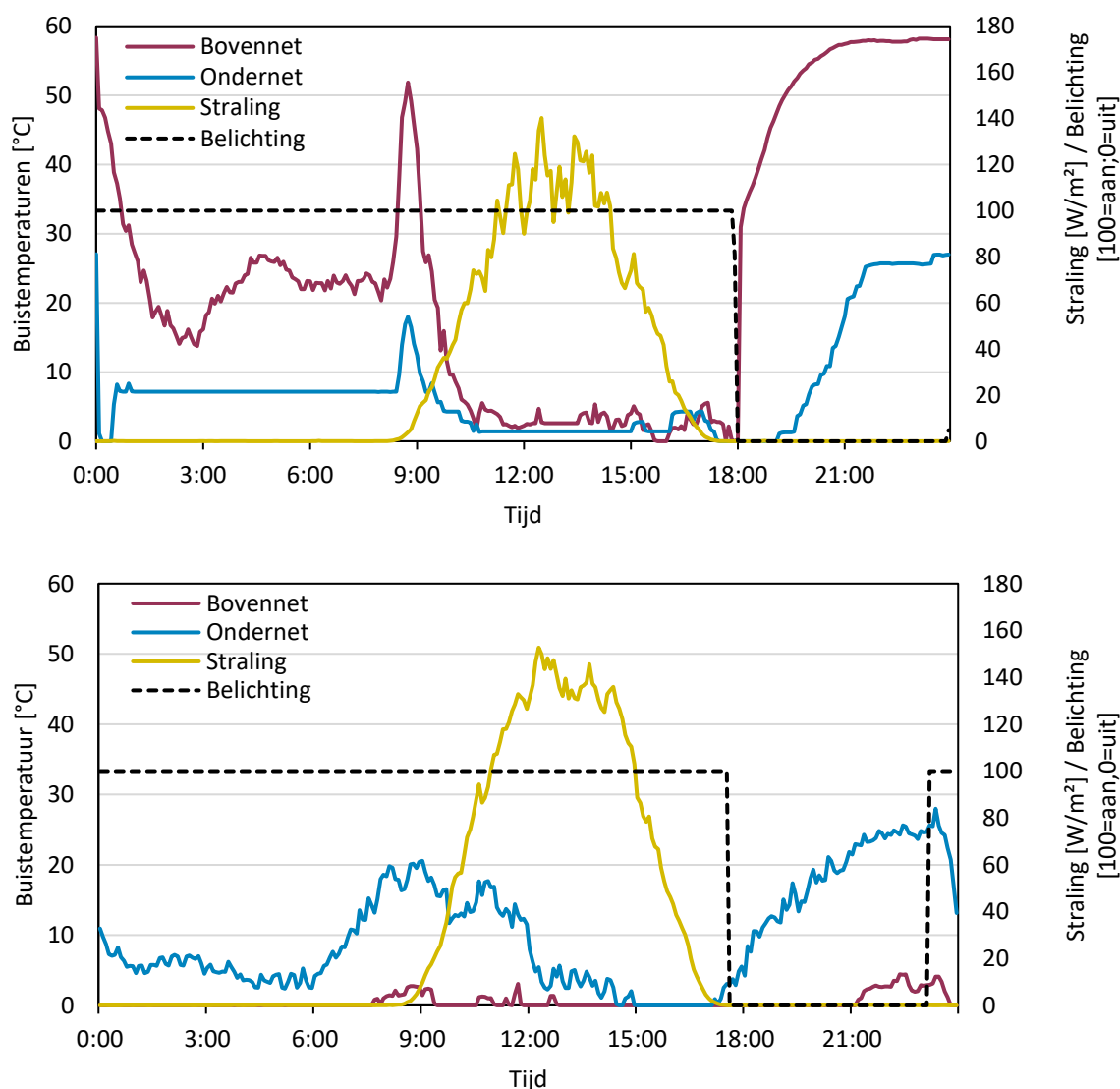


Figuur 11 Cyclische gemiddelden van trek 5 t/m eerste oogst.



Figuur 12 Cyclische gemiddelden van trek 6 t/m eerste oogst.

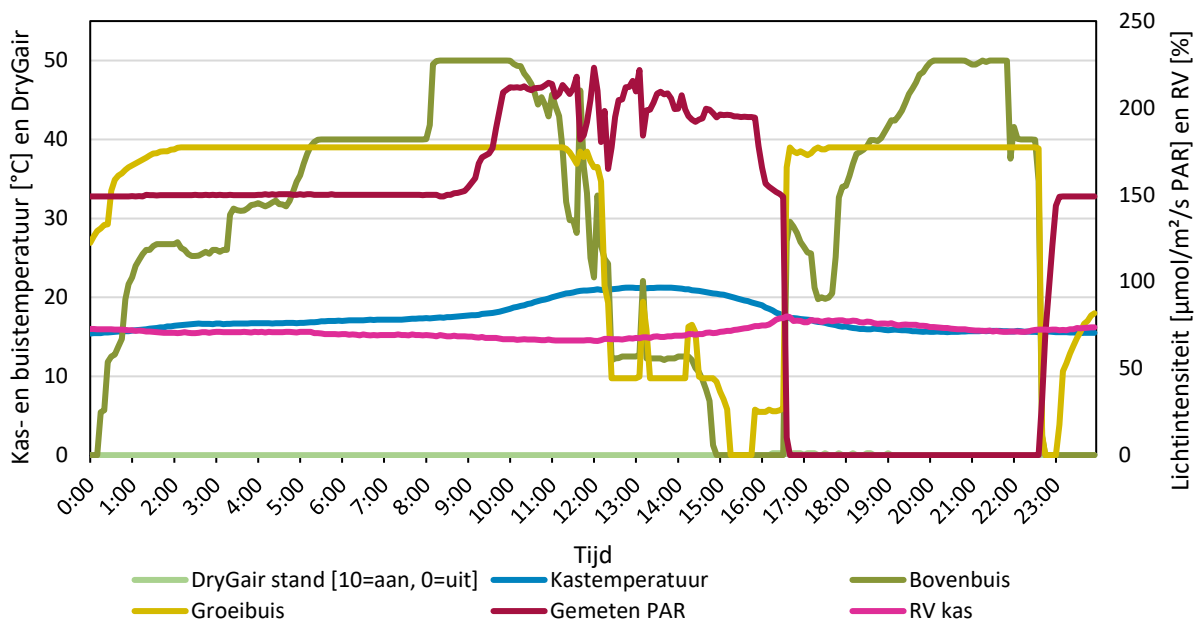
In vergelijking met januari van het seizoen 2021/22 was in 2022/23 de buisinput fors lager (Figuur 13). In januari 2022 is een vlakke stooklijn van 18 °C aangehouden. Vooral de inzet van het bovennet is fors verminderd door gewijzigde strategie in januari 2023, ondanks dat het buiten gemiddeld niet warmer was dan het jaar ervoor (5.5°C en 4.7°C voor respectievelijk januari 2022 en januari 2023). De verlaagde input kan het gevolg zijn van de verlaagde stooktemperatuur in de nacht. Daarnaast zorgden de warmte-inbreng van de DryGair en de isolatie door het tweede energiescherm voor minder buisvraag. Uit de totale energieberekeningen volgt de warmte-inbreng uitgesplitst voor de aandelen van buiswarmte en DryGair (zie 3.5).



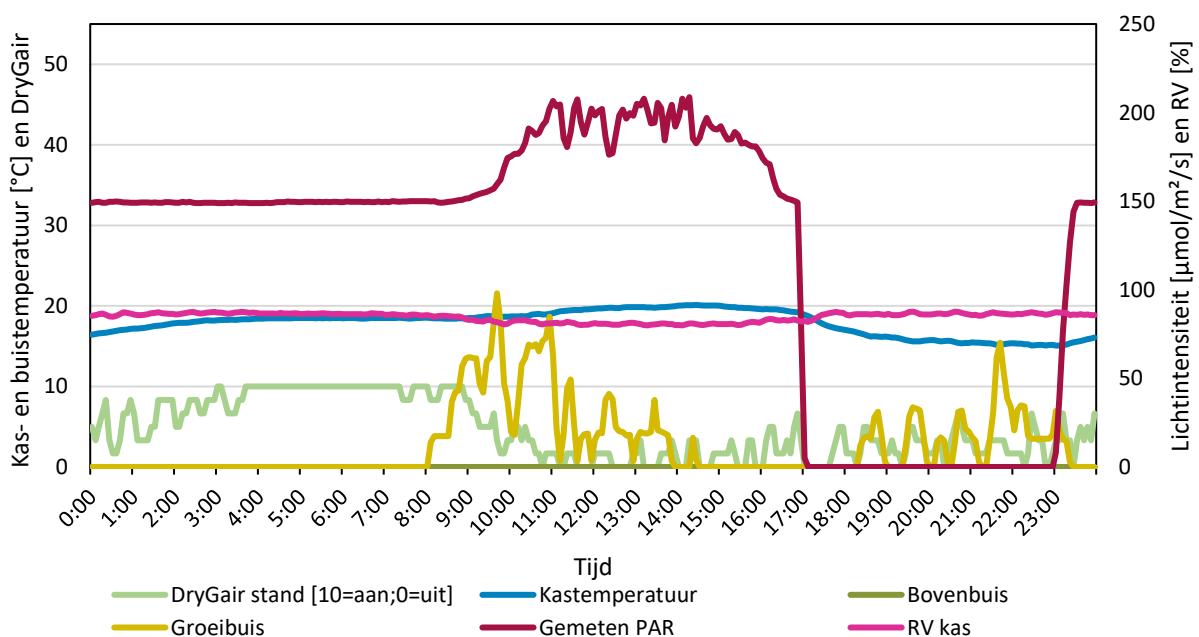
Figuur 13 Vergelijking van cyclische gemiddelden van de teeltstrategie van 2021/22 (boven) met 2022/23 (onder). Met name in de onbelichte nacht is in 2022/23 veel minder buis gebruikt. Dit cyclisch gemiddelde is genomen over een periode in de maand januari waar een gemiddelde buitentemperatuur van 5.5°C en 4.7°C werd gemeten voor respectievelijk 2021/22 en 2022/23.

Er werd gestreefd naar een balans tussen temperatuur en lichtsom waarbij gestuurd werd naar een etmaaltemperatuur van 18°C bij een lichtsom van 12 mol/m². De minimale nachttemperatuur werd op 15°C gehouden (met uitzondering van een deel van de zesde trek) om de DryGair te kunnen gebruiken met voldoende rendement. Bij te lage temperaturen werkt deze techniek namelijk niet efficiënt. De DryGair werd ingezet om het gemeten relatief vocht in de kaslucht niet hoger op te laten lopen dan 85%, vanuit de gedachte dat hoger vocht de verdamping zou bemoeilijken. Met name in het najaar (trek 1 en 2) kwam dit voor. In de belichte nacht lag het verduisterscherm volledig gesloten. Onder het scherm loopt het vocht op, en is het verschil van het absolute vochtgehalte binnen en buiten de kas soms te laag om het vocht via luchtuitwisseling effectief te af te voeren. Het verhogen van de uitwisseling door de kastemperatuur te verhogen (en daarmee RV te verlagen) was niet gewenst omdat etmaal-

temperaturen niet te hoog op mochten lopen. Bij koude buitenomstandigheden in trek 3 was condensatie genoeg om het vocht af te voeren met twee gesloten schermen 's nachts, en minstens één gesloten energiescherm overdag. De vochtinvloed op de ramen en DryGair waren niet nodig om de RV onder 85% te houden (Figuur 14). Dit in tegenstelling tot bij zacht weer, tevens in trek 3. Daarbij werd nog steeds weinig gelucht, maar de DryGair werd intensief gebruikt om het vochtpercentage voldoende laag te houden. Op dat moment was vrijwel geen buiswarmte nodig om te voldoen aan de warmtevraag (Figuur 15).



Figuur 14 Cyclisch gemiddelde van kasklimaat 15 t/m 18 december 2022 (trek 3) bij koude buitenomstandigheden (gemiddeld -0.7°C). De DryGair is niet ingezet, ramen bleven gesloten, RV is gemiddeld 71%.



Figuur 15 Cyclisch gemiddelde van kasklimaat 7 t/m 12 januari 2023 (trek 3) bij zachte buitenomstandigheden (gemiddeld 9.0°C). De DryGair wordt ingezet (10=aan), ramen bleven gesloten, RV is gemiddeld 85%.

Zolang er geen warmtevraag is kost actief ontvochtigen met behulp van de DryGair meer energie dan vochtafvoer via ventilatie, er is dan immers geen warmte nodig voor verwarming. Om het gebruik van de DryGair (en daarmee de elektraverbruik) te beperken werd afhankelijk van de buitenomstandigheden eerst ontvochtigd met behulp van een minimumraamstand (max. 3%). Als dat niet genoeg bleek werd een schermkier getrokken (1%). De DryGair ging aan als het setpoint RV dan nog niet gehaald werd. In het traject waar kasttemperatuur dichterbij de verwarmingslijn daalde, werden de ramen en schermen volledig gesloten en werd de DryGair aangezet om de kas te ontvochtigen en op temperatuur te houden. Deze strategie had als gevolg dat de DryGair minder uren nodig was. De overdimensionering van de DryGair in de proefkas met beperkte oppervlakte, in combinatie met invloeden op basis van RV, zorgden wel voor een onrustige regeling waarbij de DryGair vaak aan- en uitschakelde. Invloeden op basis van het vochtdeficit in plaats van de RV hadden mogelijk voor een robuustere regeling gezorgd.

In de zesde trek werd besloten om de nachttemperatuur in de onbelichte nacht verder te laten zakken naar 12 °C om meer energie te besparen. Dat kon omdat de buitentemperatuur en zonkracht overdag hoog genoeg waren om etmaaltemperaturen rond 18 °C te realiseren. Bij deze lage temperatuur was het niet mogelijk om de DryGair te gebruiken. Omdat het vocht in deze periode wel oploopt is besloten om in het traject van 88-92% RV een beperkte groeibuis tot max 38 °C te gebruiken om de RV niet te ver op te laten lopen. Vanaf de belichte nacht liep de temperatuur hoog genoeg op om de DryGair weer te gebruiken, waarbij de groeibuis niet meer werd gebruikt.

3.4 Schermgebruik

In de belichte nacht is geschermd met het verduisterschermb (lichtuistoot-schermb) en het eerste energieschermb. Bij voldoende buitenstraling is het verduisterschermb opengetrokken, waarbij op buitentemperatuur ook het tweede energieschermb mocht sluiten. Het tweede energieschermb heeft de warmtevraag beperkt en is met name ingezet in de tweede, derde en vierde trek welke in de wintermaanden vielen (Tabel 5). Verdere besparing zou gerealiseerd kunnen worden door de temperatuur dieper weg te laten zakken in de onbelichte nacht, maar daarbij wordt automatisch het vochtprobleem groter en moet opgepast worden dat overdag niet te veel energie gebruikt wordt om de gewenste etmaaltemperaturen toch te halen. In de toekomst kan een langere temperatuurintegratie wellicht getoetst worden, waarbij gemiddeld over de totale trek getracht wordt de gewenste etmaaltemperatuur te halen en periodes met lagere en hogere etmaaltemperaturen elkaar mogen afwisselen. Daarbij worden de natuurlijke omstandigheden zo goed mogelijk benut. De vraag is hoe het gewas daarop reageert. Grafische weergaven van het schermgebruik per trek zijn opgenomen in bijlage IV.

Tabel 5. Schermuren per trek, uitgesplitst voor schermuren met kier (vanaf 95% dicht) en schermuren met volledig gesloten scherm (100% gesloten). Het verduisterschermb en tweede energieschermb zitten beide op het bovenste dradenbed. Het eerste energieschermb zit op het onderste dradenbed.

	Verduisterschermb		Eerste energieschermb		Tweede energieschermb		Beide energieschermen	
	95%	100%	95%	100%	95%	100%	95%	100%
Trek 1	395	298	329	238	76	68	28	14
Trek 2	526	482	831	704	375	278	310	224
Trek 3	625	460	1244	930	591	455	522	403
Trek 4	571	494	1069	916	813	711	560	461
Trek 5	413	256	939	565	352	209	328	198
Trek 6	253	242	543	529	112	104	103	94

3.5 Cijfers en discussie energie

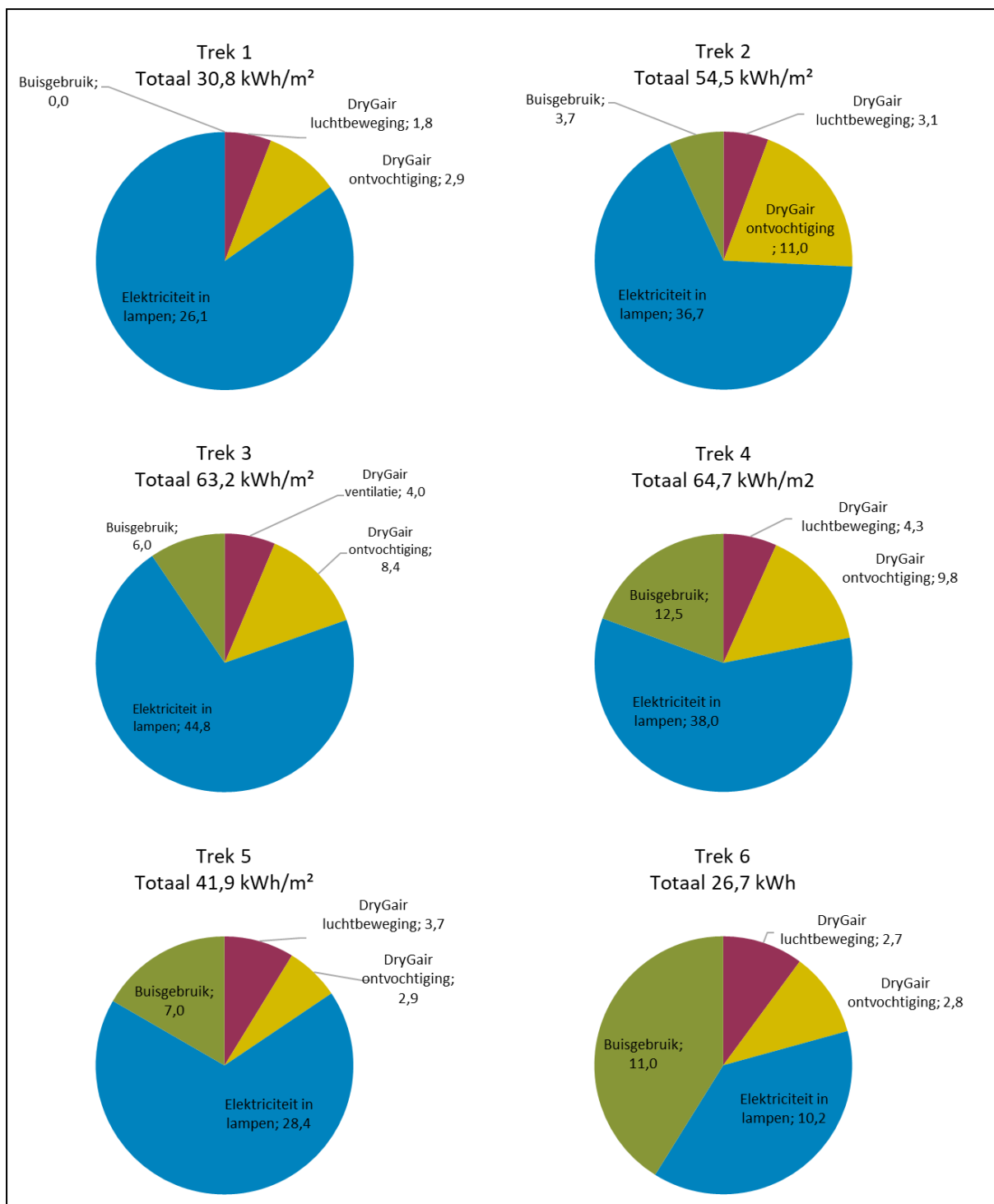
Het totale energieverbruik van de kas kan worden onderverdeeld in: elektra LED-belichting, elektra DryGair voor ontvochtiging, elektra DryGair voor luchtbeweging, en verwarmingsbuizen (Tabel 6). Om het energieverbruik per onderdeel te vergelijken is alle verbruik berekend in kWh/m². De DryGair gebruikt elektrische energie, maar levert ook voelbare warmte dat uit de latente warmte (het vocht) onttrokken is. Op basis van het aantal liters vocht is berekend hoeveel energie hierdoor is vrijgekomen. Dit door het aantal liters (in gram) te vermenigvuldigen met de verdampingswarmte van water (2256J/g) en om te rekenen van Joules naar kWh door te delen door 3.6MJ/kWh. Om het totale warmtegebruik te bepalen is het energieverbruik van de DryGair, de geoogste latente warmte en de buisverwarming opgeteld. Dit is omgerekend naar aardgasequivalenten (1 m³ = 9.77 kWh). Trek 1-3-5 vonden opeenvolgend plaats, bijna parallel aan trek 2-4-6 (steeds 4 weken verschil in plantdatum). Samen geven de drie opeenvolgende trekken een indruk van het jaarverbruik aan energie doordat alleen de zomerperiode (eind mei tot eind september) niet is meegenomen.

De drie opeenvolgende trekken kunnen vergeleken worden met de kasproef in 2021-2022 waarbij 13.3 m³/m² (130 kWh/m²) aan buiswarmte is gebruikt. In 2022-2023 (huidige demoproef) is er een verschuiving van gasverbruik voor buiswarmte naar elektraverbruik voor de DryGair. Er is fors bespaard op buiswarmte maar hier is warmte uit de DryGair voor in de plaats gekomen. De warmte omgerekend in aardgasequivalenten voor buiswarmte en elektra voor de DryGair was in trek 1-3-5 bij elkaar 3.7 m³/m² en trek 2-4-6, 6.2 m³/m². Uit de latente warmte is door de ontvochtiging verder aan aardgasequivalenten nog 1.7 m³/m² gewonnen in trek 1-3-5 en 2.8 m³/m² in trek 2-4-6. Dat maakt de totale warmtevraag inclusief warmte teruggewonnen uit latente warmte 5.4 en 9.0 m³/m² voor respectievelijk trek 1-3-5 en trek 2-4-6. De totale warmtevraag is dus tot wel 60% verminderd ten opzichte van de kasproef in 2021-2022. De warmtevraag is dus groter in trek 2-4-6 ten opzichte van trek 1-3-5. Dit komt vooral doordat de warmtevraag in trek 2 hoger was dan trek 1 door twee koude periodes in week 50 en week 3.

Tabel 6. Elektraverbruik per onderdeel, uitgedrukt in kWh/m². Het gebruik van de DryGair is opgesplitst in ontvochtiging en luchtbeweging, omdat het apparaat ook gebruikt werd voor voldoende luchtbeweging, ook als er geen ontvochtigingsvraag was. De warmtevraag is weergegeven in kWh en aardgasequivalenten (m³/m², 1 m³ = 9.77 kWh)

Trek	Lampen [kWh]	DryGair ontvocht. [kWh]	DryGair lucht- beweging [kWh]	DryGair totaal [kWh]	Buisver- warming [kWh]	Totaal [kWh]	Vocht Ont- trokken [L]	Latente warmte [kWh]	Warmte- gebruik* [kWh]	Warmte- gebruik* [m ³ eq.]
1	26.1	2.9	1.8	4.7	0	30.8	5.7	3.5	8	0.8
3	44.8	8.4	4	12.4	6	63.2	14.4	9	27	2.8
5	28.4	2.9	3.7	6.5	7	41.9	6.1	3.8	17	1.8
Totaal	99.3	14.2	9.5	23.6	13	135.9	26.2	16.3	53	5.4
2	36.7	11	3.1	14	3.7	54.5	20.6	12.9	31	3.1
4	38	9.8	4.3	14.2	12.5	64.7	17	10.7	37	3.8
6	10.2	2.8	2.7	5.5	11	26.7	6.3	3.9	20	2.1
Totaal	84.9	23.6	10.1	33.7	27.2	145.9	43.9	27.5	88	9.0

*Drygair totaal+buisverwarming+latente warmte



Figuur 16. Grafische weergave energiegebruik per trek in kWh/m².

Het piekmoment van buisgebruik ligt met name in de onbelichte nacht in de eerste periode van de teelt. In die tijd wordt weinig belicht (dus is er weinig lampwarmte) en is er door het kleine gewas weinig verdamping waardoor er weinig latente warmte wordt geoogst die als voelbare warmte weer ingebracht kan worden. Er is dan een andere warmtebron nodig. Een belangrijke kanttekening hierbij, is dat in de praktijk de verschillende teeltstadia wel in een gedeelde kas staan, waarbij er alsnog een ontvochtigingsbehoefte is door de verdamping in nabijgelegen vakken. In de periode waar met $150 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ belicht wordt, kan meer worden ontvochtigd en is er bijna geen buiswarmte nodig om aan de warmtevraag te voldoen.

De verhouding tussen warmteproductie en elektra (Coëfficiënt of Power, COP) van de ontvochtiging van de DryGair is in de huidige proef gemiddeld 2.1 tot 2.4 per trek. Deze COP is berekend met de warmteproductie van de ontvochtiging, bestaande uit het elektragebruik voor ontvochtiging plus de latente warmte, gedeeld door het elektraverbruik voor ontvochtiging. Dit is in de huidige proefopstelling echter wel lager dan verwacht: Door de lage temperatuur werkt het apparaat minder efficiënt doordat deze ontworpen is voor hogere temperaturen. Daarnaast verlaagde het frequent in- en uitschakelen van de unit vanwege de kleine proefafdeling mogelijk ook de efficiëntie. Dus in een praktijksituatie kan de COP van de DryGair beter uitvallen, hoewel bij een lage temperatuur het rendement (COP) niet heel hoog zal worden. Overigens verlaagt actieve ontvochtiging ook de warmtevraag doordat er minder gelucht en gekierd hoeft te worden om te ontvochtigen, waardoor ook minder voelbare warmte verloren gaat. De verlaging aan warmtevraag hierdoor is niet meegerekend in de hierboven genoemde COP-waarde.

3.6 Discussie klimaat en energie

De warmtevraag is verminderd ten opzichte van de teelt vorig seizoen dankzij de aangepaste teeltstrategie (Tabel 6). Doordat dit een demonstratieteelt is, kan er geen onderscheid worden gemaakt tussen de effecten van de verschillende teeltaanpassingen. Waarschijnlijk heeft zowel de verlaging van de nachttemperatuur als het extra scherm de energievraag verminderd. De inzet van de DryGair zorgt wel voor minder energie-inbreng (uit gas) door het oogsten van latente warmte. Daarnaast zorgde de DryGair er mogelijk voor dat er minder geventileerd is waardoor warmte werd vastgehouden.

De vraag is of een condensatie-ontvochtiger zoals de DryGair de meest geschikte methode is om te ontvochtigen in een relatief koele belichte teelt als lelie. De DryGair verbruikt elektra, deze elektriciteit levert voelbare warmte en de latente warmte uit het vocht wordt omgezet in voelbare warmte. Als er warmtevraag is, vermindert de inzet van de DryGair dus de buisvraag. Echter, in het najaar zijn er momenten dat er warmte afgelucht wordt. In trek 1&2 ligt de gemiddelde kastemperatuur op of boven de ventilatielijn (Figuur 7&Figuur 8). Op deze momenten is er dus een warmteoverschot en verhoogt inzet van de DryGair de totale energievraag. Ontvochtigen met de DryGair is puur vanuit de energiebalans gezien zinvol: De latente warmte uit het vocht blijft in de kas en er gaat minder warmte verloren via convectie omdat er niet gelucht hoeft te worden. Door het oogsten van latente warmte levert

1 kWh stroom via de DryGair meer dan 1 kWh aan warmte ($COP > 1$). Inzet van de DryGair zorgt wel voor een verschuiving naar meer elektraverbruik ten koste van gasverbruik. In een systeem met een WKK is het de vraag of dit wenselijk is zolang er een overschot is aan warmte uit de WKK.

Alternatieven voor een condensatie-ontvochtiger zijn klassiek ontvochtigen met buiswarmte en raamopening, of geforceerde ventilatie met warmteterugwinning. In trek 6 is vanwege het temperatuur-bereik van de DryGair gekozen om als de kasttemperatuur te laag is voor het gebruik van de DryGair, te ontvochtigen met een buistemperatuur op basis van RV. Dit resulteert wel in 4 kWh extra buisgebruik ten opzichte van trek 5 welke gedeeltelijk parallel liep met trek 6. Vanuit het oogpunt van een zo gunstig mogelijke energiebalans is dit niet wenselijk, los van economische overwegingen.

Bij een systeem met geforceerde ventilatie met warmteterugwinning wordt er (droge) buitenlucht ingeblazen en vochtige kaslucht afgevoerd, waarbij de uitgaande lucht de inkomende lucht opwarmt. Hierdoor blijft de voelbare warmte grotendeels in de kas en wordt vocht (met latente warmte) afgevoerd (Huijs et al. 2023). De energie in de verloren latente warmte moet wel aangevuld worden met buiswarmte. Bij een kassysteem met warmte uit een warmtepomp of aardwarmte kan dit mogelijk met minder energieverbruik dan met gebruik van een condensatie-ontvochtiger (zoals DryGair). Bij een systeem met een WKK levert dit mogelijk een gunstigere verhouding op tussen warmteproductie en elektragebruik.

Kortom, zolang er een relatief goedkope bron is van warmte, zoals nu (nog) met een WKK, zal een DryGair niet de meest economische techniek zijn in een relatief koele teelt met een niet geringe elektravraag voor belichting. Zonder WKK kunnen zowel geforceerde ventilatie met warmteterugwinning als een condensatie-ontvochtiger zinvol zijn om het energiegebruik te verminderen, afhankelijk van de efficiëntie, die weer samenhangt met de teelttemperatuur. Aangezien de buisvraag voor een groot deel ingevuld kan worden door de groeibuis met een maximumtemperatuur van 37°C , zou een elektrische warmtepomp de warmtevraag kunnen invullen. Vanwege het rendement van een warmtepomp moet hiervoor dan wel de temperatuur van de bovenbuis verlaagd worden naar rond de $40\text{--}45^{\circ}\text{C}$ in plaats van de huidige 50°C .

4 Resultaten teelt

4.1 Algemene gewasbeschrijving

Aan geoogste bloemtakken van de vier rassen geteeld bij twee plantdichtheden in zes trekken zijn uitgebreide metingen gedaan bij oogst. Die worden per ras hieronder in hoofdstuk 4.2 besproken.

De groei, ontwikkeling en kwaliteit van het gewas is ook regelmatig beoordeeld door een begeleidingscommissie van ervaren leliekwekers. Bij de eerste trek was de algemene mening van de kwekers dat bij de hoge plantdichtheid het gewas te slap was. Dit werd door de kwekers geweten aan de relatief hoge etmaaltemperatuur tijdens de teelt. De plantdichtheid is niet verlaagd bij de opvolgende teelten, omdat een hoogste plantdichtheid die op de rand zit van wat acceptabel is juist onderscheidend vermogen geeft om effecten van de klimaatsturing op kwaliteit te kunnen beoordelen. Vanaf trek 2 waren de kwekers beter te spreken over de kwaliteit van het gewas. Een terugkerend beeld was dat voor Zambesi de hoge plantdichtheid ($42/\text{m}^2$) wellicht te dicht is. Santander was daarentegen wel goed stevig.

Bij trek 3 was het gewas van Brindisi bij opkomst al erg ongelijk. Er waren planten die nauwelijks wortels vormden. Er bleek sprake te zijn van *Penicillium* besmetting van de bollen. Dit gewas stond er dusdanig slecht bij dat er gekozen is om bij deze trek bij Brindisi alleen de bladkwaliteit te scoren en niet de takgewichten en taklengte.

4.2 Meetresultaten bloemtakken per ras

4.2.1 Brindisi

De plantdichtheid (50 en $58/\text{m}^2$) had bij Brindisi geen consistent effect op taklengte (Tabel 7). In trek 1 gaf de hoge plantdichtheid ($58/\text{m}^2$) enkele centimeters langere takken, maar in de andere vijf trekken was er geen statistisch verschil in taklengte tussen de twee plantdichtheden.

Het takgewicht was bij Brindisi over het algemeen iets lager bij een hoge plantdichtheid (gemiddeld 5%) met uitzondering van trek 1. Daarbij was de plantdichtheid 17% hoger. Dit zorgde ervoor dat de lichtbenutting, uitgedrukt in gram takgewicht per mol licht, hoger was bij de hoge plantdichtheid. Een hogere lichtbenutting (g/mol) klinkt gunstig, maar een randvoorwaarde blijft dat de takken voldoende stevig zijn. Bij Brindisi waren er over het algemeen weinig slappe takken, behalve bij de hoge plantdichtheid in trek 1. Dit was ook de trek waarin de etmaaltemperatuur met gemiddeld $19.2\text{ }^\circ\text{C}$ het hoogst was (Tabel 4). In trek 3 waren er iets meer slappe takken bij de hogere plantdichtheid, hoewel trek 3 niet representatief is vanwege de *Penicillium* aantasting. Bij de andere trekken was het effect op slappe takken niet significant.

Het aantal knoppen per tak is niet beïnvloed door de plantdichtheid en verschilde ook nauwelijks tussen trekken.

De trekduur wordt beïnvloed door de etmaaltemperatuur en de geschiedenis van de bollen. De trekduur van trek 3 en 4 is langer dan trek 1 en 2 door de lagere gemiddeld etmaaltemperatuur (Tabel 4 en Tabel 7). Daarentegen was in trek 5 de etmaaltemperatuur hoger, maar de trekduur alsnog vrij lang. Hier zijn verse bollen gebruikt waardoor de trekduur mogelijk ook langer is. In trek 6 waren ook verse bollen gebruikt, maar is de trekduur in de kas toch weer ruim een week korter. Waarschijnlijk kan dit verklaard worden door de ± 1 week langere voortrek van Brindisi in trek 6 vergeleken met de eerdere trekken (Tabel 1).

In de tweede trek werd aantasting door PLAM-V geconstateerd. Bij de lage dichtheid vertoonde 11% van de geoogste takken virusverschijnselen, bij de hoge dichtheid 14%. Er was hierbij geen overtuigend effect van plantdichtheid. In de andere trekken was er weinig virusaantasting (maximaal 4% in trek 3 en 4, niets in trek 1, 5 en 6). Bij de overige trekken is geen virus geconstateerd.

In de eerste trek viel op dat er bladvlekken in de vorm van halve maantjes waren. Dit kan een teken zijn van te weinig calciumtransport. De bladkwaliteit was in de eerste trek beter in de lage plantdichtheid (Figuur 17; zie ook Figuur 3 voor een indruk van de scoring van bladkwaliteit). In de andere trekken waren er bij Brindisi weinig bladproblemen. (Zie ook foto's bijlage VII).

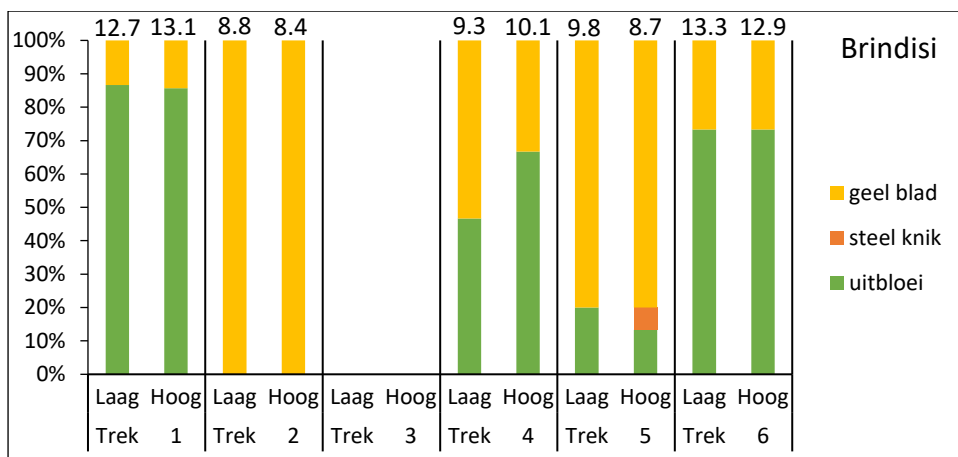
Tabel 7 Oogstgegevens van de cultivar Brindisi (LA hybride) voor de 6 trekken. Iedere trek is verdeeld in een lage en hoge plantdichtheid van 50 en 58/m². In trek 3 zijn er geen uitgebreide metingen gedaan vanwege *Penicillium* aantasting. Bij Brindisi zijn geen verdroogde knoppen waargenomen. Statistische verschillen ($p < 0.05$) worden aangegeven door * en ns= geen statistisch verschil.

Parameter	Eenheid	Trek 1		Trek 2		Trek 3	
		PD Laag	PD Hoog	PD Laag	PD Hoog	PD Laag	PD Hoog
Bollen per kist	(#)	12	14	12	14	12	14
Trekduur vanaf kas	(d)	49.4	49.8 ^{ns}	51.7	51.7 ^{ns}	59.5	59.1 ^{ns}
Taklengte	(cm)	81	84 *	88	87 ^{ns}		
Takgewicht (vers)	(g)	114	117 ^{ns}	132	125 *		
Productie	(g/mol)	10.1	12.0 *	11.3	12.4 *		
Gezonde knoppen	(#)	4.0	4.3 ^{ns}	3.9	4.2 ^{ns}		
Knoplengte	(cm)	8.5	8.2 ^{ns}	7.8	7.9 ^{ns}		
Drogestofgehalte	(%)	10.2%	10.0% ^{ns}	11.3%	10.5% ^{ns}		
Slappe tak	(%)	8.5%	27.9% *	8.5%	2.9% ^{ns}	1.8%	8.7% *
Parameter	Eenheid	Trek 4		Trek 5		Trek 6	
		PD Laag	PD Hoog	PD Laag	PD Hoog	PD Laag	PD Hoog
Bollen per kist	(#)	12	14	12	14	12	14
Trekduur vanaf kas	(d)	62.5	62.7 ^{ns}	62.2	62.3 ^{ns}	54.3	53.7 *
Taklengte	(cm)	83	84 ^{ns}	103	102 ^{ns}	105	104 ^{ns}
Takgewicht (vers)	(g)	129	125 ^{ns}	171	163 *	170	161 *
Productie	(g/mol)	10.7	12.0 *	10.8	13.4 *	14.3	13.7 *
Gezonde knoppen	(#)	3.9	3.8 ^{ns}	4.2	4.1 ^{ns}	4.3	4.3 ^{ns}
Knoplengte	(cm)	8.9	8.8 ^{ns}	8.9	9.0 ^{ns}	9.1	8.9 ^{ns}
Drogestofgehalte	(%)	10.9%	10.7% ^{ns}	8.9%	8.5% ^{ns}	9.5%	9.4% ^{ns}
Slappe tak	(%)	1.8%	6.1% ^{ns}	3.4%	6.4% ^{ns}	2.5%	2.9% ^{ns}



Figuur 17 Bladkwaliteit (boven) en bladpunten (onder) van Brindisi bij een lage en hoge plantdichtheid van 50 en 58/m². Lage plantdichtheid had significant ($p < 0.05$) meer slechte bladkwaliteit bij trek 1, weergegeven met asterix. In de andere trekken waren er geen significante verschillen. Zie Figuur 3 voor de scoringsmethode van de bladkwaliteit.

Brindisi had op de vaas in vergelijking met de andere rassen relatief veel problemen met geel blad. Met name bij trek 2 zorgde dit voor een korter vaasleven (Figuur 18). Het valt op dat er bij oogst van trek 2 nog geen bladproblemen zichtbaar waren (Figuur 17), maar dat er tijdens de vaasleventest wel geel blad ontwikkelde (Figuur 18). Er was geen effect van plantdichtheid op het vaasleven van Brindisi.



Figuur 18 Vaasleven van Brindisi bij een lage en hoge plantdichtheid van 50 en 58/m². Het staafdiagram geeft de reden van afschrijving aan. Erboven staat het gemiddeld aantal dagen vaasleven. N=15, trek 1 Hoog N=14.

4.2.2 Santander

Bij Santander was er weinig tot geen effect van plantdichtheid (33 en 42/m²) op taklengte (Tabel 8). Bij trek 1 en 3 verschilden de lengtes wel significant, maar de effecten waren tegenovergesteld. Bij de andere trekken was de lengte nagenoeg gelijk.

Er is over het algemeen wel een klein effect op takgewicht. Bij een hoge plantdichtheid (42/m²) was het takgewicht bij meerdere trekken lager dan bij een lage plantdichtheid (33/m²). Gemiddeld was bij de hogere plantdichtheid het takgewicht 6% lager. Daarentegen is de plantdichtheid 25% hoger. Dit resulteerde in een hogere productie uitgedrukt in gram/mol bij de hoge plantdichtheid. Een randvoorwaarde is wel dat de takken voldoende stevig zijn. Het effect van plantdichtheid op stevigheid was bij Santander niet consistent. De percentages slappe tak (Tabel 9) zijn niet gering. Echter, het bepalen van slapheid is een subjectieve meting en daardoor veel minder betrouwbaar dan bijvoorbeeld taklengte of takgewicht. De begeleidingscommissie beoordeelde Santander in trek 2 en 3 als stevig, waarbij in trek 3 de bladeren groter waren (weelderig) en juist kleiner (schraal) in trek 5. Alleen bij trek 5 waren er significant meer slappe takken bij de hogere dichtheid. Bij de andere trekken was er een klein verschil of waren de effecten niet significant.

Het aantal knoppen verschilde niet tussen plantdichtheden en ook knoplengte niet of nauwelijks. In trek 6 hadden takken gemiddeld meer knoppen dan in de vijf trekken daarvoor, maar daarvoor hebben we geen verklaring.

De verschillen in trekduur tussen de trekken komen in grote lijnen overeen met de gemiddelde etmaaltemperatuur gedurende de teelt (Tabel 4 en Tabel 8). In trek 3 en 4 was de trekduur langer en de etmaaltemperatuur ook lager.

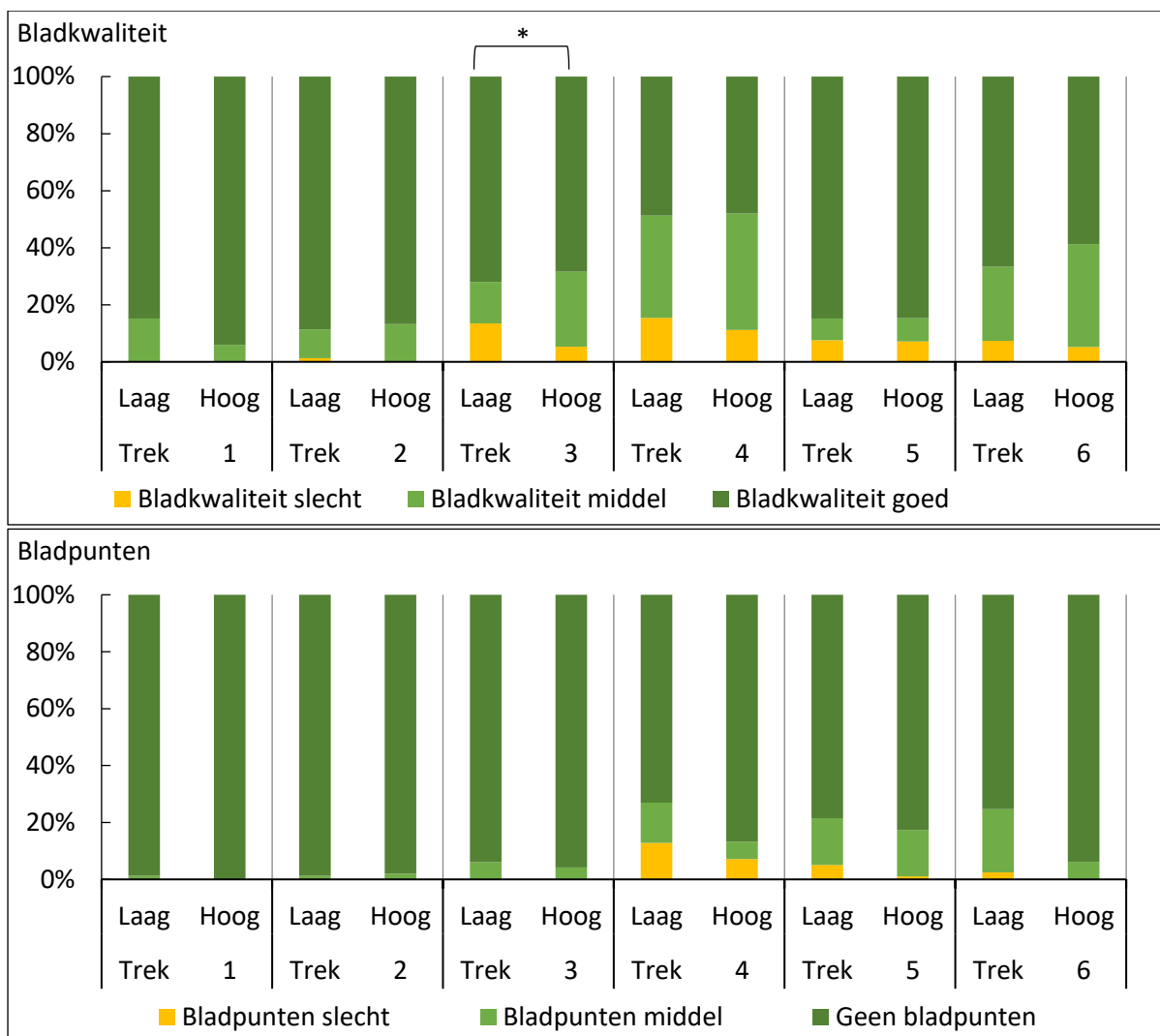
De bladkwaliteit en aanwezigheid van bladpunten lijkt niet te zijn beïnvloed door plantdichtheid (Figuur 19, zie ook foto's bijlage VII). Wel valt op dat trek 3 en 4 meer bladproblemen hadden dan de andere trekken. Dit zijn ook de teelten die in de donkerste periode in het jaar plaatsvonden. In deze teelten was de RV ook hoger dan in de andere

trekken, met name de RV overdag (Tabel 4). In trek 4 viel op dat er in de randrijen ook bladpunten zichtbaar waren, terwijl daar door de smalle bedbreedte van 40 cm (één broeikist) de verdamping minder beperkend zou moeten zijn. In trek 4 waren bladvlekken bij Santander ook duidelijk een aandachtspunt. De meningen van de begeleidende kwekers waren verdeeld of de bladvlekken in deze teelt echt problematisch waren. In trek 5 is bij een aantal bloemtakken bladverbranding geconstateerd bij Santander. Daarom zijn nutriëntenanalyses gedaan van het blad, de bol en het substraat van planten met en zonder bladverbranding (bijlage III). Hieruit bleek dat takken met gezond ogend blad meer calcium en natrium in het blad hadden en minder calcium en natrium in de bol, dan planten met bladvlekken. Dit suggereert een gebrek aan (nutriënten)transport van bol naar blad bij de takken met bladverbranding.

Tabel 8 Oogstgegevens van de cultivar Santander (Oriëntal) voor de 6 trekken. Iedere trek is verdeeld in een lage en hoge plantdichtheid van 33 en 42/m². Bij Santander zijn geen verdroogde knoppen waargenomen. Statistische verschillen ($p < 0.05$) worden aangegeven door * en ns= geen statistisch verschil.

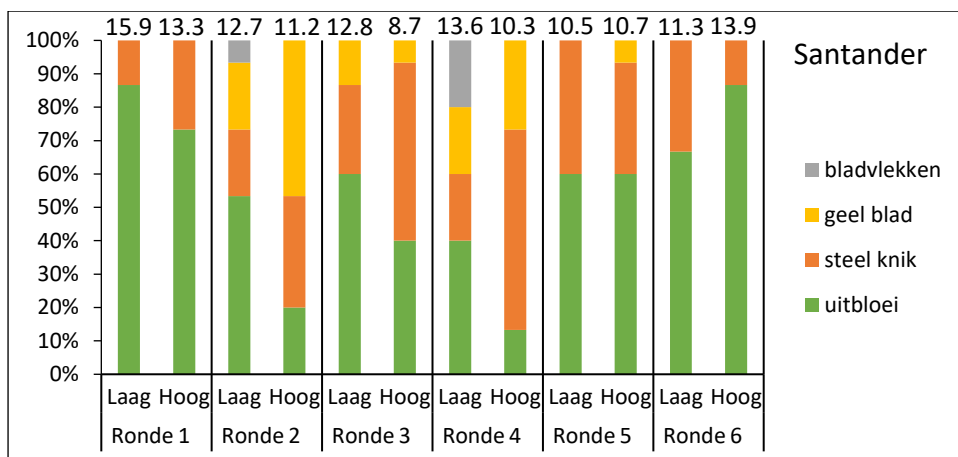
Parameter	Eenheid	Trek 1		Trek 2		Trek 3	
		PD Laag	PD Hoog	PD Laag	PD Hoog	PD Laag	PD Hoog
Bollen per kist	(#)	8	10	8	10	8	10
Trekduur vanaf kas	(d)	62.4	62.8 *	67.1	67.2 ^{ns}	75.7	75.7 ^{ns}
Taklengte	(cm)	95	91 *	87	88 ^{ns}	98	100 *
Takgewicht (vers)	(g)	140	129 *	128	122 *	156	152 ^{ns}
Productie	(g/mol)	6.5	7.4 *	6.4	7.6 *	8.1	9.9 *
Gezonde knoppen	(#)	3.8	3.7 ^{ns}	3.2	3.3 ^{ns}	3.6	3.6 ^{ns}
Knoplengte	(cm)	9.3	9.0 ^{ns}	9.3	9.1 ^{ns}	10.1	10.1 ^{ns}
Drogestofgehalte	(%)	13.9%	13.1% *	14.7%	14.1% *	13.1%	12.9% ^{ns}
Slappe tak	(%)	31.6%	38.6% ^{ns}	22.8%	20.4% ^{ns}	8.5%	11.6% ^{ns}

Parameter	Eenheid	Trek 4		Trek 5		Trek 6	
		PD Laag	PD Hoog	PD Laag	PD Hoog	PD Laag	PD Hoog
Bollen per kist	(#)	8	10	8	10	8	10
Trekduur vanaf kas	(d)	80.4	81.3 *	72.0	71.8 ^{ns}	73.9	74.2 ^{ns}
Taklengte	(cm)	99	100 ^{ns}	83	83 ^{ns}	113	114 ^{ns}
Takgewicht (vers)	(g)	161	149 *	116	110 ^{ns}	174	162 *
Productie	(g/mol)	7.4	8.5 *	5.2	6.2 *	10.1	9.3 ^{ns}
Gezonde knoppen	(#)	3.3	3.3 ^{ns}	3.0	2.9 ^{ns}	4.4	4.3 ^{ns}
Knoplengte	(cm)	10.0	9.4 *	10.3	10.1 ^{ns}	10.7	10.3 *
Drogestofgehalte	(%)	15.8%	15.1% ^{ns}	14.9%	14.3% ^{ns}	14.9%	13.9% *
Slappe tak	(%)	11.5%	21.4% ^{ns}	3.8%	14.3% *	19.8%	26.8% ^{ns}



Figuur 19 Bladkwaliteit (boven) en bladpunten (onder) van Santander bij een lage en hoge plantdichtheid van 33 en 42/m². In trek 3 waren er bij de hoge plantdichtheid significant ($p < 0.05$) meer bladeren met een middelmatige bladkwaliteit, weergegeven met asterix. In de andere trekken waren er geen significante verschillen. Zie Figuur 3 voor de scoringsmethode van de bladkwaliteit.

Bij Santander waren er over het algemeen geen grote problemen met het vaasleven (Figuur 20). Wel valt op dat er veel geknakte takken waren en bij de hoge plantdichtheid meer. Dit resulteert in een korter gemiddeld vaasleven. De vaas die gebruikt is door FloraHolland voor de uitbloeiproeven ondersteunt ongeveer 1/3^e van de steel, waardoor stengels relatief snel doorbuigen en knikken terwijl de kwaliteit daarom niet slecht hoeft te zijn (zie ook foto's bijlage VII).



Figuur 20 Vaasleven van Santander bij een lage en hoge plantdichtheid van 33 en 42/m². Het staafdiagram geeft de reden van afschrijving aan. Erboven staat het gemiddeld aantal dagen vaasleven. N=15

4.2.3 Tabledance

Bij Tabledance was er geen overtuigend effect van plantdichtheid (33 en 42/m²) op taklengte (Tabel 9). In trek 1 en 2 was de taklengte wel enkele centimeters langer bij de hoge plantdichtheid. In de andere trekken was geen van de verschillen statistisch significant.

Bij de hoge plantdichtheid (42/m²) was het takgewicht wel iets lager (gemiddeld 6%). De plantdichtheid was daarentegen 25% hoger. Het resultaat is dat de lichtbenutting uitgedrukt in productie in g/mol hoger is bij hoge plantdichtheid. Bij trek 1 en 2 waren er veel slappe takken. Er waren over het algemene meer slappe takken bij een hoge plantdichtheid. Dit laat zien dat de hoge plantdichtheid toch aan de hoge kant is voor Tabledance. Stevigheid is immers een belangrijk kwaliteitscriterium. De meting of takken slap zijn of niet is zoals eerder opgemerkt subjectief: in trek 3 en 4 is vooral bij de hoge plantdichtheid een aanzienlijk percentage takken als slap aangemerkt (Tabel 9), terwijl de begeleidingscommissie kort daarvoor Tabledance als stevig heeft beoordeeld. In trek 5 werd Tabledance bij alleen de hoge plantdichtheid als niet stevig genoeg beoordeeld.

Er was geen verschil in aantal knoppen tussen de hoge en lage plantdichtheid, behalve in trek 6. De takken in trek 4 en 6 hebben wat meer knoppen dan in de andere trekken. Het is interessant trek 1 t/m 3 te vergelijken. Dit zijn bollen van dezelfde partij. Hierdoor zou je een gelijk aantal bloemen verwachten. Bij trek 2 is het aantal gezonde knoppen wat lager en is het aantal verdroogde knoppen wat hoger, namelijk gemiddeld per tak 0.5 verdroogde knop in trek 2 tegenover gemiddeld 0.3 en 0.1 verdroogde knop in respectievelijk trek 1 en 3 (Tabel 9).

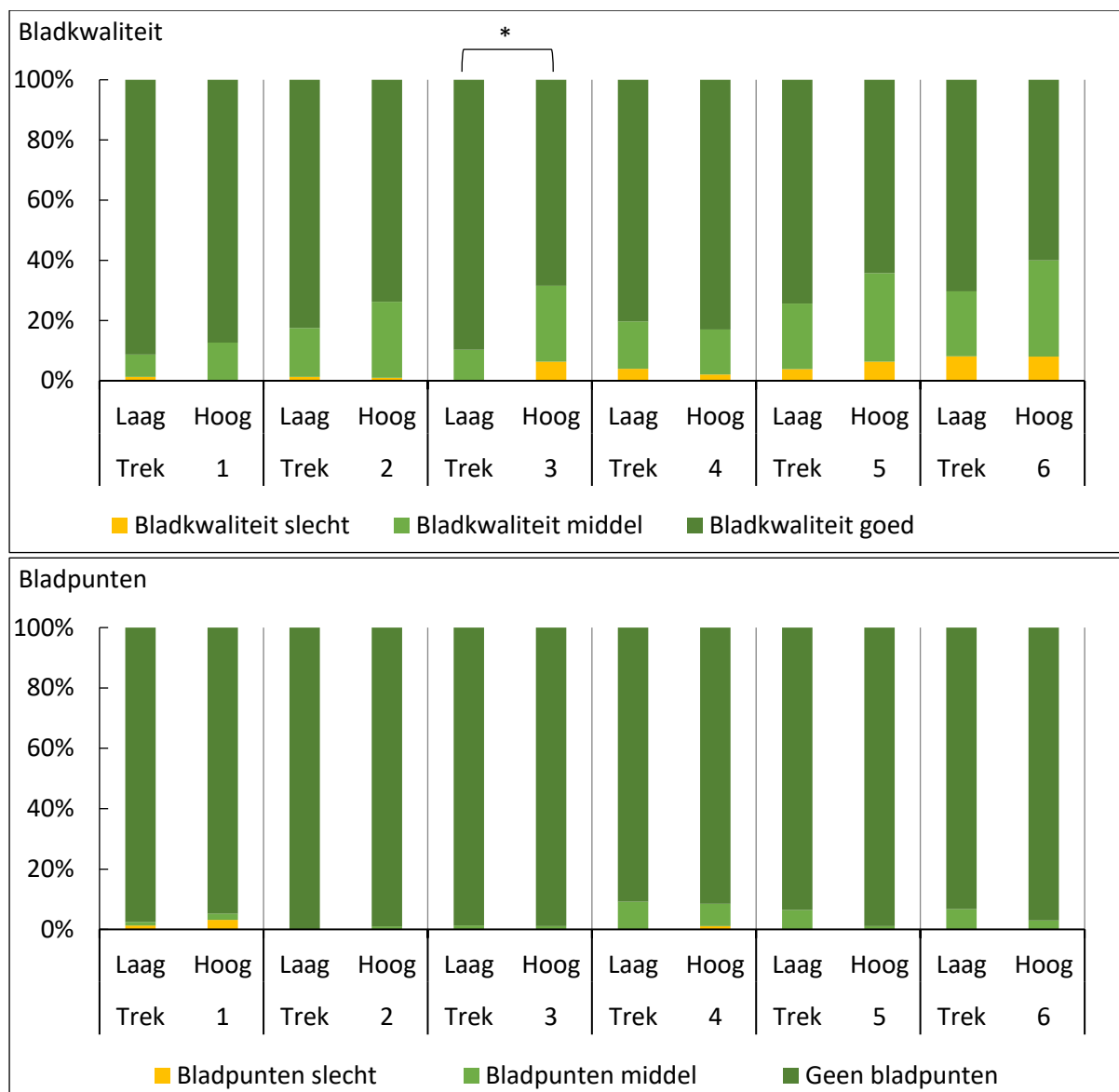
De trekduur van trek 1 is erg kort, dit heeft te maken met de relatief hoge etmaaltemperatuur (Tabel 4).

Over het algemeen was de bladkwaliteit van Tabledance wat slechter bij hoge plantdichtheid, hoewel dit alleen bij trek 3 statistisch significant is (Figuur 21). In trek 3 viel op dat er rode randjes op de bladeren zichtbaar waren. Voor een indruk van de plantkwaliteit zie foto's bijlage VII.

Tabel 9 Oogstgegevens van de cultivar Tabledance (OT Hybride) voor de 6 trekken. Iedere trek is verdeeld in een lage en hoge plantdichtheid van 33 en 42/m². Statistische verschillen ($p < 0.05$) worden aangegeven door * en ns= geen statistisch verschil.

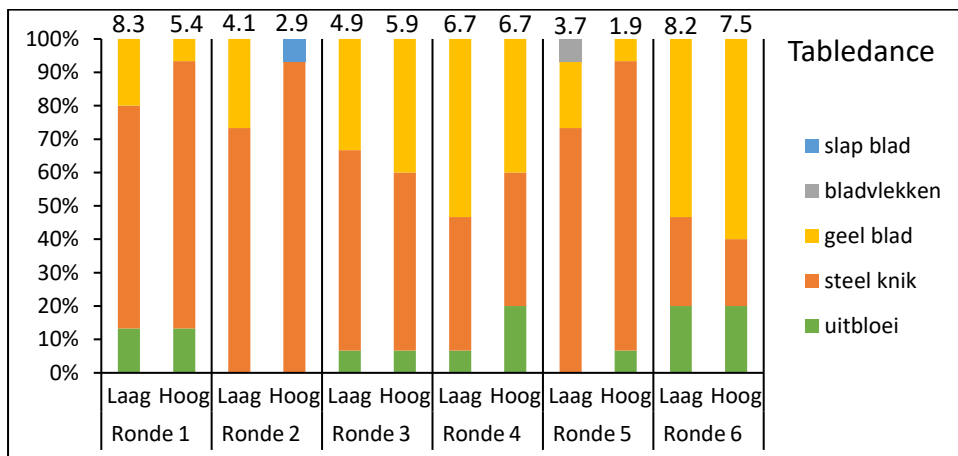
Parameter	Eenheid	Trek 1		Trek 2		Trek 3	
		PD Laag	PD Hoog	PD Laag	PD Hoog	PD Laag	PD Hoog
Bollen per kist	(#)	8	10	8	10	8	10
Trekduur vanaf kas	(d)	57.3	57.3 ^{ns}	61.4	61.7 ^{ns}	70.1	70.4 ^{ns}
Taklengte	(cm)	94	96 *	93	95 *	94	96 ^{ns}
Takgewicht (vers)	(g)	175	167 *	157	152 ^{ns}	182	163 *
Productie	(g/mol)	8.7	10.4 *	8.5	10.3 *	10.2	11.3 *
Gezonde knoppen	(#)	3.7	3.8 ^{ns}	3.3	3.3 ^{ns}	4.3	4.3 ^{ns}
Knoplengte	(cm)	11.5	11.2 ^{ns}	11.5	11.3 ^{ns}	11.3	10.4 *
Drogestofgehalte	(%)	10.6%	10.9% ^{ns}	12.1%	11.7% ^{ns}	12.3%	11.7% *
Slappe tak	(%)	71.3%	85.3% *	50.0%	61.6% ^{ns}	10.3%	27.4% *
Verdroogde knop	(#)	0.2	0.26	0.47	0.57	0.16	0.11

Parameter	Eenheid	Trek 4		Trek 5		Trek 6	
		PD Laag	PD Hoog	PD Laag	PD Hoog	PD Laag	PD Hoog
Bollen per kist	(#)	8	10	8	10	8	10
Trekduur vanaf kas	(d)	75.5	74.9 ^{ns}	69.5	69.8 ^{ns}	70.5	70.9 ^{ns}
Taklengte	(cm)	112	111 ^{ns}	100	101 ^{ns}	105	105 ^{ns}
Takgewicht (vers)	(g)	223	203 *	179	174 ^{ns}	203	198 ^{ns}
Productie	(g/mol)	11.1	12.8 *	8.4	10.2 *	12.6	12.2 ^{ns}
Gezonde knoppen	(#)	5.1	5.1 ^{ns}	3.8	4.0 ^{ns}	5.1	4.6 *
Knoplengte	(cm)	10.7	10.5 ^{ns}	11.6	11.5 ^{ns}	11.4	11.4 ^{ns}
Drogestofgehalte	(%)	12.2%	12.0% ^{ns}	12.3%	11.1% *	11.6%	11.1% ^{ns}
Slappe tak	(%)	15.8%	28.7% ^{ns}	15.4%	28.4% *	13.5%	18.0% ^{ns}
Verdroogde knop	(#)	0.36	0.26	0.44	0.31	0.33	0.28



Figuur 21 Bladkwaliteit (boven) en bladpunten (onder) van Tabledance bij een lage en hoge plantdichtheid van 33 en 42/m². Er waren significant ($p < 0.05$) meer bladeren met middel en slechte bladkwaliteit bij de hoge plantdichtheid bij trek 3 weergegeven met een asterix. In de andere trekken waren de verschillen niet significant. Er was geen significant effect op bladpunten. Zie Figuur 3 voor de scoringsmethode van de bladkwaliteit.

Bij Tabledance zorgde vooral steelknik voor een korter vaasleven (Figuur 22). Doordat de steel over het algemeen al na 2 dagen knikte, had dit een groot effect op het vaasleven. Het gemeten vaasleven is een onderschatting van het werkelijke vaasleven, omdat het langer zal zijn als steelknik voorkomen wordt door de tak korter af te knippen of in een hogere vaas te zetten. Verder valt op dat als er geen sprake is van steelknik, dat de meerderheid van de takken dan afgeschreven wordt door geel blad. In de proef van vorig jaar kwam geel blad als reden van afschrijving veel minder voor (Hogewoning et al. 2022), bij de kasproef in 2021/2022 werd daarentegen wel de meerderheid van de takken afgeschreven vanwege geel blad (Hogewoning et al. 2021). Er zijn weinig takken die uitbloeden op de vaas zonder eerder afgeschreven te zijn.



Figuur 22 Vaasleven van Tabledance bij een lage en hoge plantdichtheid van 33 en 42/m². Het staafdiagram geeft de reden van afschrijving aan. Erboven staat het gemiddeld aantal dagen vaasleven. N=15

4.2.4 Zambesi

Bij Zambesi was er geen overtuigend effect van plantdichtheid (33 en 42/m²) op taklengte (Tabel 10). Weliswaar gaf een hoge plantdichtheid (42/m²) in de eerste 3 trekken significant langere takken (van slechts enige centimeters), maar in de laatste drie trekken was er geen significant verschil.

Er was een klein maar consistent effect op het takgewicht: bij een hogere plantdichtheid was het takgewicht lager (gemiddeld 4%). De plantdichtheid is daarentegen wel 25% hoger. Dit resulteert erin dat de lichtbenutting, uitgedrukt in gram/mol, hoger is bij de hoge plantdichtheid. Zoals opgemerkt is een goede kwaliteit wel een randvoorwaarde. De stevigheid was in trek 1 problematisch. Daarnaast waren er in het algemeen duidelijk meer slappe takken bij de hoge plantdichtheid, wat ook regelmatig opgemerkt is door de begeleidingscommissie. Dit duidt erop dat voor Zambesi de hoge plantdichtheid te hoog is.

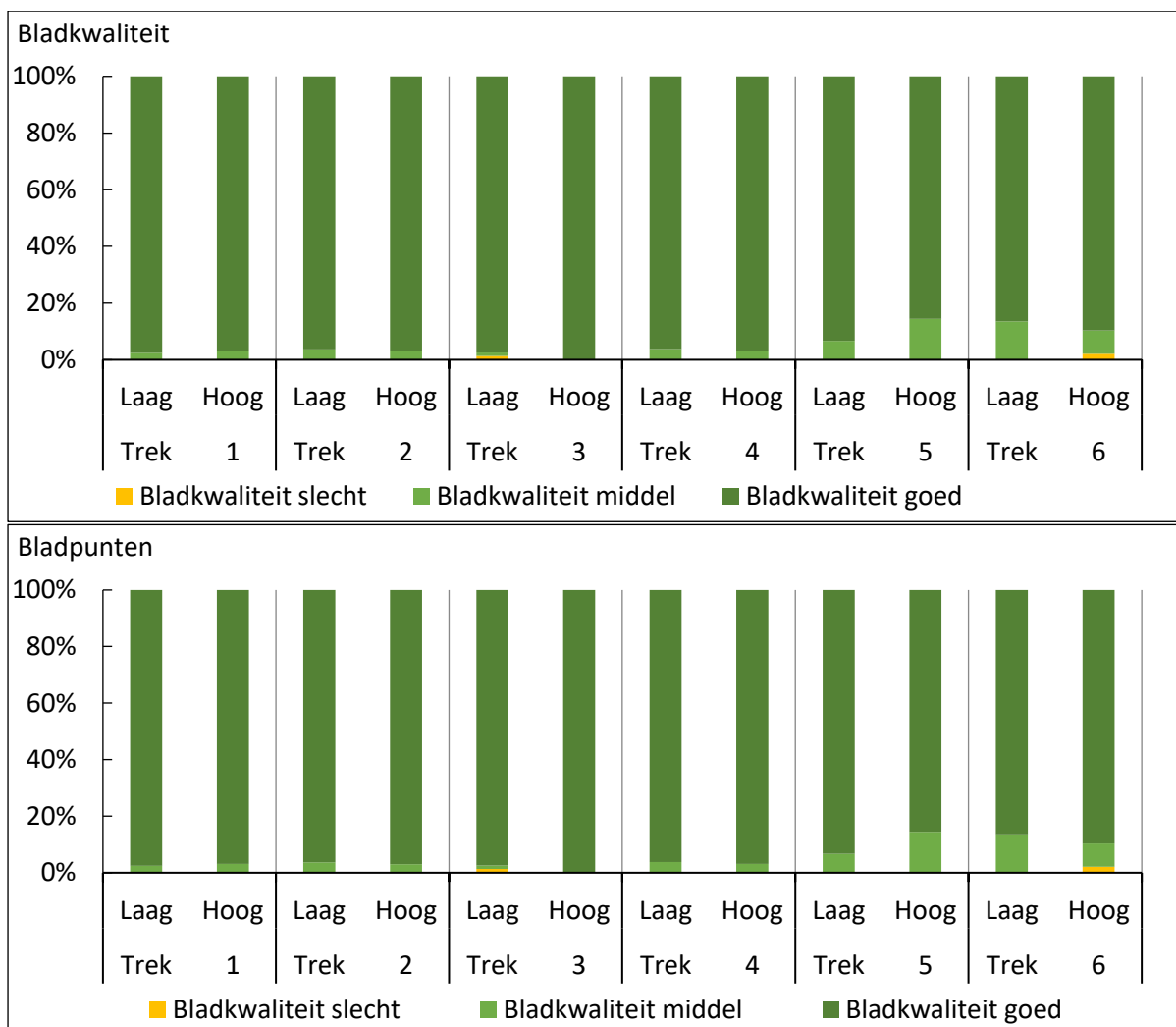
Er waren geen verschillen in aantal knoppen per tak tussen de plantdichtheden. In trek 6 waren er gemiddeld iets meer knoppen per tak dan in de eerdere trekken (Tabel 10), net als bij Santander (Tabel 8). Plantdichtheid had geen consistent effect op knoplengte.

Er waren bij beide plantdichtheden nauwelijks problemen met bladkwaliteit en bladpunten bij Zambesi (Figuur 23, zie ook foto's bijlage VII)). Bij Zambesi viel op dat op sommige knoppen roodverkleuring zichtbaar was. Dit is onwenselijk aangezien Zambesi een witte lelie is. Het valt op dat de hoge plantdichtheid wat meer roodverkleuring leek te geven dan de lage plantdichtheid, maar het verschil is niet significant en een logische verklaring hiervoor ontbreekt verder ook. Verder valt op dat de roodverkleuring erger was in trek 3 en 4. Dit zijn de trekken die in de koudste periode met het grootste aandeel belichting ten opzichte van natuurlijk daglicht plaatsvonden.

Tabel 10 Oogstgegevens van de cultivar Zambesi (OT Hybride) voor de 6 trekken. Iedere trek is verdeeld in een lage en hoge plantdichtheid van 33 en 42/m². Bij Zambesi zijn geen verdroogde knoppen waargenomen. Statistische verschillen ($p < 0.05$) worden aangegeven door * en ns= geen statistisch verschil.

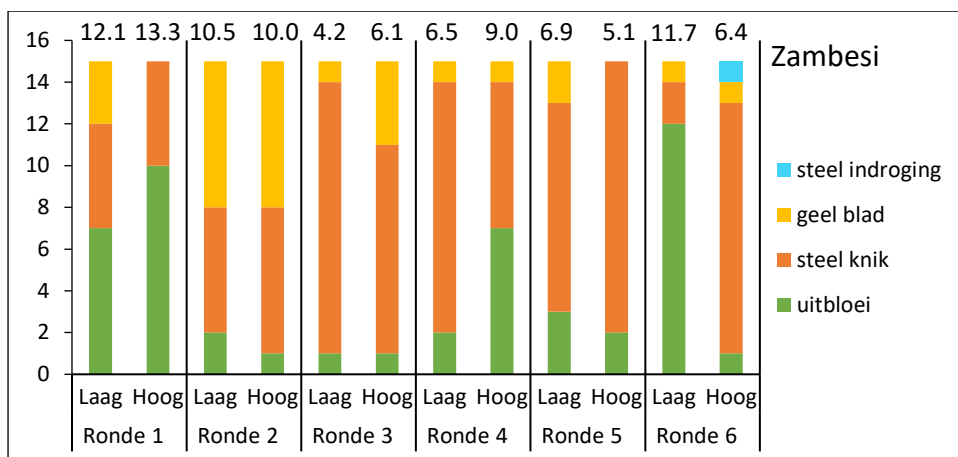
Parameter	Eenheid	Trek 1		Trek 2		Trek 3	
		PD Laag	PD Hoog	PD Laag	PD Hoog	PD Laag	PD Hoog
Bollen per kist	(#)	8	10	8	10	8	10
Trekduur vanaf kas	(d)	60.0	59.8 ^{ns}	64.3	63.8 ^{ns}	69.9	70*
Taklengte	(cm)	97	99*	90	93*	91	94*
Takgewicht (vers)	(g)	162	156*	147	145*	147	137*
Productie	(g/mol)	7.7	9.3*	7.7	9.5*	8.2	9.6*
Gezonde knoppen	(#)	3.8	3.7 ^{ns}	3.2	3.4 ^{ns}	3.4	3.3 ^{ns}
Knoplengte	(cm)	9.9	9.8 ^{ns}	8.9	9.2*	10.7	10.6 ^{ns}
Drogestofgehalte	(%)	12.2%		12.8%	12.6% ^{ns}	14.0%	13.7% ^{ns}
Slappe tak	(%)	57.5%	77.6% *	11.1%	31.7% *	6.5%	23.2% *
Roodverkleuring	(%)	-	-	21.4%	20.3% ^{ns}	37.7%	51.6% ^{ns}

Parameter	Eenheid	Trek 4		Trek 5		Trek 6	
		PD Laag	PD Hoog	PD Laag	PD Hoog	PD Laag	PD Hoog
Bollen per kist	(#)	8	10	8	10	8	10
Trekduur vanaf kas	(d)	73.6	73.3 ^{ns}	70.7	71.0 ^{ns}	72.5	72.4 ^{ns}
Taklengte	(cm)	99	100 ^{ns}	110	112 ^{ns}	117	116 ^{ns}
Takgewicht (vers)	(g)	130	127 ^{ns}	173	167 ^{ns}	204	189*
Productie	(g/mol)	6.7	8.2 *	7.9	9.5 *	12.2	11.3 *
Gezonde knoppen	(#)	3.3	3.3 ^{ns}	3.1	3.1 ^{ns}	4.3	4.1 ^{ns}
Knoplengte	(cm)	9.8	10.0 *	10.6	10.8 ^{ns}	10.6	10.9 ^{ns}
Drogestofgehalte	(%)	14.4%	13.9% ^{ns}	12.5%	12.2% ^{ns}	12.4%	11.8% ^{ns}
Slappe tak	(%)	26.6%	29.2% ^{ns}	20.0%	40.0% *	9.9%	24.7% *
Roodverkleuring	(%)	41.8%	49.0% ^{ns}	22.7%	40.0% ^{ns}	8.6%	15.5% ^{ns}



Figuur 23 Bladkwaliteit (boven) en bladpunten (onder) van Zambesi een lage en hoge plantdichtheid van 33 en 42/m². Er waren geen statistisch significante verschillen tussen de hoge en lage plantdichtheid. Zie Figuur 5 voor de scoringsmethode van de bladkwaliteit

Het vaasleven van Zambesi werd sterk beïnvloed door de geknakte stelen (Figuur 24). Vooral trek 6 valt op. Hierbij is bij de lage dichtheid nauwelijks steelknik terwijl de hoge plantdichtheid het grootste deel van de takken geknakt is. Dit komt ook overeen met een hoger percentage slappe takken. Echter, er is in de andere vijf trekken geen consistent effect van de plantdichtheid op het aantal geknakte stelen. Het gemeten vaasleven is een onderschatting van het werkelijke vaasleven, omdat het langer zal zijn als steelknik voorkomen wordt door de tak korter af te knippen of in een hogere vaas te zetten. Bij trek 2 valt op dat er vrij veel takken zijn met geel blad. Dit komt bij beide dichtheden voor.



Figuur 24 Vaasleven van Zambesi een lage en hoge plantdichtheid van 33 en 42/m². Het staafdiagram geeft de reden van afschrijving aan. Erboven staat het gemiddeld aantal dagen vaasleven. N=15

4.3 Meetresultaten bloemtakken samengevat

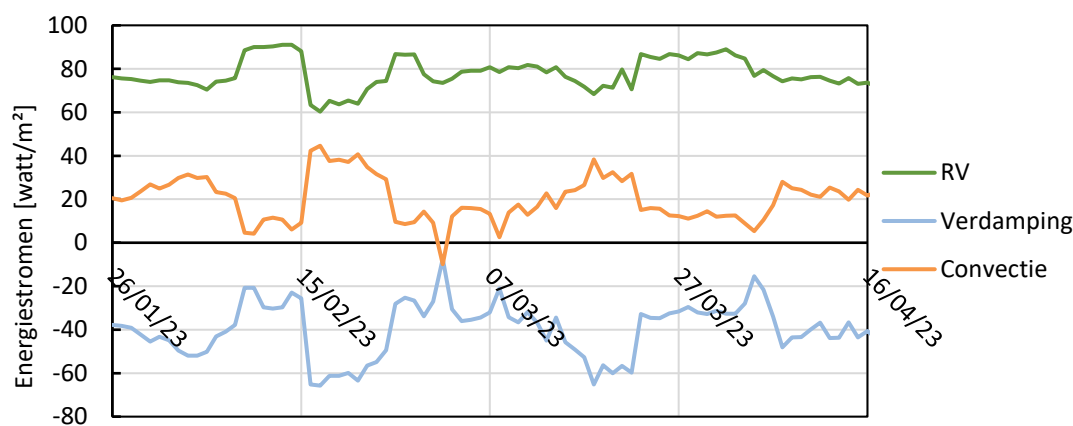
In het algemeen had plantdichtheid (33 en 42/m² voor Santander, Tabledance en Zambesi; 50 en 58/m² voor Brindisi) niet of nauwelijks effect op taklengte. Verder gold voor alle rassen dat er een klein effect is op takgewicht. Bij een hoge plantdichtheid was het takgewicht over het algemeen iets lager dan bij een lage plantdichtheid (gemiddeld 4-6%). Daarentegen is de plantdichtheid 25% hoger bij de hoge plantdichtheid (17% hoger bij Brindisi). Dit resulteerde in een hogere productie uitgedrukt in gram/mol bij de hoge plantdichtheid en lijkt dus een gunstige teeltmaatregel. Echter, in de sierteelt is voldoende kwaliteit een randvoorwaarde en belangrijker dan productie van versgewicht op zich. De bladkwaliteit werd niet duidelijk beïnvloed door plantdichtheid, behalve bij Tabledance.

Uiteindelijk is de stevigheid bepalend voor de beoordeling of de hoge plantdichtheid een acceptabele kwaliteit oplevert. Stevigheid was met name problematisch bij de hoge plantdichtheid bij Tabledance en Zambesi. Bij deze rassen waren er meer slappe takken gescoord bij de hoge plantdichtheid. Dit duidt erop dat bij de gehanteerde temperatuur en lichtsom de hoge dichtheid te hoog is voor deze twee rassen. In trek 1 was de etmaaltemperatuur het hoogst (Tabel 4) en de trekduur het kortst (Tabel 7 en Tabel 10), en waren van alle trekken ook de meeste slappe takken gescoord.

5 Resultaten energiebalans

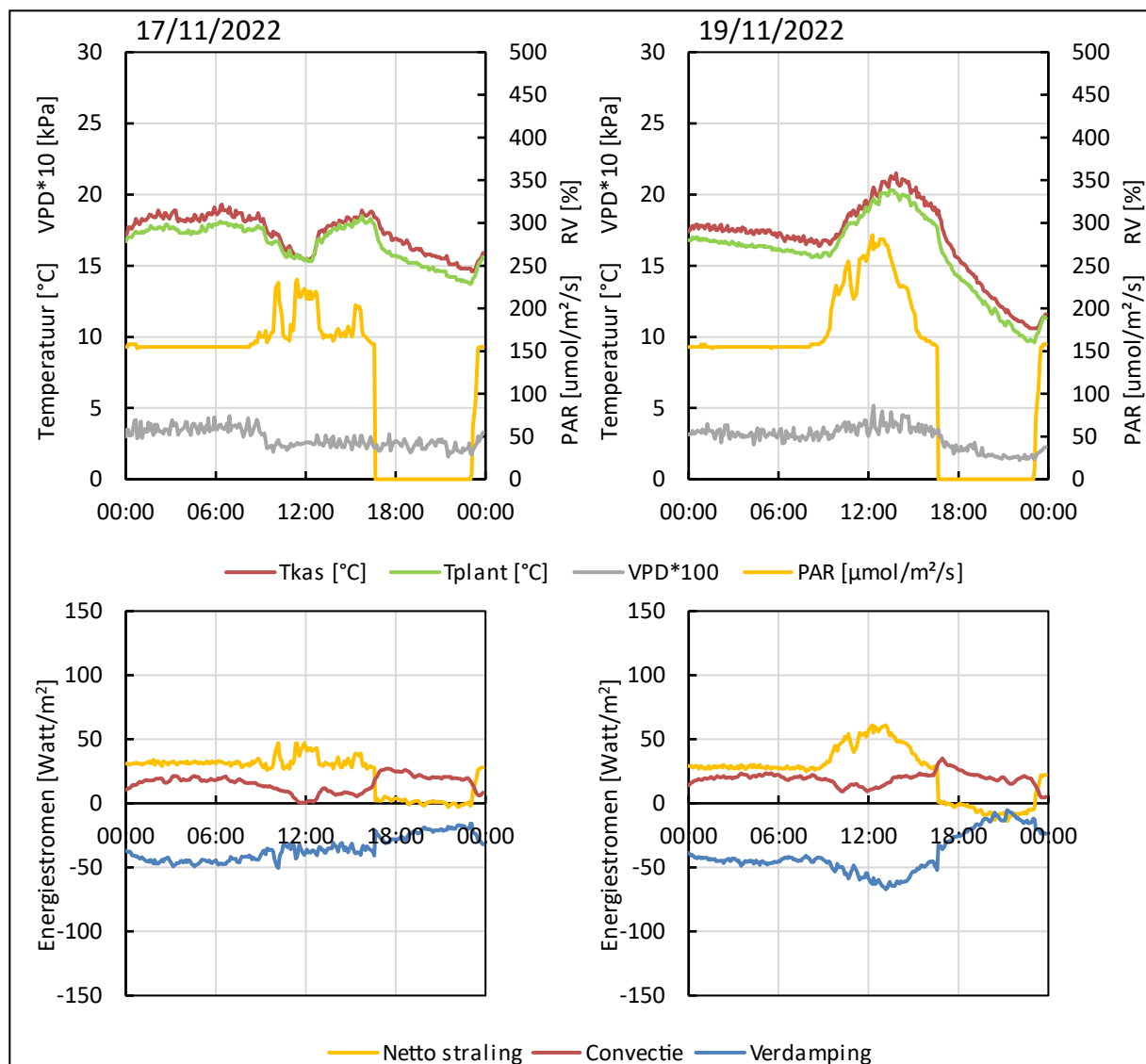
Met behulp van metingen aan de netto-straling, de RV, de lucht- en planttemperatuur en de windsnelheid is de energiebalans van de bovenste gewaslaag inzichtelijk gemaakt. De energiebalans bestaat uit netto straling, convectie en verdamping (zie Trouwborst et al. 2019 en 2022). Netto straling is het verschil tussen inkomende en uitgaande straling. Bijvoorbeeld (warmte)straling van de lampen of verwarmingsbuizen (inkomend) en uitstraling naar een koud kasdek (uitgaand). Convectie is warmteoverdracht via de lucht, dit is afhankelijk van het verschil tussen de lucht- en planttemperatuur, en van de door de windsnelheid bepaalde warmteoverdrachtscoëfficiënt tussen lucht en blad. De verdamping is gelijk aan de som van de netto straling en de convectie. Immers, als er energie binnenkomt moet er om in balans te zijn evenveel energie weer uitgaan door verdamping (Voogt en van Weel, 2008). De verdamping wordt dus niet direct gemeten, zoals bij een weegschaal, maar indirect bepaald via de energie die overblijft voor verdamping. Het kleine aandeel stralingsenergie dat via fotosynthese omgezet wordt in chemische energie wordt valt overigens buiten de berekening.

Gemiddeld over de hele teelt verschilde de berekende verdamping in de belichte nacht niet heel veel tussen de trekken. Het berekende energieverlies van het gewas via verdamping stabiliseerde tijdens de belichte nacht op ongeveer 40 watt/m², gemiddeld per teelt. Er is wel zichtbaar dat de RV en convectie verband hebben met de berekende verdamping in de belichte nacht (Figuur 25).



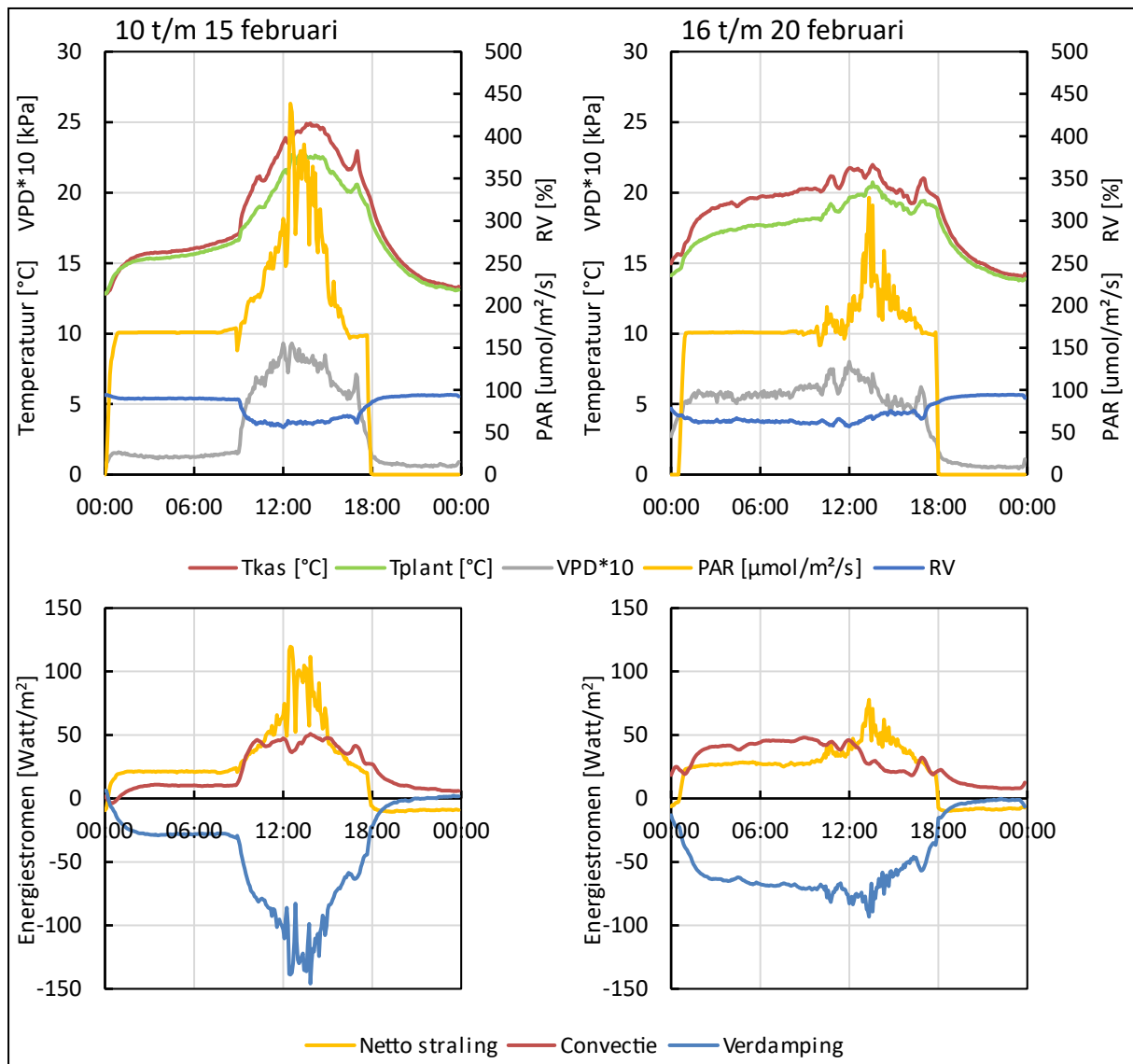
Figuur 25 Gemiddelde berekende verdamping, convectie en RV van de belichte nacht van eind januari tot half april. De weergegeven waardes is het gemiddelde per dag van de belichte uren voor zonsopkomst. Er valt op dat de verdamping de RV volgt.

De nacht van 19 november 2023 wordt gekenmerkt door lage temperaturen, dit is de eerste vorstdag van deze proefperiode (trek 2). Na zonsondergang zakte de buitentemperatuur naar een minimum van -2 °C rond 00:00 uur. In vergelijking met de nacht van 17 november, waarin de buitentemperatuur dan rond 9 °C ligt, zorgt de lage nachttemperatuur van 19 november voor meer uitstraling naar het kasdek (Figuur 26). Door de uitstraling naar het kasdek blijft er nauwelijks energie over voor verdamping van de bovenste gewaslaag in de onbelichte nacht van 17:00 tot 23:00 uur (gemeten aan Tabledance).



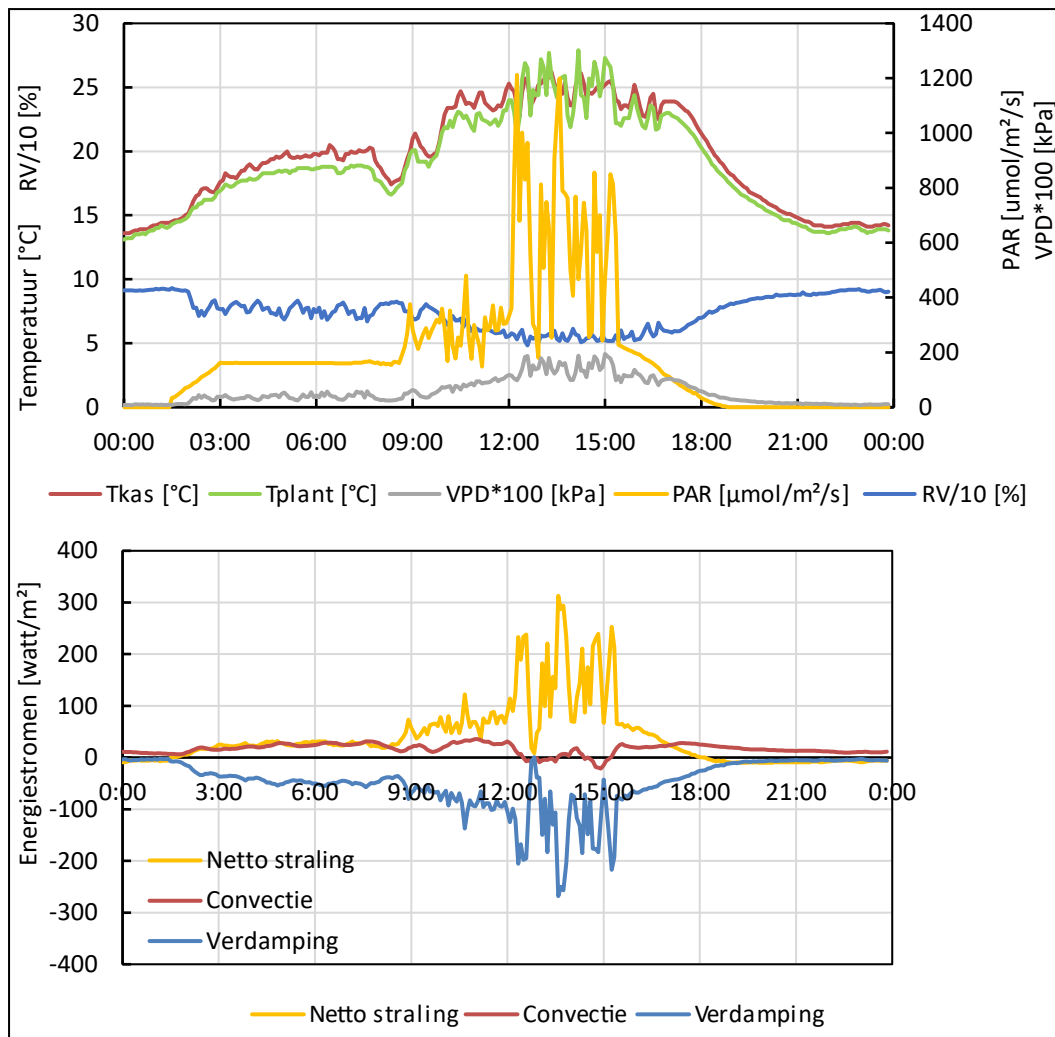
Figuur 26 Overzicht van klimaat (boven) en energiestromen (onder) gemeten aan de bovenste gewaslaag van Tabledance tijdens trek 2, links van 17 november 2022, rechts van 19 november 2022. 17 november was een relatief warme dag met een minimumtemperatuur van 8.5 °C buiten. 19 november was een koude dag met een minimum buitentemperatuur van -4.9 °C.

Tijdens trek 4 is de RV in de belichte nacht op een bepaald moment verlaagd naar gemiddeld 67% door inzet van DryGair. Deze was eerder gemiddeld 89% van 10 tot en met 15 februari 2023. Het effect hiervan is duidelijk terug te zien in de energiebalans (Figuur 27). De verdamping is enorm aangejaagd. Dit komt zowel door de lagere RV als de beduidend hogere kasluchttemperatuur waardoor de warmteoverdracht van kaslucht naar plant fors verhoogd is. In dit geval zorgt de DryGair voor een verdampingskring, door ontvochtiging wordt er meer verdampt, waardoor er meer ontvochtigd wordt etc.



Figuur 27 Overzicht van klimaat (boven) en energiestromen (onder) gemeten aan de bovenste gewaslaag van Tabledance tijdens trek 4. Links van 10 t/m 15 februari 2023, rechts van 16 t/m 20 februari 2023. Voor 15 februari was er een hoge luchtvochtigheid in de belichte nacht, na 16 februari was er een lagere luchtvochtigheid, een hogere luchttemperatuur en een hogere berekende verdamping.

Op enkele zonnige dagen in maart zorgt de forse instraling, in combinatie met de lage luchtvochtigheid, ervoor dat de planttemperatuur oploopt tot boven de luchttemperatuur (Figuur 28). In de energiebalans zorgt dit ervoor dat er geen energietoevoer naar het gewas door convectie meer is, maar juist energie-afvoer. Dit zorgt ervoor dat de verdamping soms beperkt wordt: als de straling kort wegvalt, blijft er geen energie voor verdamping over. Dat de planttemperatuur boven de luchttemperatuur uitkomt laat zien dat de verdamping de instraling niet bij kan benen. Het is wenselijk om te voorkomen dat de bladtemperatuur te ver boven de luchttemperatuur uitstijgt. Daarom is ook gekozen om bij een te hoge instraling het energiescherm gedeeltelijk te sluiten om licht weg te schermen. Daarnaast is er op 15/03/2023 gekrijt met redufuse IR. Dit probleem werd ook waargenomen op 28 tot en met 3 maart. Hierna werd in trek 5 bladverbranding geconstateerd bij Santander. Mogelijk dat de bladverbranding verband houdt met dit probleem.



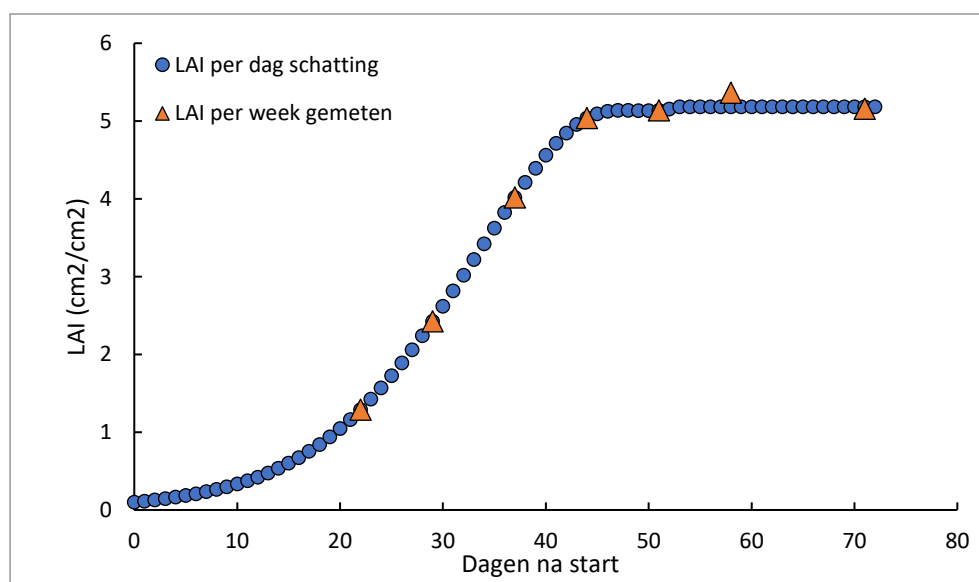
Figuur 28 Overzicht van klimaat (boven) en energiestromen (onder) gemeten aan de bovenste gewaslaag van Tabledance tijdens trek 5 op 13 maart 2023. Op deze dag zorgt de forse instraling ervoor dat de bovenste gewaslaag warmer wordt dan de omgevingslucht. Dit beperkt de ruimte voor verdamping wanneer de straling plotseling afneemt. Om dit te voorkomen is gekozen om eerder te screenen en daarnaast is er gekrijt met redufuse IR.

6 Gewasfotosynthese en assimilatenbalans

6.1 Assimilatenaanmaak

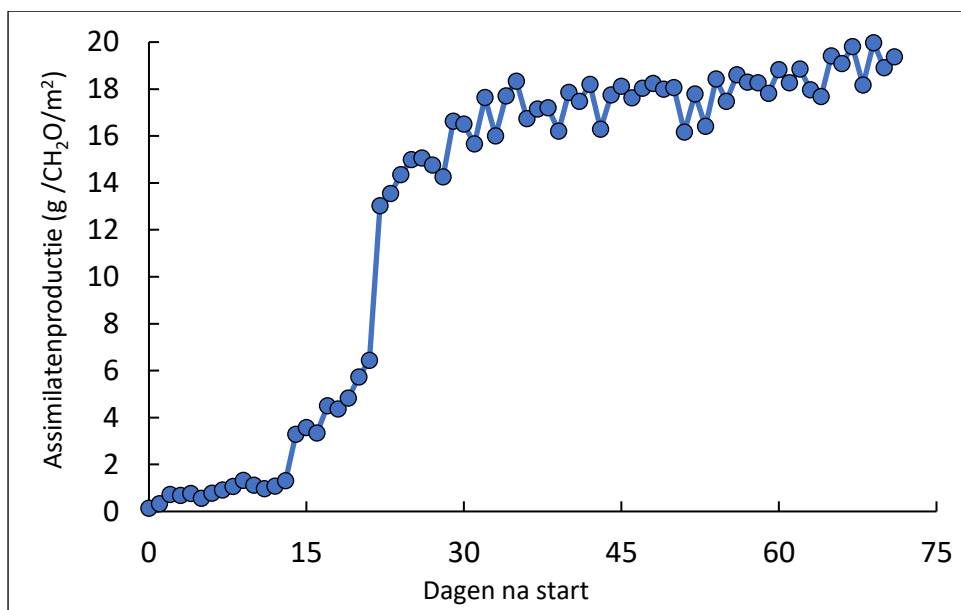
Metingen van het kasklimaat, de LAI (m^2 blad per m^2 grondoppervlak), lichtuitdoving en fotosynthese zijn gebruikt om de assimilatenproductie van het hele gewas te berekenen met een assimilatiemodel van Plant Lighting. Voor meer detail over deze metingen, zie Bijlage I.

De totale LAI liep naar een maximum rond het einde van de 6^e kasweek. De dagelijkse LAI is geschat met behulp van een S-vormige curve (Figuur 29), zoals in eerder onderzoek van Plant Lighting (Hogewoning et al. 2016). De geïnterpoleerde LAI paste goed op de wekelijkse LAI en verzadigde op hetzelfde moment (Figuur 29). De snelste toename in LAI was tussen 3 en 6 weken in de kas. Naast LAI is ook lichtonderschepping gemeten (Figuur 35). Vanaf een LAI van 3 werd 90% van het licht onderschept.



Figuur 29 Verloop van LAI van cv. Santander lage plantdichtheid, 33/ m^2 in trek 3. Via een sigmoïde curve door de meetpunten is het dagelijks verloop van de LAI geschat.

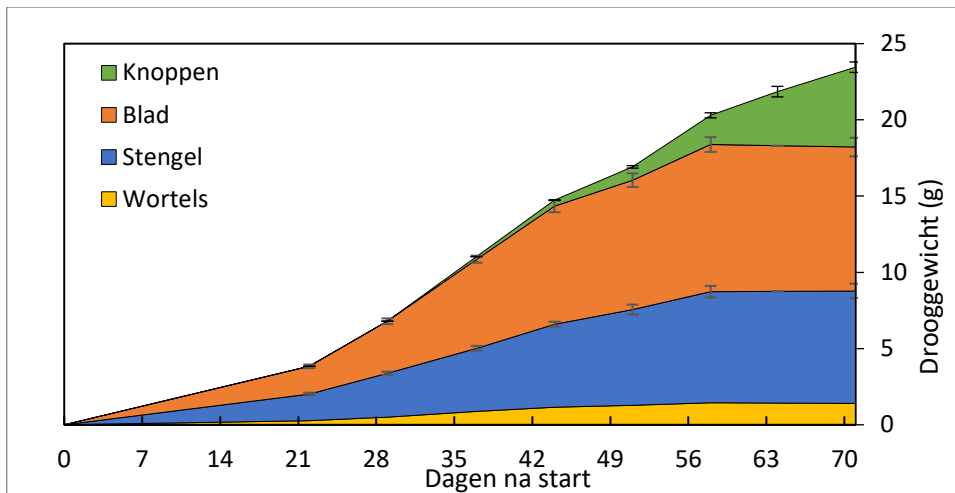
Van planten tot 14 dagen in de kas was de berekende assimilatenproductie relatief laag (Figuur 30). Deze nam geleidelijk toe door toename in LAI, en op dag 15 en 21 sprongsgewijs consistent met de toegepaste belichtingsstrategie van $30 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR wat na 14 dagen verhoogd werd naar $60 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR en na 21 dagen naar $150 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR. Na 21 dagen neemt de assimilatenproductie nog geleidelijk toe waarna deze afvlakt. De assimilatenproductie vlakt eerder af dan de LAI toename, wat te verwachten valt, want vanaf een LAI van ongeveer 3 m^2 blad per m^2 neemt de lichtonderschepping nauwelijks meer toe bij verdere toename van de LAI (Figuur 35).



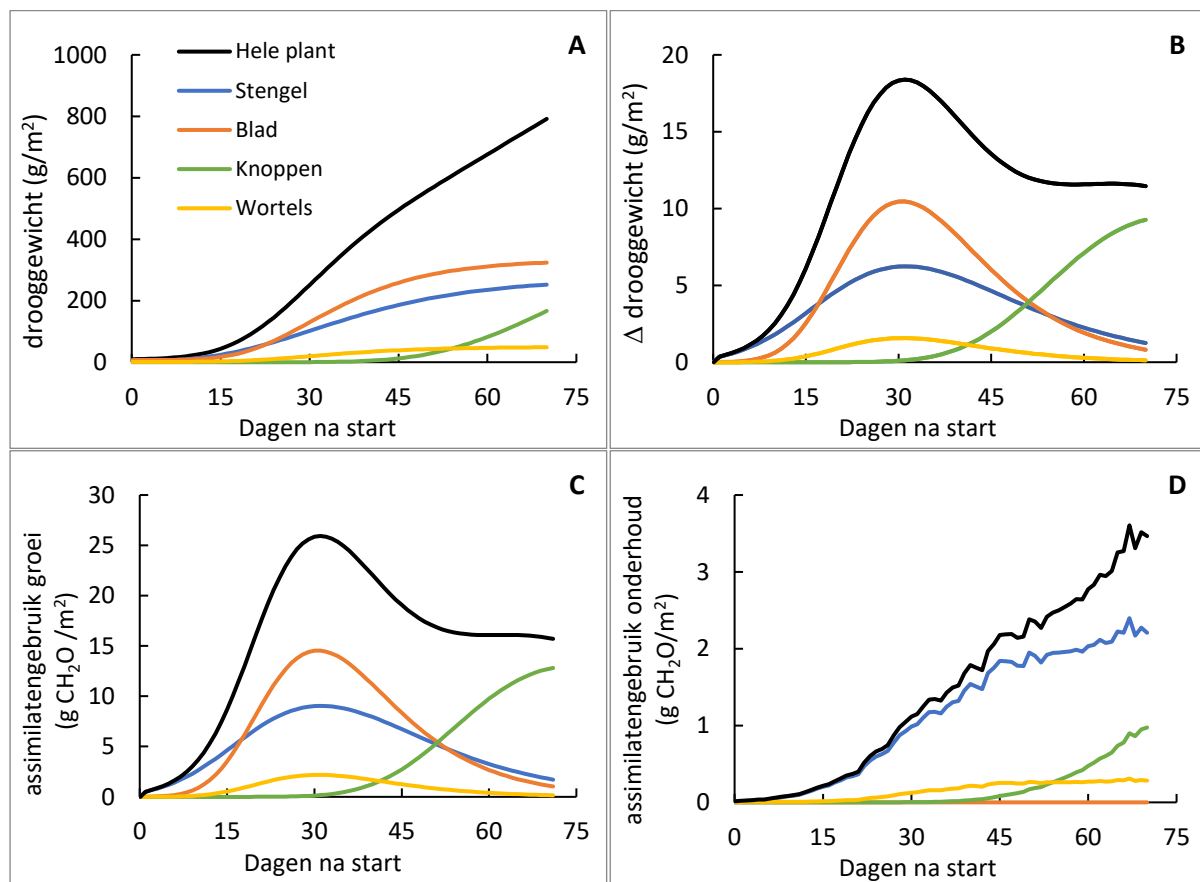
Figuur 30 Assimilatenproductie gemodelleerd met het gewasfotosynthesemodel van Plant Lighting in gram CH₂O/m² per dag van cv. Santander bij de lage plantdichtheid (33/m²) in trek 3. De plotselinge toename in assimilatenproductie bij 14 en 21 dagen na start is het gevolg van de twee veranderingen in belichting (respectievelijk 30 naar 60 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ en 60 naar 150 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$).

6.2 Assimilatenverbruik

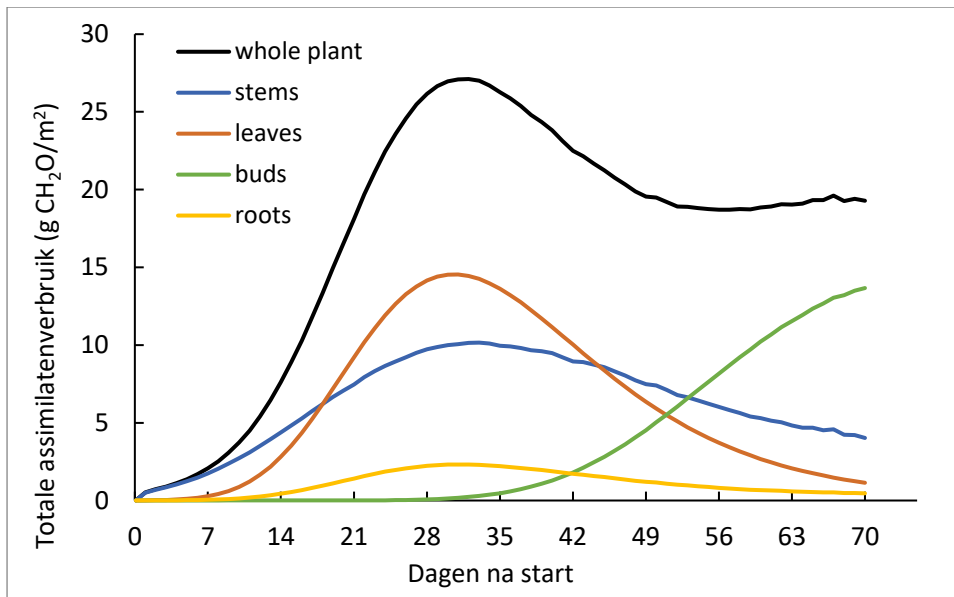
Het drooggewicht van stengels, blad en knoppen is gemeten als basis voor de berekening van het assimilatenverbruik (Figuur 31). Wortel drooggewicht is geschat als 15% van het blad drooggewicht. De bol kan zowel assimilaten vragen als leveren aan de tak en is hier buiten beschouwing gelaten (zie ook discussie hoofdstuk 6.5). Het totaal drooggewicht van de planten volgde een S-vormige curve met langzamere gewichtstoename aan het begin en einde van de teelt en snelle toename tussen 22 en 58 dagen na kasdatum. Voor de knoppen was er geen S-vormige curve omdat de knoppen geoogst werden voor ze volledig ontwikkeld waren. Per plantorgaan is het assimilatenverbruik voor groei en onderhoudsademhaling berekend per m² (Figuur 32). De wekelijkse drooggewichtmeting is gebruikt om de dagelijkse productie aan drooggewicht te schatten (32A). Via de berekening van de dagelijkse toename aan drooggewicht per plantorgaan (32B) is de groeiademhaling berekend (Figuur 32C) en de onderhoudsademhaling (32D) is per orgaan berekend via de hoeveelheid aanwezige drogestof. Het totale assimilatenverbruik is dan de groeiademhaling plus de onderhoudsademhaling (32C+32D), weergegeven in Figuur 33. Het assimilatenverbruik had ongeveer halverwege de teelt de grootste piek. Dit komt overeen met een piek in assimilatenverbruik voor blad, steel en (geschat verbruik door) de wortels. Assimilatenverbruik van de knoppen nam pas toe vanaf de knopafsplitsing tot het moment dat de planten werden geoogst.



Figuur 31 Verloop gemiddeld drooggewicht van een bloemtak, uitgesplitst in stengel, blad, en knoppen (exclusief bol) bij cv. Santander bij de lage plantdichtheid ($33/\text{m}^2$) in trek 3. Wortelgewicht is geschat als 15% van het blad drooggewicht.



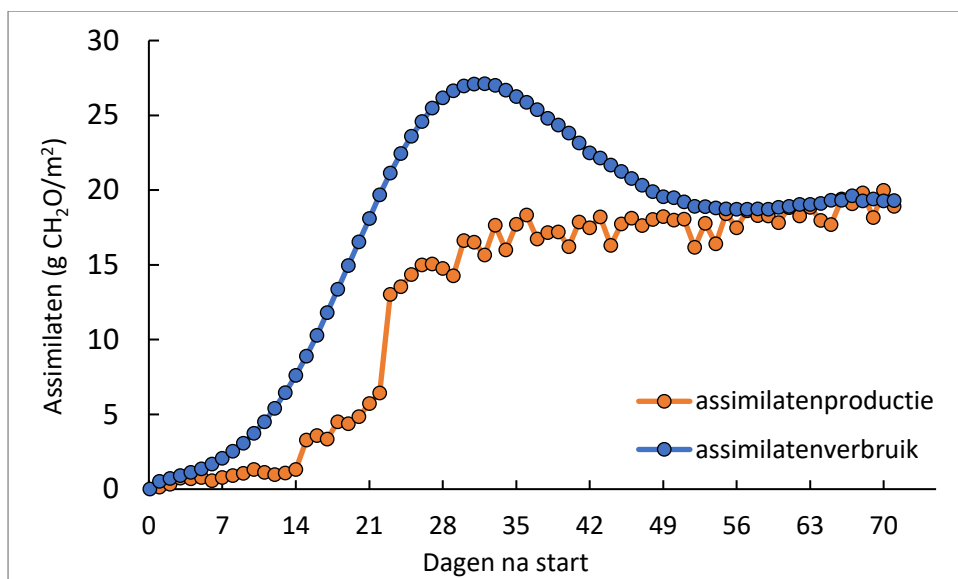
Figuur 32 (A) Cumulatief drooggewicht per m^2 van cv. Santander bij de lage plantdichtheid ($33/\text{m}^2$) in trek 3, berekend met behulp van een logistische functie gebaseerd op de wekelijkse meting. Drooggewicht van de wortels is geschat op 15% van het bladgewicht. Drooggewicht van de hele plant (zonder bol) is de som van de stengels, blad en wortels. (B) Dagelijkse drooggewicht-toename per m^2 van de stengels, blad, knoppen, wortels en de hele plant zonder bol. (C) Dagelijkse assimilatenverbruik per m^2 voor de groei van stengels, blad, knoppen, wortels (schatting) en de hele plant zonder bol. (D) dagelijkse assimilatenverbruik per m^2 voor onderhoud van stengels, blad, knoppen en wortels, en de hele plant. Assimilatenverbruik voor onderhoud van het blad is op 0 gezet omdat het fotosynthesemodel netto fotosynthese (inclusief verlies door onderhoudsademhaling) berekent.



Figuur 33 Berekende totale assimilatenverbruik ($\text{g CH}_2\text{O/m}^2$) voor de hele plant (zonder bol) per m^2 tijdens trek 3 van cv. Santander bij de lage plantdichtheid van $33/\text{m}^2$. Totale assimilatenverbruik is de som van assimilatenverbruik voor groei en het assimilatenverbruik voor onderhoudsademhaling. Assimilatenverbruik voor onderhoud van het blad is gelijkgesteld aan 0 omdat het gewasfotosynthesemodel netto fotosynthese (inclusief onderhoudsademhaling) berekent.

6.3 Assimilatenbalans

Door de assimilatenproductie (Figuur 30) en het assimilatenverbruik (Figuur 33) samen te voegen ontstaat er een assimilatenbalans (Figuur 34). Volgens deze balans was het assimilatenverbruik beduidend hoger dan de assimilatenproductie tussen 1.5 en 6.5 weken na start in de kas. Voor en na deze weken waren assimilatenproductie en assimilatenverbruik vrij vergelijkbaar. Tijdens trek 3 was het berekende assimilatenverbruik $306.5 \text{ g CH}_2\text{O/m}^2 (=9.3 \text{ g/bloemtak})$ hoger dan de berekende assimilatenproductie. Er is dus meer aan assimilaten verbruikt dan dat er geproduceerd is, en dat kan niet. Echter, in deze berekeningen is de rol van de bol niet meegenomen. Het beschikbaar komen van de opgeslagen assimilaten in de bol zal de verklaring zijn voor het verschil in assimilaten-productie en verbruik (zie ook discussie hoofdstuk 6.5).



Figuur 34 Berekende assimilatenbalans van cv. Santander. Assimilatenproductie is gemodelleerd met het gewasfotosynthesemodel van Plant Lighting in gram CH₂O/m² per dag voor trek 3 plantdichtheid laag (33/m²). Assimilatenverbruik is berekend op basis van wekelijkse drooggewichtmetingen en omgerekend naar assimilatenverbruik in gram CH₂O/m² per dag. Het berekende assimilatenverbruik was beduidend hoger dan de assimilatenproductie tussen 1.5 en 6.5 weken na kasdatum. In totaal was het berekende assimilatenverbruik van cv. Santander 306.5 g CH₂O m⁻² hoger dan de berekende assimilatenproductie.

6.4 Benodigde lichtsom in het voorjaar

In deze proef is gestuurd op een lichtsom van 12 mol/m² per dag. In het voorjaar levert een gemiddelde lichtsom van 12 mol minder assimilatie op dan in de winter bij eenzelfde etmaaltemperatuur en plantdichtheid. Dit vanwege de momenten met hogere lichtintensiteiten (verzadiging lichtrespons fotosynthese; Figuur 38) en lagere CO₂-concentratie in de kas wanneer gelucht wordt (zie effect CO₂ in Figuur 39). Om toch dezelfde assimilatie te bereiken gedurende een trek bij dezelfde etmaaltemperatuur voor behoud van snelheid, is het daarom nodig om in het voorjaar te sturen op een hogere lichtsom. Om te bepalen hoeveel de lichtsom aangepast moet worden, is met het fotosynthesemodel de assimilatie van trek 3 (winter) opnieuw berekend met het voorjaarsklimaat (maart t/m mei) van trek 6 (Tabel 11). Hierbij is de gemeten LAI van trek 3 gebruikt en zijn de andere parameters gelijk gebleven.

De berekening laat zien dat in trek 6 de totale assimilatie per m² hoger is geweest dan in trek 3, doordat de lichtsom ook fors hoger is geweest (Tabel 11). Vanwege het verschil in lichtsom is het nuttiger om de lichtbenutting in gram CH₂O/mol PAR te vergelijken. De berekende lichtbenutting in trek 6 was 12.6% lager dan in trek 3. Met de lichtsom van trek 3 zou deze lagere lichtbenutting hebben geresulteerd in 801 g CH₂O/m² ten opzichte van 915 g CH₂O/m².

De lichtbenutting wordt niet alleen beïnvloedt door de lichtintensiteit, ook het CO₂ niveau heeft hier invloed op. In trek 6 was het CO₂ niveau gemiddeld inderdaad lager, doordat in het voorjaar meer gelucht wordt. Door trek 6 door te rekenen met het CO₂ niveau van trek 3 geeft dit een indruk van het effect van CO₂ op de lichtbenutting. Hierbij wordt de lichtbenutting

gemiddeld vanaf dag 21, de eerste weken zijn niet representatief vanwege de lage lichtonderschepping. Als trek 6 doorgerekend wordt met het CO₂ niveau van trek 3 resulteert dit in een 7.5% lagere lichtbenutting ten opzichte van trek 3, in plaats van de 12.2% lagere lichtbenutting met het CO₂ niveau van trek 6. De assimilatenproductie is dus 5% lager als gevolg van het CO₂ niveau. Samengevat is het advies om in het voorjaar een 7%-12% hogere lichtsom aan te houden afhankelijk van of het CO₂ niveau op peil gehouden kan worden. Trek 6 was van maart t/m mei. Bij een latere planting wanneer nog meer gelucht wordt (minder CO₂) zal een nog hogere lichtsom aangehouden moeten worden voor eenzelfde assimilatie.

Tabel 11 Assimilatenproductie van cv. Santander bij de lage plantdichtheid (33/m²) in trek 3 en trek 6 berekend met het gewasfotosynthese-model van Plant Lighting. De assimilatenproductie van trek 6 is berekend met de klimaatdata van trek 6 op basis parametrisatie van het assimilatiemodel in trek 3. Bij "Trek 6 CO₂ simulatie" zijn de klimaatdata van trek 6 doorgerekend met de CO₂ waarden van trek 3 om onderscheid te maken tussen het effect van CO₂ en temperatuur en lichtintensiteit. NB de lichtsom wijkt af van Tabel 3 doordat de simulatie gedaan is met de gegevens van trek 3. Trek 3 was een week korter dan trek 6 waardoor een deel van de klimaatdata van trek 6 niet meegenomen is, daarnaast is voor het verschil t.o.v. trek 3 de eerste 3 weken niet meegenomen omdat deze niet representatief zijn vanwege de lage lichtonderschepping.

Trek	Lichtsom (mol/m ²)	Assimilatie (g CH ₂ O/m ²)	g CH ₂ O/ mol	Verskil t.o.v. trek 3	Assimilatie o.b.v. g/mol trek 6 (g CH ₂ O/m ²)
Trek 3	608	915	1.64	-	800.5
Trek 6	885	1074	1.44	-12%	
Trek 6 CO ₂ simulatie	885	1144	1.51	-7%	

6.5 Discussie gewasfotosynthese

Het berekende assimilatenverbruik laat een paraboolvormig verloop zien, waarbij voor de knoppen deze parabool halverwege werd afgekapt, omdat de knoppen werden geoogst voor volledige ontwikkeling (Figuur 32). Deze paraboolvorm van het assimilatenverbruik is consistent met het S-vormige verloop van de groei. Elk plantorgaan begint langzaam te groeien, heeft een periode van maximale groei en vertraagt dan weer. Tijdens de periode van maximale groei in het midden van de ontwikkeling heeft de plant logischerwijs de meeste assimilaten nodig. Dit geldt in het bijzonder voor lelie, omdat dit gewas een gedetermineerde groei heeft. Als de organen eenmaal zijn gevormd, dan vormen er geen nieuwe organen.

De rol van de bol is niet meegenomen in de assimilatenproductie. Hierdoor werd verwacht dat er een verschil ontstaat tussen de assimilatenproductie en het verbruik. De in deze studie berekende assimilatenbalans van cv. Santander laat zien dat het assimilatenverbruik hoger was dan de productie tussen 1.5 en 6.5 weken na kasdatum. Dit verschil laat zeer waarschijnlijk het effect van de bol zien waarvan de plant ook assimilaten kan ontvangen. Dit is ook consistent met Hogewoning et al. (2016) welke liet zien dat het bolgewicht van Santander scherp vermindert van 2 tot 6 weken na kasdatum. Het totaal berekende assimilatenverbruik van cv. Santander was 306.5 g CH₂O/m² hoger dan de berekende assimilatenproductie. Hogewoning et al. (2016) vonden dat de bollen van cv. Santander 69% in drooggewicht afnamen gedurende de eerste zes weken in de kas (Bijlage VI). Als deze

vermindering toegepast wordt op de orde grootte van de bollen van deze proef, dan zou van de bol 532 g/m² aan drooggewicht beschikbaar zijn om bij te dragen aan assimilatenproductie. Dit lijkt in elk geval genoeg om het gat van 306.5 g CH₂O/m² op te vullen, gezien er waarschijnlijk nog wat energieverlies zal zijn voor onderhoudsademhaling van de bol en omzetting van droge stof naar assimilaten (CH₂O). Zie de berekening die aan deze getallen ten grondslag ligt in Bijlage VI.

In de berekende assimilatenbalans is gerekend met het assimilatenverbruik. De assimilatenvraag wordt pas zichtbaar als het assimilatenverbruik van de hele plant lager is dan de assimilatenproductie inclusief het aanbod uit de bol: de plant bereikt dan zijn potentiële groei. De groei wordt dan beperkt door de assimilatenvraag in plaats van het aanbod. Dit kan bepaald worden door dezelfde metingen uit te voeren bij oplopende lichtsommen. Op het punt dat het assimilatenverbruik niet meer toeneemt is de assimilatenvraag bereikt. Door kennis te hebben van de daadwerkelijke assimilatenvraag per fase in de ontwikkeling van het gewas, kan de lichtsom mogelijk beter afgestemd worden op de teeltfase en wellicht energie voor belichting bespaard worden. Daarbij is de rol van de bol ook interessant: gaat de plant bij een overschot aan assimilaten meer energie opslaan in de bol, en andersom wordt er bij minder assimilatie meer energie uit de bol gehaald? Wellicht kan er op bepaalde momenten in de teelt minder belicht worden waardoor er vroeg in de teelt meer energie uit de bol wordt gehaald of later in de teelt minder energie in de bol wordt opgeslagen. Zo kan wellicht bespaard worden op elektra zonder op productie van takgewicht in te leveren.

7 Discussie en conclusies

7.1 Discussie

De resultaten van de metingen en het oordeel van de begeleidende lelietelers laten zien dat het mogelijk is om een goede kwaliteit lelie te telen met de gevolgde teeltstrategie. Er is in de huidige teelt (2022-2023) een grotere DIF aangehouden en geprobeerd om te ontvochtigen zonder buisinzet. De bladkwaliteit blijft in de winter wel een aandachtspunt. In vergelijking met de vorige teelt (2021-2022) is het duidelijk dat er fors energie is bespaard dankzij isolatie door te schermen, temperatuurintegratie en inzet van DryGair (Tabel 6). De lelies zijn over het algemeen langer dan het onderzoek vorig jaar waarin de takken soms te kort waren (Hogewoning et al. 2022), waarschijnlijk dankzij de grotere DIF.

De resultaten van de metingen aan de bloemtakken laten zien dat voor Santander en Brindisi bij de huidige lichtintensiteit en temperatuur de hoge plantdichtheid van respectievelijk 42 en 58 bol/m² goed mogelijk is. Dit in vergelijking met een lage dichtheid van respectievelijk 33 bol/m² of 50 bol/m² voor Santander en Brindisi. Over het algemeen was de kwaliteit bij deze twee cultivars ook bij de hoge plantdichtheid goed. Er leken wel iets meer slappe takken bij hoge plantdichtheid, maar dit was geen overtuigend effect. Daarentegen kunnen bij de hogere plantdichtheid wel 25% meer takken geteeld worden op hetzelfde oppervlak (16% meer bij Brindisi). Voor Zambesi en Tabledance is de hoge plantdichtheid (42/m²) wel te hoog gebleken. Bij deze cultivars was met name stevigheid minder goed bij de hogere dichtheid. Bij Tabledance was er in trek 3 ook een effect van plantdichtheid op bladkwaliteit, hierbij resulteerde de lagere plantdichtheid (33/m²) in een iets betere bladkwaliteit.

De huidige energiebesparingsstrategie zorgde ervoor dat er in de nacht momenten waren waarop er geen of weinig ruimte voor verdamping was. Of dit daadwerkelijk leidde tot kwaliteitsproblemen is niet direct duidelijk. Immers, het was een demonstratieproef en geen vergelijkend onderzoek waarin twee (of meer) strategieën tegelijkertijd getoetst werden. Wel is duidelijk dat het verlagen van de luchtvochtigheid in combinatie met verhoging van de kasluchttemperatuur door inzet van de condensatie-ontvochtiger een effect heeft op de ruimte voor verdamping. Op sommige momenten was het moeilijk om onder het gesloten energiedoek de luchtvochtigheid op peil te houden. Op deze momenten kan actieve ontvochtiging een rol spelen om voldoende verdamping te behouden. Hoeveel verdamping er nu noodzakelijk is, is nog wel onderwerp voor verder onderzoek dat een factoriele proefopzet vraagt.

De gevolgde teeltstrategie heeft het warmtegebruik verlaagd ten opzichte van de teelt in 2021-2022. Het warmtegebruik voor drie teelten was 5.4 en 9 m³ aardgasequivalenten (waarvan 1.7 en 2.8 m³/m² teruggewonnen uit latente warmte) ten opzichte van 13.3 m³ in 2021. Deze besparing is het gevolg van de lagere temperatuur in de nacht, isolatie door het tweede scherm en de inzet van de DryGair. Inzet van de DryGair zorgt voor een verschuiving van warmtegebruik van buiswarmte uit gas naar energie uit elektra.

De vraag is of actieve ontvochtiging met een condensatie-ontvochtiger zoals toegepast in dit onderzoek met de DryGair de beste methode is om vocht te beheersen in een relatief koele en belichte teelt zoals lelie. Inzet van de DryGair kost elektriciteit en de efficiëntie van zo'n type systeem wordt lager bij een lagere kasttemperatuur. Op momenten dat er geen warmtevraag was (bijvoorbeeld in trek 1), verhoogde het elektraverbruik van de DryGair de totale energievraag, en werd er warmte afgelucht. Geforceerde ventilatie met warmteterugwinning kan dan een betere manier zijn om te ontvochtigen. Doordat de (droge) buitenlucht eerst wordt opgewarmd met uitgaande kaslucht is er slechts beperkt verlies aan voelbare warmte, maar de latente warmte gaat dan wel verloren. Op momenten dat er geen warmtevraag is, is deze methode efficiënter dan een DryGair. Als een WKK ingezet wordt om de elektriciteit voor de belichting te produceren is er vaak een overschot aan warmte uit de WKK. Ook dan is extra elektragebruik voor actieve ontvochtiging minder efficiënt dan benutting van de WKK-warmte als buiswarmte in combinatie met luchten of geforceerde ventilatie met warmteterugwinning. In de toekomst is het gebruik van een WKK mogelijk geen optie meer en is er geen sprake van een warmteoverschot bij lage buitentemperaturen.

Om een fossielvrije lelie te telen met aanvaardbare kwaliteit is er meer inzicht nodig in de benodigde verdamping voor een goede kwaliteit. Hoeveel verdamping is er minimaal nodig, op welke momenten van de dag en/of gedurende de teeltcyclus, en hoe hoog mag de luchtvochtigheid oplopen? Verdamping is noodzakelijk, maar teveel verdamping kost extra energie voor ontvochtiging. Door de luchtvochtigheid op te laten lopen is er minder verdamping, en minder ontvochtiging nodig, maar er is ook een risico op teeltproblemen en ziektes. De juiste balans moet hierbij gevonden worden. Verder blijft de bladkwaliteit in de winter een aandachtspunt. De vraag is of en in welke mate bladproblemen gerelateerd zijn aan belichting (daglengte, lichtspectrum) en/of aan een beperkte verdamping.

7.2 Conclusies

- Kun je een goede kwaliteit lelie telen onder full-LED in combinatie met beter isoleren, actief ontvochtigen en temperatuurintegratie door een grotere DIF toe te laten?
 - Het is mogelijk om een goede kwaliteit lelie te telen onder de gevolgde teeltstrategie. De bladkwaliteit in de winter blijft een aandachtspunt, maar was in de meeste gevallen niet slecht. Het is mogelijk om te telen met een grotere DIF, dit heeft mogelijk ook geresulteerd in een langere taklengte dan in een eerdere proef met $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ full-LED waarbij de taklengte aan de korte kant was.
- Wat is de grens in plantdichtheid om een goede kwaliteit te behouden?
 - Voor Santander en Brindisi is het mogelijk om te telen bij een plantdichtheid van respectievelijk 42 en 58 bol/m². Gegeven de proefomstandigheden met een gehanteerde lichtsom van 12 mol/m²/d en etmaaltemperatuur van 18 °C. Voor Tabledance en Zambesi was de hoge plantdichtheid van 42 bol/m² te hoog en werd de lage dichtheid van 33 bol/m² wel goed bevonden.

- Ontstaan er bij de energiebesparingsstrategie problemen met verdamping met invloed op de kwaliteit?
 - Er zijn wel enige bladproblemen gezien welke mogelijk te maken hadden met een relatief lage verdamping. Omdat het een demonstratieteelt was en geen vergelijkende proef, is een relatie tussen bladproblemen en lage verdamping niet met zekerheid vast te stellen.

Referenties

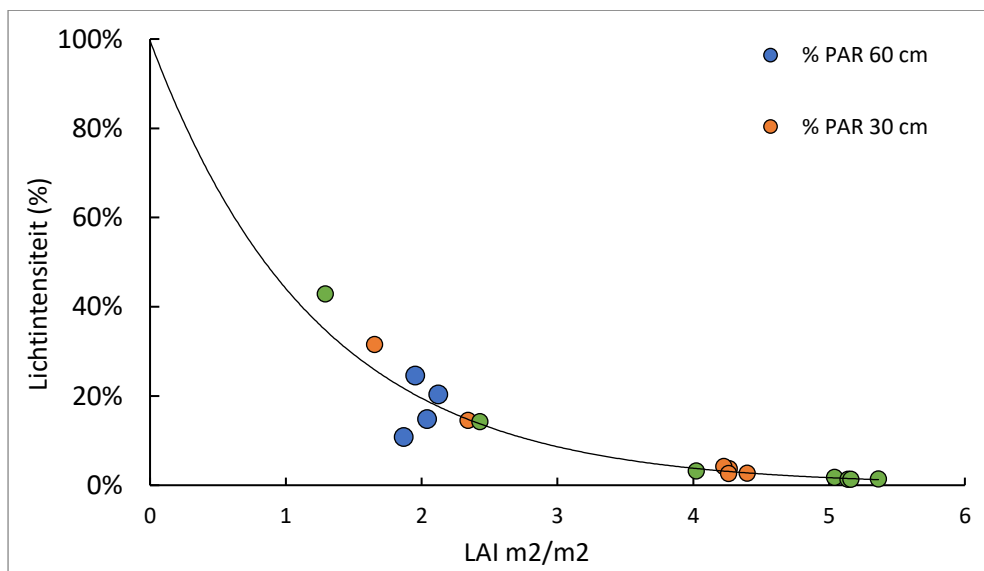
- Boogaart van den, S.A.J. A. Boonman, M.W. Bongers, S.W. Hogewoning,**
Kennisonontwikkeling daglengte-gevoelige siergewassen voor een energie-efficiëntere
teelt, Plant Lighting B.V.
- Hogewoning S.W., G. Trouwborst, R. van der Spek.** 2016. Belichten naar gewasbehoefte:
Een voorstudie met lelie als proefgewas. Plant Lighting B.V., Bunnik. 35p
- Hogewoning S.W., A. Krause, S.A.J. van den Boogaart, G. Sam-Sin, B.J. Kok & L. Helmus-
Schuddebeurs.** 2020. Leliebroei op weg naar fossielvrij: Voorbroei onder LED. Plant
Lighting B.V., Bunnik. 41p.
- Hogewoning S.W., van den Boogaart S.A.J., Kok B.J., Helmus-Schuddebeurs L.** 2021.
Leliebroei onder LED met minimaal energieverbruik. Plant Lighting B.V., Bunnik.
44p.
- Hogewoning S.W., E.P. Noordhoek, E.D. Biemond, B.J. Kok & L. Helmus-Schuddebeurs.**
2022. Lelie duurzaam geteeld onder LED. Plant Lighting B.V., Bunnik. 72p.
- Huijs F., M. Vliex, C. Vervoort, G. Trouwborst, A. Boonman, S.W. Hogewoning.** 2023.
Komkommer jaarrond in balans met minimaal energieverbruik. Botany B.V., Horst-
Meterik 63P
- Trouwborst G., J.O. Voogt, P. Reijm, S.W. Hogewoning.** 2019. Monitoring van
huidmondjesopening in de kas: ontwikkeling en validatie. Plant Lighting B.V.,
Bunnik. 68p.
- Trouwborst G., S.A.J. van den Boogaart, E.P. Noordhoek S.W. Hogewoning.** 2022.
Monitoring huidmondjes: Voldoende opening onder LED-belichting? Deelrapport
paprika. Plant Lighting B.V., Bunnik. 46p.
- Trouwborst G., E. P. Noordhoek, J.O. Voogt, S.W. Hogewoning.** 2022. Monitoring
huidmondjes in de kas: Gebruik van de netto stralingsmeter, deelrapport Anthurium.
Plant Lighting B.V., Bunnik. 57p
- Voogt J.O., Van Weel P.,** 2008. Climate Control Based on Stomatal Behavior in a Semi-
Closed Greenhouse System 'Aircokas'. Acta Hort. 797: 151-156

Bijlage

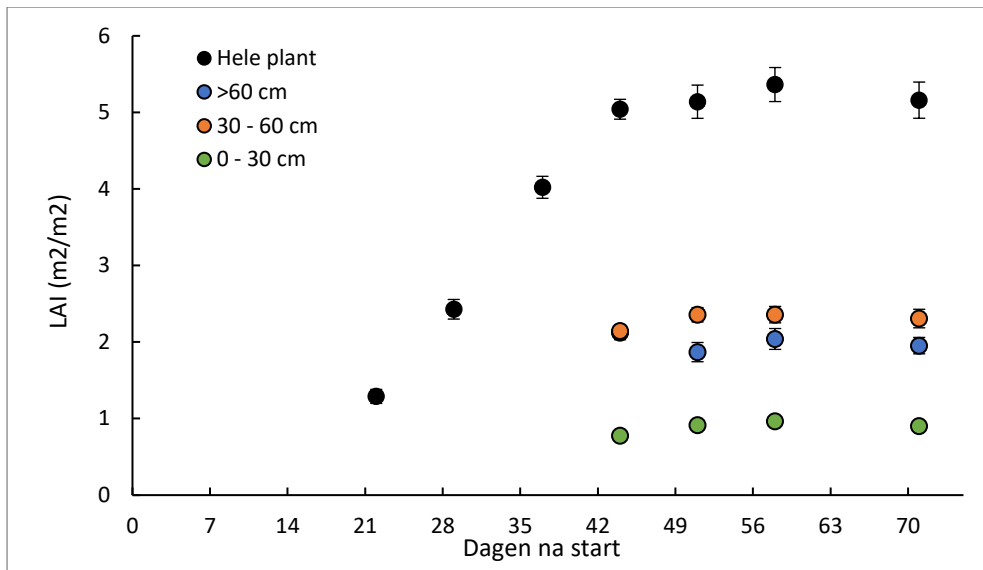
I Gewasfotosynthese

LAI-verloop en lichtuitdoving

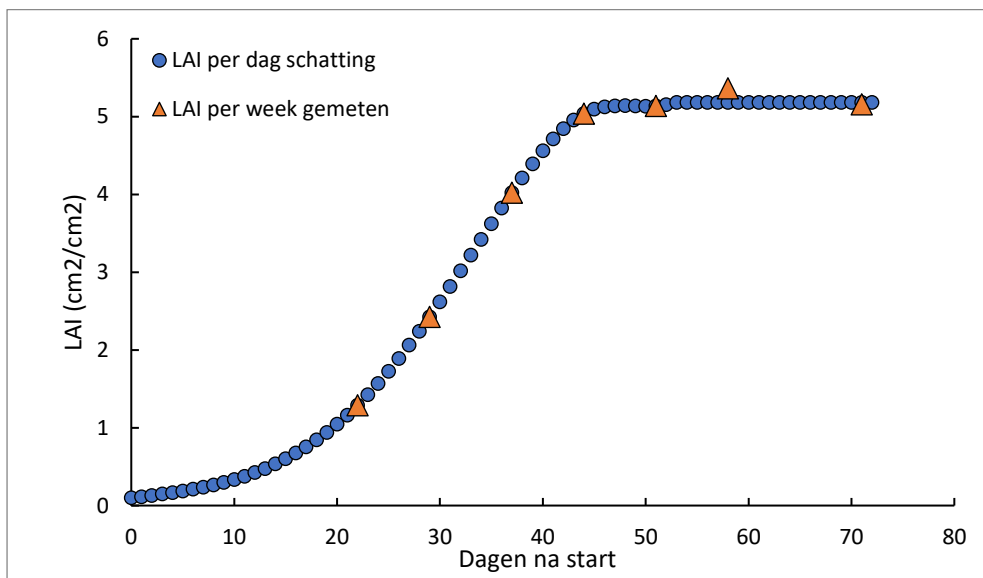
In trek 3 is het bladoppervlak wekelijks gemeten bij cv Santander bij de lage plantdichtheid, van dag 22 in de kas tot oogstrijp (71 dagen in de kas). De LAI is verdeeld in verschillende bladlagen. In de eerste meetweek waren de planten nog te klein om te verdelen in lagen. In de tweede en derde week is de plant verdeeld in twee lagen van 30 cm. Vanaf de vierde week werden de planten verdeeld in drie lagen van 30 cm, onder, midden en boven. De middelste laag had de grootste bijdrage in de totale LAI, doordat lelies de meeste en grootste bladeren hebben in het midden van de tak. De totale LAI liep naar een maximum rond de 7^e kasweek. De dagelijkse LAI is geschat met behulp van een S-vormige curve (Figuur 37) zoals in eerder onderzoek van Plant Lighting (Hogewoning et al. 2016). De geïnterpoleerde LAI paste goed op de wekelijkse LAI en verzadigde op hetzelfde moment (Figuur 37). De snelste toename in LAI was tussen 3 en 6 weken na start in de kas. Naast LAI is ook lichtonderschepping gemeten (Figuur 36). Vanaf een LAI van 3 werd 90% van het licht onderschept. De lichtuitdoving is gemeten bij zowel de hoge als lage plantdichtheid. Bij de hoge plantdichtheid loopt de lichtonderschepping sneller op en daarnaast is bij een vol gewas de lichtonderschepping bij een hoge plantdichtheid iets hoger ($p < 0.05$), namelijk 98.2% ten opzichte van 96.8% op 30 cm van de bodem (geen data weergegeven).



Figuur 35 Relatie tussen lichtuitdoving en LAI van lelie cv. Santander op basis van wekelijkse lichtonderscheppingsmetingen op 60 cm, 30 cm en op de bodem, en bijbehorende LAI-metingen voor de bovenliggende gewaslagen vanaf diezelfde meethoogtes. Lichtintensiteit is weergegeven als percentage van de intensiteit boven het gewas uitgezet tegen de LAI boven de hoogte van de meting. De lijn zwarte lijn geeft de trendlijn weer door alle datapunten gemeten bij lage plantdichtheid.



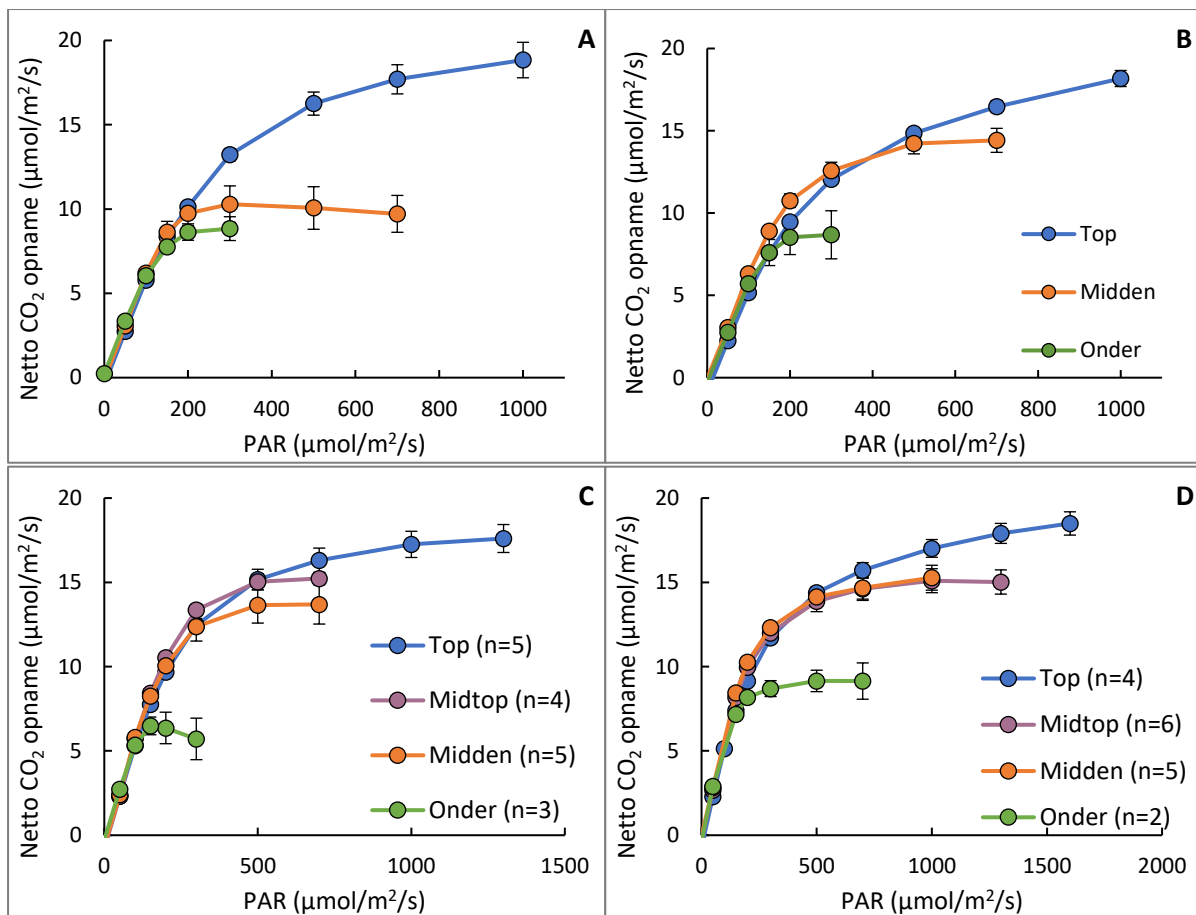
Figuur 36 Gemiddelde LAI gedurende de groei van cv. Santander bij plantdichtheid laag ($33/\text{m}^2$). Vanaf dag 44 is ook de LAI verdeeld over de top-, midden-, en onderste bladlaag weergegeven. De verdeling van de verticale lagen is gemeten vanaf de bodem. Op dag 44 overlappen de datapunten voor 30-60 en >60 elkaar.



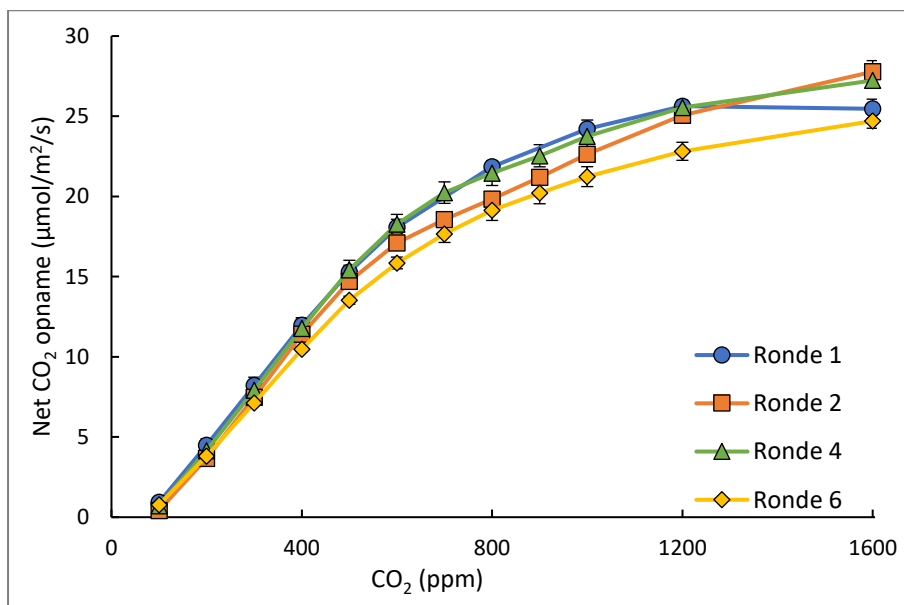
Figuur 37 Verloop van LAI van cv. Santander lage plantdichtheid, $33/\text{m}^2$ in trek 3. Via een sigmoïde curve door de meetpunten is het dagelijks verloop van de LAI geschat.

Fotosynthese en assimilatenproductie

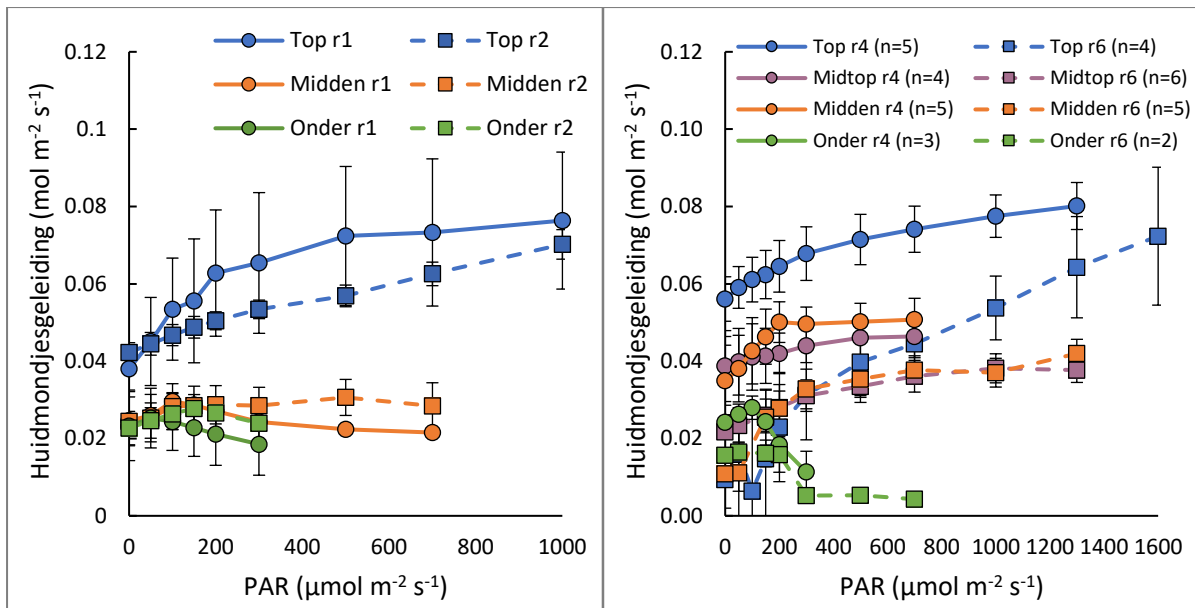
De lichtrespons van de fotosynthese is gemeten op drie verschillende bladlagen in trek 1, 2, 4 en 6 voor cv. Santander. Deze metingen waren in oktober en november 2022, en in februari en mei 2023. De fotosynthesecapaciteit was het hoogst bij de bladeren van de bovenste gewaslaag en het laagst bij bladeren van de onderste gewaslaag. De resultaten van de verschillende trekken waren vergelijkbaar. De fotosynthese-capaciteit nam, tegen verwachting, niet toe als gevolg van de hogere lichtintensiteiten in het voorjaar (trek 6). De huidmondjesgeleiding was relatief laag (vergeleken met bijvoorbeeld vruchtgroenten) waardoor de fotosynthese bij hogere meetlichtintensiteiten onderschat kan zijn.



Figuur 38 Lichtresponscurves met netto CO₂ opname van bladeren op drie of vier gewashoogtes van Santander: 15 oktober in trek 1 (A), 14 november in trek 2 (B), 16 februari in trek 4 (C) en 3 mei in trek 6 (D) (Trek 1&2 n=4, trek 4&6 zie legenda; error bars tonen de SEM).



Figuur 39 CO₂ responscurves gemeten bij 1000 μmol/m²/s PAR met netto CO₂ opname van topbladeren Santander in de lage plantdichtheid in trek 1, 2, 4 en 6 (n=5 voor trek 1 behalve bij 1600 ppm n=1; n=4 voor trek 2, 4 en 6; error bars tonen de SEM).



Figuur 40 Huidmondjesgeleiding voor waterdamp (mol m⁻² s⁻¹) tijdens de lichtresponsmetingen van cv. Santander op verschillende gewaslagen, Links trek 1, (gevuld) en trek 2 (gestreept), rechts trek 4 (gevuld) en trek 6 (gestreept) (n = 4 trek 1&2, trek 4&6 zie legenda, error bars tonen de SEM). Alle gemeten waarden zijn laag als dit vergeleken wordt met bijvoorbeeld tomaat.

II Lichtverdeling in de kas

afdeling 1						afdeling 2					
kist nummer	pad 1	pad 2	pad 3	pad 4	pad 5	pad 1	pad 2	pad 3	pad 4	pad 5	
36	144	143	143	138	128	127	137	139	138	121	
35	148	150	152	149	138	137	146	154	149	140	
34	151	159	157	153	145	144	152	159	156	148	
33	150	159	160	154	146	145	156	163	160	147	
32	150	159	162	155	146	148	159	164	161	156	
31	147	159	163	155	146	150	159	164	161	156	
30	148	157	162	155	147	150	159	163	159	155	
29	146	154	161	153	147	149	157	161	156	152	
28	145	156	158	153	146	146	156	158	154	152	
27	144	156	158	153	146	146	155	159	154	151	
26	144	156	159	152	145	146	155	158	152	150	
25	142	156	158	151	143	146	154	157	151	149	
24	143	154	156	151	145	146	154	157	150	151	
23	144	153	158	151	146	145	154	156	149	149	
22	143	153	157	152	146	144	152	156	146	149	
21	143	153	149	152	145	145	152	154	146	148	
20	143	153	155	153	146	142	151	154	145	148	
19	143	153	153	153	145	144	151	154	144	150	
18	143	153	156	153	145	145	151	154	144	149	
17	143	152	156	153	146	146	151	154	146	150	
16	143	153	157	152	146	144	151	153	146	148	
15	144	153	157	153	146	144	151	152	145	148	
14	144	153	155	153	147	145	150	155	146	149	
13	145	154	159	153	146	146	151	156	146	149	
12	144	155	159	153	148	146	153	152	146	149	
11	144	155	159	153	149	146	153	149	146	149	
10	144	156	159	154	149	148	154	157	146	149	
9	146	156	159	153	149	148	153	157	148	151	
8	147	156	159	153	148	148	154	157	147	149	
7	147	156	159	153	148	149	154	157	147	151	
6	148	156	159	151	146	149	154	157	146	149	
5	147	156	157	149	146	147	153	156	146	149	
4	146	153	155	144	142	144	151	154	145	151	
3	144	150	151	141	138	142	149	151	146	149	
2	140	146	147	136	134	139	145	149	144	148	
1	139	146	146	133	130	135	141	143	139	145	

Figuur 41 Lichtverdeling in $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR De zwarte lijn geeft aan waar de meetkisten staan. In afdeling 1 vonden trek 1,3 en 5 plaats, in afdeling 2 trek 2,4, en 6.

III Voedingsschema en nutriëntenanalyse

Tabel 12 Voedingsschema

mmol/L											μmol/L						
EC	NH4	K	Na	CA	Mg	NO3	Cl	SO4	P	HCO3	Si	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
1.5	1.1	2.2	-	2.2	1.1	6.9		1.2	0.5	-	-	25.0	7.5	1.8	3.3	1.0	0.8

In trek 5 is bij een aantal bloemtakken bladverbranding geconstateerd bij Santander. Daarom zijn nutriëntenanalyses gedaan van het blad, de bol en het substraat van planten met en zonder bladverbranding. Hieruit bleek dat takken met gezond ogend blad meer calcium en natrium in het blad hadden en minder calcium en natrium in de bol, dan planten met bladvlekken. Dit is een opvallend resultaat.

Tabel 13 Nutriëntenanalyse van bol en blad bij aangetaste en gezonde planten

	% ds	mol/kg ds												μmol/kg ds	
	ds	K	Na	Ca	Mg	N _{tot}	SO ₄	P _{tot}	Fe	Mn	Zn	B	Mo	Cu	
Bollen gezond	23.5	440	13.1	22.1	30.2	1004	27	50	0.4	0.17	0.19	0.7	<10	113	
Bollen aangetast	26.2	311	36.7	51.2	43.5	769	25	24	0.5	0.15	0.09	0.6	<10	66.7	
Blad gezond	14.3	785	125	380	191	2626	100	88	1.8	0.58	0.61	1.6	<10	123	
Blad aangetast	15.6	822	74.5	227	145	2664	87	101	1.2	0.54	0.63	1.2	<10	139	

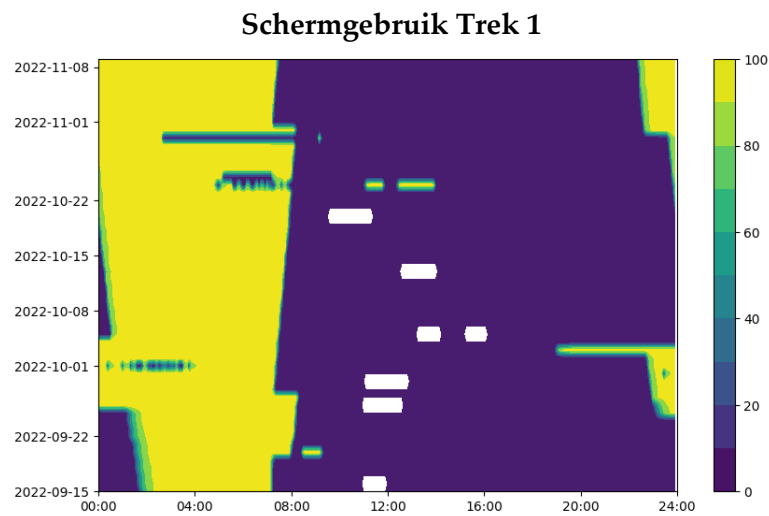
Tabel 14 Nutriëntenanalyse van teeltsubstraat bij aangetaste en gezonde planten.

	mmol/L											μmol/L						
	NH4	K	Na	Ca	Mg	Si	NO3	Cl	SO4	HCO3	PO4	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo	
Gezond	<0.1	2.7	2.5	2.7	2	0.2	4	2.3	3.9	0.3	0.45	6.2	1.9	2	11.7	0.2	0.2	
Aangetast	<0.1	2.8	2.3	2.6	1.9	0.2	4.1	2.1	3.8	0.3	0.43	7	2.5	2.6	10.9	0.2	0.2	

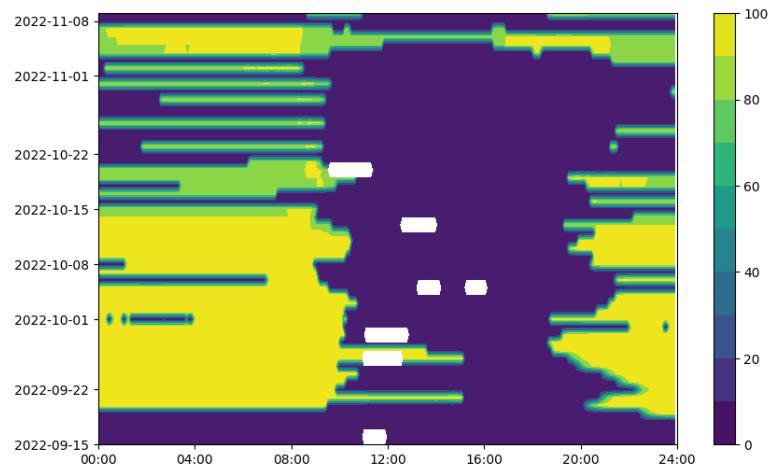


Figuur 42 Bladverbranding bij cv. Santander

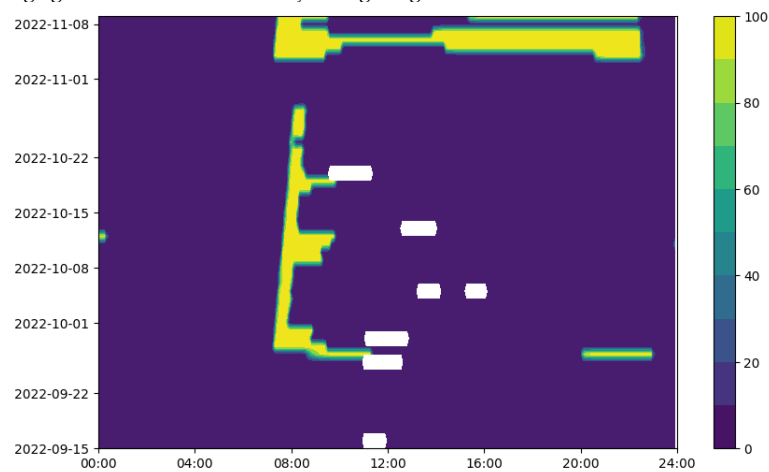
IV Schermgebruik



Figuur 43. Grafische weergave gebruik van het verduisterscherm in trek 1. Op de linkeras de datum, x-as de tijd, rechteras de schermstand in percentage gesloten. Witte vlekken zijn het gevolg van ontbrekende data.

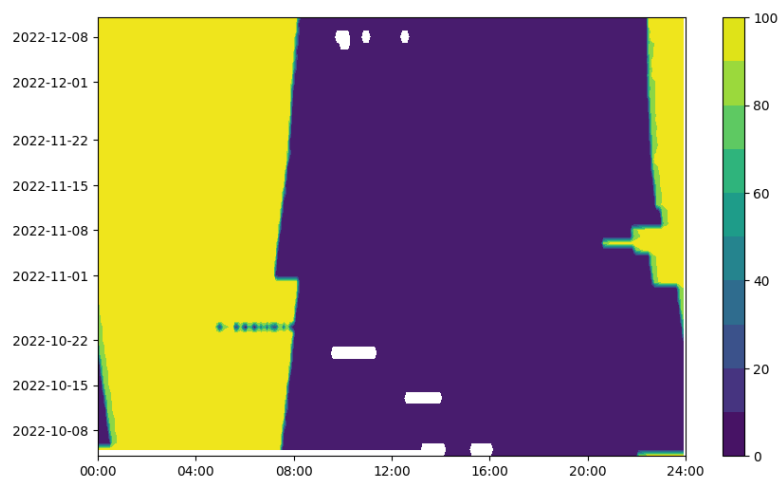


Figuur 44. Grafische weergave van het eerste energiescherm in trek 1. Op de linkeras de datum, x-as de tijd, rechteras de schermstand in percentage gesloten. Witte vlekken zijn het gevolg van ontbrekende data.

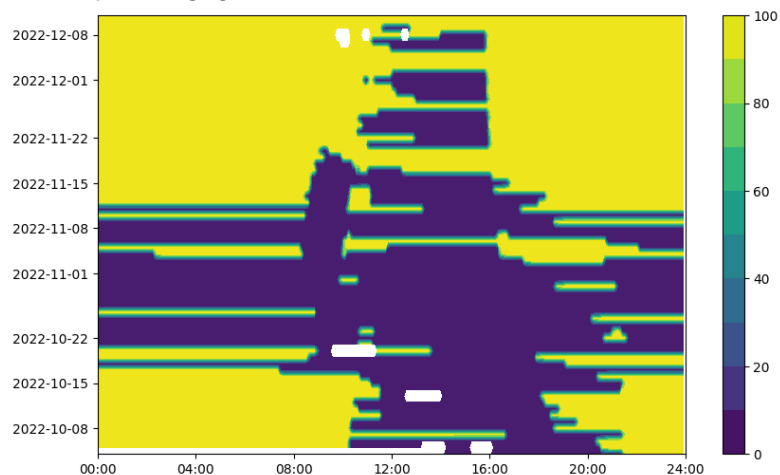


Figuur 45. Grafische weergave van het tweede energiescherm in trek 1. Op de linkeras de datum, x-as de tijd, rechteras de schermstand in percentage gesloten. Witte vlekken zijn het gevolg van ontbrekende data.

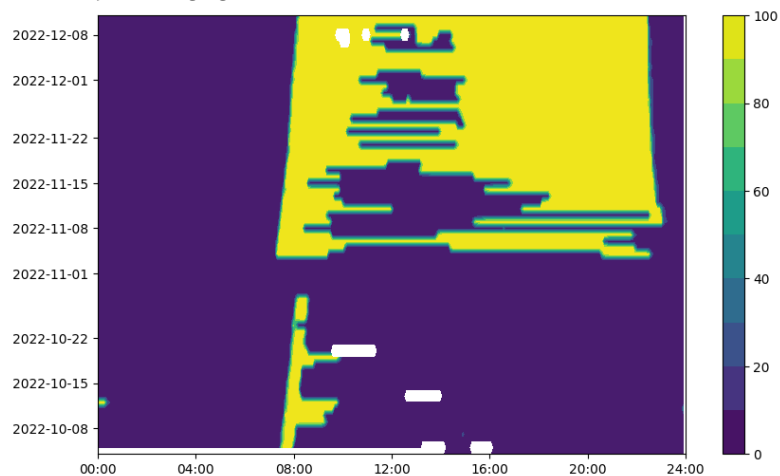
Schermgebruik Trek 2



Figuur 46. Grafische weergave gebruik van het verduisterscherf in trek 2. Op de linkeras de datum, x-as de tijd, rechteras de schermstand in percentage gesloten. Witte vlekken zijn het gevolg van ontbrekende data.

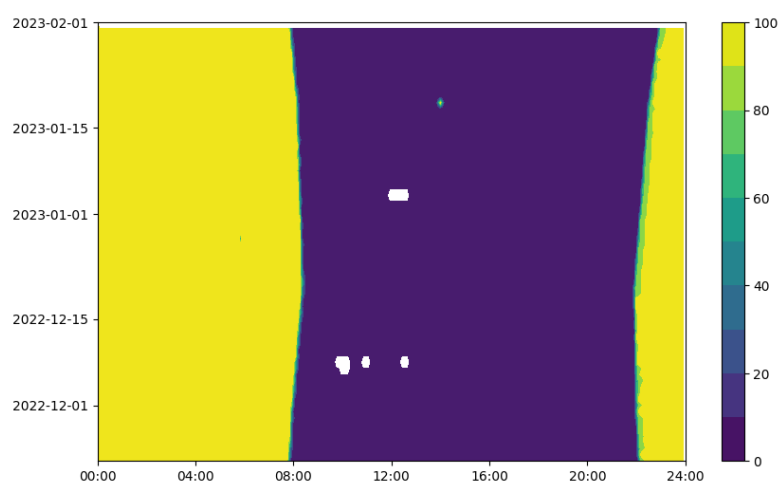


Figuur 47. Grafische weergave van het eerste energiescherf in trek 2. Op de linkeras de datum, x-as de tijd, rechteras de schermstand in percentage gesloten. Witte vlekken zijn het gevolg van ontbrekende data.

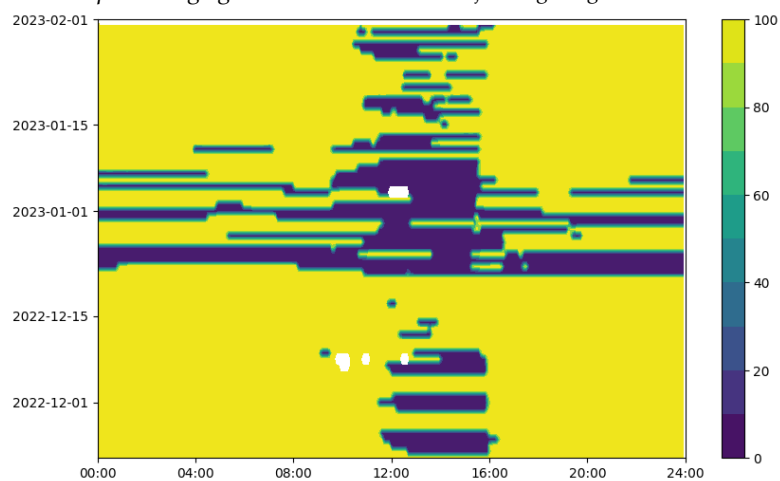


Figuur 48. Grafische weergave van het tweede energiescherf in trek 2. Op de linkeras de datum, x-as de tijd, rechteras de schermstand in percentage gesloten. Witte vlekken zijn het gevolg van ontbrekende data.

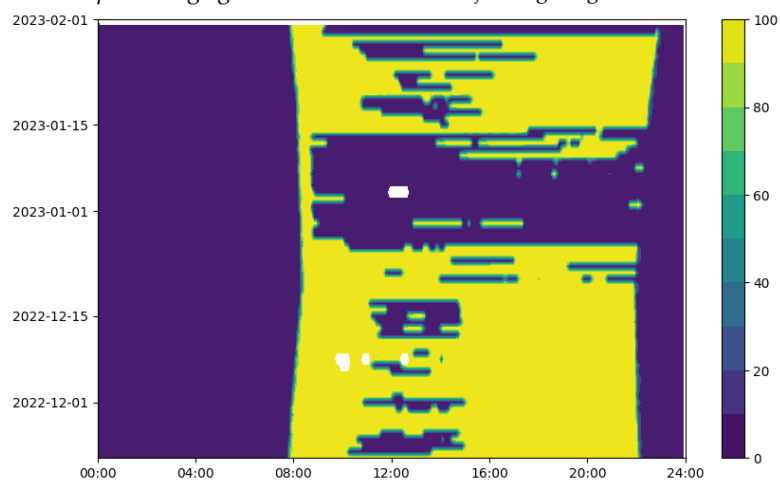
Schermgebruik Trek 3



Figuur 49. Grafische weergave gebruik van het verduisterscherf in trek 3. Op de linkeras de datum, x-as de tijd, rechteras de schermstand in percentage gesloten. Witte vlekken zijn het gevolg van ontbrekende data.

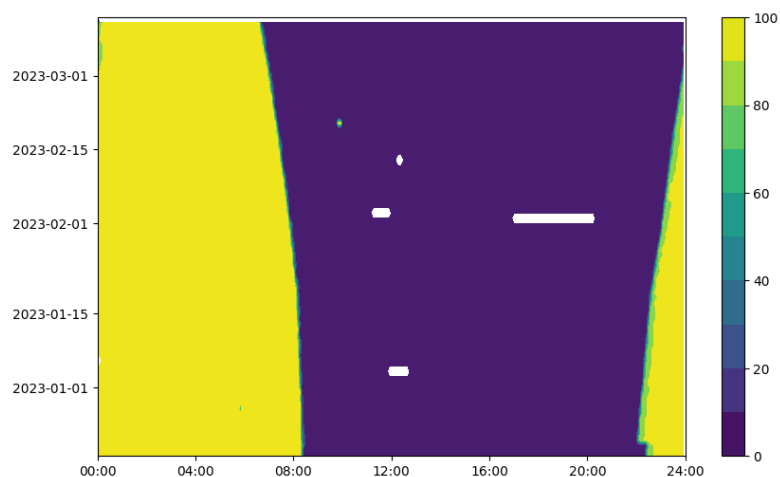


Figuur 50. Grafische weergave van het eerste energiescherf in trek 3. Op de linkeras de datum, x-as de tijd, rechteras de schermstand in percentage gesloten. Witte vlekken zijn het gevolg van ontbrekende data.

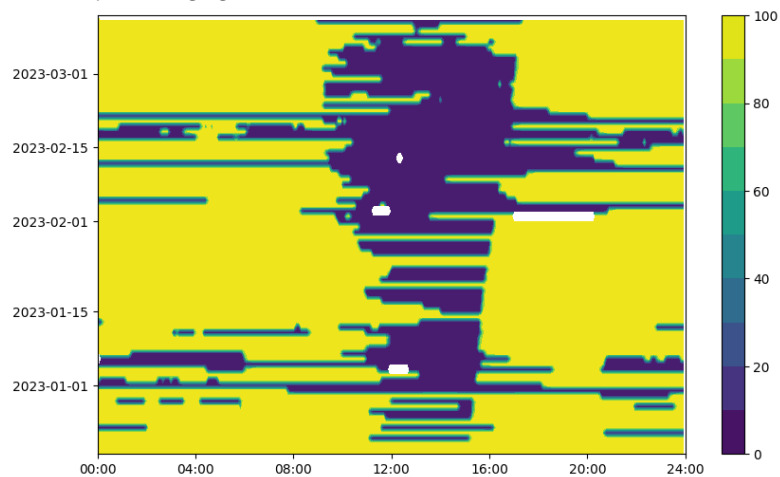


Figuur 51. Grafische weergave van het tweede energiescherf in trek 3. Op de linkeras de datum, x-as de tijd, rechteras de schermstand in percentage gesloten. Witte vlekken zijn het gevolg van ontbrekende data.

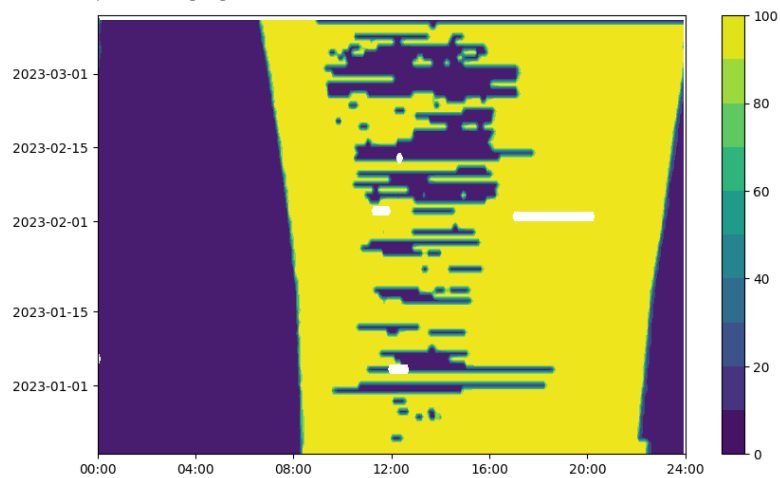
Schermgebruik Trek 4



Figuur 52. Grafische weergave gebruik van het verduisterscherf in trek 4. Op de linkeras de datum, x-as de tijd, rechteras de schermstand in percentage gesloten. Witte vlekken zijn het gevolg van ontbrekende data.

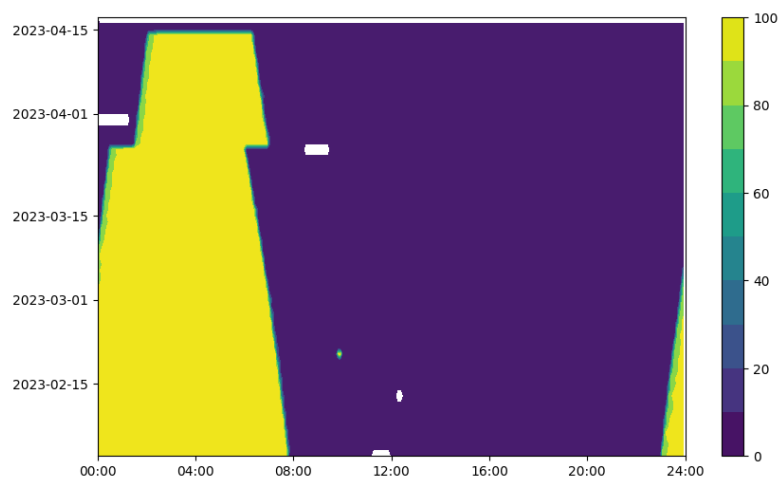


Figuur 53. Grafische weergave van het eerste energiescherf in trek 4. Op de linkeras de datum, x-as de tijd, rechteras de schermstand in percentage gesloten. Witte vlekken zijn het gevolg van ontbrekende data.

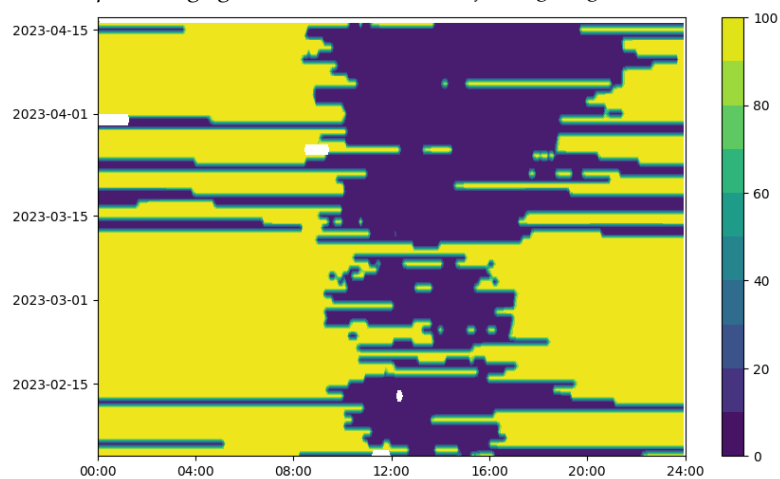


Figuur 54. Grafische weergave van het tweede energiescherf in trek 4. Op de linkeras de datum, x-as de tijd, rechteras de schermstand in percentage gesloten. Witte vlekken zijn het gevolg van ontbrekende data.

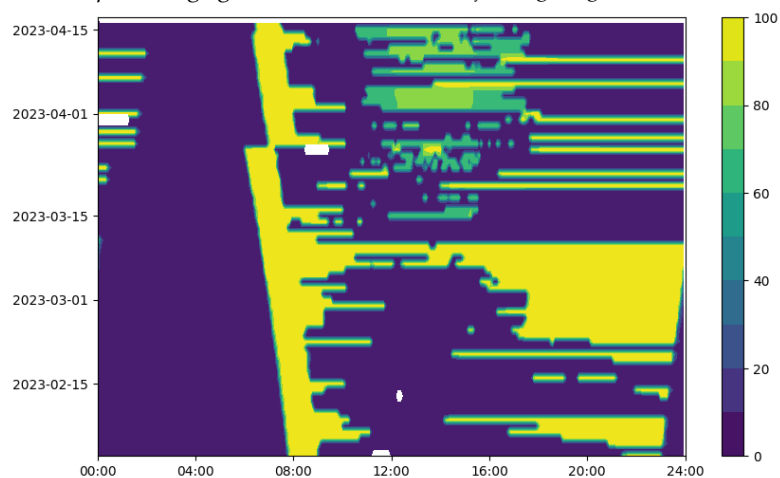
Schermgebruik Trek 5



Figuur 55. Grafische weergave gebruik van het verduisterscherf in trek 5. Op de linkeras de datum, x-as de tijd, rechteras de schermstand in percentage gesloten. Witte vlekken zijn het gevolg van ontbrekende data.

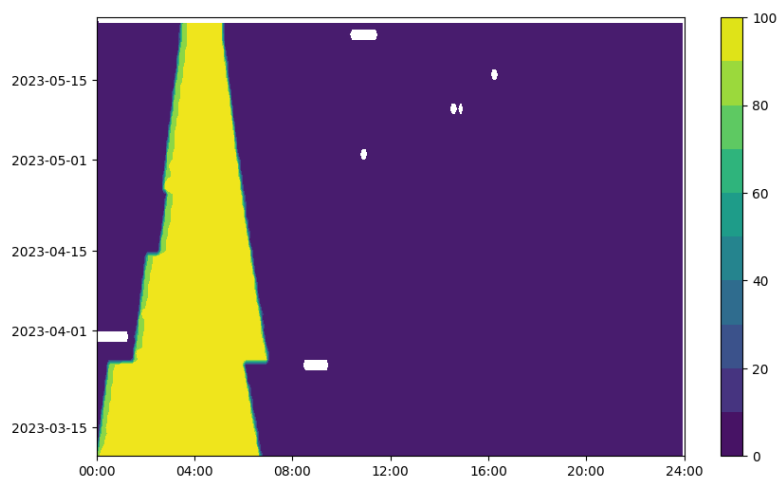


Figuur 56. Grafische weergave van het eerste energiescherf in trek 5. Op de linkeras de datum, x-as de tijd, rechteras de schermstand in percentage gesloten. Witte vlekken zijn het gevolg van ontbrekende data.

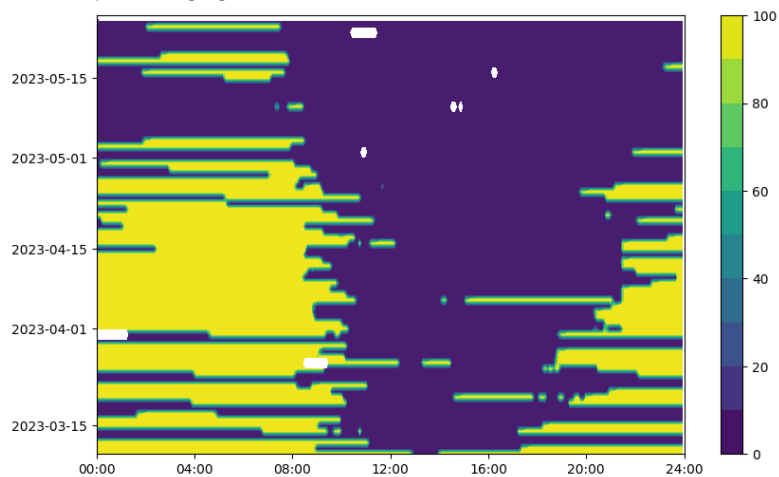


Figuur 57. Grafische weergave van het tweede energiescherf in trek 5. Op de linkeras de datum, x-as de tijd, rechteras de schermstand in percentage gesloten. Witte vlekken zijn het gevolg van ontbrekende data.

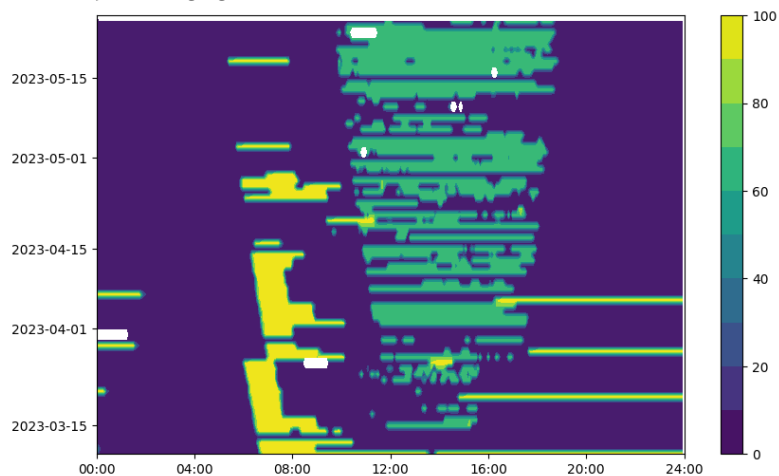
Schermgebruik Trek 6



Figuur 58. Grafische weergave gebruik van het verduisterscherf in trek 6. Op de linkeras de datum, x-as de tijd, rechteras de schermstand in percentage gesloten. Witte vlekken zijn het gevolg van ontbrekende data.



Figuur 59. Grafische weergave van het eerste energiescherf in trek 6. Op de linkeras de datum, x-as de tijd, rechteras de schermstand in percentage gesloten. Witte vlekken zijn het gevolg van ontbrekende data.



Figuur 60. Grafische weergave van het tweede energiescherf in trek 6. Op de linkeras de datum, x-as de tijd, rechteras de schermstand in percentage gesloten. Witte vlekken zijn het gevolg van ontbrekende data.

V Details vaasleven

Tabel 15 Vaasleven is weergegeven in aantal dagen. Daarnaast is per reden van afschrijving het aantal takken weergegeven. N=15

Brindisi

Behandeling			Bollen p/kist	Vaasleven [dagen]	steel knik [#]	uitbloei [#]	geel blad [#]	bladvlekken [#]	slap blad [#]
Trek 1	PD Laag	12		12.7		13	2		
	PD Hoog	14		13.1		12	2		
Trek 2	PD Laag	12		8.8			15		
	PD Hoog	14		8.4			15		
Trek 3	PD Laag	12							
	PD Hoog	14							
Trek 4	PD Laag	12		9.3		7	8		
	PD Hoog	14		10.1		10	5		
Trek 5	PD Laag	12		9.8		3	12		
	PD Hoog	14		8.7	1	2	12		
Trek 6	PD Laag	12		13.3		11	4		
	PD Hoog	14		12.9		11	4		

Santander

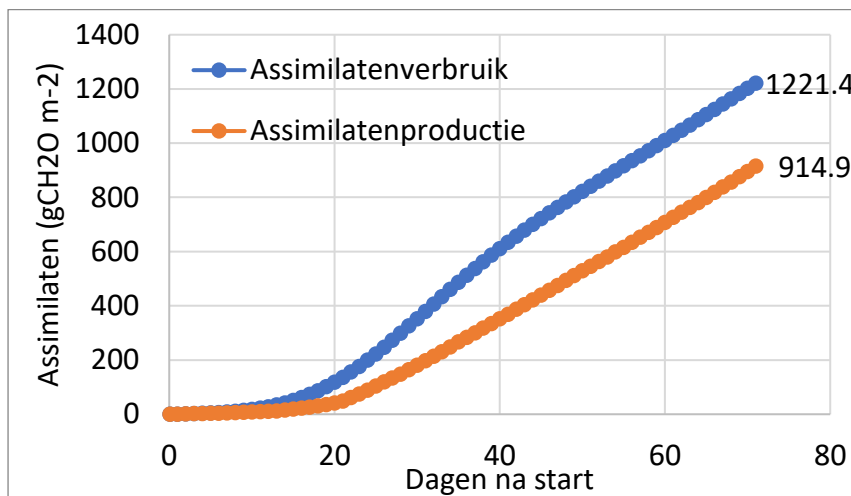
Behandeling			Bollen p/kist	Vaasleven [dagen]	steel knik [#]	uitbloei [#]	geel blad [#]	bladvlekken [#]	slap blad [#]
Trek 1	PD Laag	8		15.9	2	13			
	PD Hoog	10		13.3	4	11			
Trek 2	PD Laag	8		12.7	3	8	3	1	
	PD Hoog	10		11.2	8	6	1		
Trek 3	PD Laag	8		12.8	4	9	2		
	PD Hoog	10		8.7	5	3	7		
Trek 4	PD Laag	8		13.6	3	6	3	3	
	PD Hoog	10		10.3	9	2	4		
Trek 5	PD Laag	8		10.5	6	9			
	PD Hoog	10		10.7	5	9	1		
Trek 6	PD Laag	8		11.3	5	10			
	PD Hoog	10		13.9	2	13			

Tabel 15 vervolg Vaasleven is weergegeven in aantal dagen. Daarnaast is per reden van afschrijving het aantal takken weergegeven. N=15

Tabledance								
Behandeling		Bollen p/kist	Vaasleven [dagen]	steel knik [#]	uitbloei [#]	geel blad [#]	bladvlekken [#]	slap blad [#]
Trek 1	PD Laag	8	8.3	10	2	3		
	PD Hoog	10	5.4	12	2	1		
Trek 2	PD Laag	8	4.1	11		4		
	PD Hoog	10	2.9	8	1	6		
Trek 3	PD Laag	8	4.9	9	1	5		
	PD Hoog	10	5.9	14				1
Trek 4	PD Laag	8	6.7	6	1	8		
	PD Hoog	10	6.7	6	3	6		
Trek 5	PD Laag	8	3.7	11		3	1	
	PD Hoog	10	1.9	13	1	1		
Trek 6	PD Laag	8	8.2	4	3	8		
	PD Hoog	10	7.5	3	3	9		
Zambesi								
Behandeling		Bollen p/kist	Vaasleven [dagen]	steel knik [#]	uitbloei [#]	geel blad [#]	bladvlekken [#]	slap blad [#]
Trek 1	PD Laag	8	12.1	5	7	3		
	PD Hoog	10	13.3	5	10			
Trek 2	PD Laag	8	10.5	6	2	7		
	PD Hoog	10	10.0	7	1	7		
Trek 3	PD Laag	8	4.2	13	1	1		
	PD Hoog	10	6.1	10	1	4		
Trek 4	PD Laag	8	6.5	12	2	1		
	PD Hoog	10	9.0	7	7	1		
Trek 5	PD Laag	8	6.9	10	3	2		
	PD Hoog	10	5.1	13	2			
Trek 6	PD Laag	8	11.7	2	12	1		
	PD Hoog	10	6.4	12	1	1		

VI Schatting assimilaten bol

Berekening daling bol drooggewicht op basis van Hogewoning et al., 2016.



Cumulatief verschil tussen assimilatenverbruik en -productie is 306.5 g CH₂O/m²

	Hogewoning et al. (2016)	Huidige proef
Bol versgewicht start (g)	63.8	76.9
Drooggewicht percentage bol start (%)	30.4	
Bol drooggewicht start	19.4	23.4
Bol drooggewicht daling (%)	69	
Bol drooggewicht daling (g)	13.4	16.13
Bol drooggewicht daling/m ² (g)		532

Op basis van dezelfde verhouding als in Hogewoning et al. (2016) daalde het bolgewicht per m² mogelijk met 532 g/m² drooggewicht gedurende de eerste 6 weken van de trek. Groene vlakken in de tabel zijn berekeningen op basis van kengetallen uit Hogewoning et al. (2016).

VII Foto's



Figuur 61 Brindisi trek 1, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 62 Brindisi trek 2, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 63 Brindisi trek 3, bij deze trek waren er problemen met de kwaliteit vanwege een (vermoedelijke) penicilium-aantasting in de bollen.



Figuur 64 Brindisi trek 4, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 65 Brindisi trek 5, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 66 Brindisi trek 6, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 67 Blad, Brindisi trek 1 links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 68 Blad, Brindisi trek 2 links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid

Brindisi trek 3 ontbreekt, kwaliteit was slecht vanwege *Penicillium* aantasting.



Figuur 69 Blad, Brindisi trek 4 links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 70 Blad, Brindisi trek 5 links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 71 Blad, Brindisi trek 6 links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 72 Santander trek 1 links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 73 Santander trek 2 links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 74 Santander trek 3, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 75 Santander trek 4, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 76 Santander trek 5, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 77 Santander trek 6, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 78 Blad Santander trek 1, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 79 Blad Santander trek 2, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 80 Blad Santander trek 3, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 81 Blad Santander trek 4, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 82 Blad Santander trek 5, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 83 Blad Santander trek 6, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 84 Tabledance trek 1, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 85 Tabledance trek 2 links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 86 Tabledance trek 3 links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 87 Tabledance trek 4 links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 88 Tabledance trek 5 links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 89 Tabledance trek 6 links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 90 Blad Tabledance trek 1, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 91 Blad Tabledance trek 2, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



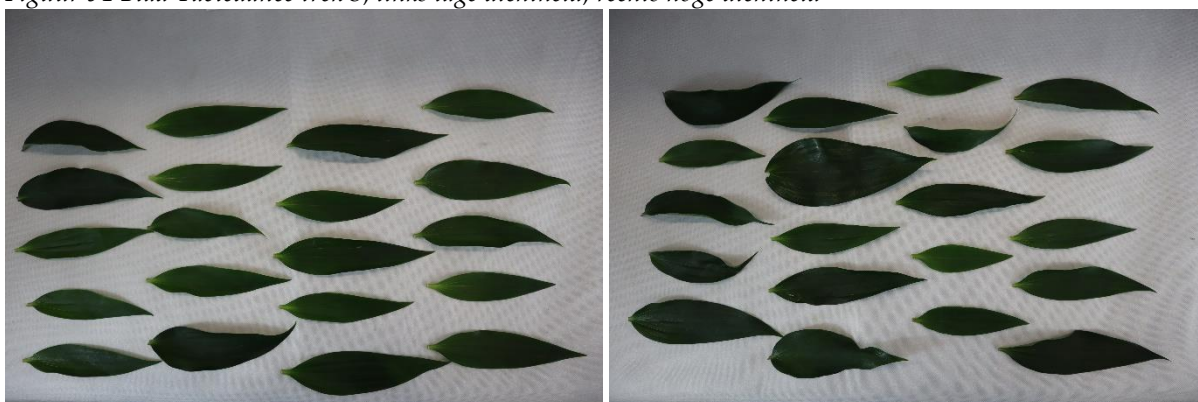
Figuur 92 Blad Tabledance trek 3, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 93 Blad Tabledance trek 4, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 94 Blad Tabledance trek 5, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 95 Blad Tabledance trek 6, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 96 Zambesi trek 1, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 97 Zambesi trek 2, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 98 Zambesi trek 3, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 99 Zambesi trek 4, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 100 Zambesi trek 5, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 101 Zambesi trek 6, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 102 Blad Zambesi trek 1, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 103 Blad Zambesi trek 2, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



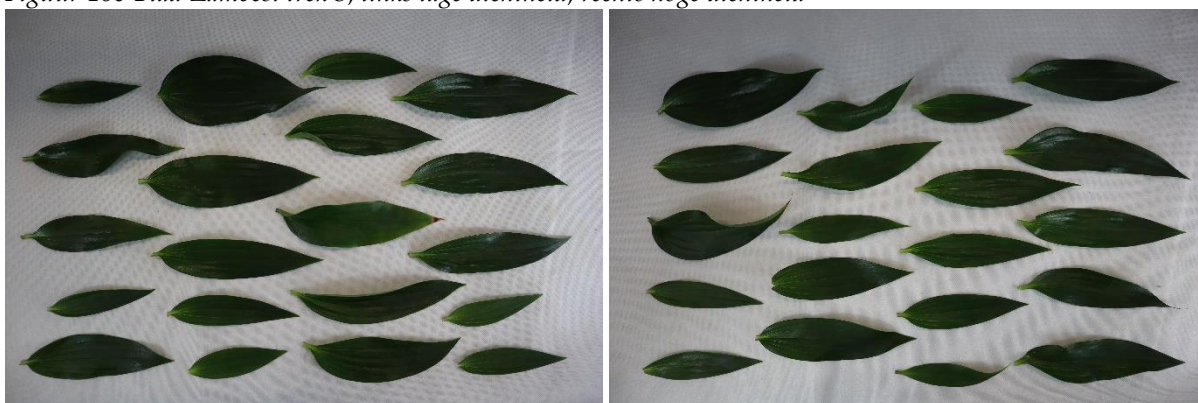
Figuur 104 Blad Zambesi trek 3, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 105 Blad Zambesi trek 4, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 106 Blad Zambesi trek 5, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid



Figuur 107 Blad Zambesi trek 6, links lage dichtheid, rechts hoge dichtheid