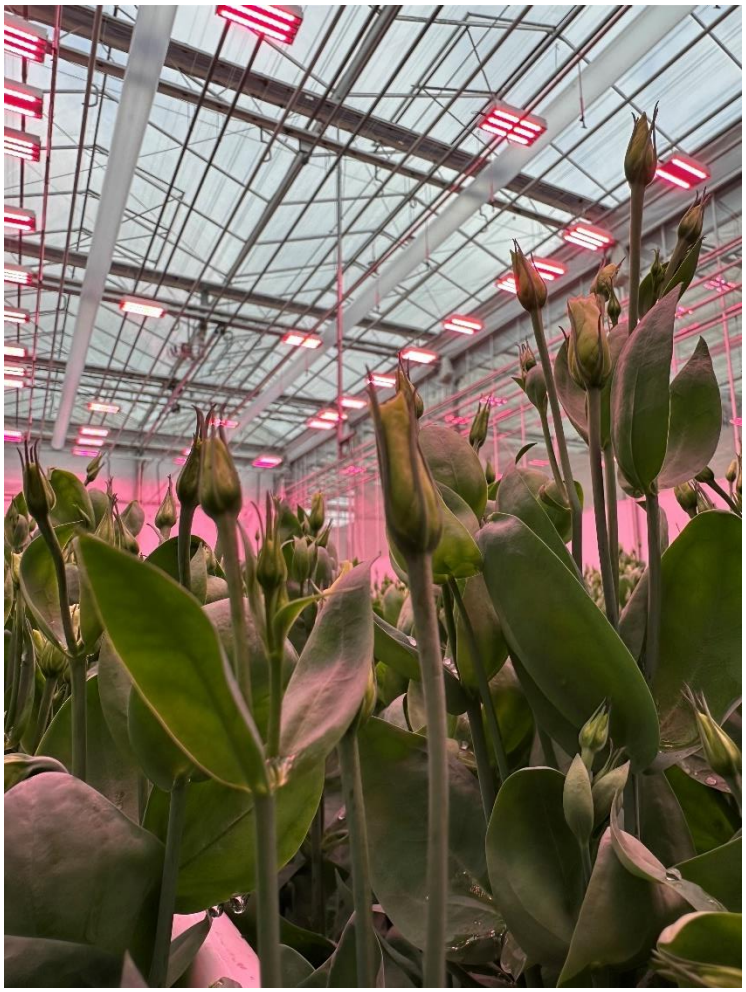
Lisianthus toekomstbestendig stap twee: minder elektra, warmte en CO_2



Februari 2025

S.A.J. van den Boogaart, M.W. Bongers, S.W. Hogewoning en L.W.M. Nooren

Lisianthus toekomstbestendig stap twee: minder elektra, warmte en CO_2

Februari 2025

S.A.J. van den Boogaart[1], M.W. Bongers[1], S.W. Hogewoning[1] en L.W.M. Nooren[2]

[1]Plant Lighting B.V.
Doordraai 1
3981 PE Bunnik
info@plantlighting.nl
www.plantlighting.nl

[2]Delphy Improvement Centre B.V.
Violierenweg 3
2665 MV Bleiswijk

REFERENTIE

S.A.J. van den Boogaart, M.W. Bongers, S.W. Hogewoning en L.W.M. Nooren. 2025. Lisianthus toekomstbestendig stap twee: minder elektra, warmte en CO_2. Plant Lighting B.V., Bunnik. 63p.

Projectnummer: 23005

© 2025 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 medegefinancierd door de gewascoöperatie Lisianthus, Takii, Sakata, Florensis, Van Egmond Lisianthus, Ludvig Svensson en Signify. 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 5

DANKWOORD 6

1 INTRODUCTIE 7
1.1 Doelen per proefteelt 9

2 MATERIAAL EN METHODEN 10
2.1 Plantmateriaal en algemene proefopzet 10
2.2 Kasuitrusting 11
2.3 Belichting 11
2.4 Metingen 12

3 RESULTATEN KLIMAAT EN ENERGIEGEBRUIK 15
3.1 Buitenomstandigheden 15
3.2 Kasklimaat per proefteelt 16
3.3 Lichtcondities 18
3.4 Temperaturen 20
3.5 Relatieve luchtvochtigheid, schermstanden en CO_2 22
3.6 Irrigatie 25
3.7 Effectiviteit ontvochtiger 27
3.8 Energie-input 28

4 RESULTATEN OOGST 31

5 RESULTATEN ENERGIEBALANS 35

6 RESULTATEN ASSIMILATIEMODEL 39
6.1 Kortere teeltduur 39
6.2 Effect van CO_2-concentratie 40
6.3 Effect van hogere lichtintensiteit en lichtrespons 42
6.4 Gewenste lichtsom in een zomerteelt 42

7 ALGEMENE DISCUSSIE EN CONCLUSIE 43

REFERENTIES 46

BIJLAGE I | LICHTVERDELING 47

BIJLAGE II | TESTPROCEDURE HOUDBAARHEIDSPROEVEN 49

BIJLAGE III | VOEDINGSSCHEMA & GRONDMONSTERS 50

BIJLAGE III | ENERGIE-INPUT 51

BIJLAGE IV | TIJDLIJNEN PROEFTEELTEN 54

BIJLAGE V | LINE-UP FOTO'S 56

Samenvatting

Lisianthus is een hoogproductieve en intensieve teelt. Er wordt zeer veel belicht, de teelt heeft een hoge warmtebehoefte en na iedere teelt wordt de grond gestoomd. Daartegenover staat wel een hoge productie van 500-600 stelen per m² per jaar. Toch valt er nog veel te behalen qua verduurzaming. Het hoofddoel van dit onderzoek is dan ook om energiebesparings-methodes te toetsen voor de lisianthusteelt. Van augustus 2023 tot juli 2024 zijn onder leiding van Plant Lighting vijf proefteelten uitgevoerd in het Improvement Centre. Iedere proefteelt bouwde voort op de vorige, met steeds nieuwe energiebesparingsmethodes:

- **Proefteelt 1** (nazomer) full-LED belichting (praktijkstrategie) en actieve ontvochtiging.
- **Proefteelt 2** (winter 1) geoptimaliseerde belichtingsstrategie (direct 20 h/d belichten, verrood overdag enkel de eerste weken van de teelt en verrood End of Day).
- **Proefteelt 3** (winter 2) irrigatie via druppelleidingen en geen minimumbuisverwarming.
- **Proefteelt 4** (voorjaar) handhaven van een lager vochtdeficit.
- **Proefteelt 5** (zomer) sturen op een gelijke assimilatensom als in de winter.

De resultaten tonen aan dat lisianthus met aanzienlijk minder energie kan worden geteeld door middel van het toepassen van full-LED belichting in combinatie met verrood, actieve ontvochtiging, onderlangs water geven en optimalisatie van de lichtsom in de zomer. Conclusies uit deze studie zijn:

- Full-LED belichting in combinatie met direct 20 h/d belichten kan de teeltsnelheid verhogen en vergt minder buisvraag in de onbelichte nacht, zonder dat zich problemen voordeden met de productie of kwaliteit van de takken.
- Verrood licht kan gericht worden ingezet om bloeivertraging te voorkomen en gewasstrekking te optimaliseren, waardoor het gebruik van het groeihormoon Berelex verminderd of zelfs uitgesloten kan worden.
- Geen minimumbuis hanteren heeft niet geleid tot minder goed aanslaan, een tragere ontwikkeling van het gewas of meer ziektedruk. Waarbij opgemerkt dat de onderbuis in de winter meestal toch wel warm was door warmtevraag.
- Telen bij een lager vochtdeficit leek niet te resulteren in verslechterde ontwikkeling en of meer ziektedruk. Wel zijn er indicaties dat dit de mate en ernst van brandkoppen, en daarmee uitval, heeft verergerd.
- Vanaf de tweede of derde week van de teelt onderlangs water geven heeft niet geleid tot ongelijkheid in gewasontwikkeling. Met onderlangs water geven wordt voorkomen dat het gewas nog volledig nat wordt, waardoor op warmte bespaard wordt.
- In de zomer is een hogere lichtsom noodzakelijk om een vergelijkbare takkwaliteit als in de winter te behalen, voornamelijk als gevolg van een kortere teeltduur.

Deze resultaten vormen een solide basis voor de verduurzaming van de lisianthusteelt. Veel van de bovengenoemde conclusies kunnen direct in de praktijk worden geïmplementeerd. Voor verdere verduurzaming van de lisianthusteelt liggen er nog kansen bij het optimaliseren van telen bij een hoger vochtniveau om verder op warmte te besparen.

Dankwoord

Dit rapport geeft de resultaten weer van de kasproeven met lisianthus waarbij de doelstelling is om met minder energie-input succesvol te leren telen. Dit onderzoek valt onder het project "Lisianthus toekomstbestendig stap twee: minder elektra warmte en CO_2".

Dit project is ondersteund door het programma 'Kas als Energiebron', gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Glastuinbouw Nederland, en medegefinancierd door de gewascoöperatie Lisianthus, Takii, Sakata, Florensis, Van Egmond Lisianthus, Ludvig Svensson en Signify. De financiers en sponsoren worden bedankt voor hun bijdrage aan het project.

We willen een aantal personen nog met name hartelijk bedanken voor hun bijdrage in de BCO: Jasper van Diemen (Glastuinbouw Nederland) wordt bedankt voor het coördineren van de BCO's. De telers uit de gewascooperatie lisianthus bedanken we voor hun proefbezoeken en bijdragen aan de onderzoeksbesprekingen. Als laatste willen we de onderzoekscoördinatoren Marjolijn Valkenhoef, Dennis Medema en Robert Solleveld van het programma Kas als Energiebron bedanken voor hun steun bij de totstandkoming en uitvoering van dit project.

Februari 2025,

Sander Hogewoning

1 Introductie

Lisianthus is een hoogproductieve en intensieve teelt. Er wordt zeer intensief belicht met 400 µmol/m²/s gedurende tot 22 uur per dag. Ook de warmtebehoefte is hoog met een etmaaltemperatuur van 27-29°C. Na iedere teelt wordt de grond gestoomd wat een gasverbruik van 18 tot 30 m³/m² per jaar vraagt. Daarnaast worden groeihormonen gebruikt voor strekking aan het begin van de teelt en remming van bloemstelen aan het einde van de teelt. Daartegenover staat wel een productie van 500-600 stelen per m² per jaar. Vergeleken met andere snijbloemen (bijvoorbeeld ~150 tak lelie of ~300 tak chrysant per m² per jaar) is dat een erg hoge productie. Dus omgerekend per steel is het energiegebruik van deze teelt minder hoog dan dat het op het eerste gezicht lijkt. Desalniettemin valt er nog veel te behalen qua verduurzaming en de lisianthustelers, vermeerderaars en veredelaars investeren daar dan ook in.

De eerste belangrijke stap is eerder al gezet met belichting. In het door 'Kas als Energiebron' ondersteunde project 'Lisianthus toekomstbestendig stap één' is getoetst of lisianthus hybride (combinatie SON-T en LED) geteeld kan worden met de meeste branduren voor LED, of zelfs met full-LED (van den Boogaart *et al.*, 2022b). Uit die proeven blijkt dat met zowel hybride als ook met full-LED een goed gewas geteeld kan worden. Mits met het juiste spectrum wordt belicht voor voldoende stengelstrekking en om teeltvertraging te voorkomen. Full-LED halveert het elektragebruik nagenoeg, wat al een hele grote stap vooruit is. Er kan nog verder worden verduurzaamd op de volgende thema's:

Licht: Belichten met dimbare en spectraal stuurbare LED-belichting. Dit biedt de mogelijkheden om het juiste spectrum op het juiste moment aan te bieden. Door in het begin van de teelt tijdens de fotoperiode verrood aan te bieden kan teeltvertraging worden voorkomen, wat het gebruik van SON-t overbodig maakt (van den Boogaart *et al.*, 2022a & 2024). Door verrood aan het begin van de nacht aan te bieden kan meer strekking worden behaald, wellicht kan hiermee ook de behoefte aan groeihormoon Berelex worden gereduceerd (van den Boogaart en Hogewoning, 2024). Later in de teelt is het juist verstandig om de verrode LED's uit te schakelen. Deze voegen dan niets meer toe aan de teeltsnelheid en hierdoor strekken bloemstelen onder de knop ook minder, waardoor de behoefte aan groeiremmers zoals Alar aan het einde van de teelt wellicht minder wordt. Omdat gedurende de teelt de intensiteit belichting oploopt hoeft een LED-armatuur met slechts beperkt verrood te worden uitgerust, en kan in de eerste weken, wanneer verrood juist belangrijk is, wel met een hoog percentage verrood belicht worden. Dat beperkt ook de aanschafkosten voor het aandeel verrood. Daarnaast kan er meer gedimd worden op dagen waar al veel natuurlijk daglicht aanwezig is, zonder dat hiervoor ingeleverd hoeft te worden op takkwaliteit.

Warmte: Onder full-LED wordt minder lampwarmte in de kas gebracht dan met SON-t. Daartegenover verdampt het gewas ook minder, dus hoeft minder verdampingswarmte te worden afgevoerd. Het afvoeren van vocht vraagt nu nog veel energie en dat biedt grote kansen voor besparing. Uit scenarioanalyses van EcoCurves (Rappoldt *et al.*, 2022) blijkt dat

onder full-LED de warmtevraag sterk te reduceren valt, onder andere door een extra energiescherm, toelaten van een lager vochtdeficiet, en ontvochtiging met warmteterugwinning. Daarnaast is het tot op heden gebruikelijk in de lisianthusteelt om met behulp van een regenleiding van boven te gieten. Het gewas moet vervolgens snel drogen om kwaliteitsproblemen te voorkomen, waardoor veel verdampingswarmte in een korte tijdsspanne moet worden afgevoerd. Door met druppelslangen te gieten kan deze noodzaak tot afdrogen gereduceerd worden, waardoor de totale verdamping afneemt en dus warmte bespaard kan worden. Lisianthus kan mogelijk ook bij lagere temperaturen geteeld worden. Met andere genetica kan teeltvertraging bij lagere temperaturen worden voorkomen (van den Boogaart en Hogewoning, 2024).

CO_2: Bovengenoemde maatregelen voor licht en warmte reduceren indirect ook het CO_2-gebruik. Dit doordat de behoefte aan ventilatie lager wordt door de lagere warmte-inbreng en de gereduceerde verdamping met LED.

Substraat: Uiteindelijk zal lisianthus ook zonder stomen geteeld moeten kunnen, wat nu nog 18 tot 30 m^3 gas per m^2 per jaar kost. Door de teelt uit grond te halen, wordt stomen overbodig, kan de drain volledig kan worden gerecirculeerd, en kunnen (bodem)ziekten beter beheersbaar zijn. Overigens brengt stomen wel warmte in de kas, wat vooral in de winter nut heeft.

De bovenstaande verduurzamingsmogelijkheden worden niet direct in één keer toegepast in het onderzoek, in plaats daarvan wordt er gekozen voor een stap-voor-stap benadering. Lisianthus is een lastige teelt, dus de maatregelen om te verduurzamen moeten in een logische volgorde getoetst en gecombineerd worden. In dit onderzoek wordt gefocust op het optimaliseren van de belichting, bestaande uit het afstemmen van verrood behoefte en sturen op assimilatenbehoefte, en het reduceren van de warmte-input. Deze reductie van warmte-input wordt gerealiseerd door gebruik te maken van actieve ontvochtiging, door een hoger vochtniveau aan te houden, geen minimumbuis meer te hanteren, en door onderlangs te gieten.

1.1 Doelen per proefteelt

Er zijn in totaal vijf proefteelten uitgevoerd. Het hoofddoel van dit onderzoek is om energiebesparingsmethodes te toetsen voor de lisianthusteelt. Iedere proefteelt bouwt voort op de vorige proefteelt, en dus worden er aan iedere proefteelt steeds meer energiebesparingsmethodes toegevoegd. Dit resulteerde in de volgende strategie:

- Proefteelt 1 (week 33-42) nazomer
  - Full-LED belichting met belichtingsstrategie zoals in de praktijk wordt gehanteerd
  - Actieve ontvochtiging met warmteterugwinning
- Proefteelt 2 (week 43-52) winter (1)
  - Full-LED belichting met geoptimaliseerde belichtingsstrategie*
  - Actieve ontvochtiging met warmteterugwinning
- Proefteelt 3 (week 1-10) winter (2)
  - Full-LED belichting met geoptimaliseerde belichtingsstrategie*
  - Actieve ontvochtiging met warmteterugwinning
  - Watergift via druppelleiding
  - Geen minimumbuis hanteren
- Proefteelt 4 (week 11-20) voorjaar
  - Full-LED belichting met geoptimaliseerde belichtingsstrategie*
  - Actieve ontvochtiging met warmteterugwinning
  - Watergift via druppelleiding
  - Geen minimumbuis hanteren
  - Lager vochtdeficit aanhouden (4 g/m^3 i.p.v. 6 g/m^3)
- Proefteelt 5 (week 22-30) zomer
  - Full-LED belichting met geoptimaliseerde belichtingsstrategie*
  - Actieve ontvochtiging met warmteterugwinning
  - Watergift via druppelleiding
  - Geen minimumbuis hanteren
  - Lager vochtdeficit aanhouden (4 g/m^3 i.p.v. 6 g/m^3)
  - Sturen op een gelijke assimilatensom** als in de winter

*In deze belichtingstrategie wordt direct 20 h/d belicht, verrood overdag alleen aangezet in de periode dat het nodig is voor knopontwikkeling, en wordt verrood EoD in het begin van de teelt voor lengteontwikkeling ingezet. Zie waarom in van den Boogaart & Hogewoning 2024.

**In de zomer is meer licht nodig voor eenzelfde hoeveelheid assimilaten als in de winter. Dit heeft enkele oorzaken, namelijk: de efficiëntie van de assimilatenproductie neemt af naarmate de lichtintensiteit hoger wordt (door meer instraling) en/of de CO_2-concentratie lager wordt (door ventilatie), er is meer onderhoudsademhaling door de hogere temperatuur, en de teeltduur wordt korter waardoor er per dag meer assimilaten moeten worden aangeboden.

2 Materiaal en methoden

2.1 Plantmateriaal en algemene proefopzet

Het onderzoek vond onder leiding van Plant Lighting plaats bij Delphy Improvement Centre te Bleiswijk. Er zijn in totaal vijf proefteelten uitgevoerd tussen augustus 2023 en juli 2024. De proefteelten vonden plaats in een proefkas van 240 m² met netto 200 m² teeltoppervlakte (Figuur 1). De proefkas is voor aanvang van de experimenten voorbereid op de lisianthusteelt. Hiertoe is 50cm grond verwijderd, en vervangen door grond welke afkomstig is van een Santini chrysantenkwekerij. Op 50 cm diepte is hierbij ook opnieuw drainage aangelegd (Figuur 2). De proeven zijn uitgevoerd met in totaal zes cultivars, namelijk: Rosita 3 Pure White, Rosita 3 Pink Imp., Rosita 3 Blue, Corelli 3 Peach/2 Lavender, Alissa 2 Pure White en Alissa 2 Pink III. De planten werden aangeleverd door Florensis en Van Egmond Lisianthus.

Figuur 1. Indruk van de proefkas, foto is genomen tijdens de derde proefteelt. Op de foto zijn 6 teeltbedden te zien met ieder één cultivar. NB het verrood in de armaturen is op het moment van de foto uitgeschakeld. Op de voorgrond staat de LI-6800 fotosynthesemeetapparatuur van Plant Lighting.

Figuur 2. Indruk van de hoeveelheid afgegraven grond en de nieuw aangelegde drainage.

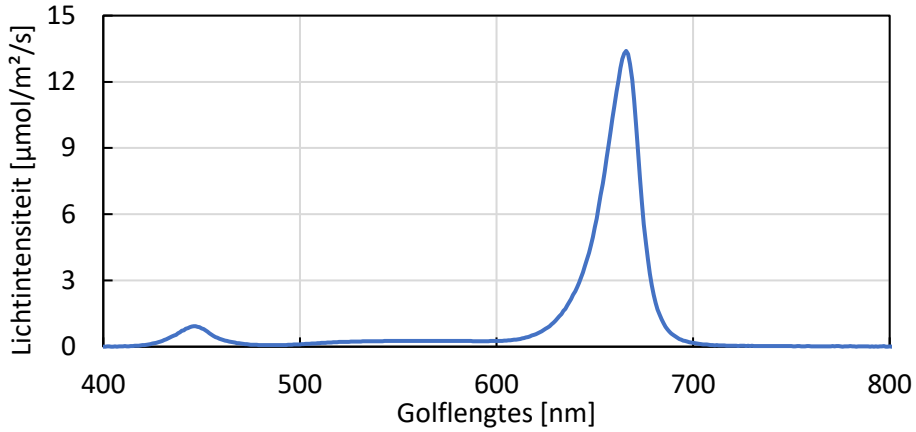
2.2 Kasuitrusting

Er zijn drie schermen van Ludvig Svensson geïnstalleerd op in totaal twee dradenbedden, een lichtuitstootscherm (Obscura 9950 FR W) en energiescherm (Luxous 1147 FR) op het bovenste dradenbed en op het onderste dradenbed eenzelfde energiescherm. Voor actieve ontvochtiging is gebruik gemaakt van twee installaties (Wim van Wijk Techniek), met ieder een ontvochtingscapaciteit van 200 L/d. Een van de installaties is voor aanvang van de tweede proefteelt (20 oktober 2023) verzwaard naar een capaciteit van 275 L/d, dit omdat de gewenste luchtvochtigheid niet behaald werd. Daarnaast is de kas uitgerust met groeibuis ter hoogte van het hijsbare gaas, waaraan weer druppelleidingen zijn gemonteerd. Per teeltbed waren er zeven druppelleidingen gemonteerd, resulterende in één druppelleiding per twee mazen. In proefteelt 1 en 2, en in de eerste weken van proefteelt 3, 4 en 5 is een regenleiding gebruikt voor het bewateren.

2.3 Belichting

De proefkas is uitgerust met full-LED belichting (TLF DRWLBFr & DRLWB, Signify), met deze installatie is het mogelijk om zowel PAR als verrood onafhankelijk van elkaar te dimmen. De lichtverdeling voor PAR en verrood waren homogeen verdeeld binnen de proefkas (Bijlage I | Lichtverdeling). Het spectrum voor het PAR had de verhouding 6/6/88 B/G/R (Figuur 3), de maximale behaalbare PAR intensiteit was 415 µmol/m²/s en 48 µmol/m²/s voor verrood. Afhankelijk van het teeltstadium werd de PAR intensiteit trapsgewijs verhoogd naar maximaal 400 µmol/m²/s. Wanneer verrood ingeschakeld stond gedurende de fotoperiode

was dit altijd op 20 µmol/m²/s, de verrood nabelichting (EoD Vr) bestond uit 5 µmol/m²/s verrood voor 30 minuten. De belichtingstijden zijn gedurende de proefteelten zo gerealiseerd dat de belichting pas na zon onder uitging, zodat het verder volledig donker was tijdens de EoD verrood. Op welke dag in de teelt verrood overdag of verrood nabelichting (EoD Vr) is uitgeschakeld staat weergegeven in Bijlage IV | Tijdlijnen proefteelten. Hoe de belichting is opgebouwd gedurende de teelt, belichtingsduur en intensiteit, staat weergegeven in hoofdstuk 3.



Figuur 3. Spectrale samenstelling van PAR belichting in de proefkas. De kleurverdeling binnen het PAR gedeelte (400-700 nm) is 6% blauw (400-500 nm), 6% groen (500-600 nm) en 88% rood (600-700 nm). Er werd ook verrood licht ingezet (niet in figuur te zien).

2.4 Metingen

2.4.1 Eindoogst

Bij het einde van iedere proefteelt is er uit een representatief veldje van één strekkende meter (10 mazen) aan 140 takken per cultivar gemeten. Voor twee cultivars welke in de teeltbedden tegen de gevel groeiden is ook 2.5 strekkende meter aan planten gepoot in de op één na buitenste bedden als zijnde representatief meetveldje. De bloemtakken werden geoogst wanneer deze drie of meer open bloemen hadden, per week waren er drie oogstmomenten. Wanneer er nog minder dan 10% van de bloeibare takken over waren is het hele veldje geoogst geweest, en dus ook op minder dan drie open bloemen geoogst. Takken met 1 of meer open bloemen zijn meegenomen in de gemiddeldes, de overige takken zijn geteld als uitval. Bij de eindoogst is het volgende aan de takken gemeten:

- Aantal open bloemen
- Aantal bloeibare bloemknoppen (knoppen groter dan de kelkbladeren)
- Takversgewicht
- Taklengte
- Takgewicht op 72 cm met 12 cm ontbladerd (veilinggewicht)
- Takdrooggewicht (subsample van 20 takken per cultivar)
- Line-up foto's van twee representatieve takken per cultivar
- Vaasleven (zie onder)

2.4.2 Vaasleven

In proefteelt 2 en 3 zijn vaasleventoetsen uitgevoerd door Royal FloraHolland aan Rosita 3 Pure White, Rosita 3 Pink Imp., Rosita 3 Blue en Alissa 2 Pure White. Hiervoor zijn 40 takken per cultivar, per proefteelt aangeleverd, voor 8 vazen met ieder 5 takken. De takken werden direct na oogst veilingklaar gemaakt en op een fust met water, met daarin voorbehandelingsmiddel (Florissant 520 en 830) gezet en vervolgens vervoerd naar Royal FloraHolland. De uitbloeiprocedure, zoals deze wordt uitgevoerd bij Royal FloraHolland, staat beschreven in Bijlage II | Testprocedure houdbaarheidsproeven. Eenmaal in de consumentenfase worden de bloemen driemaal per week beoordeeld. Hierbij is de VBN-afschrijvingskaart voor lisianthus als leidraad gebruikt. Het gerapporteerde vaasleven is dus het aantal dagen dat de tak heeft gestaan in de consumentenfase totdat deze is afgeschreven.

2.4.3 Energiebalans en berekende verdamping

Om inzicht te krijgen in het patroon van het verloop van de verdamping van de bovenste gewaslaag over de dag zijn metingen gedaan aan de energiebalans van het gewas. Hieruit kan de hoeveelheid verdamping berekend worden. Deze energiebalans bestaat uit de volgende aspecten (Voogt & 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 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 infrarood-bladtemperatuur-sensor. Luchttemperatuur, bladtemperatuur, PAR en netto straling zijn gemeten bij de kop van het gewas. Er is tijdens proefteelt 2 en 3 gemeten, de metingen zijn uitgevoerd bij Rosita 3 Pure White.

2.4.4 Assimilatiemodel

Het doel van de zomerteelt (proefteelt 5) was om te sturen op een gelijke assimilatensom als in de winter. Hiervoor is gebruik gemaakt van het assimilatiemodel van Plant Lighting, welke is geparametriseerd voor lisianthus in de winterperiode tijdens proefteelt 3. Deze data zijn vervolgens gecombineerd met praktijk klimaatgegevens (2021), om voor aanvang van proefteelt 5 al een inschatting te kunnen maken wat de extra lichtbehoefte in de zomer zou zijn. Ervan uitgaande dat in de zomer meer licht nodig is dan in de winter om eenzelfde assimilatensom te realiseren, vanwege de kortere teeltduur, lagere CO_2 concentraties in de kas en momenten met hoge intensiteiten daglicht (lichtverzadiging) in de zomer. Gedurende proefteelt 5 is vervolgens wekelijks bijgestuurd op basis van het gerealiseerde klimaat in de proefkas.

Voor het parametriseren van het assimilatiemodel zijn er fotosynthesemetingen met behulp van de LI-6400 en LI-6800 mobiele fotosyntheseapparaten (LI-COR Biosciences, USA) verricht. Hiermee zijn lichtresponscurves gemaakt van de netto CO_2-opname bij oplopende lichtintensiteit aan bladeren op verschillende gewaslagen. Daarnaast zijn er CO_2-responscurves gemeten van de netto CO_2-opname bij oplopende CO_2-niveaus aan bladeren bovenin het gewas. Alle meetgegevens zijn gebruikt voor de modelmatige berekeningen.

De assimilatenproductie is berekend door de lichtintensiteit in PAR te verdelen over 10 virtuele gewaslagen op basis van de zogenaamde Monsi-Saeki benadering (Monsi & Saeki, 2005). Hierbij wordt aangenomen dat het licht in het gewas exponentieel uitdooft volgens de formule PARn=PAR0*e^-k*LAI. Vervolgens is voor deze gewaslagen de bladfotosynthese berekend en gesommeerd naar dagsommen assimilaten. Voor de berekening is de volgende input gebruikt:

- Klimaat (5-minuten waarden PAR, CO_2, temperatuur, en RV).
- Regelmatige bepaling van de LAI en vervolgens interpolatie naar dagwaarden.
- Lichtverdeling in het gewas gerelateerd aan de LAI en het fitten van de lichtuitdoving.
- 3D-verdeling van fotosynthese-parameters (lichtrespons en CO_2-respons curves) door het gewas.

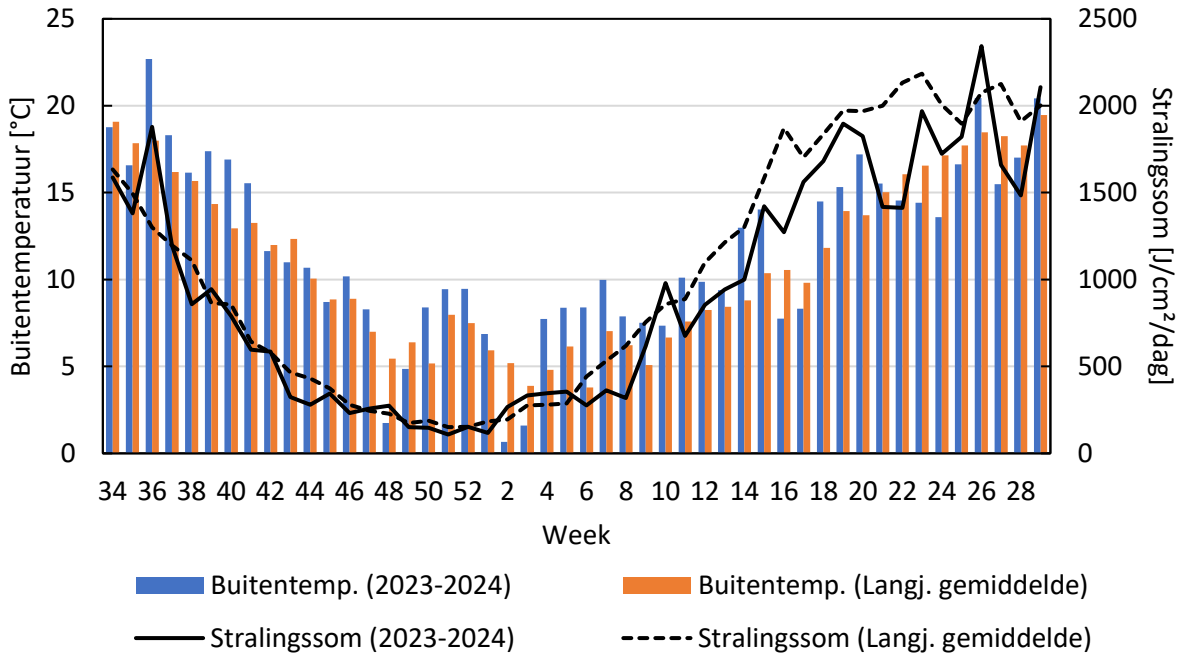
Voor de verificatie van het assimilatiemodel zijn er tijdens proefteelt 3 en 5 wekelijks metingen verricht om de gewasontwikkeling vast te leggen. Deze metingen zijn enkel aan de cultivar Rosita 3 Pure White verricht, omdat dit in de praktijk de meeste geteelde cultivar is. De metingen bestonden uit:

- Bladgewicht, vers en droog (n=10)
- Stengelgewicht, vers en droog (n=10)
- (Bloem)knopgewicht, vers en droog (n=10)
- Bladoppervlakte (n=10)
- Lichtonderschepping (n=4)

3 Resultaten klimaat en energiegebruik

3.1 Buitenomstandigheden

Het kasklimaat wordt aanzienlijk beïnvloed door externe factoren die een directe invloed hebben op de groei en ontwikkeling van het gewas. Gedurende de proef werden de buitenomstandigheden gemeten en vergeleken met het langjarig (10 jaar, Bleiswijk) gemiddelde (Figuur 4). In de eerste proefteelt lag de buitentemperatuur 1.6 °C hoger in vergelijking met het langjarig gemiddelde terwijl de gemiddelde stralingssom vergelijkbaar was. In de tweede proefteelt was de stralingssom ook vergelijkbaar met het langjarig gemiddelde en waren de temperatuurverschillen minimaal (< 1.0 °C). De derde en vierde proefteelt waren wat warmer (1.2 en 1.4 °C respectievelijk), maar ook donkerder (gemiddeld over de teelt 45 en 240 J/cm²/dag) dan het langjarige gemiddelde. Gedurende de vijfde proefteelt was het gemiddeld 227 J/cm²/dag donkerder dan het langjarige gemiddelde, en daarbij gemiddeld ook 1.1 °C kouder.



Figuur 4. Buitenomstandigheden gedurende de teeltperiode in vergelijking met het langjarige gemiddelde (10 jaar, Bleiswijk). Proefteelt 1 liep van week 34 2023 t/m week 42 2023, proefteelt 2 liep van week 43 2023 t/m week 51 2023, proefteelt 3 liep van week 1 2024 t/m week 10 2024, proefteelt 4 liep van week 11 2024 t/m week 19 2024 en proefteelt 5 liep van week 22 2024 t/m week 29 2024.

3.2 Kasklimaat per proefteelt

In dit hoofdstuk wordt naast het klimaat per gehele proefteelt ook het klimaat in teeltweek 5 en 6 of teeltweek 5 tot en met einde proef gerapporteerd, dit omdat de pas vanaf teeltweek 5 de PAR belichting op het hoogste niveau staat.

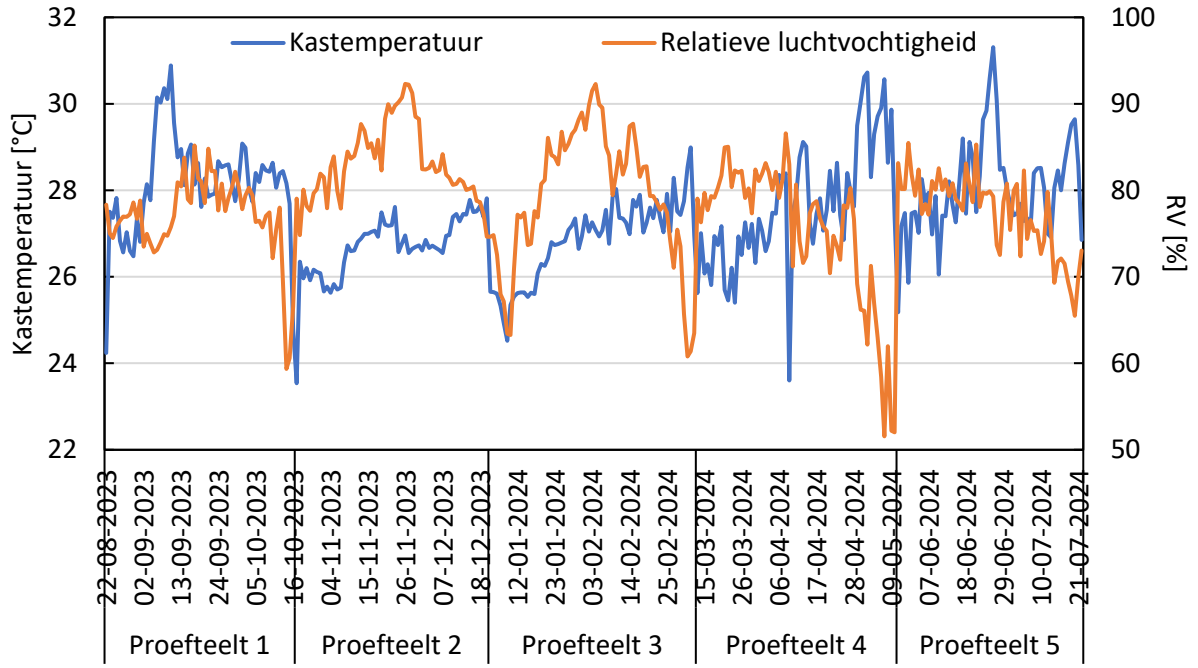
Proefteelt 2 en 3 zijn echte winterteelten wat resulteerde in een iets lagere gemiddelde etmaaltemperatuur met een hogere RV in de kas (Tabel 1 & Tabel 2). Ook de straling en totale PAR-som waren gedurende deze teelten lager dan de andere 3 teelten. De kastemperatuur was gedurende de 2 winterteelten een stuk stabieler dan gedurende de zomermaanden. Daarnaast waren de RV-schommelingen minder groot, met een piek in RV voornamelijk rond de 5e en 6e week van de teelt (Figuur 5). Er is een duidelijke CO_2 schommeling te zien in proefteelt 1. Gedurende deze eerste proefteelt werd er nog niet gefocust op energiebesparing en waren de ramen meer open (Figuur 6).

*Tabel 1. Etmaalwaarden van kastemperatuur, relatieve en absolute luchtvochtigheid (RV en AV), CO_2 en straling gedurende de gehele teelt van alle 5 de proefteelten. *Gedurende de fotoperiode.*

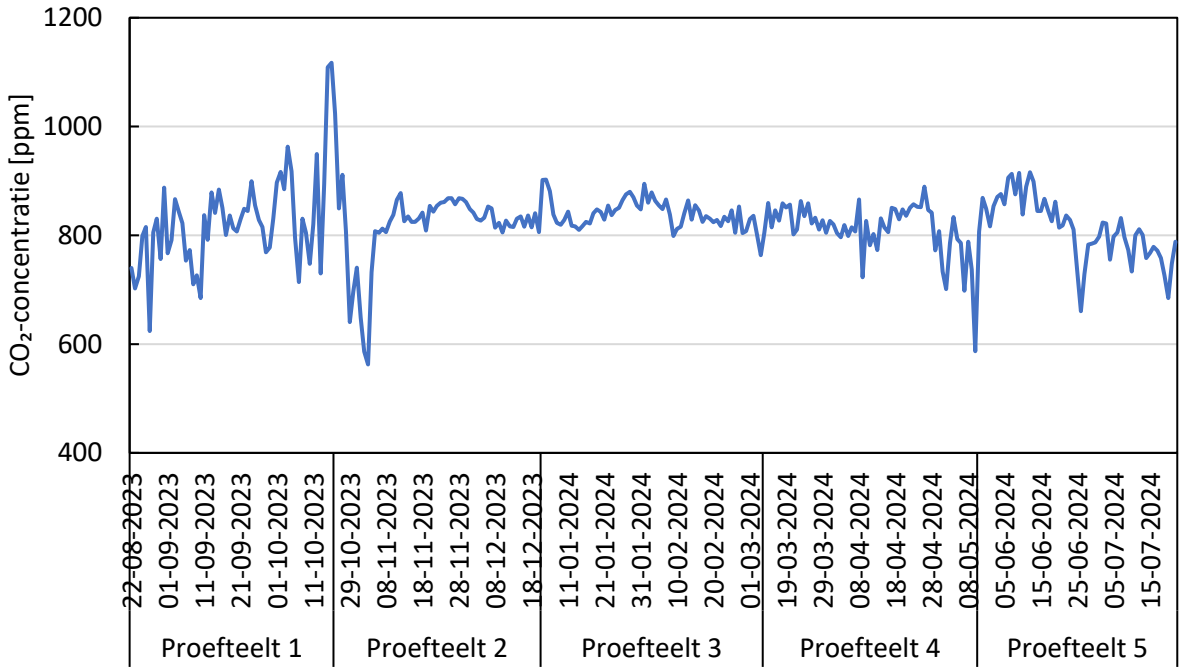
	Kas-temperatuur [°C]	RV [%]	AV [g/m³]	*CO_2 [ppm]	Straling [W/m²]	PAR-som [mol/m²/d]
Proefteelt 1	28.4	78.7	21.8	845	99	27.9
Proefteelt 2	26.9	83.6	21.4	810	24	22.5
Proefteelt 3	27.4	83.0	22.0	835	39	24.9
Proefteelt 4	27.8	75.7	20.4	823	165	28.5
Proefteelt 5	27.8	75.5	20.3	823	185	28.5

*Tabel 2. Etmaalwaarden van kastemperatuur, relatieve en absolute luchtvochtigheid (RV en AV), CO_2 en straling gedurende teeltweek 5 en 6 van alle 5 de proefteelten. *Gedurende de fotoperiode.*

	Kas-temperatuur [°C]	RV [%]	AV [g/m³]	*CO_2 [ppm]	Straling [W/m²]	PAR-som [mol/m²/d]
Proefteelt 1	28.2	76.9	21.1	839	129	33.2
Proefteelt 2	26.7	83.1	21.1	838	28	28.2
Proefteelt 3	26.8	79.3	20.3	842	42	31.3
Proefteelt 4	27.6	75.4	20.1	836	146	34.3
Proefteelt 5	28.0	77.5	21.2	797	214	35.0



Figuur 5. Kastemperatuur en relatieve vochtigheid (RV) van de meetbox op gewashoogte gedurende de teelt voor alle proefteelten.



Figuur 6. Etmaalgemiddelde van de CO_2-concentratie (ppm) van de meetbox op gewashoogte gedurende de gehele teelt van alle proefteelten.

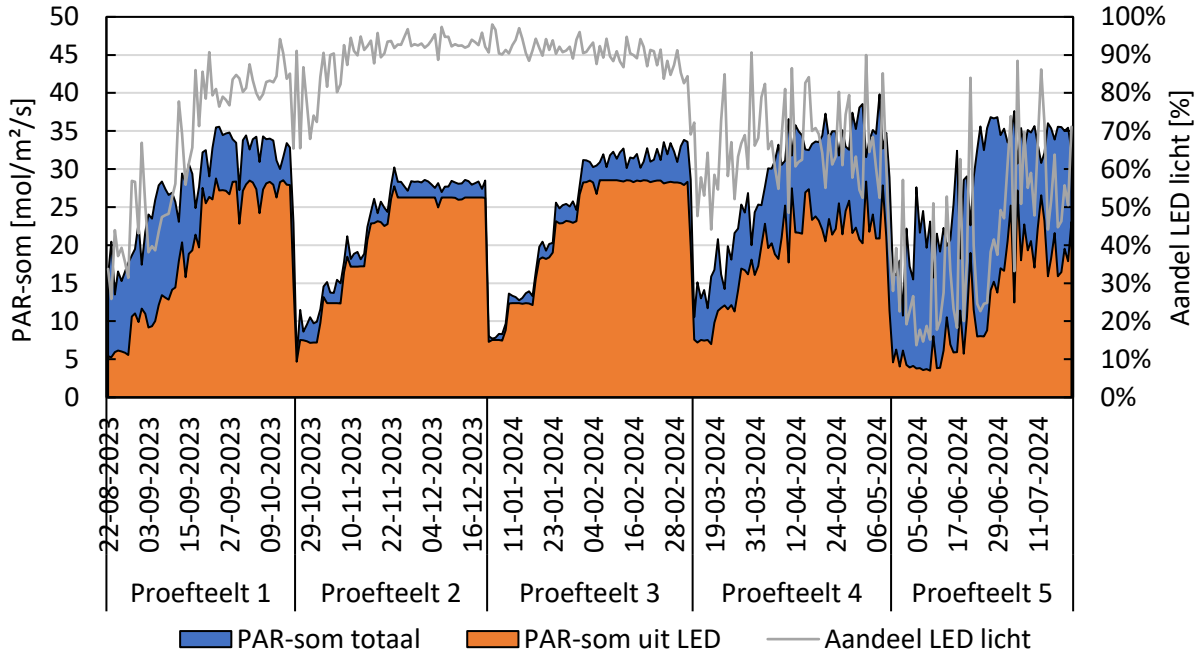
3.3 Lichtcondities

In proefteelt 1 werd zowel de intensiteit van de belichting als de fotoperiode geleidelijk opgebouwd van 16 tot 20 uur per dag (Tabel 3). Vanaf proefteelt 2 werd direct vanaf planten al 20 uur per dag belicht en werden de stappen in de verhoging van de lichtintensiteit iets aangepast. De belichting werd in een half uur op- en afgeschakeld.

Tabel 3. Overzicht van de maximale lichtintensiteit, fotoperiode en lichtsom van de belichting gedurende de teeltweken per proefteelt.

	Proefteelt 1			**Proefteelt 2 t/m 5**		
	Licht-intensiteit [µmol/m²/s]	Fotoperiode [h/d]	Lichtsom [mol/m²/d]	Licht-intensiteit [µmol/m²/s]	Fotoperiode [h/d]	Lichtsom [mol/m²/d]
Teeltweek 1	100	16	5.6	100	20	7.0
Teeltweek 2	200	16	11.2	175	20	12.3
Teeltweek 3	250	18	15.8	250	20	17.6
Teeltweek 4	300	20	21.1	325	20	22.8
Teeltweek 5 en verder	400	20	28.1	400	20	28.1

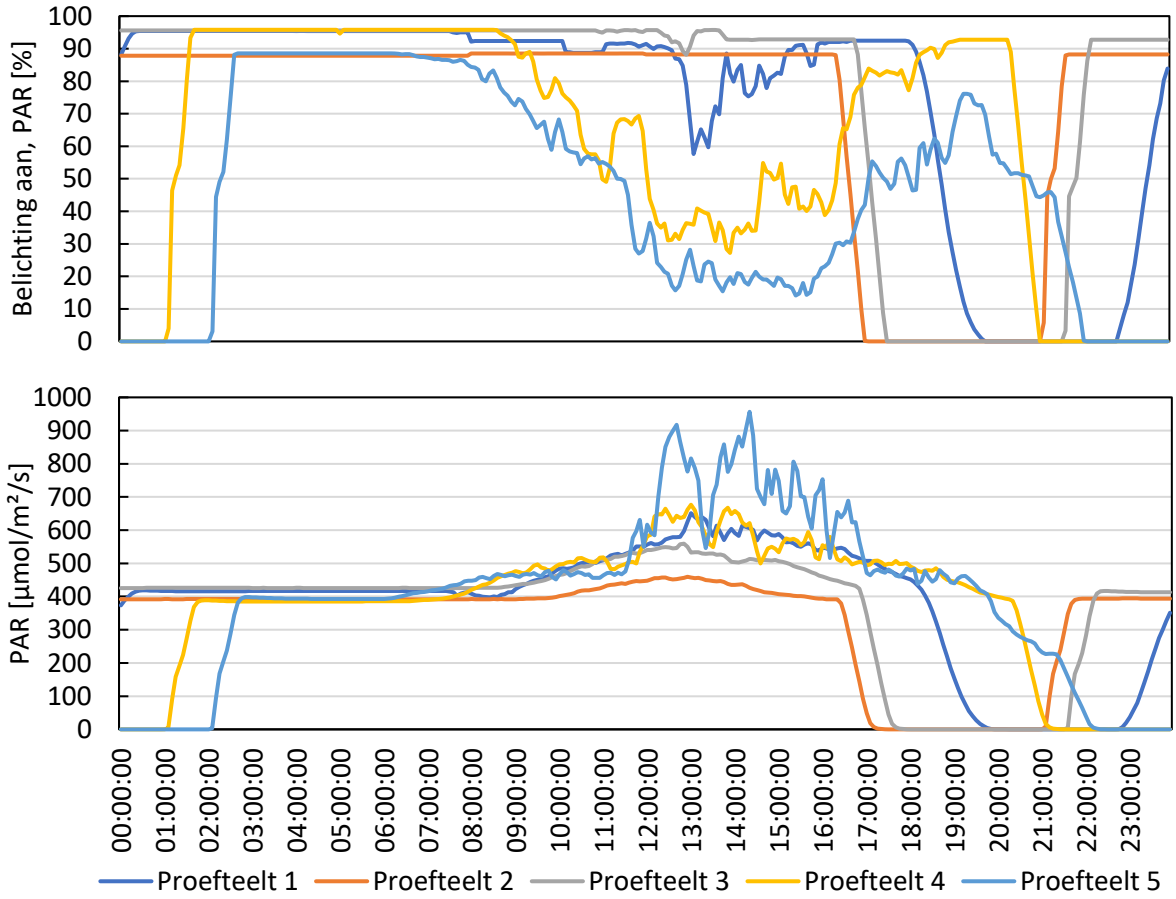
De opbouw van de belichting was voornamelijk in de winterteelten (proefteelt 2-3) goed te zien in de gemiddelde PAR uit belichting per dag (Figuur 7). Dit werd minder duidelijk naarmate het aandeel PAR uit zonlicht toenam gedurende de zomerteelten. De belichting in proefteelt 4 en vooral proefteelt 5 was scherp terug gedimd.



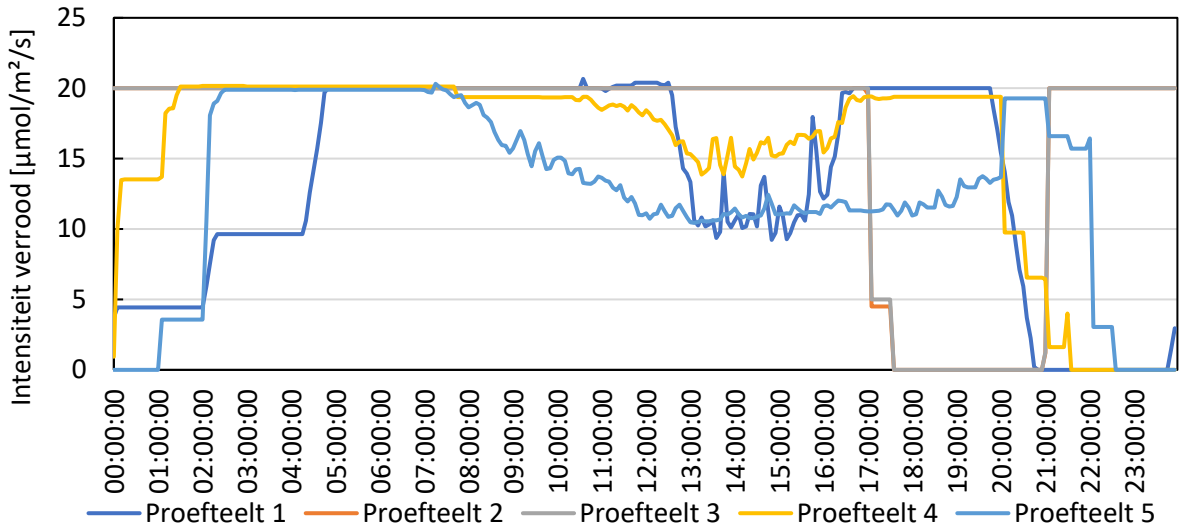
Figuur 7. De PAR-som (mol/m²/dag) per dag per teelt verdeeld over het aandeel PAR uit LED en PAR uit zonlicht. PAR-som uit LED is berekend op basis van dimstand LED-belichting.

De belichting in de afdeling bestond uit twee soorten sturingen: PAR en verrood. PAR werd gedurende een teelt geleidelijk verhoogd van 100 naar 400 µmol/m²/s in vier stappen, zoals beschreven in Tabel 3. Daarnaast werd de belichting gedurende een half uur op- en afgeschakeld (Figuur 8, bovenste grafiek). Gedurende proefteelt 1, maar vooral tijdens proefteelt 4 en 5, kon de belichting overdag aanzienlijk worden teruggedimd op basis van het zonlicht, dat op gewasniveau werd gemeten (Figuur 8, onderste grafiek).

Verrood tijdens de fotoperiode werd gedurende de eerste vier weken van de teelt ingezet met 20 µmol/m²/s, om bloeivertraging te voorkomen (Figuur 9). Daarnaast is ook verrood na het einde van de fotoperiode (Vr-EoD) ingezet om de strekking van het gewas te bevorderen, wat groeiregulator Berelex overbodig maakte. De EoD van 30 minuten met 5 µmol/m²/s verrood werd toegepast totdat er voldoende strekking was bereikt (Bijlage IV | Tijdlijnen proefteelten). Gedurende proefteelt 1 werd nog Berelex gebruikt om strekking van de internodia te bevorderen, waardoor er enkel 20 µmol/m²/s verrood overdag werd toegepast gedurende 30 dagen en nog geen verrood EoD. Proefteelt 2 had de eerste 26 dagen van de teelt zowel verrood overdag als EoD. Proefteelt 3 had 35 dagen overdag verrood en 28 dagen EoD. Proefteelt 4 had zowel 28 dagen verrood overdag als EoD, en in proefteelt 5 was dit 29 dagen (Bijlage IV | Tijdlijnen proefteelten).



Figuur 8. Boven: Percentage PAR belichting aan (cyclisch gemiddelde) vanaf teeltweek 5 tot en met einde proefteelt (intensiteit 400 µmol/m²/s) voor iedere proefteelt. Onder: PAR gemeten op gewasniveau (cyclisch gemiddelde) vanaf teeltweek 5 tot en met einde proefteelt (intensiteit 400 µmol/m²/s) voor iedere proefteelt.



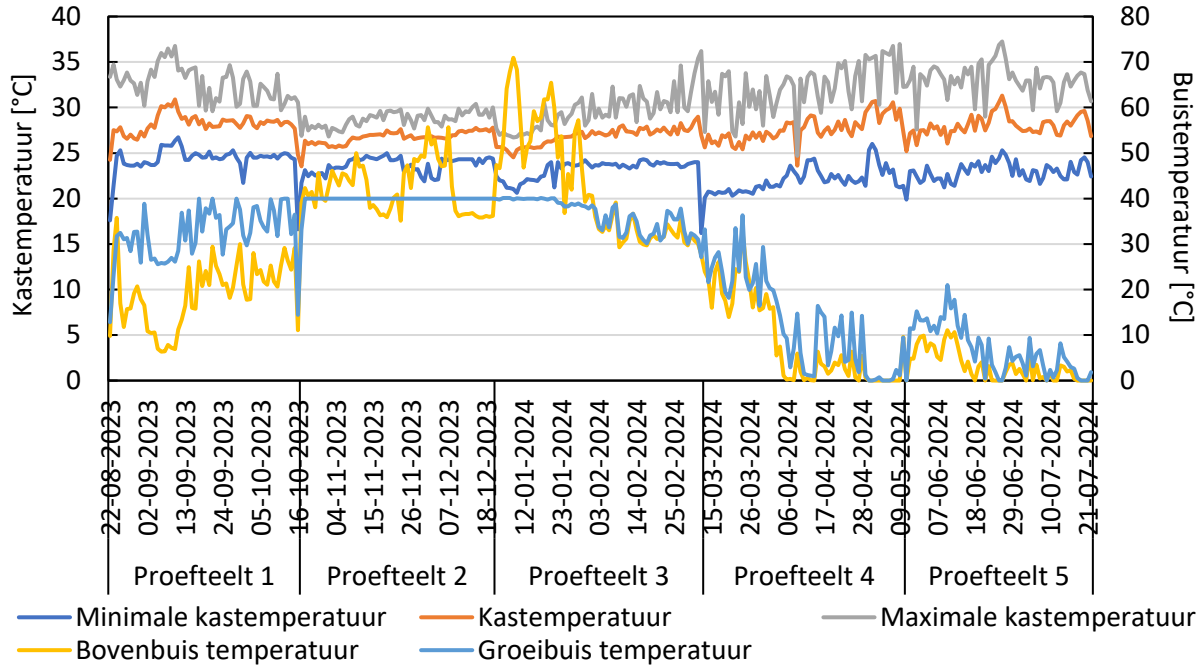
Figuur 9. Verrood (µmol/m²/s) in de belichting (cyclisch gemiddelde) gedurende de eerste 4 teeltweken voor iedere proefteelt. De oranje en grijze lijn (proefteelten 2 en 3) liggen op elkaar. De opbouw in gemiddelde verrood intensiteit in proefteelt 1 komt doordat de fotoperiode in de eerste 4 weken werd opgeschakeld. De opschakeling in proefteelt 4 en 5 zijn ontstaan door het verschuiven van de fotoperiode binnen het etmaal gedurende de teelt.

3.4 Temperaturen

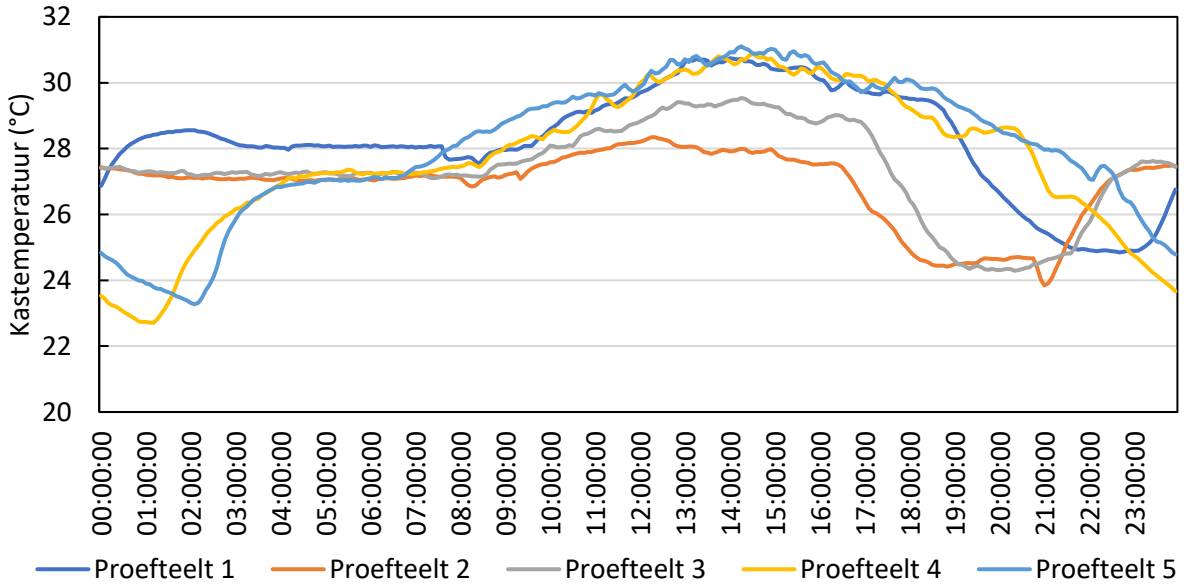
De kastemperaturen per proefteelt bleven gedurende alle teeltperiodes tussen 25 en 31 °C (Figuur 10). Tijdens proefteelt 2 en 3 (winterteelten) waren de verschillen tussen minimum- en maximumtemperaturen kleiner dan tijdens de teelten 1, 4 en 5. Dit gold ook binnen een etmaal (Figuur 11). Door de lagere instraling in de winter kon de temperatuur stabieler worden gehandhaafd door middel van het gebruik van de groeibuis.

Vanaf proefteelt 3 werd de minimuminstelling van de groeibuis van 40 °C uit de strategie verwijderd (Figuur 10 & Figuur 12). De inzet van de bovenbuis was tijdens proefteelt 1 minimaal (20-30 °C), maar in proefteelt 2 en 3 bleek de groeibuis van 40 °C tot eind januari onvoldoende voor de gewenste kastemperatuur (Figuur 10). Gedurende deze periode moest de bovenbuis daarom gemiddeld op 46 °C worden ingesteld, met pieken tot 70 °C (met name in januari), om de kas op temperatuur te houden.

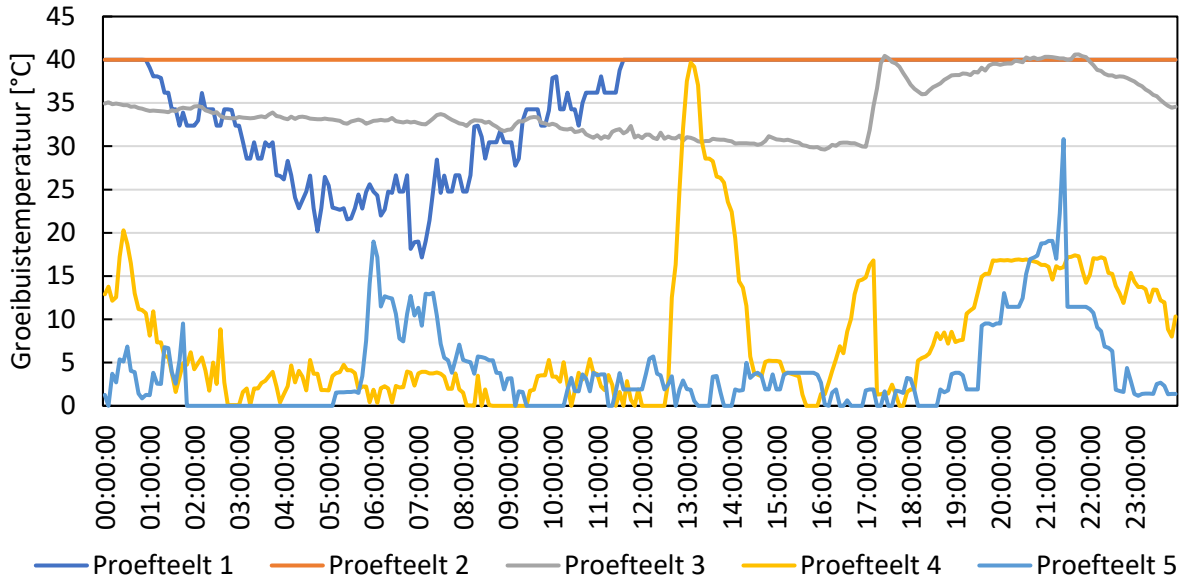
De grootste vraag naar buisverwarming deed zich voornamelijk voor in de onbelichte nacht, vooral bij de bovenbuis (Figuur 12 & Figuur 13). Dit was met name het geval tijdens de winterteelten. Daarom werd besloten om in de onbelichte nacht de verwarmingslijnen van proefteelt 4 en 5 omlaag te zetten van 27 naar 22 graden, met het argument dat een lagere temperatuur gedurende 4 van de 24 uur niet veel effect zou hebben op het totale etmaal. Dit bleek inderdaad waar te zijn, gezien de hogere temperatuur overdag door instraling. De pieken in buisvraag in proefteelt 4 rond 13:00 komen vermoedelijk door een snelle temperatuurdaling waarop de klimaatcomputer fel reageert.



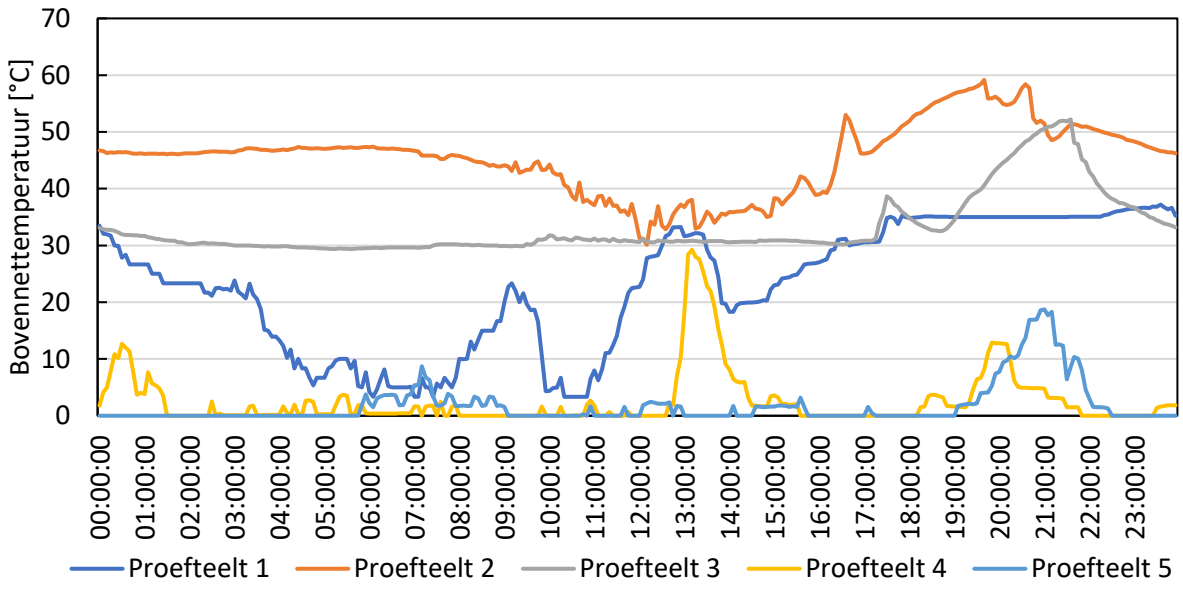
Figuur 10. Gemiddelde temperaturen van de bovenbuis, de groeibuis en de minimale, maximale en gemiddelde kastemperaturen per dag gedurende de gehele teelt van alle proefteelten.



Figuur 11. Cyclisch gemiddelde van de kastemperatuur vanaf teeltweek 5 tot en met einde proefteelt van alle proefteelten.



Figuur 12. Cyclisch gemiddelde van de temperatuur van de groeibuis vanaf teeltweek 5 tot en met einde proefteelt van alle proefteelten.



Figuur 13. Cyclisch gemiddelde van de temperatuur van het bovennet vanaf teeltweek 5 tot en met einde proefteelt van alle proefteelten.

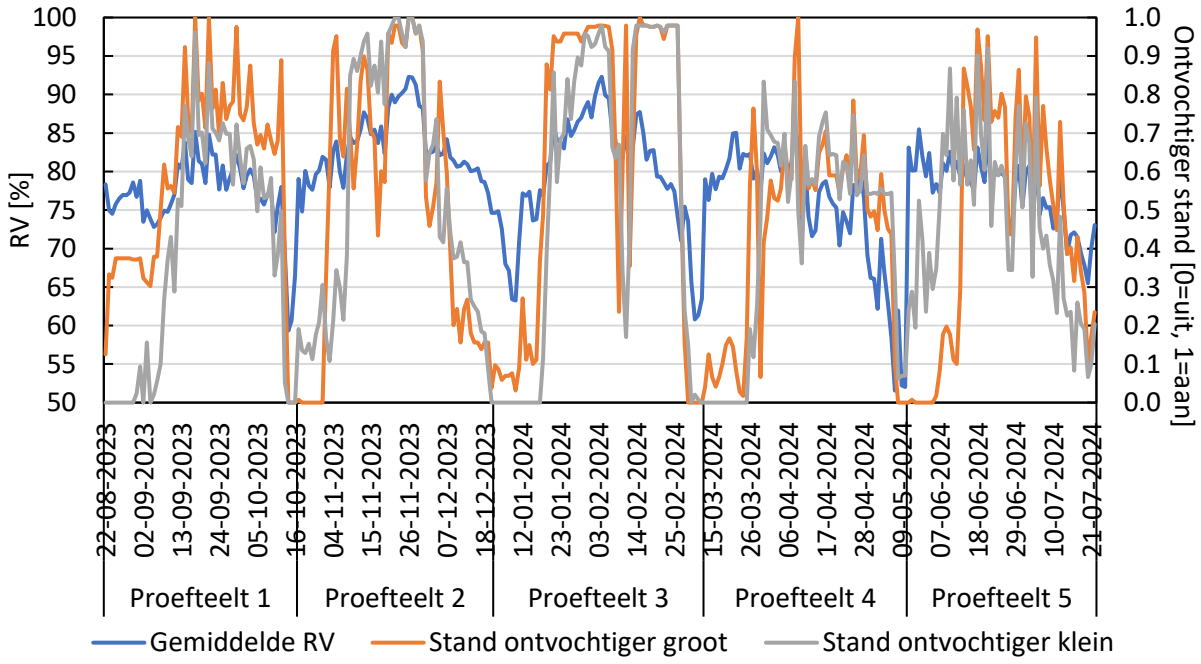
3.5 Relatieve luchtvochtigheid, schermstanden en CO_2

De relatieve luchtvochtigheid (RV) vertoonde per proefteelt een vergelijkbaar patroon (Figuur 14). Gedurende de eerste twee weken van de teelt steeg de RV naarmate de gewasgroei toenam. De RV begon weer te dalen zodra er werd gestopt met watergeven en de oogst startte. Een te hoge RV is een kritische factor voor de ontwikkeling van brandkoppen (Ruiter & van den Boogaart, 2025). In de eerste weken van de teelt kon het gewas, afhankelijk van het ras,

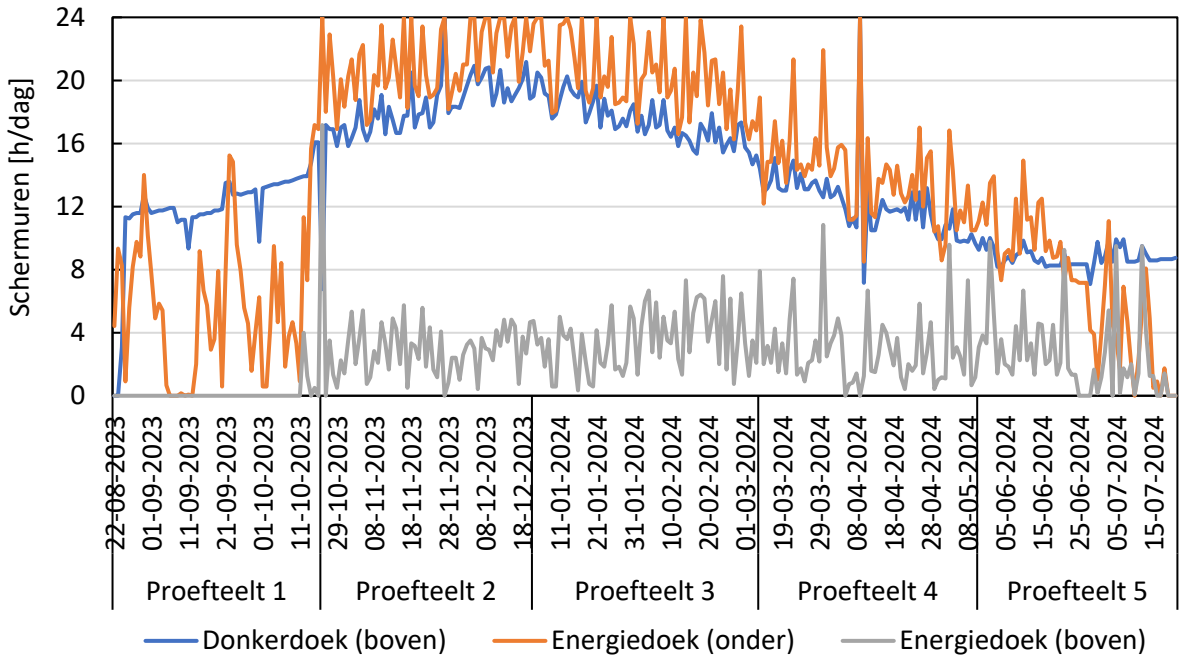
bijzonder gevoelig zijn voor brandkoppen. Daarom was het essentieel om de RV te verlagen om de kwaliteit van het gewas te waarborgen.

De piekwaarde van de RV varieerde per proefteelt en per periode op de dag (Figuur 14 & Figuur 16). In de nazomer-, zomer- en voorjaarsteelt (proefteelt 1, 4 en 5) bereikte het daggemiddelde van de RV een piek van ongeveer 85%, terwijl deze in de wintermaanden boven de 90% kon uitstijgen. Het telen bij een lager vochtdeficit werd dus ook al proefteelt 2 en 3 gerealiseerd, eerder dan de geplande proefteelt 4 en 5. Dit kwam doordat de ontvochtigers minder efficiënt werkte dan geanticipeerd, zie hoofdstuk 3.7.

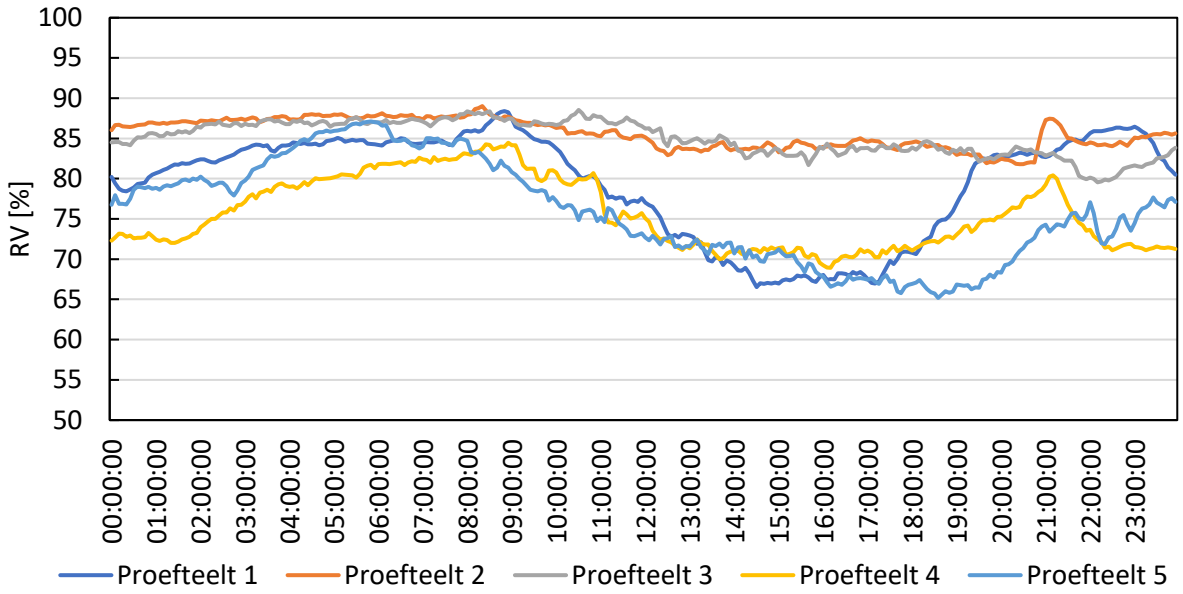
Het aantal schermuren van zowel het energiescherm onder als het donkerdoek boven was in deze periode vrijwel altijd meer dan 15 uur per dag (Figuur 15). Het energiedoek welke op hetzelfde dradenbed zat als het donkerdoek is niet veel ingezet, omdat na het openen van het donkerdoek vaak ook snel de grenswaardes voor het energiedoek werden behaald. Over het etmaal bevond de piek in RV zich voornamelijk in de belichte en onbelichte nacht (Figuur 16). Om het energieverbruik voor vochtafvoer te beperken, waren er twee ontvochtigers van Van Wijk geïnstalleerd. De apparaten werden gestuurd op de gerealiseerde RV bij het gewas. Wanneer een ontvochtiger actief was, stond deze op "1"; als deze uitstond, op "0". Na ongeveer twee weken teelt stonden de ontvochtigers vrijwel continu aan, vooral in de wintermaanden. Ondanks dit intensieve gebruik was de RV in deze periode nog altijd te hoog. In de zomermaanden waren de ontvochtigers minder actief, en de gemiddelde RV was lager, wat te verklaren was door de hogere instraling in deze periode waardoor er meer gelucht werd.



Figuur 14. Gemiddelde luchtvochtigheid en de stand van beide Van Wijk ontvochtigers met een verschillende capaciteit (0=uit, 1=aan) gedurende de gehele teelt van alle proefteelten. De 'grote' ontvochtiger had een theoretisch vermogen van 275 l/d en de 'kleine' 200 l/d. NB de lage RV rond 12 januari was vanwege weinig gewas, een lage buitentemperatuur en een hoge buistemperatuur.

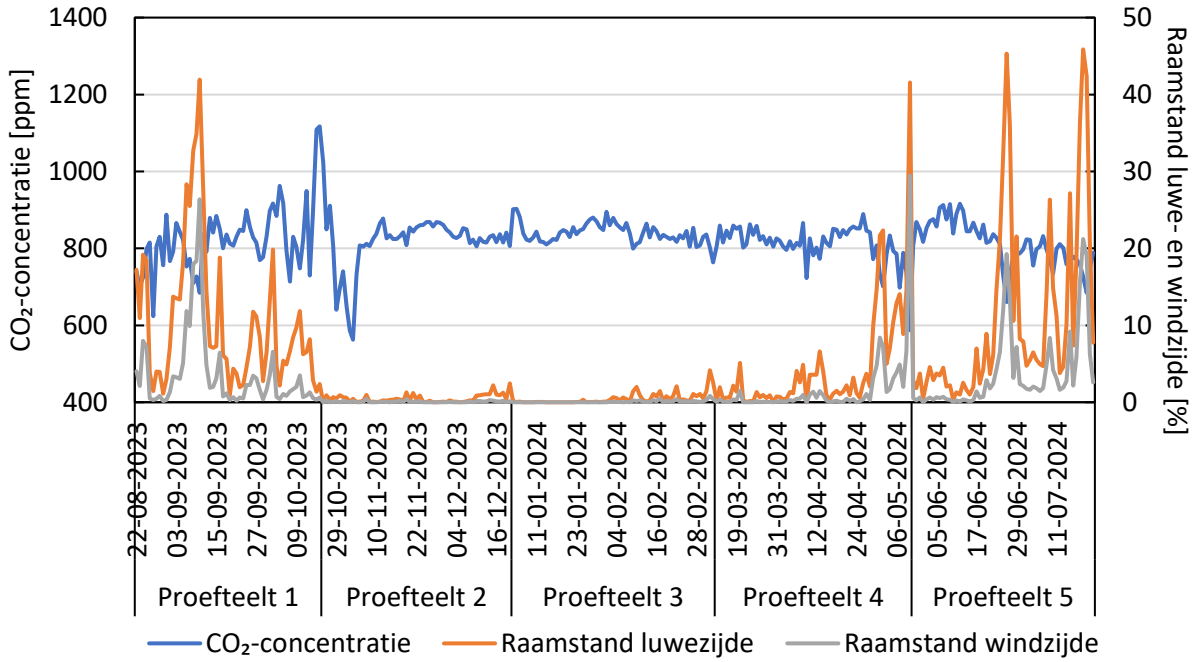


Figuur 15. Schermuren per dag van het donkerdoek en energiedoek op het bovenste dradenbed en het energiedoek op het onderste dradenbed gedurende de gehele teelt van alle proefteelten.



Figuur 16. Cyclisch gemiddelde van de RV (%) vanaf teeltweek 5 tot en met einde proefteelt van alle proefteelten.

De CO_2-concentratie in de kas was gedurende de nazomer-, zomer- en voorjaarsteelt (proefteelten 1, 4 en 5) minder stabiel dan tijdens de winterteelten (proefteelten 2 en 3) (Figuur 17). Dit was voornamelijk te wijten aan de raamstanden, aangezien meer ventilatie leidde tot grotere schommelingen in de CO_2-concentratie. In de winterperiode is nauwelijks gelucht.



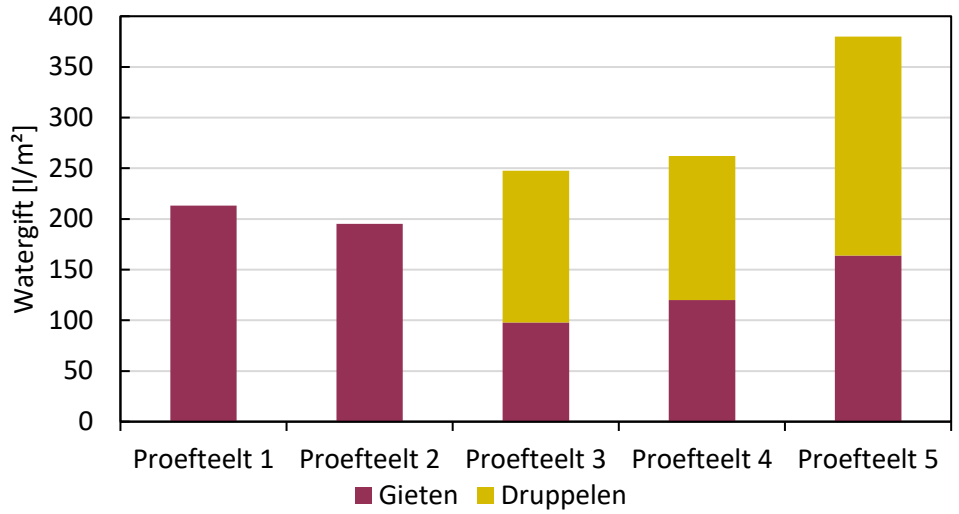
Figuur 17. Etmaalgemiddelde van de CO_2-concentratie (ppm) tegenover de raamstanden van de luwe- en windzijde gedurende de gehele teelt van alle proefteelten.

3.6 Irrigatie

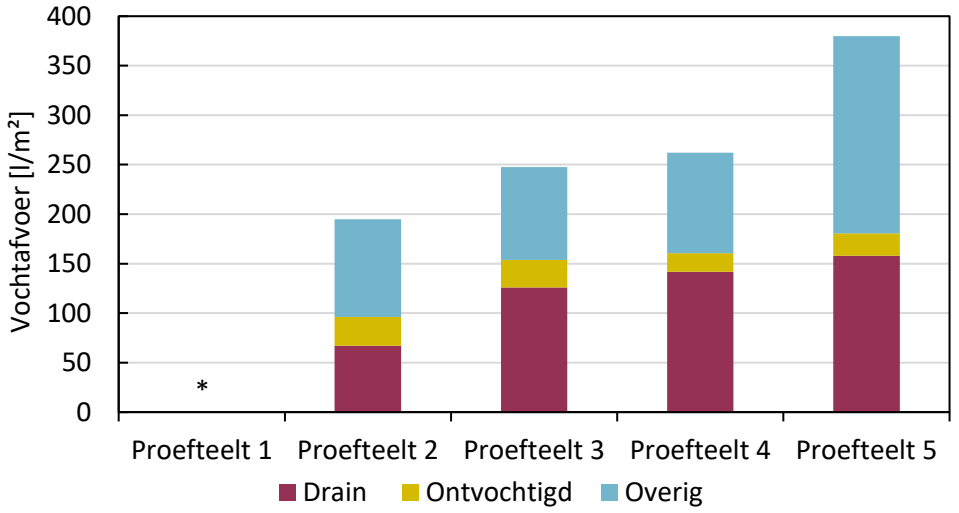
In proefteelt 1 en 2 werd er uitsluitend geïrrigeerd via de regenleiding. In de overige drie proefteelten werd dit na 2 tot 3 weken na planten, op het moment dat het gewas voldoende was aangeslagen, al dan niet geleidelijk omgezet naar irrigatie via druppelleidingen die aan het gaas waren gemonteerd. Op deze manier werd alleen de onderkant van de plant bewaterd in plaats van de gehele afdeling, waardoor er minder water in de afdeling werd gebracht dat vervolgens verdampt moest worden. Per proefteelt werd dit met de begeleidende telers afgestemd. In proefteelt 3 werd er nadat de eerste weken bovenlangs gegoten is gedurende 4 dagen om de dag afgewisseld tussen gieten en druppelen. Bij proefteelt 4 gebeurde dit nog maar gedurende 2 dagen, terwijl bij de vijfde proefteelt de overstap van de ene op de andere dag werd gemaakt. Daarnaast werd de watergift wekelijks aangepast aan de weersomstandigheden. In Figuur 18 is de totale watergift per teelt en de verdeling tussen gieten met de regenleiding en druppelen weergegeven. Tussen proefteelt 4 en 5 steeg de watergift met ongeveer 100 liter/m² vanwege de sterke toename in instraling (Figuur 4) en opening van de luchtramen (Figuur 17).

De verdeling van de vochtafvoer varieerde tussen de proefteelten (Figuur 19). Tijdens proefteelt 2 vond de irrigatie nog uitsluitend via de regenleiding plaats, in tegenstelling tot de

proefteelten 3, 4 en 5 waarin na verloop van tijd gedruppeld werd. Het aandeel drain was in de teelten waarin gedruppeld werd hoger vanwege de directere bewatering bij de kluit van het gewas. In vergelijking met de drain was het aandeel vocht dat via de ontvochtiger werd afgevoerd aanzienlijk kleiner. Met een totale ontvochtigingscapaciteit van 475 l/dag werd er gemiddeld gedurende teeltweek 5-6, waarin de RV's relatief hoog waren (Figuur 14), minder dan de helft van de ontvochtigingscapaciteit behaald. Verdere toelichting op de efficiëntie van de ontvochtigers is terug te vinden in het hoofdstuk 3.7. Bij de totale vochtafvoer hebben de ontvochtigers dan ook slechts 5-15% van het ingebrachte vocht afgevoerd. In teelt 5 was het aandeel vochtafvoer 'overig' relatief groot: vanwege de buitenomstandigheden (straling) werd er meer gelucht.



Figuur 18. Totale watergift (l/m²) per proefteelt opgedeeld in aantal liters via de regenleiding (gieten) en via druppelen.



*Figuur 19. Vochtafvoer (l/m²) per proefteelt opgedeeld in aantal liters via drain, via de ontvochtigingsinstallatie en via andere manieren zoals ventilatie via deuren of ramen, buffer in de grond of in de plant (overig). *Gedurende proefteelt 1 zijn de ontvochtigings- en draincijfers niet bijgehouden.*

3.7 Effectiviteit ontvochtiger

Gedurende deze proef werd de RV in de kas actief beheerst met twee ontvochtigers van Van Wijk Systems, met de theoretische capaciteit van 200 en 275 liter/dag (±2.37 l/m²/dag netto). Deze apparaten hingen boven het betonpad, net onder de schermen, waar ook de lucht werd aangezogen. De ontvochtigde lucht werd met slurven over de diepte van de kas verspreid (Figuur 20). De meetbox, waarop het klimaat en de aansturing van de 2 ontvochtigers werden geregeld, was net boven het gewas geplaatst in het midden van de afdeling. Beide ontvochtigers konden op verschillende set-points (RV, AV, VD) worden ingesteld om de ontvochtiging te activeren. Wanneer deze niet geactiveerd waren bleven de apparaten lucht recirculeren door de afdeling. De werking van de ontvochtigers bleek echter in de proef onvoldoende om de gewenste RV-stabiliteit te realiseren, vooral later in de teelt wanneer het gewasvolume en de belichtingsintensiteit toenam.

Figuur 20. Impressie van de installatie van de twee ontvochtigers.

De belangrijkste oorzaak van de beperkte ontvochtigingscapaciteit was waarschijnlijk de recirculatie van droge lucht. Doordat de warme droge lucht die door de ontvochtigers uitgeblazen werd voornamelijk onder het scherm bleef hangen, werd deze vervolgens door de ontvochtigers weer aangezogen. Het vocht in deze luchtlaag was laag (55-60%), waardoor de ontvochtigingscapaciteit gemiddeld voor beide ontvochtigers maar 1.2 liter/kWh, ofwel een COP van 1.8, haalde. Volgens de begeleidende telers wordt in een aantal praktijksituaties met eenzelfde systeem een effectiviteit van 2.0-2.3 liter/kWh (2.4-2.6 COP) gehaald, wat wij overigens niet hebben kunnen verifiëren.

Om de effectiviteit te verhogen zijn er 2 ventilatoren geïnstalleerd; een horizontaal die naar achteren blaast geplaatst tussen de 2 ontvochtigers in, en 1 verticale die in deze luchtlijn hangt en naar beneden blaast. Het doel hiervan was om de lucht beter te mengen en daarmee het vocht bij de inlaat van de ontvochtigers te verhogen. Echter hielp deze wijziging onvoldoende, de COP steeg van 1.75 naar 1.90.

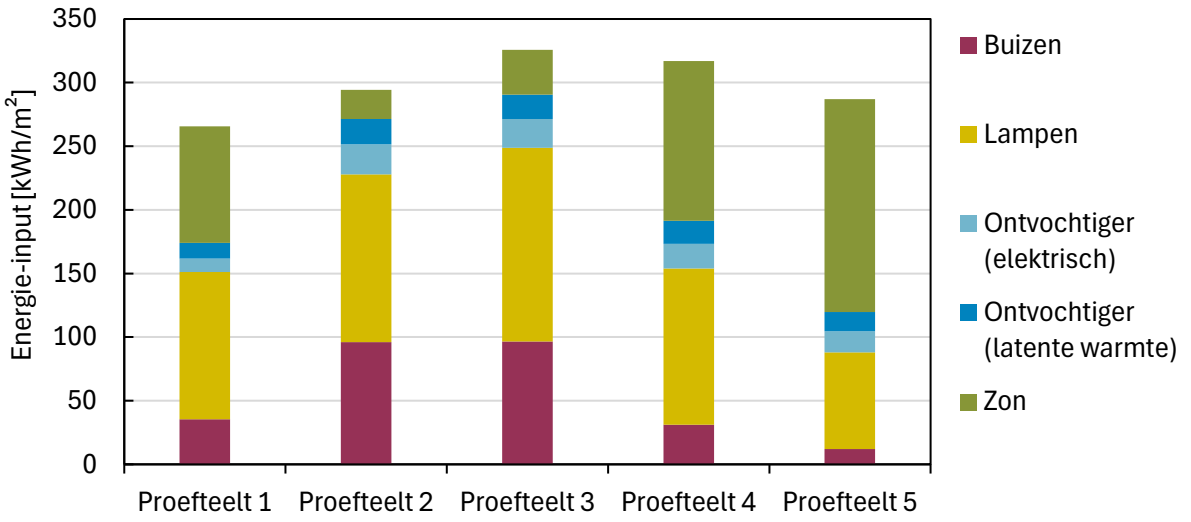
In de latere teeltfasen, wanneer het gewas volledig ontwikkeld was en de lichtsom toenam, bleek de actieve ontvochtigingscapaciteit structureel tekort te schieten. De afgevoerde hoeveelheid vocht bleef ook op deze momenten aanzienlijk lager dan de theoretische capaciteit, met als gevolg dat de RV ongewenst hoog bleef.

Om structureel betere resultaten te bereiken, wordt aanbevolen een systeem te ontwikkelen dat vochtige lucht effectiever vanuit het gewas naar de ontvochtigers voert, met een gelijkmatigere luchtverdeling in de kas. Het gebruik van meerdere ventilatoren met lagere capaciteit kan wellicht bijdragen aan een gelijkmatigere luchtstroom.

3.8 Energie-input

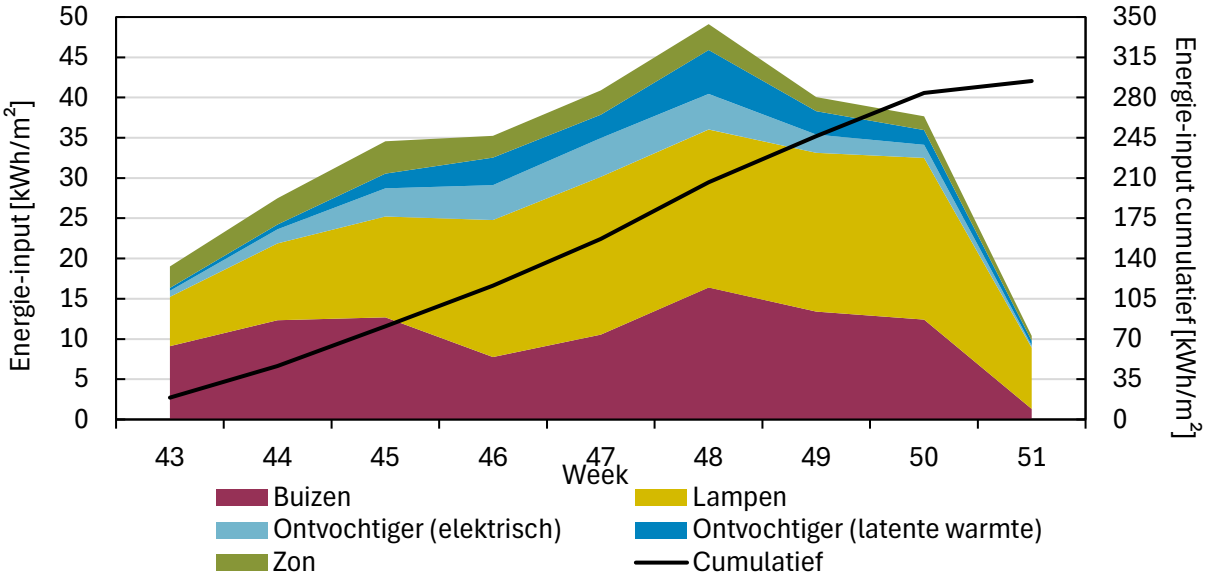
Tijdens de eerste twee proefteelten werd er behalve de LED-belichting en actieve ontvochtiging een traditionele nazomer- en winterteelt uitgevoerd. Er werd uitsluitend geïrrigeerd via beregening, en er werd met een groeibuis van minimaal 40 graden geteeld. De straling nam gedurende deze twee proefteelten af tot aan de kortste dag van het jaar (Figuur 4).

In iedere opvolgende proefteelt werd er steeds een energiebesparende stap toegevoegd om de teelt te verduurzamen. In proefteelt 3 (winterteelt) werd er geen minimumbuis gehanteerd en werd er ook na 2.5 week omgeschakeld van beregenen naar druppelen. Doordat de teeltduur van proefteelt 3 vier dagen langer was dan die van proefteelt 2, werd er ook langer doorbelicht op 400 µmol/m²/s, wat resulteerde in een hogere energie-input van de belichting (Figuur 21). Proefteelt 4 vond plaats in het voorjaar. De toenemende straling en hogere buitentemperaturen verminderden de buisvraag, en de belichting werd sterk teruggedimd op basis van de buitenstraling. De totale energie-input was vergelijkbaar met die van proefteelt 3, maar werd voor een groter gedeelte ingevuld door de toegenomen zonnestraling. Dit gold nog sterker voor proefteelt 5 (zomer).

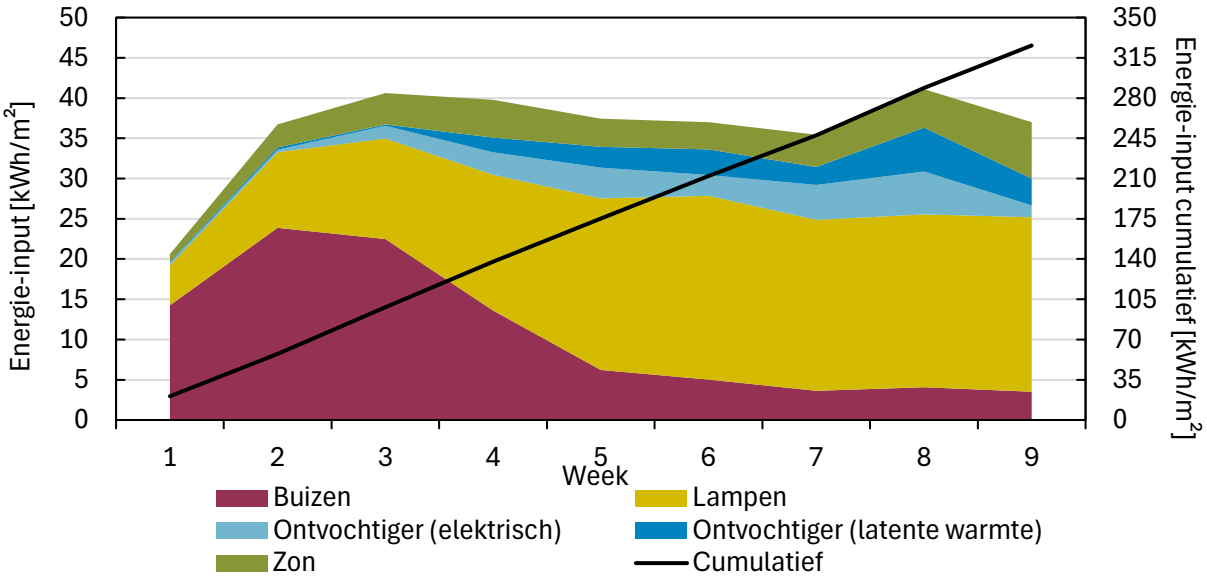


Figuur 21. Overzicht van het totale energie-input per proefteelt onderverdeeld in input van de buizen, lampen, ontvochtiger (elektrisch), ontvochtiger (latente warmte) en de zon.

Wanneer de energie-input gedurende de winterteelten 2 en 3 wordt vergeleken, zijn de effecten van de energiebesparende stappen nog niet direct zichtbaar (Figuur 22, Figuur 23; proefteelten 1, 4 en 5 in bijlage III). Hoewel de minimumbuis in proefteelt 3 niet werd gehanteerd, was de buisinput in de eerste weken van proefteelt 3 nog aanzienlijk hoger dan op hetzelfde moment in proefteelt 2. Januari was koud (Figuur 4), en zelfs met bijna maximaal gesloten schermen (Figuur 15) was er nog steeds veel buiswarmte nodig om de kastemperatuur gemiddeld op 27 graden te houden. In de rest van de teelt was dit minder noodzakelijk, waardoor de energie-input uiteindelijk op vrijwel hetzelfde niveau uitkwam als in proefteelt 2.

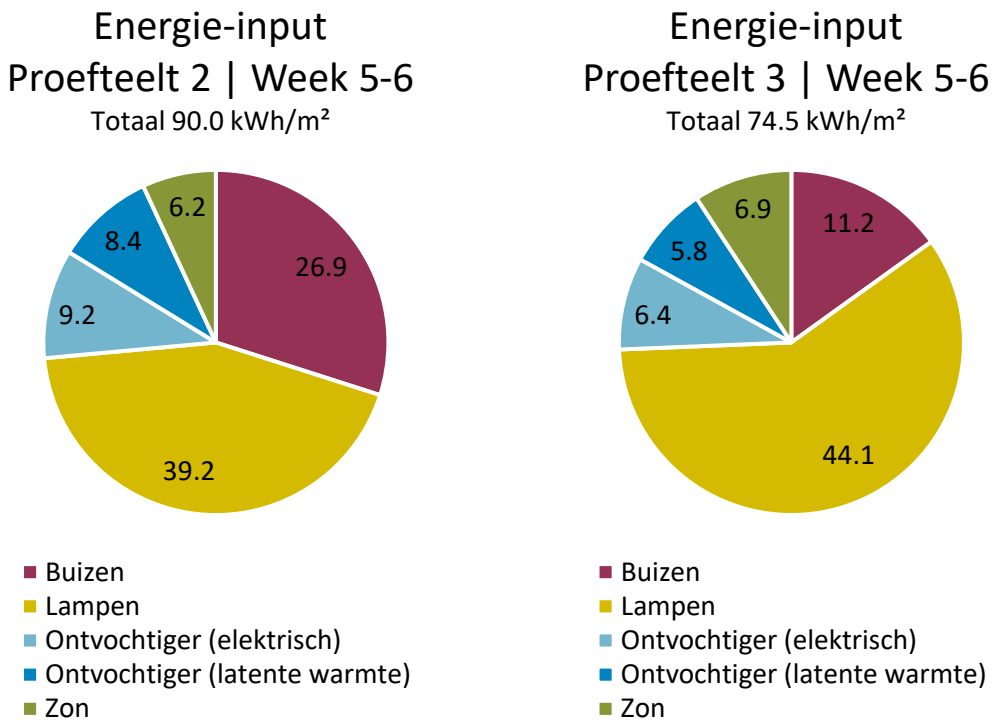


Figuur 22. Overzicht van het totale energie-input gedurende proefteelt 2 onderverdeeld in input van de buizen, lampen, ontvochtiger (elektrisch), ontvochtiger (latente warmte) en de zon. Daarnaast is de cumulatieve energie-input weergegeven.



Figuur 23. Overzicht van het totale energie-input van gedurende proefteelt 3 onderverdeeld in input van de buizen, lampen, ontvochtiger (elektrisch), ontvochtiger (latente warmte) en de zon. Daarnaast is de cumulatieve energie-input weergegeven.

Wanneer er wordt ingezoomd op teeltweek 5 en 6, waarin met 400 µmol/m²/s werd belicht, is er toch bijna 10 kWh/m² meer energie-input in proefteelt 2 dan in proefteelt 3 (Figuur 24). Het grootste verschil lag in de buisinput, die in proefteelt 2 ruim dubbel zo veel kWh/m² kostte in vergelijking met proefteelt 3.



Figuur 24. Overzicht van het totale energie-input van gedurende proefteelt 2 en 3 tijdens teeltweek 5-6 onderverdeeld in input van de buizen, lampen, ontvochtiger (elektrisch), ontvochtiger (latente warmte) en de zon.

4 Resultaten oogst

In dit onderzoek zijn in totaal vijf achtereenvolgende proefteelten uitgevoerd, lopende van zomer 2023 tot en met zomer 2024. Het hoofddoel van dit onderzoek is om energiebesparingsmethodes te toetsen voor de lisianthusteelt. Iedere proefteelt bouwt voort op de vorige proefteelt, en dus worden er aan iedere proefteelt steeds meer energiebesparingsmethodes toegevoegd. Het overzicht van de toegepaste energiebesparingsmethodes is te vinden in hoofdstuk 1.1, het resultaat hiervan op klimaat en energieverbruik staat in hoofdstuk 3 weergegeven.

Aan het einde van iedere proefteelt is er uit een representatief veldje van één strekkende meter (10 mazen) aan 140 takken per cultivar gemeten. Van twee representatieve takken per cultivar per proefteelt zijn overzichtsfoto's gemaakt ter ondersteuning van de oogstgegevens (zie Bijlage V | Line-up foto's).

Uit de oogstgegevens valt op te maken dat niet alle cultivars hetzelfde reageren over de vijf proefteelten (Tabel 5 & Tabel 6), maar er zijn wel enkele trends zichtbaar. De eerste proefteelt (nazomer) had de kortste teeltduur. Dit zal komen door de wat hogere gemiddelde etmaaltemperatuur tijdens deze teelt (Tabel 1). Dit ondanks het feit dat in deze proefteelt nog geen 20 h/d daglengte direct vanaf het begin van de teelt werd aangehouden. Het direct starten met 20 h/d daglengte, zoals gedaan in proefteelten 2 t/m 5, heeft dus niet geresulteerd in overmatige teeltversnelling. Verder is het opmerkelijk dat proefteelt 2 een kortere teeltduur had dan proefteelt 3, terwijl dat de belichtingsduur en gemiddelde etmaaltemperatuur voor deze proefteelten exact hetzelfde waren. Dit heeft vermoedelijk met de historie van het plantmateriaal te maken, waarbij die van proefteelt 3 (pootweek 1) vegetatiever waren, omdat ze opgekweekt zijn in de donkerste periode van het jaar. Een deel van de generativiteit wordt namelijk al in de opkweek (trayfase) bepaald.

De takgewichten varieerden niet al te veel tussen de proefteelten. Dus het beoogde doel van een eenzelfde takkwaliteit jaarrond lijkt hiermee te zijn gehaald. Dit betekent dat in de zomer sturen op assimilatenbalans (hoofdstuk 6), en dus de belichting flink terug dimmen bij voldoende instraling, niet tot een reductie van takkwaliteit leidt.

Berelex, ter bevordering van gewasstrekking, is enkel toegepast in proefteelt 1, in de overige 4 proefteelten is in plaats van Berelex gebruik gemaakt van verrood nabelichting om strekking te realiseren. Het aantal dagen dat het verrood voor de nabelichting heeft aangestaan varieerde tussen de proefteelten (zie Bijlage IV | Tijdlijnen proef). Deze werd, in samenspraak met de BCO, afgeschakeld wanneer het gewas voldoende lengte had behaald. Met deze methode kan ook scherper gestuurd worden op gewasstrekking.

Vanaf proefteelt 3 is geen minimumbuis meer gehanteerd en gestart met onderlangs water geven. Dit heeft niet geleid tot meer uitval (zie aandeel uitval in Tabellen 5 en 6). De extra uitval in proefteelt 2 bij Rosita 3 Pure White, Rosita 3 Blue en Corelli 2 Lavender was te verklaren door aantasting door Botrytis van het startmateriaal. Bij de Alissa's was uitval altijd

hoger, wat wordt veroorzaakt door een ernstigere mate van brandkoppen, in het bijzonder in proefteelt 3. Waarom specifiek proefteelt 3 veel brandkoppen had blijft onduidelijk. Brandkoppen ontstaan in de eerste weken van de teelt. Het enige wat hierin afweek van proefteelt 2 is het onderlangs watergeven, maar voor het goed doorwortelen van het gewas is dit is tot op de derde teeltweek nog bovenlangs gedaan en daarna nog 4 dagen hybride boven- en onderlangs. In proefteelt 3 is ook geen minimumbuis gehanteerd, maar in praktijk ging de buis in de eerste helft van deze winterteelt niet uit vanwege de warmtevraag (Figuur 10). Verder valt op dat in proefteelt 5 bij Alissa 2 Pure White veel uitval was door brandkoppen, maar dat dit niet gold voor Alissa 2 Pink III. Waarom dit zo was is onduidelijk, mogelijk dat er bij de Alissa 2 Pink III al eerder in de teelt brandkoppen ontstonden waardoor deze er beter 'doorheen' groeide.

In proefteelt 2 en 3 zijn ook takken afgestuurd naar de Royal FloraHolland voor vaasleven toetsing. Proefteelt 2 en 3 zijn de proefteelten welke rondom de kortste dag plaatsvonden, waardoor er in deze proefteelten een groot aandeel van de totale lichtsom is ingevuld met belichting en de luchtramen meestal gesloten bleven. Daardoor is de te verwachten verdamping het minst hoog in deze periode en vallen daarom de grootste problemen met betrekking tot houdbaarheid te verwachten. Uit de toetsing blijkt dat het vaasleven van de takken prima was (Tabel 4), vergelijkbaar met de praktijk. Tussen proefteelt 2 en 3 waren geen grote verschillen. In proefteelt 2 is de aantasting door Botrytis relatief hoog bij Rosita 3 Pure White en Blue, wat overeenkomt met de geobserveerde aantastingen gedurende de teelt. In de derde proefteelt was slap blad of slappe bloemstelen de hoofdreden van afschrijving.

Alles overwegende kan gesteld worden dat er een prima kwaliteit lisianthus geteeld kon worden. Geen van de energiebesparende maatregelen heeft een overtuigend negatief effect op de groei of op de kwaliteit gehad.

Tabel 4. Resultaten vaasleven van Rosita 3 Pure White, Rosita 3 Pink Imp., Rosita 3 Blue en Alissa 2 Pure White in proefteelt 2 en 3. Na 3 weken is de vaaslevenproef beëindigd. N = 40 takken.

Cultivar	Proef-teelt	Vaasleven [d]	Goed na 1 week	Goed na 2 weken	Goed na 3 weken	Reden van afschrijving *Slap	Botrytis	Uitbloei
Rosita 3 Pure White	2	16.1	90%	73%	13%	38%	25%	25%
	3	15.7	100%	85%	8%	90%	0%	3%
Rosita 3 Pink Imp.	2	20.0	100%	98%	55%	28%	3%	15%
	3	19.5	100%	98%	35%	38%	3%	25%
Rosita 3 Blue	2	14.8	98%	65%	13%	33%	38%	18%
	3	13.1	100%	53%	0%	95%	0%	5%
Alissa 2 Pure White	2	17.6	100%	78%	3%	38%	5%	55%
	3	15.8	100%	73%	13%	60%	0%	28%

*afgeschreven op slap blad of slappe bloemstelen

*Tabel 5. Effect van de proefteelten, en de daarbij horende energiebesparingsmethodes (zie hoofdstuk 1.1), op de verschillende parameters bij eindoogst van Rosita 3 Pure White, Rosita 3 Pink Imp. en Rosita 3 Blue. De 'uitval' takken zijn niet meegewogen in de gemiddeldes. n = 140 minus de uitval, *n = 20. **exclusief open bloemen.*

Cultivar	Proef-teelt	Teeltduur [d]	Takgewicht [g]	Takgewicht op 72 cm [g]	Lengte [cm]	Bloemen [#]	Bloemknop >=kelkblad **[#]	Lichtsom [mol/#]	Productie [g/mol]	Droog-gewicht *[%]	Uitval [%]
Rosita 3 Pure White	1	49.6	100	68	85	4.0	9.6	13.9	7.3	12.2%	3%
	2	52.9	94	66	89	3.6	8.4	12.0	7.9	12.3%	6%
	3	56.7	94	74	85	3.8	11.4	13.9	6.8	12.7%	1%
	4	53.7	102	65	85	4.0	10.5	15.4	6.7	13.4%	4%
	5	50.9	100	64	89	4.0	9.3	14.5	6.9	13.2%	4%
Rosita 3 Pink Imp.	1	50.6	103	70	86	3.5	8.8	14.2	7.3	12.0%	3%
	2	53.9	92	67	88	3.3	7.1	12.3	7.6	11.8%	1%
	3	56.5	97	77	84	3.7	9.3	13.8	7.1	11.6%	4%
	4	52.9	96	65	84	3.7	8.2	15.2	6.3	13.6%	4%
	5	52.2	111	73	90	3.3	7.3	14.9	7.5	11.9%	3%
Rosita 3 Blue	1	50.7	104	77	82	3.6	10.4	14.2	7.4	12.2%	5%
	2	53.3	92	75	85	3.3	7.6	12.1	7.6	11.6%	10%
	3	58.2	92	79	82	3.3	9.8	14.4	6.5	11.6%	1%
	4	54.9	108	77	84	3.6	10.3	15.1	7.2	12.9%	10%
	5	52.2	102	69	92	3.2	7.2	14.9	6.8	12.4%	3%

*Tabel 6. Effect van de proefteelten, en de daarbij horende energiebesparingsmethodes (zie hoofdstuk 1.1), op de verschillende parameters bij eindoogst van Rosita 3 Pure White, Rosita 3 Pink Imp. en Rosita 3 Blue. De 'uitval' takken zijn niet meegewogen in de gemiddeldes. n = 140 minus de uitval, *n = 20. **exclusief open bloemen. ***In proefteelt 1 is er Corelli 3 Peach geplant i.p.v. Corelli 2 Lavender.*

Cultivar	Proef-teelt	Teeltduur [d]	Takgewicht [g]	Takgewicht op 72 cm [g]	Lengte [cm]	Bloemen [#]	Bloemknop >=kelkblad **[#]	Lichtsom [mol/#]	Productie [g/mol]	Droog-gewicht *[%]	Uitval [%]
Corelli 2 Lavender	***1	50.8	86	69	85	3.4	6.9	14.2	6.2	13.4%	4%
	2	52.6	79	48	94	3.5	6.5	11.9	6.7	14.8%	20%
	3	54.7	69	52	88	3.8	6.2	13.2	5.2	15.1%	6%
	4	51.4	80	53	85	3.8	7.5	15.1	5.3	15.0%	4%
	5	51.2	79	58	86	3.5	7.1	14.6	5.4	14.7%	1%
Alissa 2 Pure White	1	49.7	90	80	76	3.5	7.8	13.9	6.6	12.8%	11%
	2	52.6	85	68	81	3.2	6.1	11.9	7.3	12.0%	11%
	3	56.9	88	75	82	3.3	7.9	13.9	6.5	12.7%	29%
	4	54.2	83	74	74	3.7	6.6	14.9	5.6	13.7%	18%
	5	52.4	108	78	84	2.8	6.6	15.0	7.3	12.9%	31%
Alissa 2 Pink III	1	50.7	84	70	79	3.7	8.0	14.2	6.0	13.1%	11%
	2	51.7	72	57	84	3.6	4.8	11.6	6.2	12.6%	8%
	3	58.1	77	64	83	3.1	6.8	14.3	5.5	13.8%	20%
	4	53.7	71	60	77	3.4	5.2	15.2	4.7	14.8%	6%
	5	50.7	86	65	85	3.3	5.5	14.4	6.1	12.6%	6%

5 Resultaten energiebalans

Gedurende proefteelt 2 en 3 is het patroon van verdamping met behulp van de FytaWatch in kaart gebracht (Figuur 25). Dit zijn de twee teelten rondom de donkerste dag en koudste periode van het jaar, dus met weinig instraling en veel uitstraling. Dit is daarmee dan ook de periode dat de verdamping van het gewas het meest moeizaam zal zijn. Slechte verdamping wordt als mogelijke oorzaak van brandkoppen bij lisianthus gezien, waarbij de hypothese is dat het groeipunt (apex) onvoldoende kan verdampen waardoor de calcium-toevoer naar deze jonge delen onvoldoende is. Dit gebrek aan calcium-toevoer resulteert in zwakkere celwanden, welke vervolgens barsten waardoor necrotisch blad ontstaat (Figuur 26).

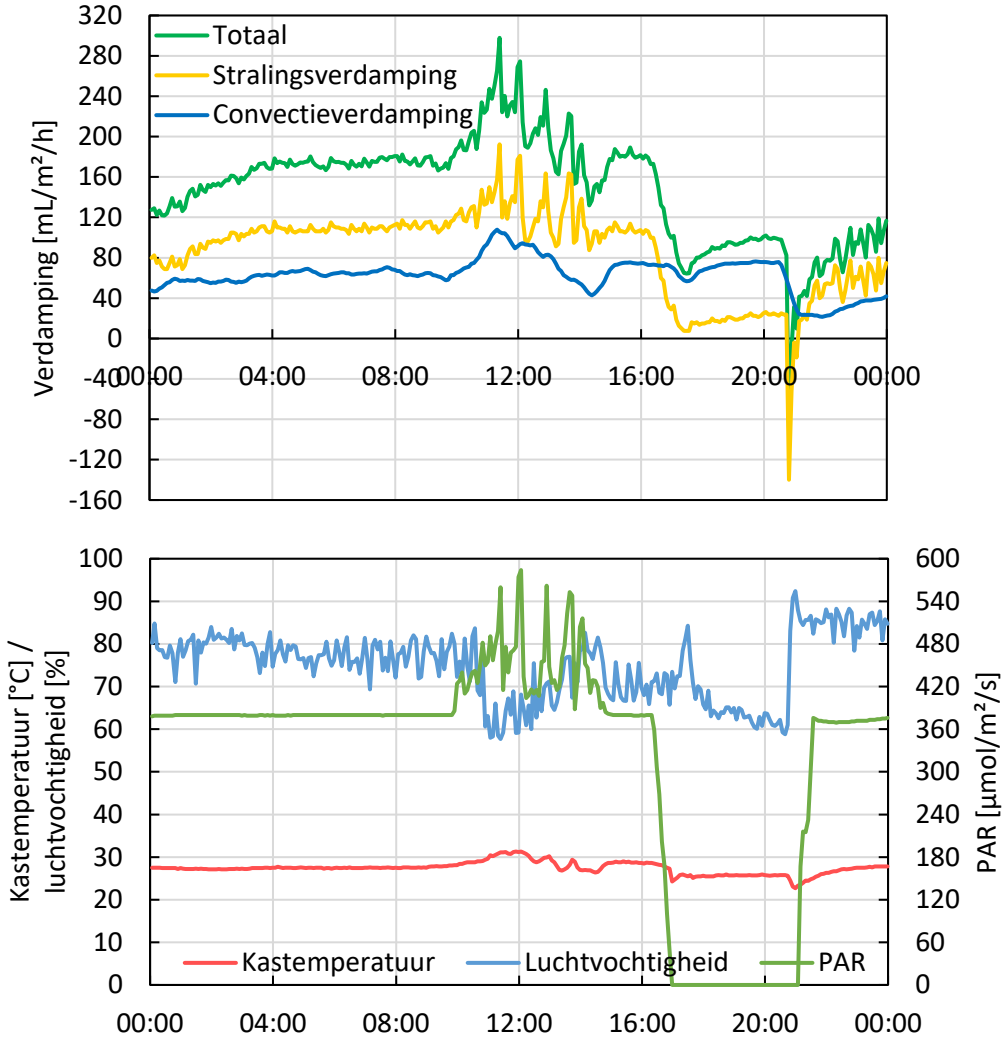
In proefteelt 2 werd er nog bovenlangs via de regenleiding water gegeven. Deze actie resulteert in een verstoring van de metingen (Figuur 27 rond 20:45 uur). De nettostralingsensor geeft dan namelijk een onrealistisch grote negatieve waarde gedurende enkele uren. Wat verder opvalt is dat door de beregening de kasluchttemperatuur tijdelijk daalt, terwijl de bladtemperatuur niet daalt. Dat de kasluchttemperatuur harder daalt dan de bladtemperatuur komt vermoedelijk door nevelvorming, dit koelt de lucht namelijk zeer effectief. Als resultante is de luchttemperatuur tot ongeveer één uur na watergift zeer vergelijkbaar met de bladtemperatuur. Op deze momenten is er dus geen convectieoverdracht van energie van de kaslucht naar het blad, en dus geen verdamping op basis van convectie. Dit zouden in potentie de momenten kunnen zijn waarop bladschade kan ontstaan.

Figuur 25. FytaWatch opstelling in de proefkas tijdens proefteelt 3. De nettostraling-, PAR- en planttemperatuursensor hangen iets boven het gewas (aan het linker uiteinde van het apparaat). De luchttemperatuur, vochtigheid en CO_2 worden net bij kophoogte gemeten (grijze box welke aan het frame is gemonteerd). NB de grijze box welke vooraan in de foto zichtbaar behoort niet tot de FytaWatch, dit is de meetbox van de proefkas.

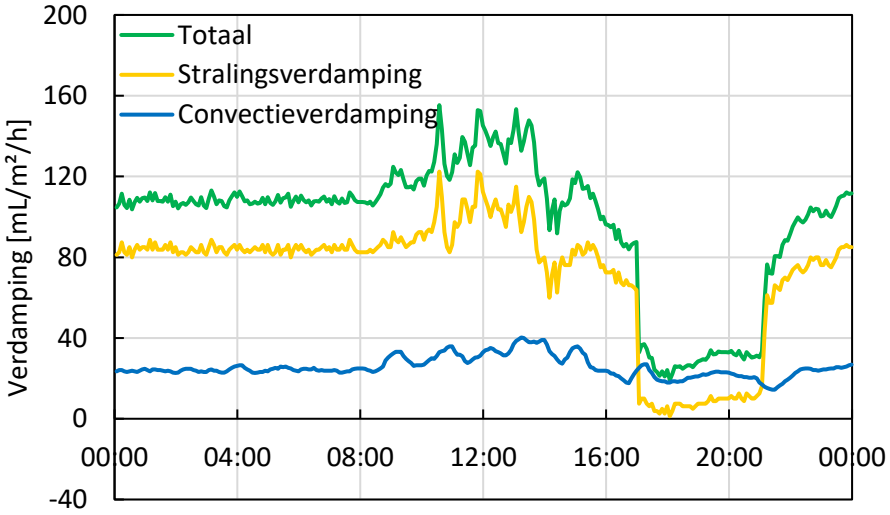
Figuur 26. Impressie van brandkoppen, ofwel bladverbranding / verbranding van het groeipunt. De foto is genomen bij de Alissa 2 Pure White, deze cultivar is gevoelig voor brandkoppen.

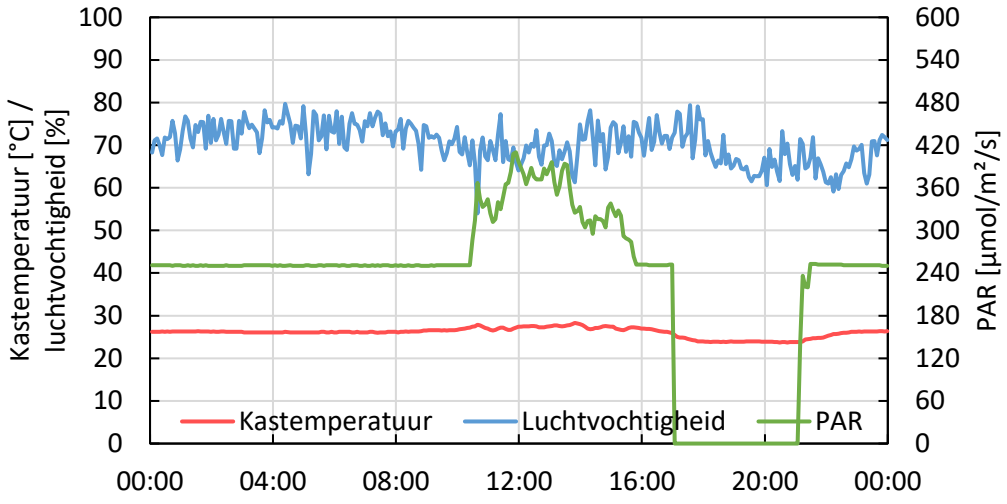
In proefteelt 3 is er vanaf de derde teeltweek met behulp van druppelleidingen onderlangs water gegeven, dit verhielp de verstoring van de nettostralingsensor volledig (vergelijk Figuur 27 en Figuur 28). In de metingen tijdens de derde teeltweek is te zien dat er altijd een positieve energietoevoer naar het gewas is. Zelfs in de donkerperiode (tussen 17:00 – 21:00) is er nog een netto positieve straling gemeten. Dit komt doordat de buizen warmte uitstraalden. In andere teelten is er vaak in de donkerperiode een netto negatieve straling doordat de schermen dan kouder zijn dan het gewas. Dit kan dan gecompenseerd worden door voldoende convectieverdamping te creëren, wat gerealiseerd kan worden door meer buis te gebruiken, meer luchtbeweging te realiseren of door de luchtvochtigheid te verlagen. Het tegenovergestelde effect van dit laatste is goed te zien op 4 februari (Figuur 29) vergeleken met 20 januari (Figuur 28). Waar de RV in de belichte nacht op 20 januari nog 73% (bij 26.2°C) was, was deze op 4 februari 89% (bij 27.3°C). Dit resulteerde in een afname in de berekende convectieverdamping van 24 naar 16 mL/m²/h.

Opmerkelijk blijft dat er aanzienlijke hoeveelheden brandkoppen zijn waargenomen, in het bijzonder bij de Alissa's, terwijl de bladeren binnen het gezichtsveld van de nettostraling- en bladtemperatuursensor altijd voldoende energietoevoer hadden om te verdampen. Echter is de verdamping van het groeipunt, waar de brandkop ontstaat, mogelijk niet te vergelijken met de verdamping van de bladeren in de bovenste gewaslaag. Dit omdat de bladeren in het groeipunt zich verticaal ontwikkelen, in plaats van horizontaal, waardoor het aandeel stralingsverdamping per bladoppervlakte-eenheid fors afneemt. Daarnaast vormen deze verticale bladeren mogelijk ook extra weerstand tegen luchtuitwisseling, immers er is deze situatie maar één zijde per blad die kan verdampen. Met als gevolg dat ook de convectieverdamping afneemt. Of dit daadwerkelijk gebeurt kan niet uitgesloten worden met de FytaWatch, omdat hiermee geen onderscheid gemaakt kan worden tussen plantorganen.

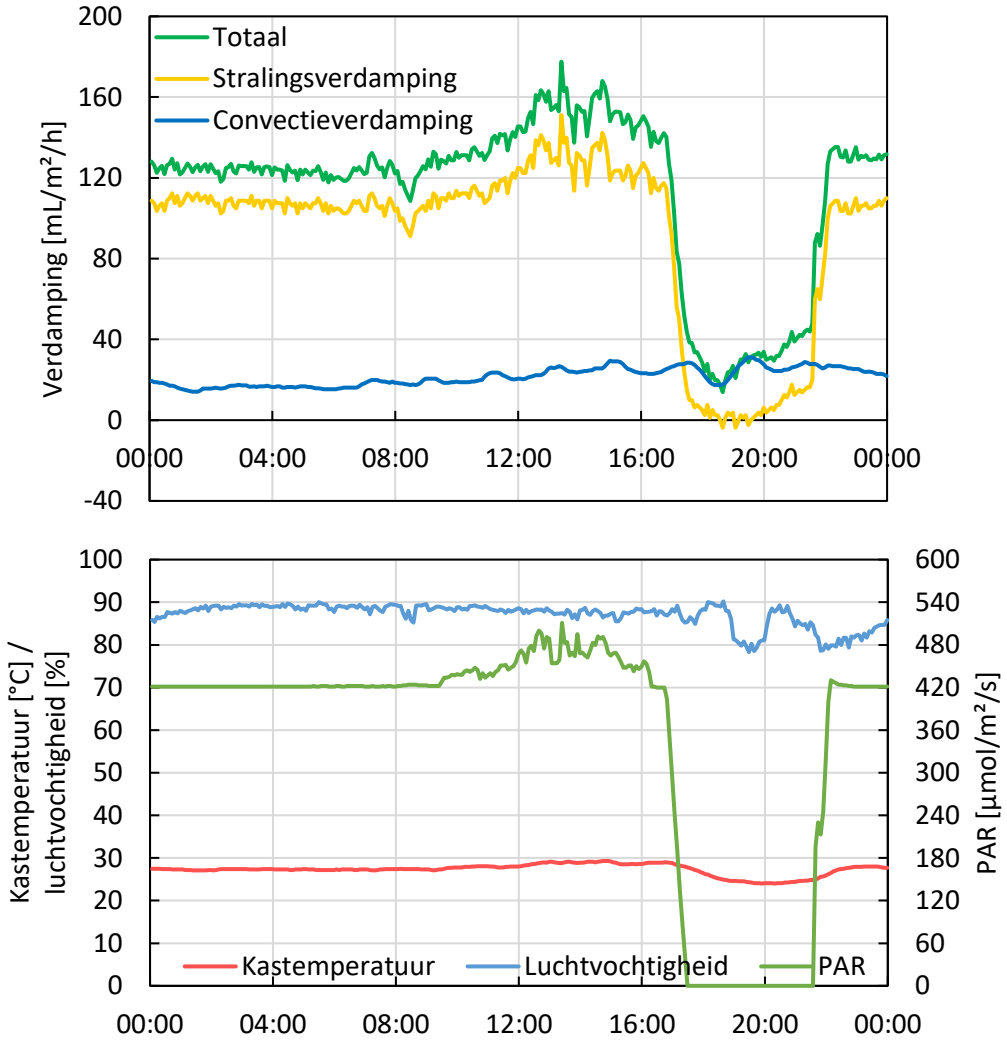


Figuur 27. Verdampings- en klimaatgegevens van dag 31 na start in proefteelt 2 (25 november 2023). Om 20:45 treedt er een verstoring van de verdampingsmeting op door de beregening. De nettostralingssensor geeft hierdoor onrealistische grote negatieve waardes.





Figuur 28. Verdampings- en klimaatgegevens van dag 17 na start in proefteelt 3 (20 januari 2024).



Figuur 29. Verdampings- en klimaatgegevens van dag 32 na start in proefteelt 3 (4 februari 2024).

6 Resultaten assimilatiemodel

Het doel in proefteelt 5 was om tijdens de zomerperiode te besparen op belichting, maar wel eenzelfde (dus geen betere) takkwaliteit te behalen als in de winter. Hiertoe is kennis nodig over de assimilatenbehoefte voor een zekere takkwaliteit. De benodigde lichtsom voor voldoende assimilatie bij een teelt in de zomer is hoger dan tijdens een winterteelt. Dit is het gevolg van drie aspecten welke in de hiernavolgende paragrafen verder worden uitgewerkt:

1. Kortere teeltduur. Als de etmaaltemperatuur hoger is, wordt de teeltduur korter. Voor hetzelfde takgewicht moet minimaal dezelfde lichtsom over de hele teelt gegeven worden. Dit resulteert dus in een gewenste gemiddeld hogere lichtsom per dag. Overigens is de onderhoudsademhaling ook hoger bij een hogere teelttemperatuur. Dit verhoogt ook de lichtbehoefte, maar mogelijk wordt dat gecompenseerd door de kortere teeltduur.
2. Lagere CO_2-concentratie. Door meer ventilatie daalt de CO_2-concentratie in de kas. Dit levert minder assimilatie op bij dezelfde lichtsom.
3. Hogere lichtintensiteit. De lichtresponscurve op bladniveau vlakt af bij hogere lichtintensiteiten. Dit geldt in mindere mate ook voor de fotosynthese op gewasniveau. Dit betekent dat 1% meer licht niet meer gelijk is aan 1% extra assimilatie.

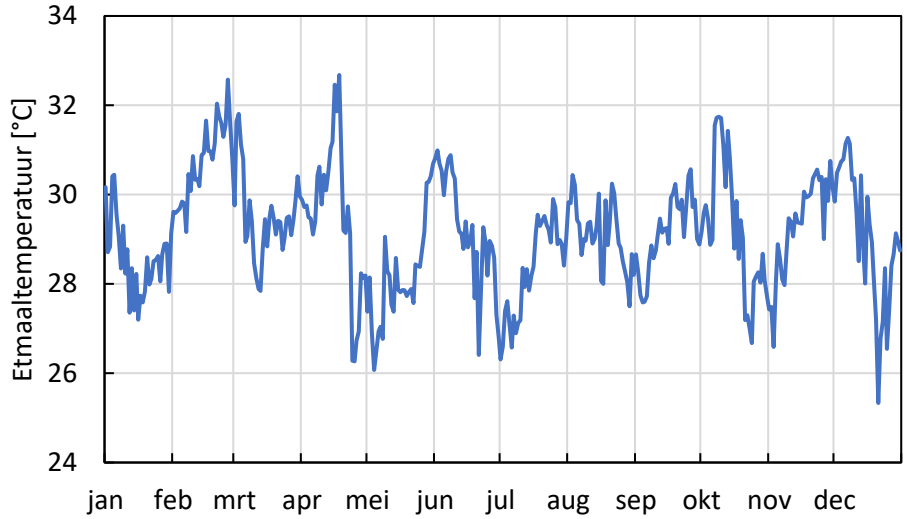
6.1 Kortere teeltduur

Gedurende proefteelt 3, de tweede winterteelt, is een lichtsom gegeven van 1387 mol/m²/teelt. Hierbij was de gemiddelde teeltduur 56.7 dagen. Dit betekent een gemiddelde lichtsom van 24.5 mol/m²/d. Als de teelt 3 dagen sneller gaat, moet deze totale lichtsom gegeven worden in 53.5 dagen, dit resulteert in een lichtsom van 25.9 mol/m²/dag. Over het algemeen is er per dag teeltversnelling een lichtsomverhoging nodig van ongeveer 0.5 mol/m²/dag.

Om voor aanvang van proefteelt 5 een inschatting te maken van welke teeltduur te verwachten is, is gebruik gemaakt van de temperatuursom. Let wel, lisianthus is een kwantitatief lange-dag plant. De temperatuursom benadering kan dus mank gaan lopen bij ongelijke daglengte en spectrum. De temperatuursom is per dag berekend met de etmaaltemperatuur minus de basistemperatuur van 12.14 °C, welke is gebaseerd op eerder onderzoek (van den Boogaart *et al.*, 2024). Per tak is vervolgens de gemiddelde temperatuursom berekend, dit was 826 graaddagen voor Rosita III Pure White. In proefteelt 3 was de gemiddelde etmaaltemperatuur 26.8 °C voor Rosita III Pure White. De etmaaltemperatuur in de praktijk is redelijk gelijk rond de 29 °C gedurende het jaar (Figuur 30). De etmaaltemperatuur in de winterteelt in de proefkas was dus relatief laag ten opzichte van de praktijk. Dat is logisch gezien het energiebesparingsdoel. De verwachting is dat in de zomer de etmaaltemperatuur minder zal afwijken van de praktijk. In deze periode is de verwarming namelijk minder bepalend voor de temperatuur. Daarom wordt voor de zomerperiode uitgegaan van 29 °C. Uitgaande van een etmaaltemperatuur van 29 °C zoals

ook in de praktijk behaald wordt, zal de zomerteelt 7.5 dag sneller zijn (13% sneller). Dit betekent dat de lichtsom 3.8 mol/m²/d hoger moet zijn, een verhoging van 15%.

De 2.2 °C hogere teelttemperatuur geeft ook een hogere onderhoudsademhaling. Volgens de Q10=2-regel (Heuvelink, 2005) is dit rond de 16% hoger (29.0 °C versus 26.8°C). Aangezien de berekende teeltduur 13% korter is—dus minder dagen onderhoudsademhaling—is het theoretische netto-effect van de verhoging van de onderhoudsademhaling beperkt.



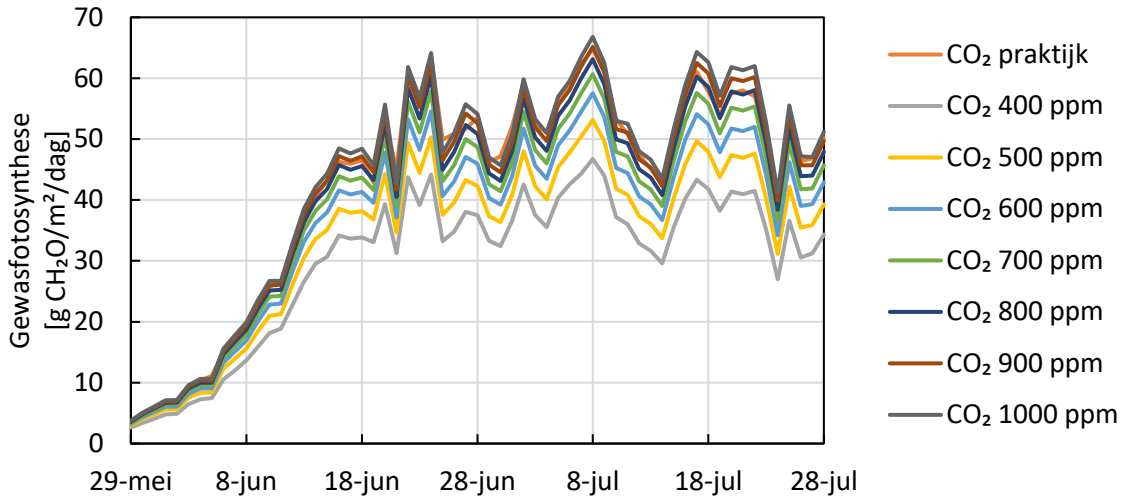
Figuur 30. Verloop van de etmaaltemperatuur bij een lisianthusteelt bij een praktijkbedrijf ter referentie (2021). De teelttemperatuur schommelt grotendeels tussen de 28-30°C zonder duidelijk verschil tussen zomer en winter.

6.2 Effect van CO_2-concentratie

In de winter wordt er weinig gelucht, in de zomer wordt er juist veel gelucht om te voorkomen dat de kastemperatuur te ver oploopt. Dit zorgt ervoor dat 's zomers overdag ook de CO_2-concentraties dalen, maar in de praktijk wordt er op deze moment nog veel gedoseerd waardoor CO_2-concentraties vrijwel nooit lager uitkomen dan 600 ppm.

Om te bepalen wat het effect is van de iets lagere CO_2-concentratie op de gewasfotosynthese, is een teelt doorgerekend van 29 mei tot en met 28 juli (Figuur 31). Hierbij valt op dat in de eerste weken de gewasfotosynthese nog oploopt, dit is het gevolg van de toename in bladoppervlakte en dagelijkse lichtsom gedurende deze periode. Om het effect van CO_2-concentratie te bepalen is de gewasfotosynthese gesimuleerd met een CO_2-concentratie van continu 1000 ppm naar continu 400 ppm in stappen van 100 ppm. Dit laat zien dat de gewasfotosynthese lager wordt als gevolg van een lagere CO_2-concentratie.

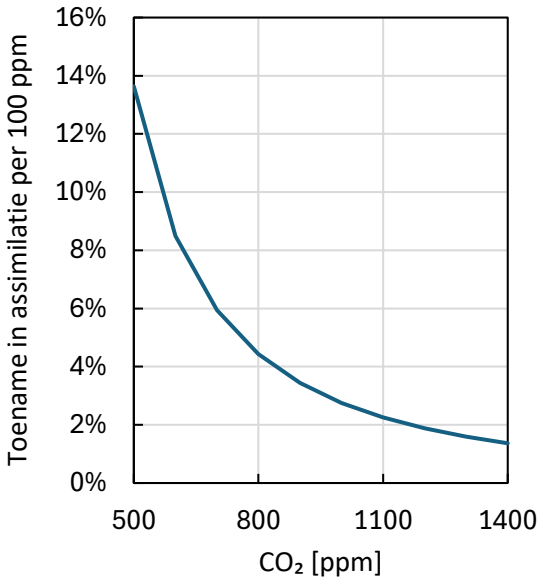
In Tabel 7 staat de totale assimilatie en procentuele toename per 100 ppm weergegeven. Gegeven het feit dat zelfs in de zomer in de praktijk de CO_2-concentratie slechts 6 uur per dag onder de 800 ppm zakt, met 600 ppm als dieptepunt, zal het verschil met de winter minimaal zijn. Wanneer de CO_2-concentratie 6 uur per dag verhoogd zou kunnen worden van 700 naar 800 ppm levert dit per etmaal ~1.5% extra assimilatieproductie op.



Figuur 31. Berekende assimilatie van een gewas in een gesimuleerde teelt van 29 mei tot en met 28 juli met verschillende CO_2-concentraties. Op basis van gewasmetingen in proefteelt 3 en klimaatdata van de praktijkreferentie.

Tabel 7. Totale berekende assimilatie gedurende een teelt bij verschillende CO_2-concentraties. Rond 800-900 ppm vindt CO_2-verzadiging plaats. NB Hoewel er een kleine verhoging van 1-2% per 100 ppm te zien is in het traject 1000-1400 ppm kan dit ook een wiskundig artefact zijn.

CO_2-concentratie [ppm]	Assimilaten-som [g CH_2O]	Toename per 100 ppm [%]
Praktijk	2594	-
400	1837	-
500	2087	14%
600	2264	8%
700	2399	6%
800	2505	4%
900	2591	3%
1000	2663	3%
1100	2723	2%
1200	2774	2%
1300	2818	2%
1400	2857	1%



6.3 Effect van hogere lichtintensiteit en lichtrespons

In de zomer komen hogere lichtintensiteiten voor dan in de winterperiode. De assimilatie van een gewas neemt bij hogere intensiteiten niet meer 1 op 1 toe met de lichtsom. Voor dezelfde assimilatensom is bij hogere lichtintensiteiten in het algemeen dus een hogere lichtsom nodig. Om te bepalen hoeveel de lichtsom aangepast moet worden vanwege de hogere lichtintensiteit kan gebruik gemaakt worden van de Light Use Eficiency (LUE) op assimilatenniveau.

Uit de berekening van de LUE van het lisianthusgewas in de proefteelt blijkt dat, in tegenstelling van wat verwacht werd, de LUE tussen januari en juli niet daalt. Dit blijkt een gevolg te zijn van de relatief hoge donkerademhaling bij lisianthus. Daarom is het niet noodzakelijk om te compenseren voor een lagere assimilatie per mol licht bij hogere lichtintensiteiten in de zomer.

6.4 Gewenste lichtsom in een zomerteelt

De gemiddelde lichtsom gedurende proefteelt 3 was 24.5 mol/m²/d. Om in de zomer een gelijk takgewicht te realiseren moet vanwege de berekende kortere teeltduur van 7.5 dag een 15% hogere lichtsom worden aangehouden. Dit betekent een verhoging van 3.8 mol/m²/d. Voor lagere CO_2-concentratie en of hogere lichtintensiteiten, gegeven de praktijkreferentie, hoeft niet gecompenseerd te worden. Deze benadering is dus voornamelijk afhankelijk van de gerealiseerde teeltversnelling.

Tijdens proefteelt 5 bleek dat er niet gecompenseerd hoefde te worden voor CO_2, deze bleef namelijk hoog. Voor teeltduurversnelling, door een verhoogde etmaaltemperatuur, diende wel gecompenseerd te worden met een hogere lichtsom per dag. De teeltduur was namelijk 5.8 dagen korter dan in proefteelt 3, dit behoefde een extra lichtsom van gemiddeld 2.9 mol/m²/d. Er is uiteindelijk een iets hogere lichtsom gerealiseerd in proefteelt 5 dan noodzakelijk was voor compensatie, namelijk 28.5 mol/m²/d, een toename van 3.6 mol/m²/d t.o.v. proefteelt 3. Dit verklaart ten dele waarom de takken in proefteelt 5 zwaarder waren dan in proefteelt 3 (Tabel 5). Waarom de productie (g/mol PAR) niet daalt in de zomer lijkt veroorzaakt te worden door de hoge donkerademhaling bij lisianthus waardoor stijgende lichtsommen netto meer assimilaten opleveren. Verder valt op dat in proefteelt 5 het onderste gedeelte van de tak relatief veel weegt (takgewicht minus takgewicht op 72 cm in Tabel 5), wat waarschijnlijk verklaard wordt door de relatief hoge lichtsom aan het begin van proefteelt 5 (Figuur 7). Dit extra takgewicht is verder niet nuttig.

7 Algemene discussie en conclusie

Het doel van dit onderzoek is het verduurzamen van de lisianthusteelt door energiegebruik te verminderen zonder afbreuk te doen aan de productie en kwaliteit van het gewas. De stapsgewijze aanpak van energiebesparing, waarin meerdere innovaties op het gebied van belichting, verwarming, luchtvochtigheidsbeheersing en irrigatie werden toegepast, biedt waardevolle inzichten in de mogelijkheden en beperkingen van een duurzamere teeltstrategie voor lisianthus. Over het algemeen is er een goede kwaliteit lisianthus geteeld in de vijf proefteelten.

Een van de belangrijkste bevindingen is dat gedurende de gehele teelt 20 uur per dag met full-LED belichten, in combinatie met de juiste implementatie van verrood, geen negatieve effecten had op de plantontwikkeling. Dit bevestigt eerdere inzichten uit onderzoek in klimaatcellen (van den Boogaart en Hogewoning, 2024). Naast het al gereduceerde elektriciteitsverbruik door het gebruik van full-LED ten opzichte van traditionele SON-t belichting, biedt 20 uur per dag belichten ook kansen om de warmtevraag meer elektrisch in te vullen in plaats van met gas. De nacht betreft namelijk nog maar 4 uur tegenover de in de praktijk gebruikelijkere 9 uur gedurende de eerste teeltweken. De donkerperiode waarin warmte voornamelijk met de buizen wordt ingebracht wordt hiermee meer dan gehalveerd. De toepassing van verrood gedurende de fotoperiode voor enkel de eerste ±4 weken van de teelt bleek geen teeltvertraging teweeg te brengen. Dit levert een besparing van het verrood gebruik van meer dan 50% op. Daarnaast kan met verrood aan het einde van de fotoperiode (Vr EoD) ook effectief op meer gewaslengte worden gestuurd. Deze extra lengte is wenselijk in de eerste weken van de teelt. In de praktijk wordt om deze strekking te realiseren de groeiregulator Berelex (gibberellinezuur) gebruikt. Berelex is in proefteelt 2 tot en met 5 niet meer toegepast geweest, maar met behulp van Vr EoD is er wel voldoende strekking gerealiseerd. De praktijk past deze inzichten nu ook toe.

De actieve ontvochtiging op de manier zoals deze was geïnstalleerd in de proef, namelijk zowel aanzuiging als uitblaas net onder het schermdoek, bleek minder goed te functioneren dan geanticipeerd. Hoewel de ontvochtigers prima in staat waren om de gewenste luchtvochtigheid te realiseren in de eerste weken van de teelt, ging dit niet meer vanaf de derde teeltweek door toename van het bladpakket. Het bleek dat de efficiëntie van het apparaat werd beperkt door recirculatie van droge lucht boven het gewas. Dit leidde tot een fors lagere efficiëntie dan verwacht, namelijk slechts 200 l/d tegenover de verwachte 475 l/d. Mogelijk valt dit verder te optimaliseren door de luchtmenging in de kas te verbeteren of door vochtigere lucht aan te kunnen zuigen.

Mede door het suboptimaal presteren van de ontvochtigers werd er al in de tweede proefteelt bij een lager vochtdeficit van 4 g/m^3 in plaats van 6 g/m^3, geteeld, in plaats van vanaf proefteelt 4 zoals gepland (zie hoofdstuk 1.1). Een lager vochtdeficit resulteert in minder verdamping voor het gewas. Slechte(re) verdamping wordt in verbrand gebracht met "brandkoppen" (verbranding van het groeipunt, zie Ruiter en van den Boogaart, 2025). De hypothese is dat

dit optreedt wanneer het groeipunt onvoldoende kan verdampen, waardoor de calciumtoevoer naar jonge bladeren tekortschiet. Dit zou dan tot zwakkere celwanden en necrotisch bladweefsel leiden. Echter zijn er bij metingen met de FytaWatch geen momenten waargenomen waarbij de toplaag van het gewas niet meer kon verdampen. Wel is het zo dat het groeipunt, waar de brandkop ontstaat, toch een ander verdampingspatroon laat zien dan de toplaag van het gewas. Mogelijk was de verdamping van het groeipunt wel beperkend.

Twee andere belangrijke energiebesparende maatregelen voor het reduceren van de warmtevraag waren geen minimumbuis meer toe te passen en onderlangs water geven. De overstap naar druppelirrigatie resulteerde in minder 'vrij' water en een droger gewas, zonder dat dit zorgde voor ongelijkheid in de gewasontwikkeling. Mogelijk heeft onderlangs water geven wel een effect op brandkoppen. Verdampend 'vrij' water op bladeren koelt het gewas wel, maar omdat het water niet uit het gewas komt brengt het geen verdampingsgedreven sapstroom op gang. Hierdoor neemt de opname van calcium af, waarvan een tekort de vermoedelijk oorzaak is van brandkoppen. Ook het niet toepassen van een minimumbuis heeft niet geresulteerd in het minder goed aanslaan, een tragere ontwikkeling van het gewas of meer ziektedruk. Waarbij opgemerkt dat er in de winterperiode feitelijk geen verschil was tussen wel of geen minimumbuis, omdat de onderbuis meestal toch wel 40°C was vanwege de warmtevraag.

Wat betreft de assimilatenproductie blijkt dat een hogere lichtsom per dag in de zomer nodig is om een vergelijkbare takkwaliteit als in de winter te behouden. De berekeningen, op basis van een praktijkbedrijf, tonen aan dat de dagelijkse benodigde lichtsom in de zomer met ongeveer 15% moest worden verhoogd ten opzichte van de winter. Dit omdat de verwachte teeltduur korter is. Voor lagere CO_2-concentratie en of hogere lichtintensiteiten hoeft niet gecompenseerd te worden, dus de totale lichtsom per tak over de gehele teelt hoeft dan ook niet hoger te worden. Gedurende proefteelt 5 werd bevestigd dat enkel compensatie voor teeltduurversnelling noodzakelijk was, omdat CO_2-concentraties hoog genoeg bleven.

Samengevat toont dit onderzoek aan dat lisianthus met aanzienlijk minder energie kan worden geteeld door middel van het toepassen van full-LED belichting in combinatie met verrood, actieve ontvochtiging, onderlangs water geven en optimalisatie van de lichtsom in de zomer. Er was geen referentiekas om de effecten van de energiebesparende maatregelen mee te vergelijken. In acht nemende dat dat echte harde conclusies in de weg staat, trekken we op basis van observatie de volgende conclusies:

- Full-LED belichting in combinatie met direct 20 h/d belichten kan de teeltsnelheid verhogen en vergt minder buisvraag in de onbelichte nacht, zonder dat zich problemen voordeden met de productie of kwaliteit van de takken.
- Verrood licht kan gericht worden ingezet om bloeivertraging te voorkomen en gewasstrekking te optimaliseren, waardoor het gebruik van het groeihormoon Berelex verminderd of zelfs uitgesloten kan worden.

- Geen minimumbuis hanteren heeft niet geleid tot minder goed aanslaan, een tragere ontwikkeling van het gewas of meer ziektedruk. Waarbij opgemerkt dat de onderbuis in de winter meestal toch wel warm was door warmtevraag.
- Telen bij een lager vochtdeficit leek niet te resulteren in verslechterde ontwikkeling en of meer ziektedruk. Wel zijn er indicaties dat dit de mate en ernst van brandkoppen, en daarmee uitval, heeft verergerd.
- Starten in de tweede of derde week van de teelt met onderlangs water geven heeft niet geleid tot ongelijkheid in gewasontwikkeling. Met onderlangs water geven wordt voorkomen dat het gewas nog volledig nat wordt bij een gietbeurt, wat extra warmte zou kosten om droog te stoken.
- In de zomer is een hogere lichtsom per dag noodzakelijk om een vergelijkbare takkwaliteit als in de winter te behalen, voornamelijk als gevolg van een kortere teeltduur.

Deze resultaten vormen een solide basis voor de verduurzaming van de lisianthusteelt. Veel van de bovengenoemde conclusies kunnen direct in de praktijk worden geïmplementeerd. Voor verdere verduurzaming van de lisianthusteelt liggen er nog kansen bij het optimaliseren van telen bij een hoger vochtniveau om verder op warmte te besparen.

Referenties

van den Boogaart SAJ, Hogewoning SW, Trouwborst G (2020) Kansen voor energiebesparing in de Lisianthusteelt. Plant Lighting B.V., Bunnik. 44p.

van den Boogaart SAJ, Hogewoning SW, Trouwborst G (2022a) Lisianthus: effecten van lichtspectrum en straling. Deelrapport VII in project "Fundamentele kennisontwikkeling LED-belichting voor praktische toepassing in de kas" & WP1 in project "Lisianthus toekomstbestendig stap één: minder elektra met LED". Plant Lighting B.V., Bunnik. 36p.

van den Boogaart SAJ, Hogewoning SW, Gubbels J, Sanders J (2022b) Lisianthus toekomstbestendig: minder elektra met LED. Plant Lighting B.V., Bunnik. 36p.

van den Boogaart SAJ, Hogewoning SW (2024) Lisianthus: sturen op bloeisnelheid en taklengte met fotoperiode, verrood licht, temperatuur en genetica. Deelrapport III in project "Kennisontwikkeling daglengte-gevoelige siergewassen voor een energie-efficiëntere teelt". Plant Lighting B.V., Bunnik. 40p.

Heuvelink E (2005) Tomatoes. (Crop production science and horticulture; No. 13). Oxford: CAB International. 342 p.

Monsi M, Saeki T (2005) On the Factor Light in Plant Communities and Its Importance for Matter Production. Annals of Botany, 95, 549-567.

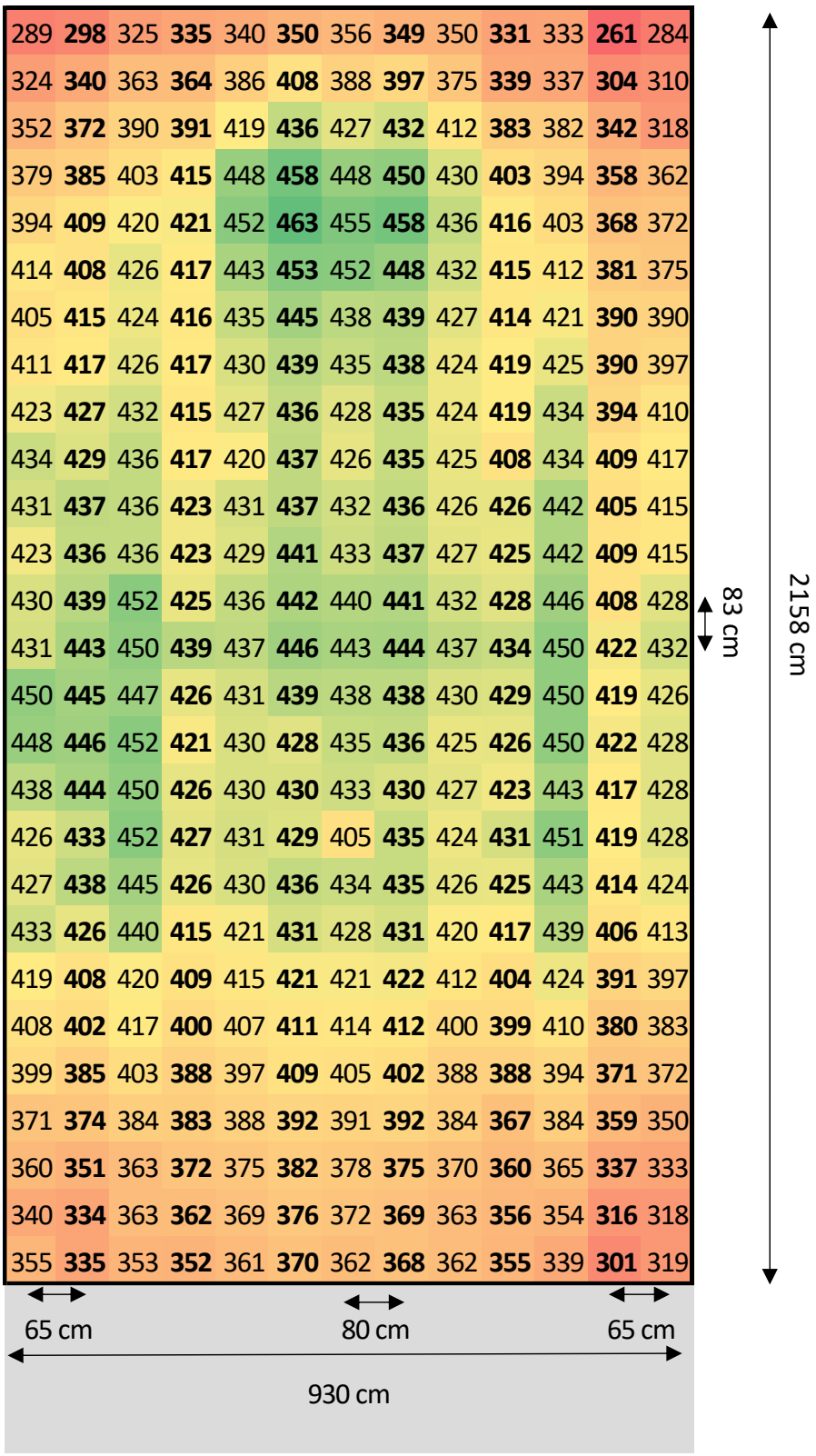
Rappoldt C, Schapendonk AHCM, Hogewoning SW, van den Boogaart SAJ (2022) Berekeningen met een virtuele Lisianthus kas; Verkenning van mogelijkheden voor energiebesparing. EcoCurves, Haren. 108p.

Ruiter DI, van den Boogaart SAJ (2025) Lisianthus: controle over brandkoppen. Deelrapport III in project "Kennisontwikkeling siergewassen voor een energie-efficiëntere teelt". Plant Lighting B.V., Bunnik. 35p.

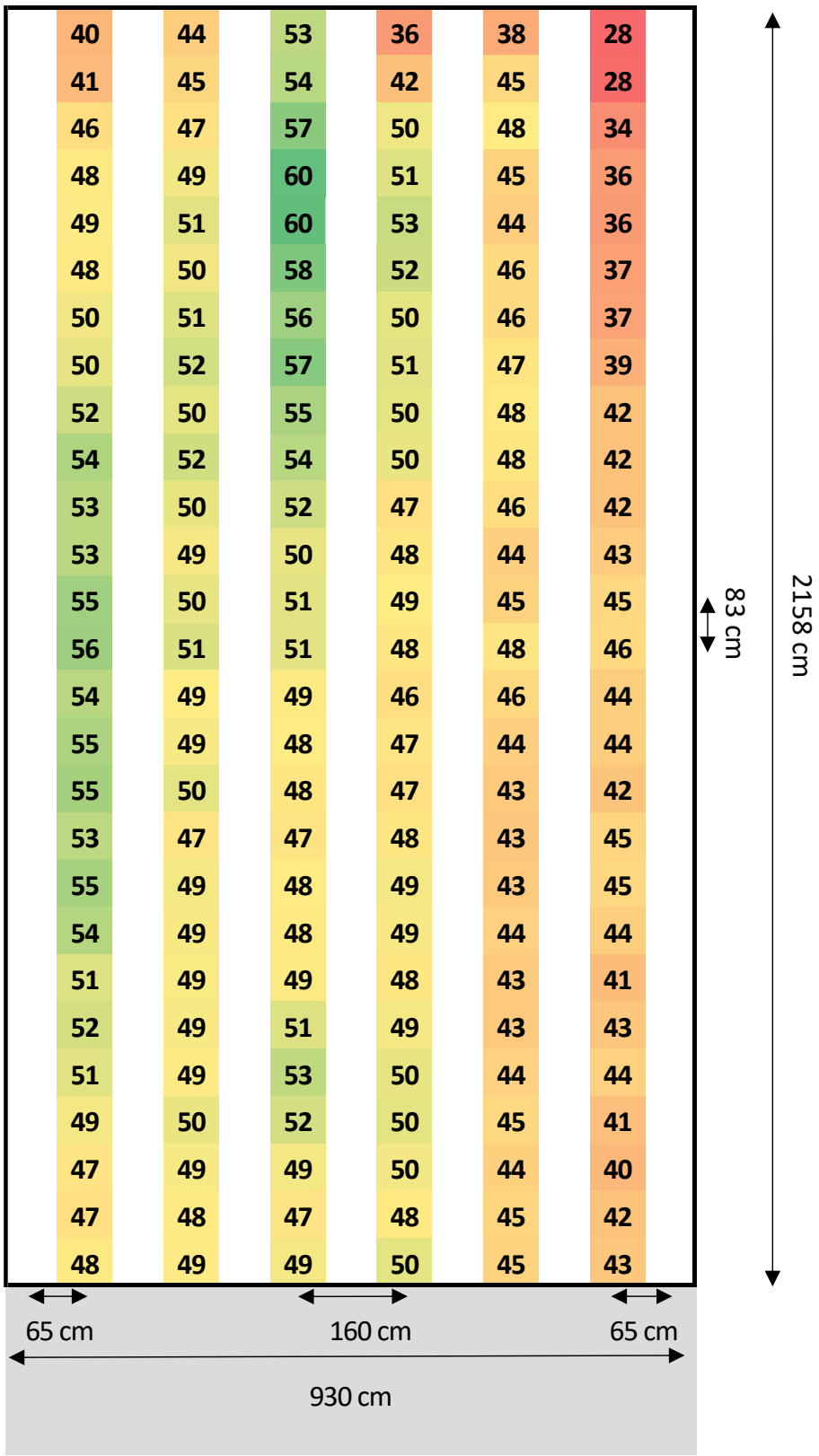
Trouwborst G, Noordhoek EP, Voogt JO, Hogewoning SW (2022) Monitoring huidmondjes in de kas: Gebruik van de netto stralingsmeter, deelrapport Anthurium. Plant Lighting B.V., Bunnik. 57p.

Voogt JO, van Weel P (2008) Climate Control Based on Stomatal Behavior in a Semi-Closed Greenhouse System 'Aircokas'. Acta Hort. 797: 151-156.

Bijlage I | Lichtverdeling



Figuur 32. Lichtverdeling in µmol/m²/s PAR afkomstig uit de belichting op maximaal vermogen. De metingen zijn verricht op 62 cm boven het maaiveld. De dikgedrukte getallen komen overeen met de waardes in het midden van de 6 teeltbedden.



Figuur 33. Lichtverdeling in µmol/m²/s verrood afkomstig uit de belichting op maximaal vermogen. Dit is nagemeten op 62 cm boven het maaiveld. Verrood is alleen gemeten in het midden van de 6 teeltbedden.

Bijlage II | Testprocedure houdbaarheidsproeven

Condities Transportfase

Tijdsduur (dagen)	2
Verpakking	container, hoes
Middel 1	Chrysal CVBn 1 pil/2,2l
Temperatuur	8ºC ± 1ºC
Relatieve luchtvochtigheid	75 ± 10%
Lichtniveau	0 lux
Lichtkleur	donker
Luchtverversing	elke 2 uur
Luchtsnelheid	< 0.5 m/s
Ethyleengehalte	< 0.05 ppm

Condities Winkelfase

Tijdsduur (dagen)	2
Verpakking	container
Middel 1	water 2 l
Temperatuur	20ºC ± 1ºC
Relatieve luchtvochtigheid	60 ± 10%
Lichtniveau	± 1000 lux (12 h/d)
Lichtkleur	840
Luchtverversing	Elke 2 uur
Luchtsnelheid	< 0.5 m/s
Ethyleengehalte	< 0.05 ppm
Watervoorziening	indien noodzakelijk

Condities Consumentenfase

Tijdsduur (dagen)	21
Verpakking	-
Middel 1	Chrysal Clear Universal liquid 10 ml/l
Temperatuur	20ºC ± 1ºC
Relatieve luchtvochtigheid	60 ± 10%
Lichtniveau	± 1000 lux (12 h/d)
Lichtkleur	840
Luchtverversing	Elke 2 uur
Luchtsnelheid	< 0.5 m/s
Ethyleengehalte	< 0.05 ppm
Watervoorziening	naar behoefte

Bijlage III | Voedingsschema & grondmonsters

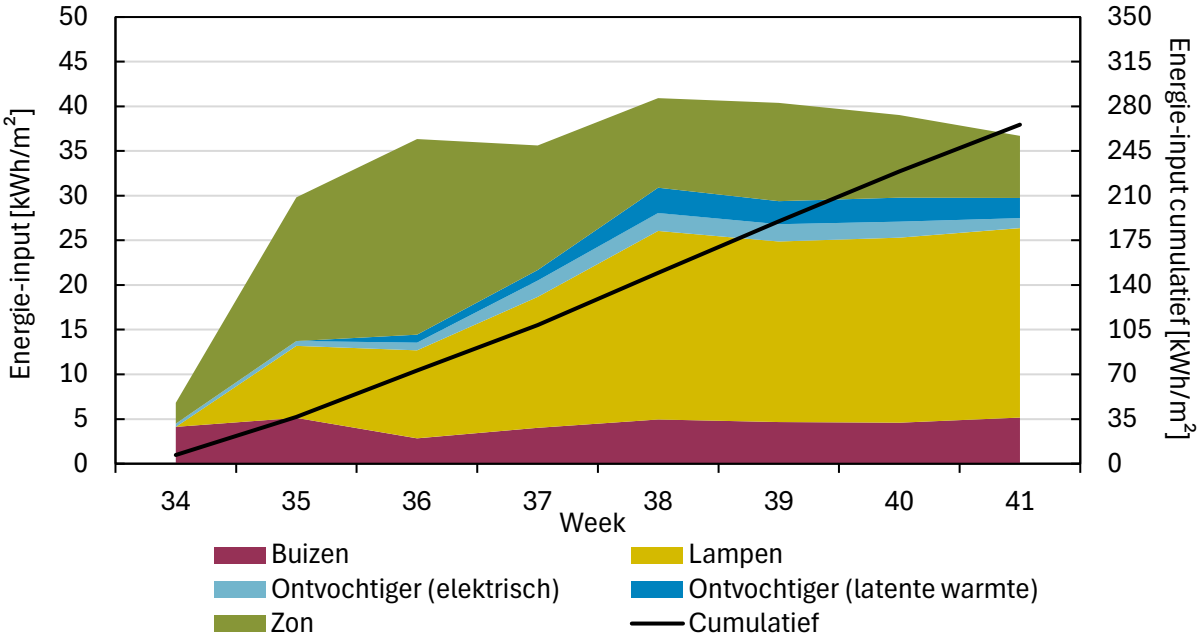
Nutriëntenanalyse van het gietwater en grondmonsters in de 5 proefteelten lisianthus.

Tabel 8. Gebruikte voedingsschema van het gietwater (n=16) en grondmonster (n=17) in de proefteelten.

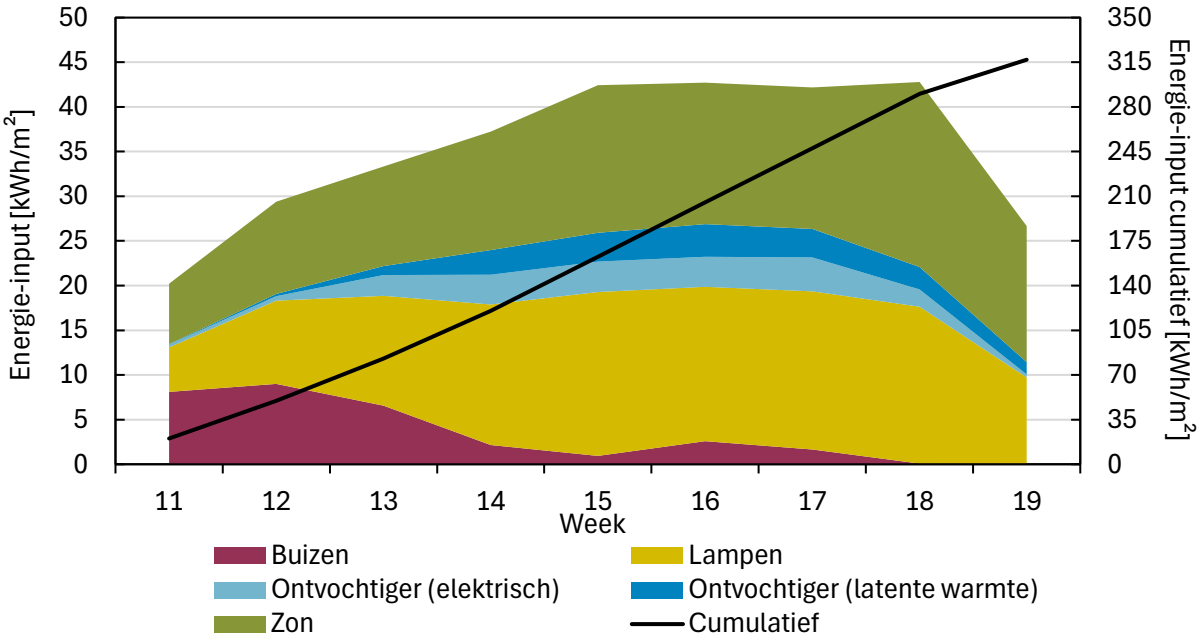
		Gietwater		Grondmonster	
Parameter	**Eenheid**	**Gemiddeld**	**EC 1.0**	**Gemiddeld**	**EC 1.0**
pH	-	5.5	5.5	7.0	7.0
EC	mS/cm	3.1	1.0	1.2	1.0
Ammonium (NH_4)	mmol/l	1.1	0.4	0.7	0.6
Nitraat (NO_3)	mmol/l	13.7	4.5	0.1	0.1
Chloride (Cl)	mmol/l	5.2	1.7	3.4	2.9
Kalium (K)	mmol/l	8.4	2.7	1.9	1.6
Calcium (Ca)	mmol/l	7.7	2.5	3.0	2.5
Magnesium (Mg)	mmol/l	2.4	0.8	0.7	0.6
Fosfaat (PO_4)	mmol/l	1.9	0.6	2.7	2.3
Sulfaat (SO_4)	mmol/l	4.5	1.5	1.1	1.0
IJzer (Fe)	µmol/l	44.5	14.5	0.3	0.2
Mangaan (Mn)	µmol/l	28.5	9.3	0.2	0.2
Zink (Zn)	µmol/l	8.2	2.7	2.2	1.9
Borium (B)	µmol/l	13.9	4.5	8.2	7.0
Koper (Cu)	µmol/l	0.9	0.3	0.8	0.7
Molybdeen (Mo)	µmol/l	0.5	0.2	2.5	2.1

Bijlage III | Energie-input

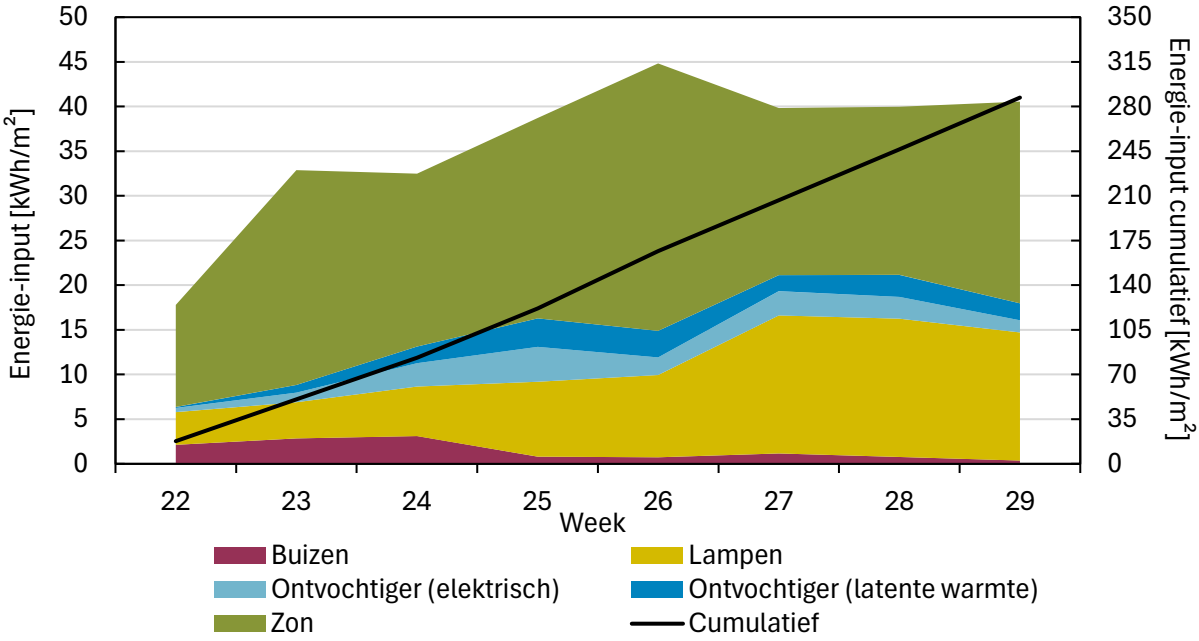
Deze bijlage bevat de energie-input gegevens van proefteelt 1, 4 en 5.



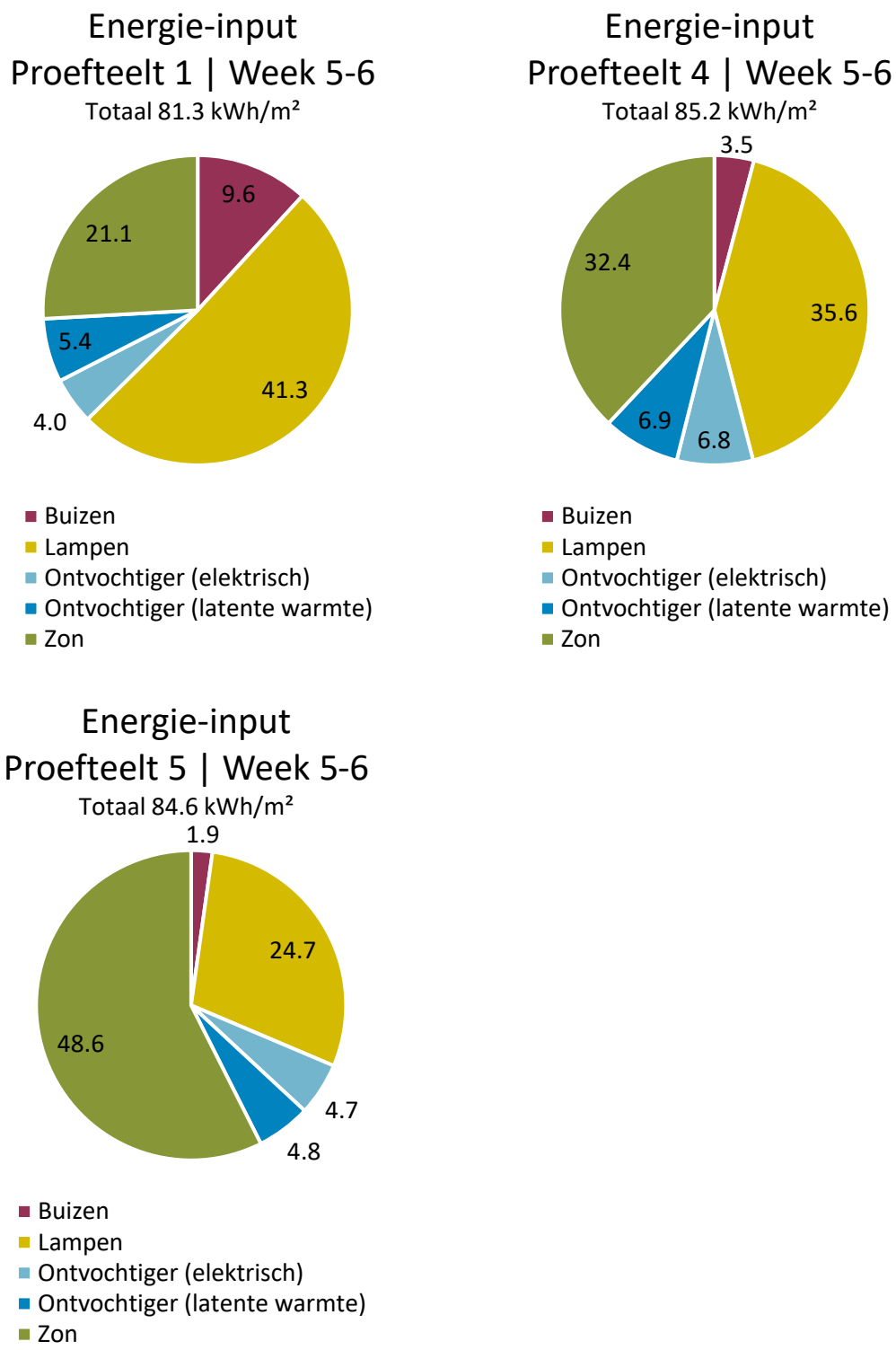
Figuur 34. Overzicht van het totale energie-input gedurende proefteelt 1 onderverdeeld in input van de buizen, lampen, ontvochtiger (elektrisch), ontvochtiger (latente warmte) en de zon. Daarnaast is de cumulatieve energie-input weergegeven.



Figuur 35. Overzicht van het totale energie-input gedurende proefteelt 4 onderverdeeld in input van de buizen, lampen, ontvochtiger (elektrisch), ontvochtiger (latente warmte) en de zon. Daarnaast is de cumulatieve energie-input weergegeven.



Figuur 36. Overzicht van het totale energie-input gedurende proefteelt 5 onderverdeeld in input van de buizen, lampen, ontvochtiger (elektrisch), ontvochtiger (latente warmte) en de zon. Daarnaast is de cumulatieve energie-input weergegeven.



Figuur 37. Overzicht van het totale energie-input van gedurende proefteelt 1, 4 en 5 tijdens teeltweek 5-6 onderverdeeld in input van de buizen, lampen, Van Wijk, ontvochtiging en de zon.

Bijlage IV | Tijdlijnen proefteelten

Hieronder staan de tijdlijnen van alle 5 de proefteelten weergegeven. De fungicide Signum werd iedere proefteelt preventief toegepast. In proefteelt 1 en 2 werden enkele takken met verstening van de bloemknoppen waargenomen, vermoedelijk door aantasting van insecten. Een labtest naar de oorzaak van de verstening gaf enkel negatieve uitslagen. Gezien de praktijk normaliter naast Signum ook de insecticide Gazelle en Teppeki toepast is dit in proefteelt 3 ook uitgevoerd. Omdat de verstening in proefteelt 3 volledig was verdwenen zijn Gazelle en Teppeki ook preventief toegepast in proefteelt 4 en 5.

Tabel 9. Tijdlijn proefteelt 1.

Datum	Dagen na start	Gebeurtenis
22-08-2023	0	Start proef
23-08-2023	1	Fungicide (25L), Signum (40g)
24-08-2023	2	Groeiverbeteraar (30L), Florgib ST (3 tabletten)
02-09-2023	11	Insecticide tegen rups (20L), Runner (20mL)
21-09-2023	30	Verrood overdag uitgeschakeld
23-09-2023	32	Groeiremmer (7L), Alar 85 SG (4g)
26-09-2023	35	Groeiremmer (21L), Alar 85 SG (42g)
28-09-2023	37	Groeiremmer (14L), Alar 85 SG (28g)
03-10-2023	42	Groeiremmer (21L), Alar 85 SG (42g)
06-10-2023	45	Start oogst
17-10-2023	56	Einde oogst

Tabel 10. Tijdlijn proefteelt 2.

Datum	Dagen na start	Gebeurtenis
25-10-2023	0	Start proef
27-10-2023	2	Fungicide (25L), Signum (40g)
02-11-2023	8	Fungicide (40L), Signum (40g) & Switch (32g)
07-11-2023	13	Groeiverbeteraar (5L), Florgib ST (0.5 tablet), enkel op voorste Alissa's
20-11-2023	26	Verrood overdag en EoD verrood uitgeschakeld
09-12-2023	45	Groeiremmer (12L), Alar 85 SG (24g)
12-12-2023	48	Start oogst
13-12-2023	49	Groeiremmer (4L), Alar 85 SG (8g)
22-12-2023	58	Einde oogst

Tabel 11. Tijdlijn proefteelt 3.

Datum	Dagen na start	Gebeurtenis
03-01-2024	0	Start proef
05-01-2024	2	Fungicide (25L), Signum (38g)
10-01-2024	7	Insecticide tegen trips/luis + uitvloeier (40L), Gazelle (10g), Teppeki (3g) & Hi-Wett (8mL)
31-01-2024	28	EoD verrood uitgeschakeld
03-02-2024	31	Groeiremmer (4L), Alar 85 SG (10g)
06-02-2024	34	Groeiremmer (21L), Alar 85 SG (53g)
07-02-2024	35	Verrood overdag uitgeschakeld
10-02-2024	38	Groeiremmer (7L), Alar 85 SG (18g)
13-02-2024	41	Groeiremmer (21L), Alar 85 SG (45g)
16-02-2024	44	Groeiremmer (4L), Alar 85 SG (10g)
23-02-2024	51	Start oogst
04-03-2024	61	Einde oogst

Tabel 12. Tijdlijn proefteelt 4.

Datum	Dagen na start	Gebeurtenis
13-03-2024	0	Start proef
14-03-2024	1	Fungicide (25L), Signum (38g)
20-03-2024	7	Insecticide tegen trips/luis + uitvloeier (40L), Gazelle (10g), Teppeki (3g) & Hi-Wett (8mL)
10-04-2024	28	Verrood overdag en EoD verrood uitgeschakeld
12-04-2024	30	Groeiremmer (4L), Alar 85 SG (8g)
20-04-2024	38	Groeiremmer (18L), Alar 85 SG (54g)
23-04-2024	41	Groeiremmer (16L), Alar 85 SG (48g)
23-04-2024	41	Groeiremmer (3L), Alar 85 SG (4.5g)
26-04-2024	44	Groeiremmer (14L), Alar 85 SG (42g)
29-04-2024	47	Start oogst
11-05-2024	59	Einde oogst

Tabel 13. Tijdlijn proefteelt 5.

Datum	Dagen na start	Gebeurtenis
29-05-2024	0	Start proef
30-05-2024	1	Fungicide (25L), Signum (38g)
05-06-2024	7	Insecticide tegen trips/luis + uitvloeier (40L), Gazelle (10g), Teppeki (3g) & Hi-Wett (8mL)
27-06-2024	29	Verrood overdag en EoD verrood uitgeschakeld
29-06-2024	31	Groeiremmer (12L), Alar 85 SG (36g)
02-07-2024	34	Groeiremmer (16L), Alar 85 SG (48g)
09-07-2024	41	Groeiremmer (12L), Alar 85 SG (36g)
11-07-2024	43	Start oogst
23-07-2024	55	Einde oogst

Bijlage V | Line-up foto's

In deze bijlage staan alle line-up foto's van de vijf proefteelten weergegeven. De foto's staan per proefteelt gegroepeerd in plaats van per cultivar, omdat de foto opstelling tussen de proefteelten steeds wijzigt. Hierdoor is het vergelijk tussen proefteelten lastiger. Vooral bij de Alissa's valt op dat deze geen duidelijke hoofdtak hebben, dit komt doordat het groeipunt (apex) van de plant al in de eerste weken van de teelt beschadigd is door brandkoppen. Door de brandkoppen aantasting bleven de takken ook kleiner, waardoor deze minder of geen Alar (groeiremmer) hebben ontvangen. Dit resulteert vervolgens weer in een (te) lange bloemnekken. Daarnaast valt ook terug te zien dat in proefteelt 2 alle bloemnekken gestrekter waren, dit omdat er in deze proefteelt minimaal Alar gedoseerd is geweest.

Tabel 14. Line-up foto's van twee representatieve takken per cultivar per proefteelt uit het meetveld. Alle takken zijn voorafgaand aan de foto's verwerkt tot veilingrijp product (72 cm + 12 cm ontbladerd).

Rosita 3 Pure White | Proefteelt 1

Rosita 3 Pink Imp. | Proefteelt 1

Rosita 3 Blue | Proefteelt 1

Corelli 3 Peach | Proefteelt 1

Alissa 2 Pure White | Proefteelt 1

Alissa 2 Pink III | Proefteelt 1

Rosita 3 Pure White | Proefteelt 2

Rosita 3 Pink Imp. | Proefteelt 2

Rosita 3 Blue | Proefteelt 2

Corelli 2 Lavender | Proefteelt 2

Alissa 2 Pure White | Proefteelt 2

Alissa 2 Pink III | Proefteelt 2

Rosita 3 Pure White | Proefteelt 3

Rosita 3 Pink Imp. | Proefteelt 3

Rosita 3 Blue | Proefteelt 3

Corelli 2 Lavender | Proefteelt 3

Alissa 2 Pure White | Proefteelt 3

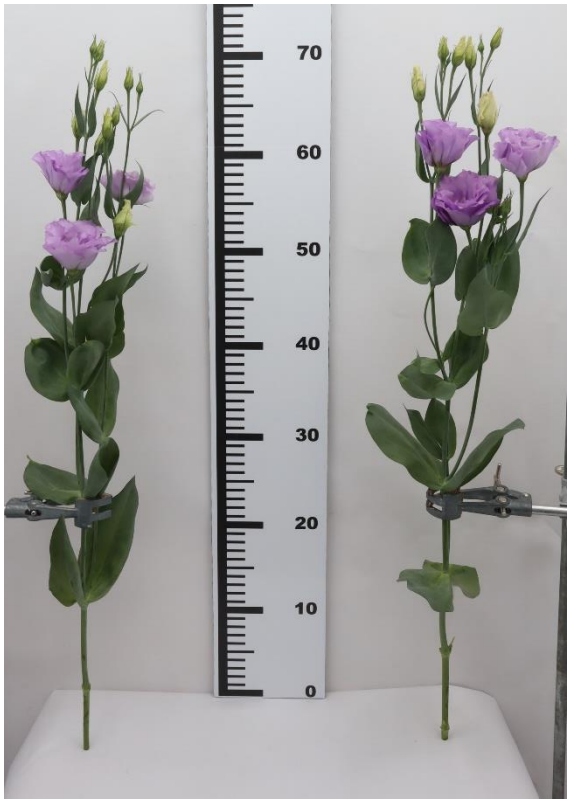
Alissa 2 Pink III | Proefteelt 3

Rosita 3 Pure White | Proefteelt 4

Rosita 3 Pink Imp. | Proefteelt 4

Rosita 3 Blue | Proefteelt 4

Corelli 2 Lavender | Proefteelt 4



Alissa 2 Pure White | Proefteelt 4

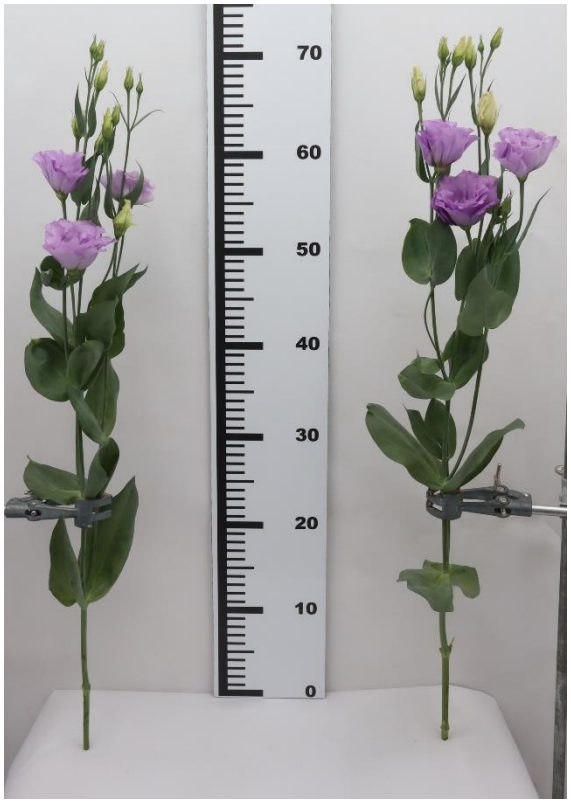
Alissa 2 Pink III | Proefteelt 4

Rosita 3 Pure White | Proefteelt 5

Rosita 3 Pink Imp. | Proefteelt 5

Rosita 3 Blue | Proefteelt 5

Corelli 2 Lavender | Proefteelt 5



Alissa 2 Pure White | Proefteelt 5

Alissa 2 Pink III | Proefteelt 5