Monitoring LED in de rozenteelt

Monitoring van klimaat, kwaliteit en ervaringen in de praktijk (2022-2023)

C.W. Labrie, M. Raaphorst, A. de Gelder, M. Warmenhoven, N. Garcia

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Referaat
Vijf rozenbedrijven die zijn overgestapt van SON-T naar hybride (SON-T en/of LED) belichting zijn gedurende de winter van 2022-2023 gemonitord op het gebied van kasklimaat, energiegebruik en productkwaliteit. LED geeft een verlaging van de elektriciteitsbehoefte, maar de inzet ervan laat soms een negatief verband zien met de knopkleur en het vaasleven. Hoewel de oorzakelijkheid van de verbanden niet is aangetoond, wordt vooralsnog aanbevolen een hoog aandeel aan LED in het lichtaanbod te vermijden, meer te ventileren, minder onderverwarming en meer bovenverwarming te gebruiken.

Abstract
Five rose companies that switched from HPS to hybrid (HPS and/or LED) lighting were monitored during the winter of 2022-2023 in terms of greenhouse climate, energy consumption, and product quality. LED reduces electricity demand, but its use sometimes shows a negative correlation with bud colour and vase life. Although causality of these correlations has not been established, it is currently recommended to avoid a high proportion of LED in the light mix, increase ventilation, and use less lower heating and more top heating.

Rapportgegevens
Rapport WPR-1382
Projectnummer: 3742294200
DOI: https://doi.org/ 10.18174/686244

Dit onderzoek is in opdracht van Kas als Energiebron hét innovatieprogramma van Glastuinbouw Nederland en het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) dat energiebesparing en het gebruik van duurzame energie in de glastuinbouw stimuleert. Dit onderzoek is uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Glastuinbouw en Bloembollen in samenwerking met vijf rozenteeltbedrijven.

Disclaimer
© 2025 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research,
Businessunit Glastuinbouw
Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, wur.nl/plant-research
Kamer van Koophandel-nr.: 09098104 | BTW-nr.: NL 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.
Stichting Wageningen Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen

Adresgegevens
Wageningen University & Research, Businessunit Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
wur.nl/glastuinbouw

Postbus 644, 6700 AP Wageningen
Droevendaalsesteeg 1, 6708 PB Wageningen
T +31 (0)317 48 60 01
wur.nl/glastuinbouw

Inhoud

Samenvatting **5**

1 Inleiding **7**

1.1 Doelstelling 8
1.2 Aandachtspunten 8

2 Werkwijze **9**

2.1 Proces en kennisinteractie 9
2.2 Kenmerken bedrijven 9
2.3 Dataverzameling 10
2.3.1 Registraties klimaat en energiegebruik 10
2.3.2 Aanvullende sensoren 10
2.3.3 Vaasleven en kwaliteit op de vaas 10
2.3.4 Kwaliteitsbeoordeling product en gewas door telers 10
2.3.5 Aanvullende metingen ter indicatie 11

3 Resultaten **12**

3.1 Intakegesprekken 12
3.2 Productkwaliteit 12
3.2.1 Vaasleven en Botrytis 12
3.2.2 Knopkleur 14
3.2.3 Anthocyaangehalte 14
3.2.4 Knopvorm 15
3.2.5 Knophoogte 16
3.3 Gewas 16
3.3.1 Gewasuitloop 16
3.3.2 Bladgrootte en gewaskleur 16
3.3.3 Meeldauw en vatbaarheid voor andere ziektes 17
3.4 Klimaat en energie 17
3.4.1 Warmte-input 17
3.4.2 Temperatuur, PAR en VD 18
3.4.3 Schermgebruik, raamstanden en luchtvochtigheid 19
3.4.4 Wateropname 23
3.4.5 Risico op condensatie of guttatie 24
3.4.6 Knop- en gewastemperatuur 26

4 Analyse effecten van klimaat op bloemkwaliteit **29**

4.1 Mogelijke klimaatinvloeden op het vaasleven 29
4.1.1 PAR 29
4.1.2 Variatie in het kasklimaat 30
4.1.3 Andere verbanden met het kasklimaat 31
4.1.4 Verloop van de VD 31
4.2 Mogelijke oorzaken donkere knopkleur 32
4.2.1 Literatuur knopkleur en anthocyaanvorming 32
4.2.2 Etmaaltemperatuur 35
4.2.3 Ratio temperatuur en licht 36
4.2.4 Warmte-input per bron 37
4.2.5 Combinatie van factoren 39
4.3 Verband tussen kasklimaat en knophoogte of knopvorm 40

5 Conclusies en aanbevelingen 41

5.1 Algemeen 41
5.2 Vaasleven en Botrytis 41
5.2.1 Aanbevelingen/Discussie 42
5.3 Knopkleur, hoogte en knopvorm 42
5.3.1 Aanbevelingen 43
5.4 Evaluatie klimaatbeheersing 43

Literatuur 44

Bijlage 1 Registraties 45

Bijlage 2 Correlaties met vaasleven 46

Bijlage 3 Correlaties met knopkleur 49

Bijlage 4 Correlaties met knopvorm 51

Samenvatting

Rozentelers ervaren dat zij met de opkomst van LED-belichting hun kasklimaatstrategie moeten aanpassen om de productie en kwaliteit op het gewenste niveau te houden. Gedurende de winterperiode van 2022-2023 heeft WUR bij vijf rozentelers het kasklimaat en de bloemkwaliteit gemonitord en geëvalueerd. De rozentelers betreffen drie bedrijven met Red Naomi!, een bedrijf met White Naomi! en een bedrijf met Avalanche. Alle vier Naomi!-telers hebben hybride belichting en kunnen dus zowel LED als SON-T inzetten voor de belichting. De kasklimaatkenmerken betreffen hoofdzakelijk PAR, luchtvochtigheid, kastemperatuur, planttemperatuur, belichting, schermgebruik, raamstanden, CO_2, watergift en drain. De kwaliteitskenmerken betreffen vaasleven, knopkleur, anthocyaangehalte, knopvorm en knophoogte.

Het vaasleven van de bloemen van de vijf bedrijven is iedere 2 weken gemeten. De reden van afschrijving varieert tussen de bedrijven en periode, maar betreft met name het slapgaan van de petalen en Botrytis op de bloemknop. Een hoge lichtintensiteit, afwisseling in de luchtvochtigheid en een langere nachtlengte tijdens de drie weken voor de oogst bleken een positieve invloed te hebben op het vaasleven.

De knopkleur is iedere week door de drie Red Naomi! telers op het eigen bedrijf gescoord. Een donkere knopkleur wordt lager gescoord en is veelal te wijten aan anthocyaanvorming. Literatuuronderzoek naar anthocyaanvorming wijst in de richting van een hoge source-sink verhouding, maar bij twee bedrijven bleek juist een hoge PAR-som te leiden tot een betere knopkleur. Wel bleek ook een hoge warmte-input een hoge correlatie te hebben met de score voor de knopkleur, terwijl het aandeel LED in de PAR-som daar een negatieve correlatie mee had.

De knopvorm en knophoogte zijn door de drie Red Naomi! telers en de White Naomi! teler wekelijks gescoord. De knophoogte bleek alleen een (negatief) verband te hebben met de etmaaltemperatuur en dan met name bij White Naomi!. Het verband tussen knophoogte en andere klimaatfactoren was gering. De knopvorm had opvallend genoeg een negatief verband met zowel de RTR (temperatuur gedeeld door de PARsom) als het aandeel LED in de PARsom, terwijl LED belichting over het algemeen een lage RTR geeft.

Als aanvulling op het oorspronkelijke plan, zijn intensieve metingen gedaan met onder andere een warmtebeeldcamera, netto stralingsmeter en WET-sensoren. Hieruit is onder andere gebleken dat het verschil tussen knoptemperatuur en bladtemperatuur bij SON-T belichting 0,2 °C groter is dan bij LED belichting. Indien een lage knoptemperatuur als een probleem wordt ervaren, zou een intensiever gebruik van de bovenverwarming dit kunnen verhelpen.

Omdat het bedrijf met Avalanche de winter grotendeels koud is gebleven en daarmee niet representatief is voor de Avalancheteelt in Nederland, zijn hiervan maar weinig resultaten in dit rapport opgenomen.

Telers ervaren de luchtvochtigheid onder LED licht als een groter probleem dan onder SON-T. Dat komt direct doordat LED licht minder warmte in de kas brengt, waardoor minder wordt geventileerd. Indirect lijkt LED de takuitloop te stimuleren, wat meer (verdampend) blad tot gevolg heeft.

De noodzaak om een (grote) schermkier te trekken is een afweging tussen de behoefte aan vochtafvoer en de behoefte aan een lage knoptemperatuur. Voor het stimuleren van vochtafvoer wordt geadviseerd om meer gebruik te maken van geopende ramen en kleinere schermkieren, voor het verlagen van de knoptemperatuur is juist een open schermdoek van belang. Dat LED leidt tot een lagere knoptemperatuur maar niet tot een betere knop, roept vragen op of het LED spectrum wel optimaal is voor het rozengewas.

Dit onderzoek is een onderdeel van het Monitoringsproject van Wageningen U&R, Business Unit Glastuinbouw en Bloembollen, dat wordt gefinancierd vanuit het programma Kas als Energiebron; het innovatie programma van Glastuinbouw Nederland en het Ministerie van LNV.

1 Inleiding

De rozenteelt streeft naar een rendabele duurzame teelt met topkwaliteit rozen. In de rozenteelt wordt belichten met LED in plaats van SON-T steeds vaker toegepast. Het verschil in lichtefficiëntie van LED (± 2.5 µmol/J) ten opzichte van SON-T (± 1.9 µmol/J) geeft bij dezelfde belichtingssterkte een besparing van 24% op elektra input van LED ten opzichte van SON-T. In de jaarrond rozenteelt wordt relatief veel belicht. De lagere energie-input met LED zorgt er voor dat er ook een kleiner warmte overschot in de kas zal ontstaan. Een lagere warmte-input betekent dat het klimaat in de rozenkas met hybride belichting en zeker met volledig LED anders zal zijn dan onder uitsluitend SON-T en dat daardoor een andere klimaatstrategie gevolgd moet worden. Een kleiner warmte overschot maak meer schermen en daarmee minder lichtuitstoot mogelijk, maar het vocht moet nog wel voldoende afgevoerd kunnen worden om kwaliteitsproblemen te voorkomen. Ook de verandering van het spectrum met LED is van invloed op de productkwaliteit ({Gelder, 2022 #460}).

Eerder was een gevreesde achteruitgang in kwaliteit – knopvorm, knopgrootte, steellengte en steelgewicht- een belangrijke reden om niet grootschalig in LED te investeren. In het meerjarig onderzoek 'Perfecte Roos' van WUR en Delphy in het onderzoeksprogramma Kas als Energiebron is veel ervaring opgedaan met rozen telen onder LED. Voor het ras Red Naomi! is aangetoond dat met volledig LED een goede productie en takkwaliteit kon worden gerealiseerd, alleen de bloemkwaliteit was nog niet goed genoeg. De kwaliteitsproblemen zijn door keuze voor een R/W/B/VR spectrum wel aanzienlijk kleiner geworden ({Gelder, 2022 #460}). Deze kennisontwikkeling en ervaringen hebben de risico's in de overgang naar LED verkleind. Dit in combinatie met de sterk toegenomen energieprijzen en de maatschappelijke vraag naar verduurzaming van productiesystemen, heeft er mede voor gezorgd dat toepassing van LED in een hybride oplossing met SON-T een reële optie is geworden voor rozenbedrijven. In 2022 hebben veel bedrijven, vaak versneld, in LED geïnvesteerd. Maar voor de overgang van SON-T naar hybride en vervolgens naar volledig LED voor verdere verduurzaming, resteren nog belangrijke vragen over met name het behoud van een goede bloemkwaliteit; vaasleven, Botrytis, knopkleur, knopvorm en knophoogte. Een goede kwaliteit is van groot belang voor de rozenprijs en daarmee de rentabiliteit van rozenbedrijven.

Een optimaal gebruik van LED met minimaal energiegebruik en behoud van kwaliteit vereist dat telers inzicht verwerven in hoe ze hun teeltstrategie moeten aanpassen aan zowel de verminderde warmtestraling als het gewijzigde lichtspectrum van LED-verlichting. De verwachting is dat de energiebesparing door LED en de andere energiebesparende maatregelen zoals meer gebruik van schermen, inzet van Airmix en inzet van bevochtiging de rozenteelt 25% energiezuiniger zal maken en daarmee bijdragen aan een weg naar een duurzame en fossielvrije teelt ({Gelder, 2022 #460}).

Om het gebruik van LED-verlichting in de rozenteelt te stimuleren ten koste van traditionele SON-T belichting zijn in dit project vijf rozenbedrijven gemonitord over hoe de toepassing van LED is gedaan. Klimaatdata, teeltwijze, kwaliteit van het gewas en de bloemen en opgedane ervaringen zijn verzameld onder begeleiding van WUR en met elkaar besproken om van elkaar te leren en leerpunten te formuleren voor kennisuitwisseling met de sector als geheel. Het implementeren van best practices resulteert in een lager energieverbruik, minder gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en een verbeterde kwaliteit. Deze werkwijze past bij praktijkmonitoring van energie-innovaties omdat het door de combinatie van energiebesparing van LED, het toepassen van schermen en de beperking van de inzet van buisverwarming de rozenteelt stimuleert om energiezuiniger te telen met minder lichtuitstoot. Dit onderzoek is een onderdeel van het Monitoringsproject van Wageningen U&R Glastuinbouw, dat wordt gefinancierd vanuit het programma Kas als Energiebron; het innovatie programma van Glastuinbouw Nederland en het Ministerie van LVVN.

1.1 Doelstelling

Doel van dit monitoringstraject is om van elkaar te leren om de overgang van SON-T naar LED-belichting te bevorderen en de lichtuitstoot te beperken en zo bij te dragen aan energiezuinige rozenteelt.

In de afweging om als teler de overgang van SON-T naar LED-belichting te maken en zo min mogelijk energie te gebruiken in de teelt, vormt het risico op kwaliteitsproblemen vaak het grootste knelpunt. Om dit knelpunt te verkleinen en zo de implementatie van LED en energiezuinige teelt te bevorderen, ligt de focus in dit monitoringsproject op:

- Beperking energiegebruik
- Behoud vaasleven (houdbaarheid, Botrytis)
- Behoud bloemkwaliteit (knopkleur, knopvorm, knophoogte)

1.2 Aandachtspunten

Aangezien dit project een monitoringsproject betreft, zijn de betrokken bedrijven vrijgelaten om hun teeltstrategie gedurende het jaar aan te passen. Het betreft dus geen gecontroleerde proefopzet om hypotheses te toetsen, maar om de implementatie van bestaande kennis te bevorderen, meer inzicht te creëren en leerpunten te formuleren door ervaringen vanuit de praktijk te delen, ondersteunt met data van klimaat en productkwaliteit. Op basis van de doelstelling en focus zijn de volgende aandachtspunten geformuleerd:

Hoofdvraag: Wat zijn de leerpunten bij de teelt van roos met LED voor behoud van bloemkwaliteit, waaronder vaasleven, Botrytis, knopkleur, knopvorm en knophoogte, in de context van het gewas en energiebesparing?

Subvraag 1: Wat zijn de **kritieke perioden** voor het behoud van het **vaasleven** (houdbaarheid en Botrytis), hoe verschillen deze tussen de bedrijven, hoe zijn deze verschillen mogelijk te verklaren qua **klimaatfactoren** en welke leerpunten zijn hier uit te trekken?

Subvraag 2: Wat zijn de **kritieke momenten** gedurende het etmaal qua vochtbeheersing (zoals natslaan voorkomen), hoe verschillen deze tussen de bedrijven, hoe zijn deze verschillen mogelijk te verklaren qua **klimaatsturing** (waaronder energie-input en schermgebruik) en welke leerpunten zijn hier uit te trekken?

Subvraag 3: Hoe variëren de **knopkleur, knopvorm en knophoogte** tussen de bedrijven, hoe zijn deze verschillen mogelijk te verklaren qua **klimaatfactoren** en welke leerpunten zijn hier uit te trekken?

Subvraag 4: Wat zijn de overige verschillen tussen de bedrijven die opvallen, waaronder gewaskenmerken, vatbaarheid voor ziektes (meeldauw), wateropname en bemesting en welke leerpunten zijn hier uit te trekken?

Subvraag 5: Wat zijn de leerpunten uit de ervaring van het bedrijf dat in de winter niet heeft belicht en minimaal heeft verwarmt ('koud gaan')?

2 Werkwijze

2.1 Proces en kennisinteractie

De aanpak was het volgen van praktijktoepassingen van LED in combinatie met andere energiebesparende technieken in roos en het organiseren van kennisuitwisseling daarover. Op uiteindelijk vijf bedrijven - die zijn voorgedragen door de gewascoöperatie Roos - is het gebruik van LED-toepassingen en andere energiebesparende technieken - zoals schermen en teelt bij lage temperaturen- gevolgd. De periode van datamonitoring liep van 3 oktober 2022 tot 19 mei 2023 (week 40 t/m 20). Middels individuele intakegesprekken bij zes bedrijven zijn de overwegingen van de ondernemers, waarom zij voor bepaalde technieken hadden gekozen en wat zij daarvan hadden verwacht in kaart gebracht. Tijdens de intakegesprekken is ook een beschrijving gemaakt van de kasuitrusting van de bedrijven en de parameters die werden gevolgd. In dit bezoek is tevens afgesproken hoe de gegevens zoveel mogelijk online beschikbaar werden gesteld. Het uitgangspunt was dat er geen extra sensoren waren geïnstalleerd, om uit te gaan van de praktijksituatie en de daarin beschikbare data. Aan het begin van het project is een gezamenlijke kick-off gehouden waarbij de opzet van het project en ieders verwachtingen zijn besproken en concrete afspraken zijn gemaakt over o.a. de te verzamelen data, werkwijze en communicatie. De gegevens zijn voor de publicaties geanonimiseerd. Maandelijks is een overzicht gemaakt van de gegevens. Dit overzicht werd eens per acht weken met de betrokken bedrijven gezamenlijk besproken en vormde de leidraad om ervaringen uit te wisselen. Ook de coördinatoren van Glastuinbouw Nederland werden voor deze bijeenkomsten uitgenodigd. Op basis van deze besprekingen zijn leerpunten en verbeterpunten geformuleerd. Gedurende het project zijn de werkwijze, tussentijdse resultaten, ervaringen en leerpunten op diverse, vaak interactieve bijeenkomsten van de gewascoöperatie Roos en ook op sector brede bijeenkomsten gepresenteerd. Ook zijn regelmatig artikelen in vakbladen verschenen. Aan het einde van dit traject zijn algemene leerpunten uit de monitoring geformuleerd en gedeeld met de sector.

2.2 Kenmerken bedrijven

Er zijn vijf rozenbedrijven in Nederland gemonitord, waarvan vier met LED belichting met het 'rozenspectrum' (R/W/B/VR), aangevuld met SON-T belichting en één bedrijf met alleen SON-T belichting. De geïnstalleerde belichtingssterktes zijn weergegeven in Tabel 1. Vaak was er de mogelijkheid om de belichting als aparte installaties in een paar etappes te schakelen. Bedrijf 2 kon dit in meerdere etappes vanwege dimbare LED belichting. Bij de bedrijven met LED belichting is de rode cultivar Red Naomi! (Bedrijf 1 t/m 3) en de witte cultivar White Naomi! (Bedrijf 4) gevolgd. Bij het bedrijf met alleen SON-T (Bedrijf 5) is de cultivar Avalanche gevolgd. Bedrijf 3 had een ouder gewas dan de andere bedrijven. Vanwege de extreem hoge energieprijzen is het bedrijf met alleen SON-T midden in de winter 'koud gegaan' waarbij niet is belicht en zeer beperkt is verwarmd. Daarmee is dit bedrijf tijdelijk uit productie geweest. Alle kassen waren van het type 'Venlo-kas. Onderverwarming was via de gebruikelijke buisrail en bedrijf 2 t/m 5 hadden ook enige capaciteit via de bovenbuis. Bedrijf 1 had een relatief hoge verwarmingscapaciteit via het bovennet vanwege warmtewisselaars met ventilatoren bovenin de kas. Bedrijf 5 had horizontale ventilatoren. De andere bedrijven hadden geen ventilatoren. Geen van de bedrijven had een groeibuis op knophoogte. Alle gemonitorde bedrijven hadden een verduisteringsschermdoek om met name lichtemissie te beperken (98% tot 99%). Als tweede schermdoek hadden de bedrijven een zomerdoek (20 tot 29%), behalve bedrijf 4 die geen tweede schermdoek had. De schermdoeken zijn ook ingezet om energie te besparen.

Tabel 1 *Geïnstalleerde belichtingssterktes van de gemonitorde bedrijven in µmol/(m².s).*

	Bedrijf 1	**Bedrijf 2**	**Bedrijf 3**	**Bedrijf 4**	**Bedrijf 5**
SON-T	90	112	140	140	97
LED	163	200	193	200	0
Totaal	253	312	333	340	97

2.3 Dataverzameling

2.3.1 Registraties klimaat en energiegebruik

Middels een export vanuit de klimaatcomputer zijn gedurende de proefperiode de gerealiseerde klimaatdata waaronder PAR, luchtvochtigheid, kastemperatuur, belichting, schermgebruik, raamstanden, CO_2, watergift en drain en gegevens over de energievoorziening per bedrijf verzameld (zie Bijlage 1). Planttemperatuurdata was alleen bij bedrijf 1 en 3 beschikbaar.
Op basis van de beschikbare data in combinatie met de kasinrichting is het energieverbruik voor belichting en verwarming berekend en gemonitord. De warmtevraag wordt berekend via de berekende buistemperatuur, kastemperatuur, buisdiameter en aantal buizen per meter. Elektriciteitsvraag wordt berekend via brandduur lampen x het vermogen van de installatie.
Van de bemesting was onvoldoende data beschikbaar voor een goede analyse.

2.3.2 Aanvullende sensoren

Naar aanleiding een discussie tijdens de Rozendag van Glastuinbouw Nederland 30 november 2022, zijn op verzoek toch aanvullende sensoren geplaatst bij een van de bedrijven waar vanaf 27 januari de data is verzameld. In overleg met de gemonitorde bedrijven is besloten deze bij bedrijf 4 te plaatsen. Dit betrof een beeldvormende thermocamera inclusief niet-verdampende referentie-meting ('inactief blad') met dezelfde sensor, om de planttemperatuur te meten (Sigrow Stomata Camera®), een netto stralingsmeter en twee extra temperatuur en RV sensoren tussen het gewas en op knophoogte (Air+®). Vanwege het vermoeden van guttatie is per 11 april ook een substraat sensor (W.E.T) van Sigrow geplaatst bij bedrijf 4. Om meer inzicht te krijgen in het verloop van de knoptemperatuur zijn vanaf 28 februari vier van de acht meetpunten van de thermocamera handmatig via de software 3 tot 4 keer per week op een kleur-tonende bloemknop gericht. De andere vier datapunten werden steeds op bladeren gericht.

2.3.3 Vaasleven en kwaliteit op de vaas

Om het vaasleven te bepalen zijn vanaf week 44 2022 t/m week 20 2023 om de andere week bij alle deelnemende bedrijven (m.u.v. bedrijf 5 die week 48 t/m 10 niet in productie was) een bos van 10 gesorteerde rozen van lengte 70, A-kwaliteit, gemiddelde rijpheid, opgehaald om bij WUR Bleiswijk het vaasleven te testen. De rozen waren de dag vooraf geoogst, op water gezet en gekoeld. Vervolgens zijn ze droog vervoerd naar Bleiswijk en binnen een uur in fust met water met voorbehandelingsmiddel (Florissant 810) gezet in de koelcel bij 5 °C, alvorens 1 cm van de steel en de onderste bladeren verwijderd te hebben. Na 5 dagen in de koelcel zijn de rozen individueel in een schone vaas met kraanwater zonder snijbloemenvoedsel gezet, waarbij 3 cm van de onderkant van de steel werd geknipt met een scherpe, schone schaar en waar nodig extra onderste bladeren verwijderd zodat deze niet in het water hingen. De rozen zijn geplaatst in een geconditioneerde uitbloeiruimte conform internationale standaarden [Reid en Kofranek, 1984]. Tot moment van afschrijven zijn de rozen drie keer per week beoordeeld. Het gemiddeld aantal dagen van het moment van op de vaas zetten tot afschrijven wordt "vaasleven" genoemd. De reden van afschrijving is genoteerd conform de VBN roos beoordelingskaart, waarvan Botrytis, verwelking (slapgaan), paarse randen, en geel blad het meest voorkwamen. Na 7 dagen op de vaas is de bloemknopopening beoordeeld met een schaal van 2 (dichte kleurtonende knop) tot 5 (volledig open knop). Ook is genoteerd wanneer sprake was van een afwijkende knopvorm en wat voor knopvorm (bolletje of draaiknop bij Red Naomi en puntknoppen bij Avalanche). Ook is naar de kwaliteit van het blad gekeken.

2.3.4 Kwaliteitsbeoordeling product en gewas door telers

Wekelijks hebben de betrokken telers de knop- en gewaskwaliteit en gewasgezondheid op hun bedrijf beoordeeld. Dit betrof de knophoogte (mm) en een rapportcijfer (van 1 {zeer slecht) tot 10 (uitmuntend)) voor de knopkleur, knopvorm, stand van het gewas in de vorm van uitloop en bladgrootte en de kleur van het gewas. Indien op het eigen bedrijf ook vaasleven testen werden gedaan, werd ook daar een rapportcijfer voor Botrytis en slapgaan gegeven. De meeldauwaantasting in het gewas werd beoordeeld van 1 (zeer weinig tot geen meeldauw tot 5 zeer veel meeldauw). Daarnaast werden opmerkelijke aantastingen van

ziekten en plagen in het algemeen als opmerking genoteerd. Er is voor gekozen om de productiecijfers geen onderdeel te laten zijn van de gezamenlijke monitoring.

2.3.5 Aanvullende metingen ter indicatie

Naar aanleiding van opvallende verschillen in paarskleuring van het blad en donkere knoppen van Red Naomi! 23 januari, is ter indicatie het anthocyaan- en chlorofylgehalte van het groene blad en het paarse blad per bedrijf gemeten met een MultiPigmentMeter 100. Ook is toen is eenmalig per bedrijf met Red Naomi! een analyse van nutriënten in bloem en blad en suikers in de bloem uitgevoerd. Van februari tot maart zijn van de rozen van de vaasleventesten het anthocyaan- en chlorofylgehalte in het blad gemeten met een MultiPigmentMeter 100.

3 Resultaten

3.1 Intakegesprekken

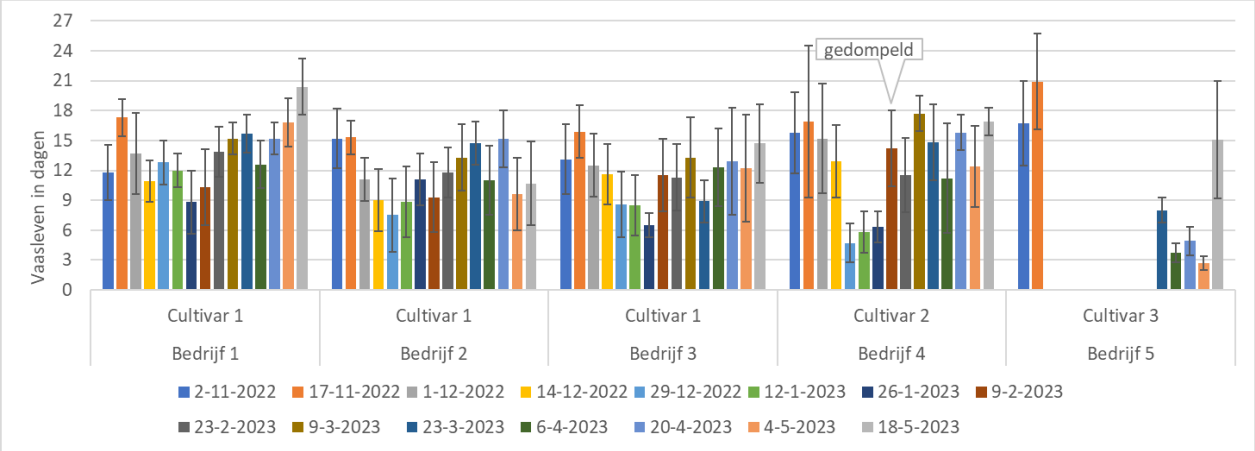
Tijdens de intakegesprekken met rozentelers is gevraagd welke vragen er spelen rondom LED, welke als volgt zijn samen te vatten. De teeltstrategie van rozentelers wordt beïnvloed door onzekerheid over hoge energieprijzen en de vaak nog beperkte ervaring met LED-technologie. Belangrijke uitdagingen bij het minimaliseren van energieverbruik is het behoud van de bloemkwaliteit. Welke aanpassingen zijn nodig om de bloemkleur en knopvorm goed te houden met LED? Nu wordt vaak met SON-T belicht om in de ochtend de knop 'op te warmen' om condensatie te voorkomen. Daarnaast wordt er gedacht aan de impact van volledige LED-belichting op de bloemkwaliteit en hoe de watergift en bemesting kunnen worden geoptimaliseerd met de beperktere verdamping met LED belichting in vergelijking met SON-T.
Ook speelt de vraag welke technische installaties nodig zijn bij LED door de beperktere stralingswarmte; is er een extra schermdoek nodig? Is er extra luchtbeweging nodig om het gewas actief te houden en vocht af te voeren als er meer geschermd wordt? Is er actieve ontvochtiging nodig? Is er extra verwarming van boven nodig?
In de context van de energiemarkt spelen ook vragen als: maakt dimbare LED nog flexibeler schakelen mogelijk op basis van overcapaciteit op het net? Wat is de ondergrens voor rozen qua lichtniveau? Wat is het effect van variërende belichting op gewaskwaliteit & ontwikkeling?
Omdat niet al deze vragen in dit monitoringsproject beantwoord kunnen worden, is in dit onderzoek gezamenlijk gekozen om de focus te leggen op de in hoofdstuk 1 genoemde aandachtspunten met als hoofdvraag: wat zijn de leerpunten bij de teelt van roos met LED voor behoud van bloemkwaliteit, waaronder vaasleven, Botrytis, knopkleur, knopvorm en knophoogte, in de context van het gewas en energiebesparing?

3.2 Productkwaliteit

3.2.1 Vaasleven en Botrytis

Het vaasleven in aantal dagen houdbaarheid op de vaas is weergegeven in Figuur 1. Bedrijf 5 was december tot half maart niet in productie. Bij de andere bedrijven was de houdbaarheid van de rozen op de vaas in december en januari korter dan de andere maanden. Vooral bij cultivar 2 op bedrijf 4 was het vaasleven de laatste week van december en in januari (week 52 en week 2) erg kort vergeleken bij de rest van de proefperiode. In december was het nodig om de rozen te dompelen tegen Botrytis, al konden klachten vanuit de keten die week 49 ontstonden, daar onvoldoende mee voorkomen worden. Ervaring is dat dompelen onvoldoende werkt als er al rotkoppen in de kas te zien zijn.
Cultivar 1 had in de eerste houdbaarheidstest begin november (week 44) bij bedrijf 2 een langer vaasleven dan bedrijf 1. Bedrijf 1 had in de testen van eind december en eerste weken van januari (week 52 en 2) juist een significant langer vaasleven dan bedrijf 2 en 3.
De reden van afschrijving varieert tussen de bedrijven en periode, maar is met name het slapgaan van de petalen en Botrytis op de bloemknop. Bedrijf 1 had, met uitzondering van de vaasleven test begin november (week 44) relatief weinig Botrytis. Voor bedrijf 2 viel op dat in de geteste rozen van eind december t/m april nauwelijks Botrytis voorkwam en deze in mei juist weer wat toenam. Voor bedrijf 3 was er relatief meer fluctuatie in Botrytis door het jaar heen. Het korte vaasleven bij cultivar 2 op bedrijf 4 werd met name veroorzaakt door rotte plekken aan de onderzijde van de bloemknop, bij de aanzet van de petalen en sepalen aan de bloembodem die zich verder verspreidde over met name de petalen (Figuur 2). Voor bedrijf 5, cultivar 3, moesten de bloemen in november gedompeld worden vanwege Botrytis, waarna de klachten verdwenen. Na de winterstop ontstond begin april, een paar weken na het opstarten vanuit de koude periode, een probleem met Botrytis in de vorm van bruine spikkels ('pokken') die uitbreiden over de bloemknop.

De dip eind december (week 52) kwam voor bedrijf 2 ook met name door slapgaan, waarbij ook veel paarsverkleuring zichtbaar aan zowel bloem als blad en wat meeldauw. Bij bedrijf 3 was dat eind december ook het geval, maar hier was ook Botrytis reden tot afschrijving.
De dip eind januari en begin feb voor bedrijf 1 kwam met name door het eerder slapgaan van de bloemen, waarbij in februari ook wat bruine randjes voorkwamen. Ervaring is dat paarse of bruine randjes een winterprobleem zijn.
Opmerkelijk is de tweede dip eind maart (week 12) voor bedrijf 3 door een piek in Botrytis, waarbij het vaasleven significant korter was dan de test twee weken ervoor en erna en ook significant korter was dan voor bedrijf 1 en 2. Voor bedrijf 1 en 2 was ook een kleine, maar significante dip in vaasleven zichtbaar, maar pas in de daaropvolgende test, begin april (week 14), maar daar was het slapgaan van de bloemen, vaak gepaard met bruine of paarse randjes aan de petalen met name reden tot afschrijven.

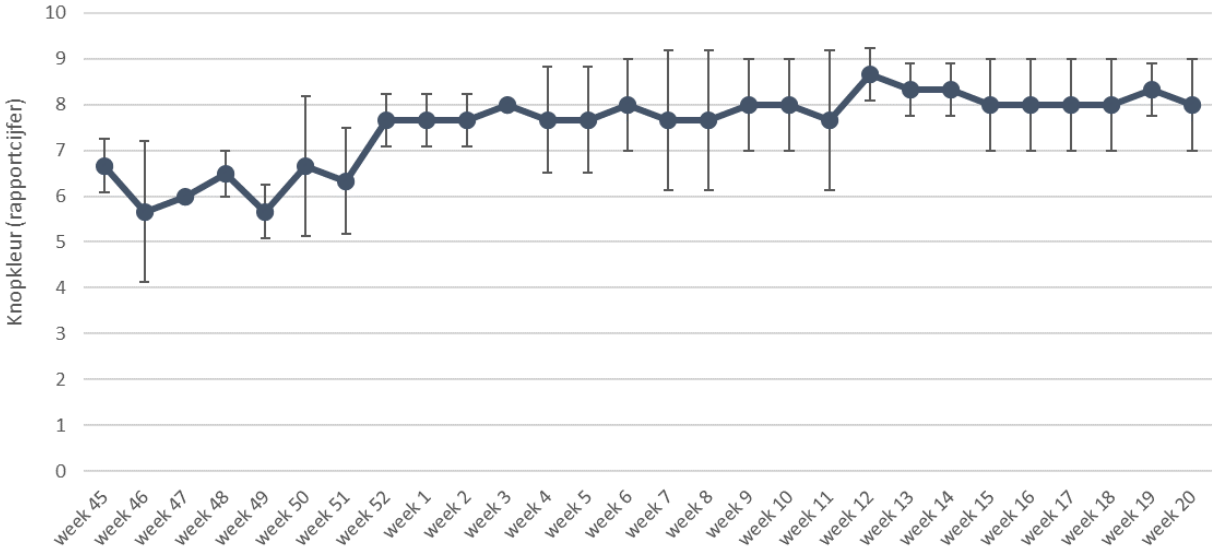


Figuur 1 *Vaasleven in dagen per oogstdatum gedurende de proefperiode per bedrijf. [1]9-2-2023 waren de knoppen van de geteste rozen van Bedrijf 4 na de oogst gedompeld tegen Botrytis.*

Figuur 2 *Aantasting bij de aanhechting van de petalen en sepalen aan de bloembodem, verder verspreidend naar verrotting van de petalen.*

3.2.2 Knopkleur

Voor cultivar 1 hebben de telers de knopkleur van hun rozen beoordeeld met een rapportcijfer (1 t/m 10, waarbij 10 de perfecte kleur van de rode cultivar, helder rood, aanduidt. Een donkerdere knop resulteerde in een lager rapportcijfer. Van de drie bedrijven met deze rode cultivar valt op dat de knopkleur in december wat minder en fluctuerend is en vanaf januari beter en constanter wordt (Figuur 3). Vanaf week 50 is er ook meer met SON-T belicht en daarmee een hogere PARsom gegeven. Bedrijf 1 gaf aan dat vanaf week 47 door het koudere weer de knop minder mooi is geworden qua vorm en kleur. In hoofdstuk 4.2 wordt dieper ingegaan op de verschillen tussen de bedrijven in relatie tot omgevingsfactoren.



Figuur 3 *Verloop van de knopkleur van de rode cultivar zoals beoordeeld door betreffende teler, gemiddeld over bedrijf 1, 2 en 3.*

3.2.3 Anthocyaangehalte

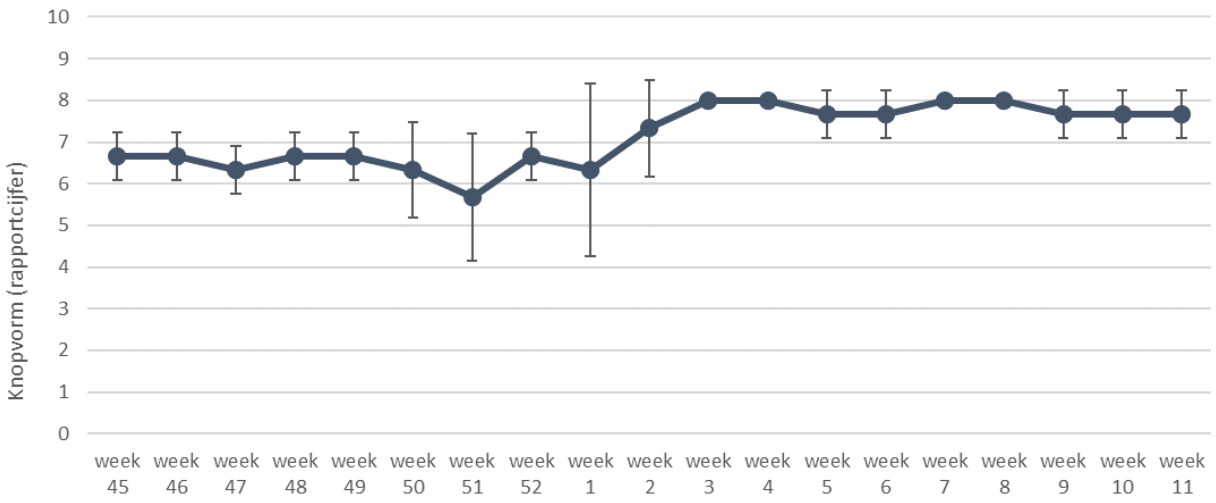
Ter indicatie is 23 januari het anthocyaangehalte gemeten (Figuur 4). Bedrijf 2 had toen relatief veel paars blad en donkere knoppen in vergelijking met bedrijf 1 en 3. Groen en paars blad zijn apart gemeten. Het anthocyaangehalte van het paarse blad was bijna twee keer zo hoog als in het groene blad. Ook was het anthocyaangehalte in het paarse blad van bedrijf 2 hoger dan in het (minder paarse) blad bij de andere bedrijven. Van februari tot maart zijn gemiddelde gehaltes (groen en paars blad niet apart) van de bedrijven vergeleken, maar konden geen verschillen worden aangetoond tussen de bedrijven.
Een eenmalige analyse van nutriënten in bloem en blad en suikers in de bloem, gaven voor bedrijf 2 (paarser) in de bloem relatief meer stikstof en minder suikers (glucose en fructose) en in het blad minder droge stof en meer borium en calcium, dan bedrijf 1 en 3. De lagere hoeveelheid suikers in de donkerdere bloemen van bedrijf 2 sluit niet aan bij de hypothese van suikerophoping, al kan dat voor blad en bloem anders zijn als source en sink zijnde. Ook de rijpheid kan van invloed zijn, waarbij rauwe knoppen donkerder van kleur zijn. Het aantal samples is te beperkt om hier conclusies aan te verbinden. Ervaring van de telers is dat paarser blad en donkere knoppen niet altijd gelijktijdig voorkomen. In hoofdstuk 4.2 wordt dieper ingegaan op de mogelijke oorzaken van een donkerdere knopkleur.

Anthocyanen	Bedrijf 1	Bedrijf 2	Bedrijf 3
Groen blad	0,11	0,13	0,13
Paars blad	0,25	0,35	0,25
stdev groen blad	*0,04*	*0,02*	*0,04*
stdev paars blad	*0,06*	*0,08*	*0,07*

Figuur 4 *Anthocyaanmetingen in blad 23 januari 2023 uitgevoerd met een MulitPigmentMeter 100.*

3.2.4 Knopvorm

Een ongewenste knopvorm bij Red Naomi! is wanneer de binnenste petalen niet goed naar buiten draaien, doordat de aanleg van de binnenste petalen afwijkend is waardoor bloemblaadjes misvormd zijn. Dit worden wel 'draaiharten' genoemd. Bij 'bolletjes' zijn met name de binnenste petalen bol, waardoor deze de binnenste petalen elkaar aan de bovenkant overlappen tot een bolletje in het hart ({Gelder, 2015 #451}).
De telers van cultivar 1 hebben de knopvorm een rapportcijfer gegeven tijdens de proefperiode (Figuur 5). Half december wordt de knopvorm lager beoordeeld en vanaf week 2 werd de knopvorm weer beter gevonden. Meest kritiek was week 51 waarbij zowel bedrijf 1 als 2 zichzelf een relatief lager cijfer voor de knopvorm gaven. Bedrijf 2 gaf zichzelf ook in week 1 een relatief laag cijfer, terwijl bedrijf 1 alweer op niveau was. Ervaring in de praktijk was dat met SON-T belichting de knopvorm beter is dan met LED. Ook leek volgens sommige telers een slechtere knopvorm vaker voor te komen bij weinig verdamping met onvoldoende aangepaste watergift, waardoor de mat vaak natter was. Bedrijf 2 noemde dat de combinatie van veel licht met een lage temperatuur in de zomer een onrustige knopvorm gaf, welke verbeterde indien SON-T werd gebruikt om het gewas op temperatuur te laten komen.
Op de vaas (dag 7) varieerde het aantal draaiharten van 0 tot 8 van de 10 geteste bloemen. Die variatie was er zowel tussen bedrijven als binnen bedrijven en door het hele seizoen heen, zonder duidelijke trend. Bolletjes kwamen met 0 tot 3 van de 10 geteste bloemen minder vaak voor dan draaiharten. Ook hier waren geen trends waarneembaar.
Opmerkelijk is dat de trend in tijd die in de beoordeling van de telers (Figuur 5) te zien was, niet terugkwam in de beoordeling in de vaasleventest. Mogelijk waren bij sommige bloemen de misvormingen al zichtbaar in het oogststadium waardoor deze al uitgesorteerd werden en daarmee geen onderdeel meer waren van de vaasleventest met gangbaar gesorteerde rozen.



Figuur 5 *Verloop van de knopvorm van de rode cultivar zoals beoordeeld door betreffende teler, gemiddeld over bedrijf 1, 2 en 3.*

3.2.5 Knophoogte

De knophoogte liet ongeveer dezelfde trends zien per bedrijf, waarbij tussen week 5 en 6 alle bedrijven een dipje hadden in de knophoogte. Ervaring is dat aan het einde van de snee de knophoogte doorgaans wat kleiner is, dus dat sluit aan bij de snee voor Valentijnsdag die begin week 7 viel. Voor cultivar 1 varieerde de knophoogte 3 tot 4 mm door het seizoen heen. Opvallend was dat voor bedrijf 2 de knophoogte tussen week 51 en week 1 relatief sterk toenam (3 mm) en pas in week 6 weer afnam. Bij bedrijf 3 was een dergelijke snelle toename te zien tussen week 47 en 49 en tussen week 6 en 7. Voor bedrijf 4 (cultivar 2) nam tussen week 51 en week 4 de knophoogte met 6 mm relatief veel toe. Bedrijf 5 (cultivar 3) begon het nieuwe seizoen in week 12 met knoppen die 8 mm hoger waren dan waar het seizoen in week 47 mee was geëindigd.

3.3 Gewas

3.3.1 Gewasuitloop

Over het algemeen vonden de telers dat er met LED meer uitloop was en minder loos dan met SON-T. De mate van dit effect lijkt cultivarafhankelijk te zijn. Met name bedrijf 4 met cultivar 2 had in het najaar een sterke uitloop van nieuwe scheuten en de teler vond dat het gewas te vol stond. Leerpunt was om de gewasstrategie dusdanig aan te passen door meer onderdoor te knippen om het gewas meer open te houden. Voor cultivar 2 lijkt dit effect minder sterk; bedrijf 1 en 2 beoordeelden de stand van het gewas qua uitloop de gehele proefperiode als goed, alleen bedrijf 2 beoordeelde deze in week 49 t/m 52 wat lager. Bedrijf 3 beoordeelde alleen in week 20-21 de stand van het gewas qua gewasuitloop iets lager dan de rest van de proefperiode. Voor bedrijf 5 met cultivar 3 was zoals verwacht het effect van het koud telen in de wintermaanden duidelijk zichtbaar: in week 44 was er een sterke uitloop die geleidelijk afnam naar de productiestop in week 48, waarna de knoppen zijn verwijderd, en vanaf week 12 weer geleidelijk toenam tot een sterke uitloop in week 20 en 21. Week 2 is bedrijf 5 begonnen met een deel uit te knippen en een deel in te buigen.

3.3.2 Bladgrootte en gewaskleur

De rapportcijfers stand van het gewas qua bladgrootte en gewaskleur laten grotendeels hetzelfde patroon zien, alleen voor gewaskleur iets minder extreem dan voor bladgrootte. Bij bedrijf 5 was de variatie door het seizoen goed te zien: na de winterstop in week 12 werd zowel de bladgrootte als gewaskleur als heel hoog beoordeeld en begon na 4 weken geleidelijk af te nemen richting week 22.

Voor bedrijf 1 t/m 3 werd de stand van het gewas qua bladgrootte en de gewaskleur het laagst beoordeeld rond week 50, waarbij bedrijf 1 de lagere etmaaltemperatuur als oorzaak opmerkte. Bedrijf 3 vond dat de kleur beter werd toen meer met SON-T werd belicht. Bij bedrijf 1 werd de bladgrootte in week 3 alweer als goed beoordeeld, terwijl bedrijf 3 een dip had in week 10 en 11 en pas in week 15 het blad weer als goed beoordeelde. Bij bedrijf 1 viel wel op dat de gewaskleur in week 44 als relatief laag werd beoordeeld. In week 5 benoemde bedrijf 1 dat het blad herfstkleuren vertoonde, waarbij een deel van de takken wel prima groen van kleur waren.

3.3.3 Meeldauw en vatbaarheid voor andere ziektes

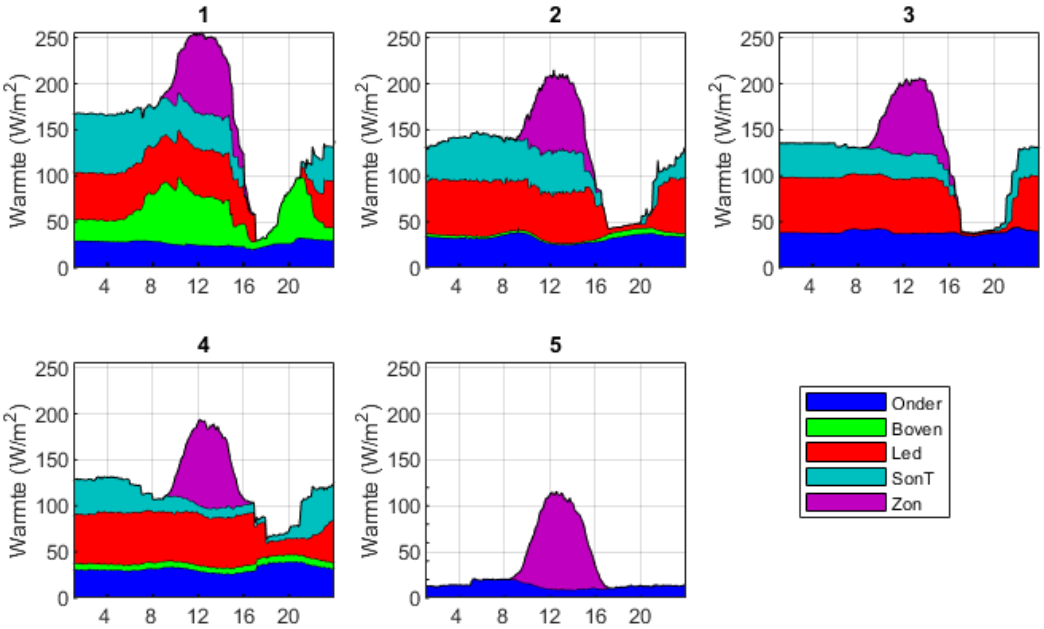
De mate van meeldauwaantasting varieerde tussen de bedrijven, maar de laatste weken van het jaar was de aantasting bij alle bedrijven, behalve bedrijf 5, relatief hoog. Bij bedrijf 1 was de piek een week eerder (week 51) dan bij bedrijf 2, die in week 5 nog een piekje had. Bedrijf 3 had bijna de gehele proefperiode meer last van meeldauwaantasting dan bedrijf 1 en 2. Bedrijf 3 had het idee dat met SON-T de meeldauw toenam, mogelijk door meer luchten en daarmee meer trek in de kas. Bedrijf 1 gaf aan dat in week 11 en week 18 de meeldauw weer iets toenam, na pogingen om met meer groene middelen te spuiten. Betreft de vatbaarheid voor andere ziektes in het gewas waren er verder geen bijzonderheden (Botrytis tijdens de naoogst is omschreven in paragraaf 3.2.1).
Bedrijf 5 zag vanaf week 50 bladvergeling ontstaan, dat in week 52 en 1 'echt veel' was. Verder was er in de koude periode een enkele luis, maar dat was goed onder controle te houden. Vanaf week 11 ontstonden meeldauw problemen, waar in week 13 Botrytis en luis bij kwamen. In week 21 werd de Botrytis en luis minder, maar kwam er trips bij.

3.4 Klimaat en energie

3.4.1 Warmte-input

In hoofdlijnen wordt warmte op drie verschillende wijzen in de kas gebracht:
1. Door de zon
2. Via de lampen (LED of SON-T)
3. Via de verwarming (onder het gewas of boven het gewas)

Deze warmtestromen zijn voor de 5 bedrijven in Figuur 28 weergegeven voor een gemiddeld etmaal van week 48 t/m week 5, de meest kritische periode voor wat betreft de bloemkwaliteit.
Uit de figuur vallen de volgende punten op:
- De hoogste warmte-input valt midden op de dag, als de zon schijnt en de lampen branden. De laagste warmte-input valt in de avond, als de lampen nog niet branden.
- De onderverwarming is vrijwel gelijk verdeeld over het etmaal.
- De inzet van de bovenverwarming is alleen hoog bij bedrijf 1, en is fluctuerend over het etmaal. Bij de andere bedrijven is de bovenverwarming niet of nauwelijks ingezet.
- Bedrijf 4 heeft ongeveer 1 op de 4 dagen 24 uur per etmaal belicht. Bedrijven 1-3 belichten hooguit 20 uur per etmaal.
- Over het etmaal levert de zon maar een fractie van de totale warmte.



Figuur 6 *Cyclisch gemiddelde van de warmtebronnen (W/m²) gedurende het etmaal over december en januari (week 48 t/m week 5).*

3.4.2 Temperatuur, PAR en VD

De PAR som (photoactive radiation in mol/m²), de etmaaltemperatuur (in °C) en het VD (vochtdeficit in g/m³) is voor alle bedrijven per week weergegeven in Tabel 2. In kleur bij de bedrijven is aangegeven in hoeverre de waarde van dat bedrijf per week afwijkt van het gemiddelde (groen is laag, rood is hoog). De kleur bij de gemiddelden geeft aan in hoeverre de waarde deze week afwijkt van de gehele periode van week 40/2022 t/m week 20/2023. De etmaaltemperatuur en de hoeveelheid PAR zijn ook grafische weergegeven in Figuur 7.

Naast de grote afwijkingen bij bedrijf 5 valt onder andere het volgende op:
- de betrekkelijk hoge temperatuur rond week 5 bij bedrijven 1-3 (in verband met Valentijnsdag);
- het hoge VD bij bedrijf 1 tot week 8, daarna het hoge VD bij bedrijf 4;

Tabel 2 *Weekgemiddelden per bedrijf van de kastemperatuur (°C), de PARsom (mol/m².wk), het VD (g/m³) en de buitentemperatuur (°C) en zonnestraling (W/m²).*

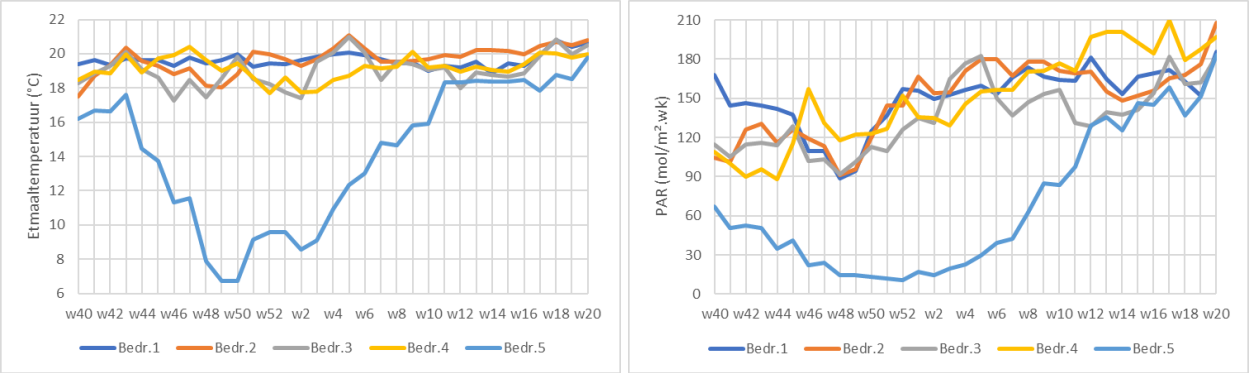
Temperatuur (°C)																																	
week	w40	w41	w42	w43	w44	w45	w46	w47	w48	w49	w50	w51	w52	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10	w11	w12	w13	w14	w15	w16	w17	w18	w19	w20
Bedr.1	19.4	19.6	19.4	19.7	19.6	19.7	19.3	19.8	19.4	19.6	20.0	19.2	19.5	19.4	19.6	19.8	20.0	20.1	19.9	19.7	19.5	19.5	19.0	19.3	19.2	19.5	18.9	19.5	19.3	19.9	20.8	20.4	20.7
Bedr.2	17.5	18.7	19.3	20.4	19.6	19.3	18.8	19.1	18.1	18.0	18.8	20.1	20.0	19.7	19.3	19.7	20.3	21.1	20.3	19.5	19.6	19.6	19.7	19.9	19.8	20.2	20.2	20.2	20.0	20.5	20.7	20.5	20.8
Bedr.3	18.3	18.9	19.3	20.1	19.1	18.6	17.3	18.5	17.4	18.6	19.8	18.5	18.2	17.8	17.4	19.6	20.1	21.0	20.1	18.5	19.6	19.4	19.0	19.2	18.0	18.9	18.8	18.7	18.9	19.9	20.9	20.0	20.5
Bedr.4	18.5	19.0	18.8	20.0	18.9	19.8	19.9	20.4	19.6	19.0	19.4	18.6	17.7	18.6	17.8	17.8	18.5	18.7	19.3	19.2	19.2	20.1	19.2	19.3	19.0	19.3	19.1	19.0	19.4	20.1	20.0	19.8	20.0
Bedr.5	16.2	16.7	16.7	17.6	14.5	13.8	11.3	11.6	7.9	6.7	6.8	9.2	9.6	9.6	8.6	9.1	10.9	12.4	13.0	14.8	14.6	15.8	15.9	18.3	18.4	18.4	18.4	18.4	18.5	17.9	18.8	18.5	19.8
Gem.	**18.0**	**18.6**	**18.7**	**19.6**	**18.3**	**18.2**	**17.3**	**17.9**	**16.5**	**16.4**	**17.0**	**17.1**	**17.0**	**17.0**	**16.5**	**17.2**	**18.0**	**18.6**	**18.5**	**18.3**	**18.5**	**18.9**	**18.6**	**19.2**	**18.9**	**19.3**	**19.1**	**19.1**	**19.2**	**19.7**	**20.2**	**19.8**	**20.3**

PAR (mol/m².week)																																	
week	w40	w41	w42	w43	w44	w45	w46	w47	w48	w49	w50	w51	w52	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10	w11	w12	w13	w14	w15	w16	w17	w18	w19	w20
Bedr.1	168	145	146	144	142	137	109	110	89	95	125	137	157	156	149	153	157	160	154	166	174	166	164	163	181	165	153	166	169	172	163	152	186
Bedr.2	104	101	126	131	116	126	119	113	91	96	120	144	144	166	154	155	171	180	180	167	178	178	171	169	170	155	148	152	156	166	168	176	208
Bedr.3	115	105	115	116	114	129	102	103	92	101	113	110	126	135	131	165	177	183	150	137	147	154	157	131	129	139	138	142	154	182	161	162	183
Bedr.4	109	100	90	96	88	115	157	131	118	122	123	127	152	135	135	129	145	155	156	156	171	171	177	171	197	201	201	193	184	210	180	188	197
Bedr.5	67	51	53	51	35	41	22	24	14	15	13	12	11	17	14	19	23	30	39	43	62	85	83	97	129	136	126	147	145	159	137	151	183
Gem.	**113**	**100**	**106**	**107**	**99**	**110**	**102**	**96**	**81**	**86**	**99**	**106**	**118**	**122**	**117**	**124**	**135**	**142**	**136**	**134**	**146**	**151**	**150**	**146**	**161**	**159**	**153**	**160**	**162**	**177**	**162**	**166**	**191**

Buitentemperatuur (°C)																																	
Gem.	**13.1**	**13.6**	**14.1**	**15.5**	**11.8**	**10.1**	**6.5**	**8.3**	**4.0**	**1.2**	**2.1**	**8.4**	**9.7**	**9.6**	**7.6**	**2.9**	**4.8**	**6.9**	**5.8**	**8.4**	**4.9**	**4.1**	**5.1**	**9.5**	**8.9**	**8.6**	**9.1**	**9.2**	**9.5**	**10.0**	**13.9**	**12.8**	**13.0**

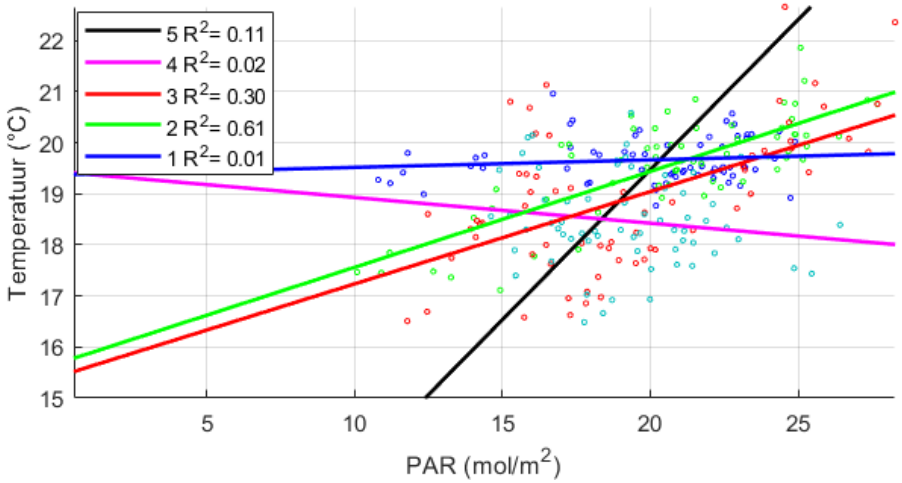
Zon (W/m²)																																	
Gem.	**105**	**71**	**70**	**63**	**41**	**55**	**24**	**32**	**21**	**26**	**29**	**21**	**15**	**28**	**23**	**42**	**36**	**46**	**65**	**46**	**81**	**92**	**81**	**92**	**118**	**148**	**137**	**168**	**172**	**207**	**175**	**198**	**234**

VD (g/m3)																																	
week	w40	w41	w42	w43	w44	w45	w46	w47	w48	w49	w50	w51	w52	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10	w11	w12	w13	w14	w15	w16	w17	w18	w19	w20
1	4.7	3.8	3.7	3.8	3.7	3.6	3.2	3.0	3.1	3.1	3.1	3.0	3.4	3.1	3.1	3.1	2.9	2.9	2.9	3.2	3.3	3.2	3.5	3.3	3.7	3.7	4.1	4.3	4.1	3.9	3.5	3.5	4.1
2	1.5	1.1	1.5	1.9	1.8	1.9	1.6	1.5	1.4	1.5	1.4	1.6	1.5	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	2.1	2.2	2.6	2.5	2.1	2.1	2.1	2.3	2.4	2.6	2.4	2.7	2.4	2.6	3.5
3	3.1	2.7	2.7	2.7	2.1	2.5	1.9	2.1	1.8	2.0	2.1	1.7	1.8	2.0	2.0	3.2	4.0	4.0	3.3	2.6	3.1	3.2	3.4	3.7	3.6	3.8	3.8	3.7	3.7	4.5	3.7	3.5	4.3
4	3.4	2.4	2.5	2.8	2.4	2.3	2.1	2.1	1.6	2.3	2.4	2.5	2.8	2.8	2.7	2.1	2.7	2.9	3.4	3.1	3.1	3.8	3.1	3.7	3.8	4.3	4.4	4.5	4.6	4.9	4.6	4.8	5.6
5	2.0	1.3	1.5	1.6	1.3	1.3	0.7	0.8	0.5	0.5	0.4	0.5	0.6	0.8	0.7	0.8	1.0	1.6	1.6	1.2	1.2	1.0	1.2	1.6	2.4	3.6	4.4	4.9	4.1	3.5	3.5	3.7	5.3
Gemidc	**3.0**	**2.3**	**2.4**	**2.6**	**2.3**	**2.3**	**1.9**	**1.9**	**1.7**	**1.8**	**1.9**	**1.9**	**2.0**	**2.1**	**2.0**	**2.2**	**2.5**	**2.6**	**2.7**	**2.5**	**2.7**	**2.8**	**2.7**	**2.9**	**3.1**	**3.5**	**3.8**	**4.0**	**3.8**	**3.9**	**3.5**	**3.6**	**4.6**



Figuur 7 *Verloop van de etmaaltemperatuur (links) en de PARsom per m² per week (rechts) van de 5 bedrijven.*

De verhouding tussen temperatuur en PAR (RTR) is van week 48 t/m week 5 voor de vijf bedrijven weergegeven in Figuur 8. Wat opvalt is dat bedrijf 5 een zeer steile lijn laat zien. Dat is veroorzaakt doordat er weinig is gestookt en dat de kastemperatuur overdag een direct gevolg is van de hoeveelheid instraling. Bij de andere bedrijven is meer gestookt en zijn vlakkere lijnen te zien. De R^2 staat voor de representativiteit van de regressielijn. Die is bij bedrijven 2 en 3 redelijk hoog (61% en 30%), maar bij bedrijven 4 en 5 erg laag (11% en 2%). Dit geeft aan dat bedrijven 2 en 3 de etmaaltemperatuur meer laten afhangen van de hoeveelheid PAR dan dat bedrijven 4 en 5 dat doen.



Figuur 8 *Verhouding tussen etmaaltemperatuur (°C) en hoeveelheid PAR (mol/m².dag) voor 5 bedrijven van week 48 tot en met week 5.*

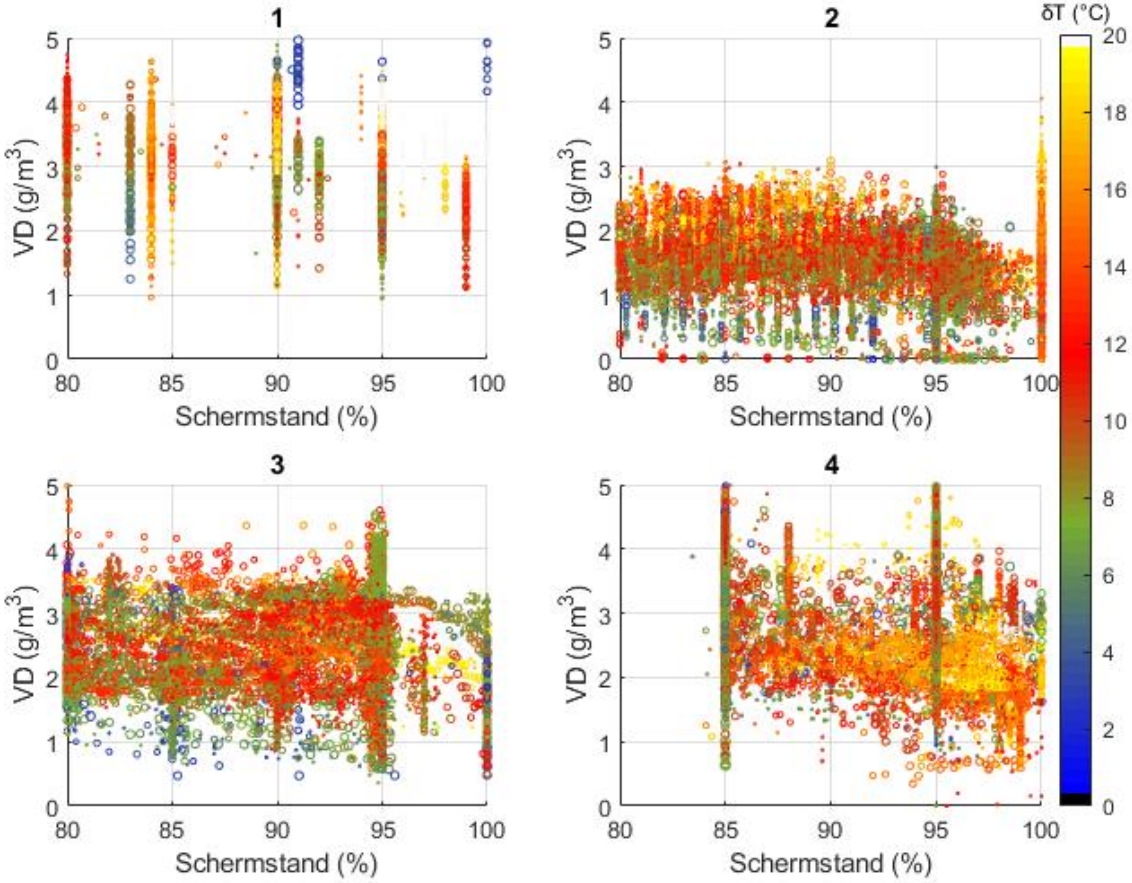
3.4.3 Schermgebruik, raamstanden en luchtvochtigheid

Een hoge luchtvochtigheid of een laag vochtdeficit (VD) geeft meer kans op ziekten, een korter vaasleven of fysiogene afwijkingen. Dat is de reden dat telers acties ondernemen om het vocht zo veel mogelijk af te voeren, bijvoorbeeld door het openen van de luchtramen in combinatie met het trekken van een schermkier. Dat knelt soms met de regelgeving tegen lichtemissie, waarmee in de nanacht meer dan 75% moet zijn afgeschermd. Voor bedrijven met meer dan 15.000 lux gelden strengere regels, maar met het RWB LED spectrum moet je dan meer dan 385 µmol/(m².s) aan belichtingsintensiteit hebben. (https://www.waveformlighting.com/horticulture/convert-lumens-to-ppf-online-calculator). Ook wordt in sommige gebieden dispensatie gegeven zodat minder hoeft te worden afgeschermd.

3.4.3.1 Schermkier en VD bij belichte nacht

In Figuur 9 is voor vier bedrijven weergegeven wat de schermstand is geweest tijdens de belichte nacht, en hoe hoog het VD op die momenten was. Het eerste dat opvalt zijn de verschillen in schermstrategie: Bedrijf 1 hanteert enkele vaste schermstanden, terwijl de andere bedrijven veel meer varieerden in de schermstand.

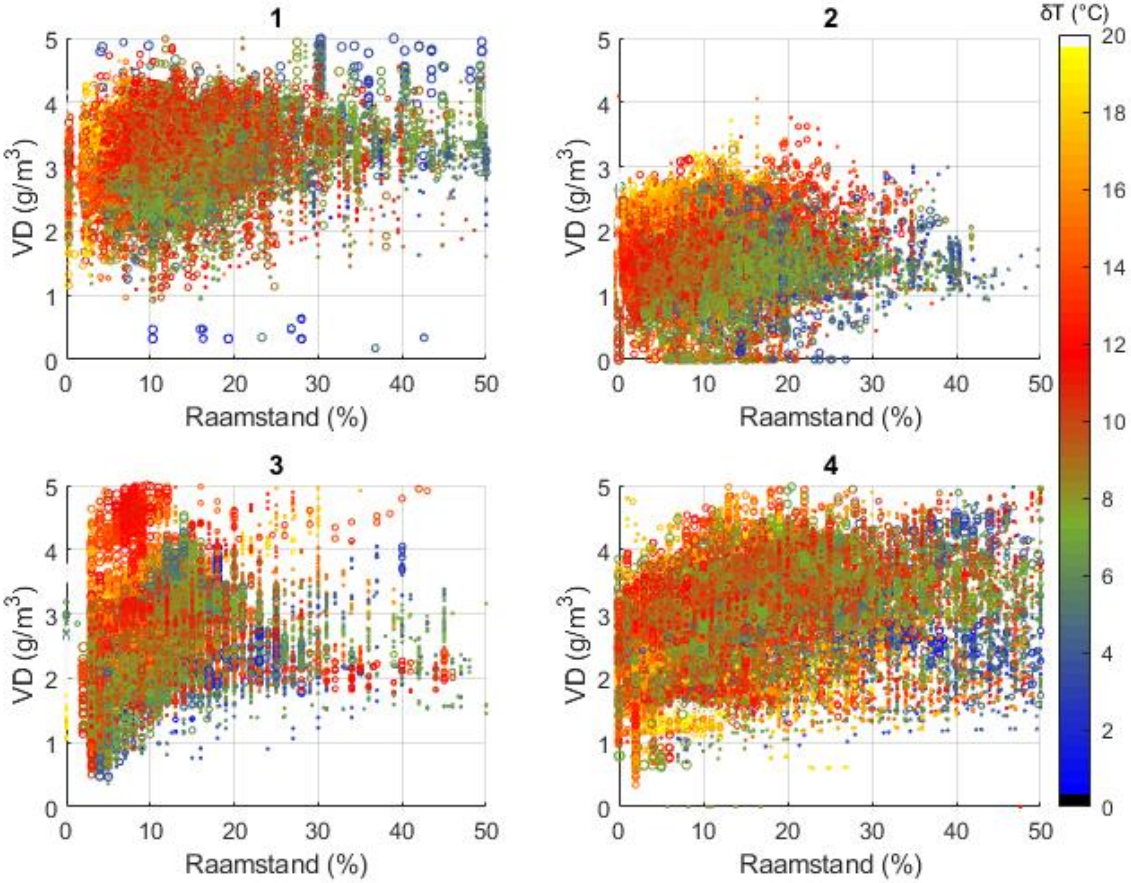
Omdat het met een groot verschil tussen kastemperatuur en buitentemperatuur (dus een grote δT) makkelijker is om vocht af te voeren, is deze in kleur aangegeven. De windsnelheid is af te lezen aan de diameter van de marker: hoe meer wind, hoe groter de cirkel. De invloed van de schermstand op het VD is te zien aan een lichte daling van het VD voor punten met dezelfde kleur, bij hogere schermstanden. Dat is vooral te zien tussen 95 en 100% schermstand. Tussen 80% en 95% is die invloed veel minder duidelijk. Dat kan het gevolg zijn van de schermregeling: bij een lager vochtdeficit wordt een grotere schermkier getrokken. Soms wordt het VD dus verhoogd door een grotere schermkier, en soms wordt een grotere schermkier getrokken door een te laag VD. Het is dan niet altijd duidelijk wat de oorzaak en wat het gevolg is.



Figuur 9 *VD uitgezet tegen de schermstand tijdens de belichte nachten bij 4 bedrijven van 1 oktober tot 1 mei. De kleur staat voor het verschil tussen kastemperatuur en buitentemperatuur (δT)*

3.4.3.2 Raamstand en VD bij belichte nacht

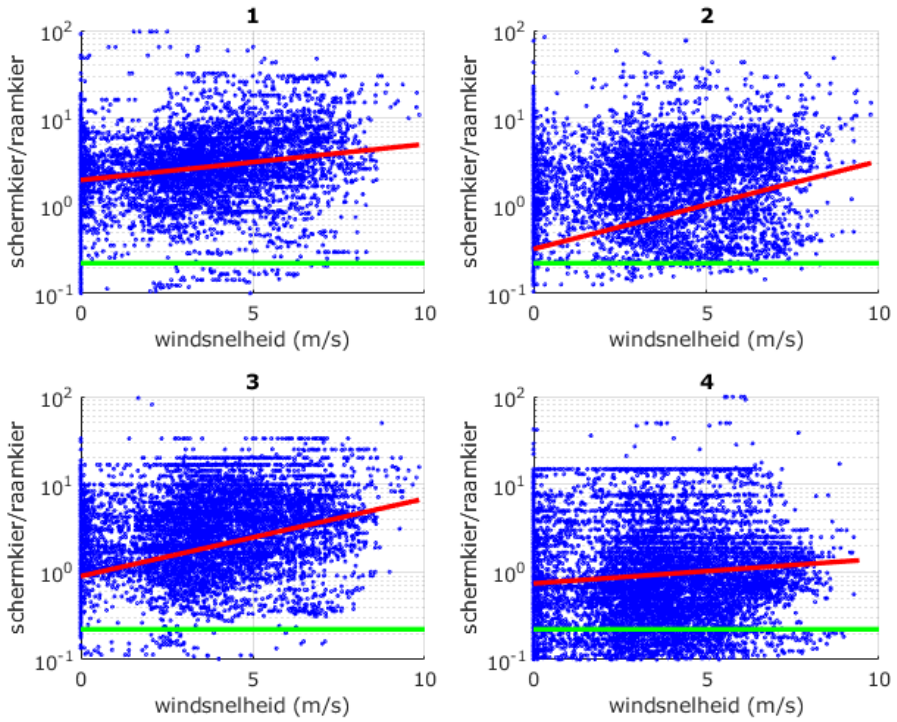
De invloed van de raamstand op het VD is duidelijker (Figuur 10): hoe hoger de raamstand, hoe hoger het VD. De bedrijven verschillen onderling wel sterk: Bedrijf 2 heeft bij dezelfde raamstand een veel lager VD. Dit kan liggen aan de betrouwbaarheid of de positie van de meetbox. Bedrijf 4 hanteert hogere raamstanden dan de andere. De trend blijft echter hetzelfde: de raamstand heeft meer effect op het VD dan de schermstand. Dit wil echter niet zeggen dat een kleine schermkier volledig kan worden gecompenseerd door een hoge raamstand. De luchtuitwisseling, en daarmee de vochtafvoer, wordt immers bepaald door de barrière met de hoogste weerstand.



Figuur 10 *VD uitgezet tegen de raamstand tijdens de belichte nachten bij 4 bedrijven van 1 oktober tot 1 mei. De kleur staat voor het verschil tussen kastemperatuur en buitentemperatuur (δT)*

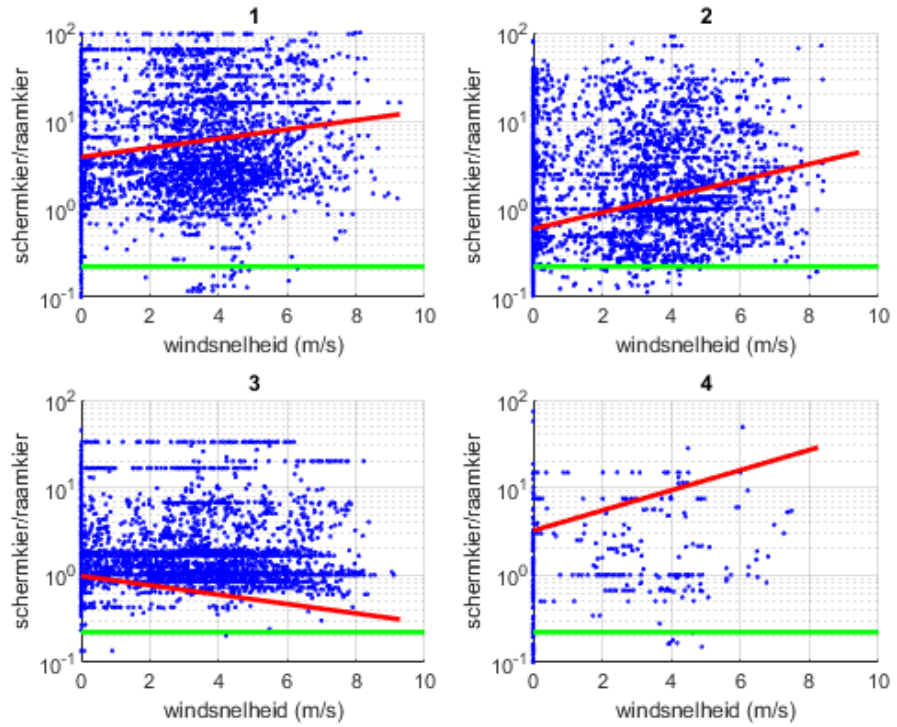
3.4.3.3 Aanbevolen verhouding schermkier en raamkier

Stel dat 100 g/m^2.uur moet worden afgevoerd bij een kas- en buitentemperaturen van 20 respectievelijk 10 °C en kas- en buitenVD's van 2 respectievelijk 1 g/m^3. Dan is het AV-verschil 6,9 g/m^3 en moet er dus 100/6,9=14,5 m^3/m^2.uur worden uitgewisseld. Door een scherm met een schermkier van 5% moet dan lucht met een snelheid van 14,5/5%*2/3600 = 0.16 m/s stromen (let op: lucht moet door de kieren zowel naar binnen als naar buiten kunnen). Door een luchtraam per 20 m^2 van 2,5 meter breedte en een hoogte van 1,2 meter moet bij een raamstand van 5% ongeveer 14,5/(5%*1,2*(2,5+1,2)/20)*2/3600=0,72 m/s stromen. Voor een optimale verdeling tussen weerstand in ramen en scherm zou de raamkier bij windstil weer dus 0,72/0,16=4,5 keer zo groot moeten zijn als de schermkier. Dat is bij geen van de telers maar zelden het geval. Figuur 11 laat zien dat de verhouding tussen de schermkier en de raamkier vrijwel altijd groter is dan 1/4,5. Dat kan zijn veroorzaakt doordat hoge raamstanden meer onrust geven (klapperen van schermdoek, plaatselijk veel luchtbeweging) bij hoge windsnelheden.



Figuur 11 *Verhouding tussen schermkier en raamkier (logaritmisch) tijdens de belichte nacht, uitgezet tegen de windsnelheid. De rode lijn is de regressielijn en de groene lijn staat voor de verhouding 1/4,5.*

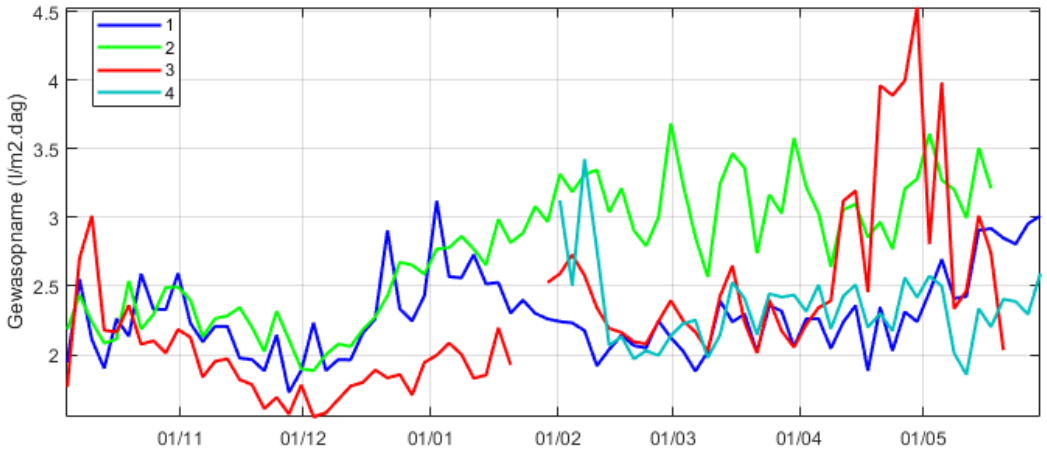
Tijdens de onbelichte nacht ligt de verhouding schermkier/raamkier nog hoger (zie Figuur 12). De rode lijnen liggen daar hoger dan bij Figuur 11. Bij de onbelichte nacht spelen tegenstrijdige belangen: De telers willen een lage gewastemperatuur. Anderzijds moet een te lage verdamping, of zelfs condensatie op het gewas zo veel mogelijk worden voorkomen. Voor het verlagen van de gewastemperatuur, helpt het trekken van een raamkier en het openen van het scherm. Voor het voorkomen van een te lage verdamping of condensatie moet het scherm juist zo veel mogelijk gesloten worden, zodat wel vocht wordt afgevoerd, maar de uitstraling naar het koude kasdek zo veel mogelijk wordt voorkomen.



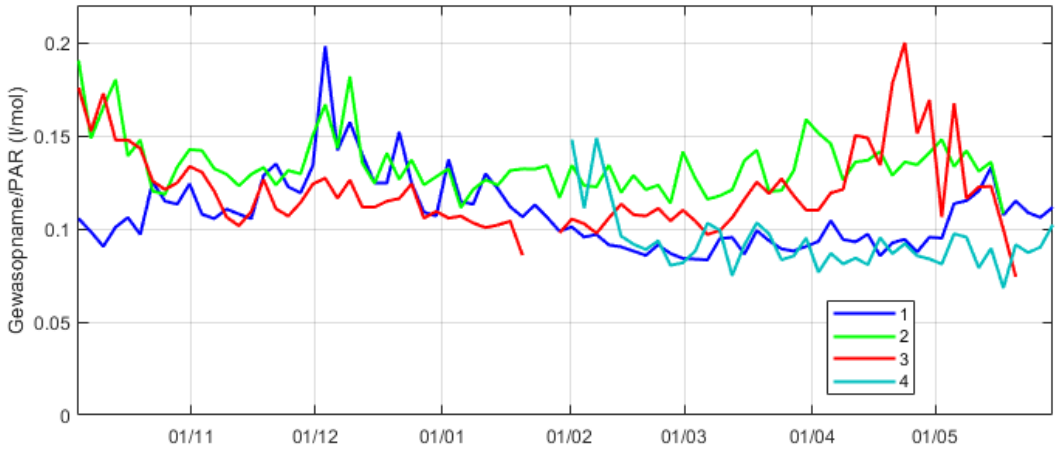
Figuur 12 *Verhouding tussen schermkier en raamkier (logaritmisch) tijdens de onbelichte nacht, uitgezet tegen de windsnelheid. De rode lijn is de regressielijn en de groene lijn staat voor de verhouding 1/4,5.*

3.4.4 Wateropname

De wateropname (watergift minus drain; ook wel gewasopname genoemd) is bij de vier bedrijven gedurende het onderzoek gemonitord (Figuur 13), en vergeleken met de hoeveelheid PAR die ieder etmaal op het gewas komt (Figuur 14). Vergelijking van de gemeten wateropname per bedrijf wordt bemoeilijkt doordat de metingen bij sommige bedrijven plaatsvindt op een goot midden in het bed en bij andere op een goot aan de rand van het bed. Wel kan het verloop van de wateropname per mol PAR per bedrijf worden geanalyseerd. In theorie zou de verhouding tussen wateropname en PAR niet te laag mogen worden om te voorkomen dat de nutriëntenopname (waaronder Calcium) beperkend wordt voor de groei. Uit de figuur blijkt niet dat de wateropname in de kwaliteitskritische periode rond 1 januari achterblijft bij de hoeveelheid PAR. Rond 1 maart ligt de wateropname per mol zelfs lager dan rond 1 januari.
Het stimuleren van de verdamping in die periode lijkt daarmee niet nodig voor de gemiddelde nutriëntenopname per etmaal. Wel zou het kunnen dat de verdeling van de water- en nutriëntenopname over het etmaal tot momentane tekorten leidt. De momentane wateropname is niet af te lezen uit het verschil tussen watergift en drain, maar de VPD (Vapour Pressure Difference, zie Figuur 18) geeft wel een indicatie van de momenten waarop het dampdrukverschil tussen plant en kaslucht laag is en er dus weinig verdamping kan optreden. Dat blijkt vooral tijdens de onbelichte nachten te zijn.



Figuur 13 *3-daags gemiddelde gewasopname (l/m²) (NB: de waarden voor bedrijf 4 zijn tot 1 februari niet in de grafiek opgenomen, omdat de cijfers toen onwaarschijnlijk hoog lagen).*



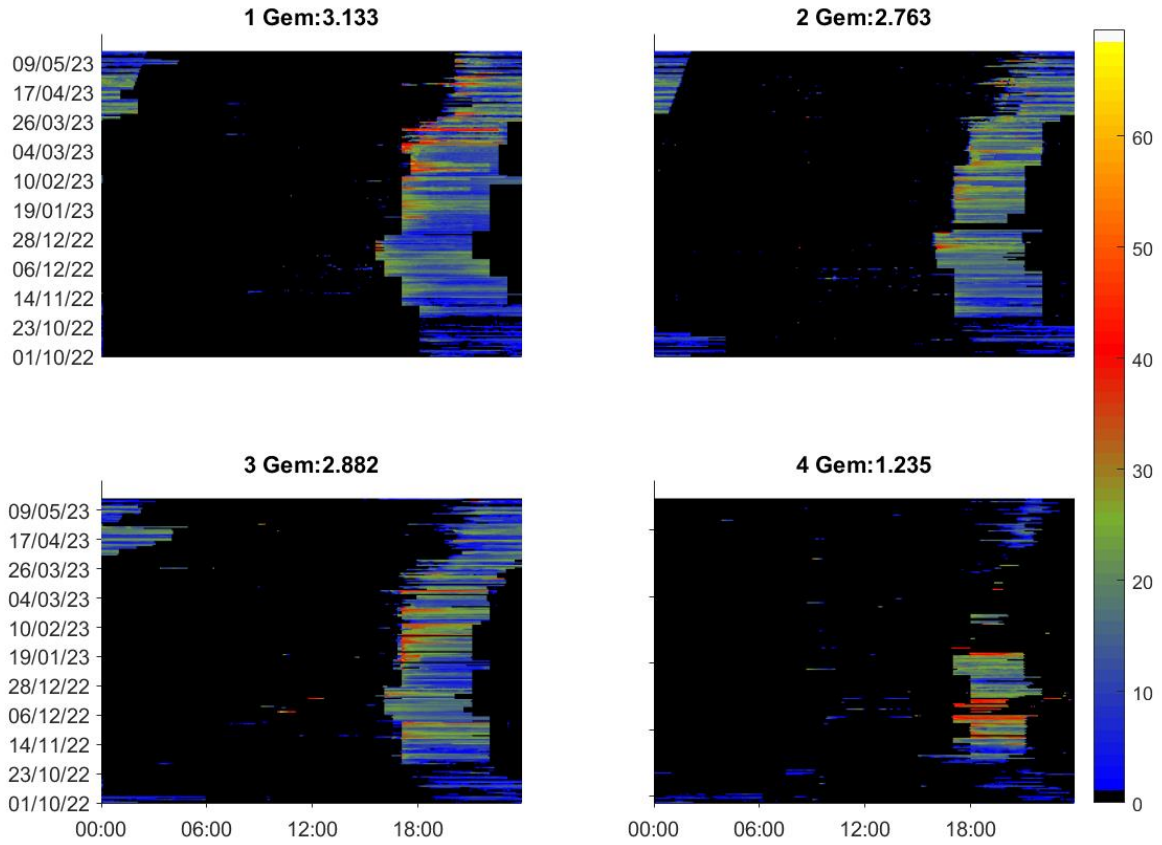
Figuur 14 *3-daags gemiddelde van de verhouding tussen de gewasopname (l/m²) en de PARsom op het gewas (mol/m²).*

3.4.5 Risico op condensatie of guttatie

Condensatie en guttatie worden vaak gezien als de oorzaak van kwaliteitsproblemen. Condensatie op het gewas (natslag) treedt op als de luchtvochtigheid hoog is en de gewastemperatuur lager is dan de kastemperatuur. Een lage gewastemperatuur wordt veroorzaakt door uitstraling naar een koud kasdek en doordat de kastemperatuur sneller stijgt dan de gewastemperatuur.

3.4.5.1 Uitstraling

Met de uitstralingsmonitor[1] is te berekenen wat het effect is van buitentemperatuur, bewolkingsgraad en schermgebruik op de planttemperatuur. Bijvoorbeeld bij een kastemperatuur van 18°C, een buitentemperatuur van 5°C, een onbewolkte hemel, zonder schermen of belichting kan de uitstraling naar het kasdek 46 W/m^2 zijn, waardoor de gewastemperatuur bovenin gemiddeld wel 1,5 °C onder de kastemperatuur komt. Bij een VD van minder dan 1,4 g/m^3 treedt dan condensatie op. Het risico op condensatie door uitstraling komt alleen voor als er niet wordt belicht en als de schermdoeken open zijn. Een gesloten schermdoek geeft vrijwel een halvering van de uitstraling, waardoor een halvering van bovengenoemd VD mag worden geaccepteerd voordat er condensatie optreedt.
Als de belichting aan staat, wordt er via de lampen 50 tot 100 W/m^2 aan warmte boven het gewas ingebracht. Dat is vrijwel altijd meer dan de uitstraling naar het kasdek.
In Figuur 15 is voor vier bedrijven is met een eenvoudige formule berekend wanneer de netto uitstraling naar het kasdek positief was, waarbij de kleur staat voor de hoogte van de netto uitstraling. Blauw en zwart staan voor geringe of geen uitstraling. Rood en geel staan voor meer dan 30 W/m2 uitstraling. Hieruit blijkt dat de netto uitstraling inderdaad alleen een risico is bij open schermen en als de lampen uit staan. In veel gevallen is te zien dat de netto uitstraling aan het begin van de donkerperiode hoog is, maar naarmate de kastemperatuur daalt, wordt ook de netto uitstraling lager. Dit geldt niet voor bedrijf 4, waarbij de netto uitstraling in november en december langere tijd hoog blijft.

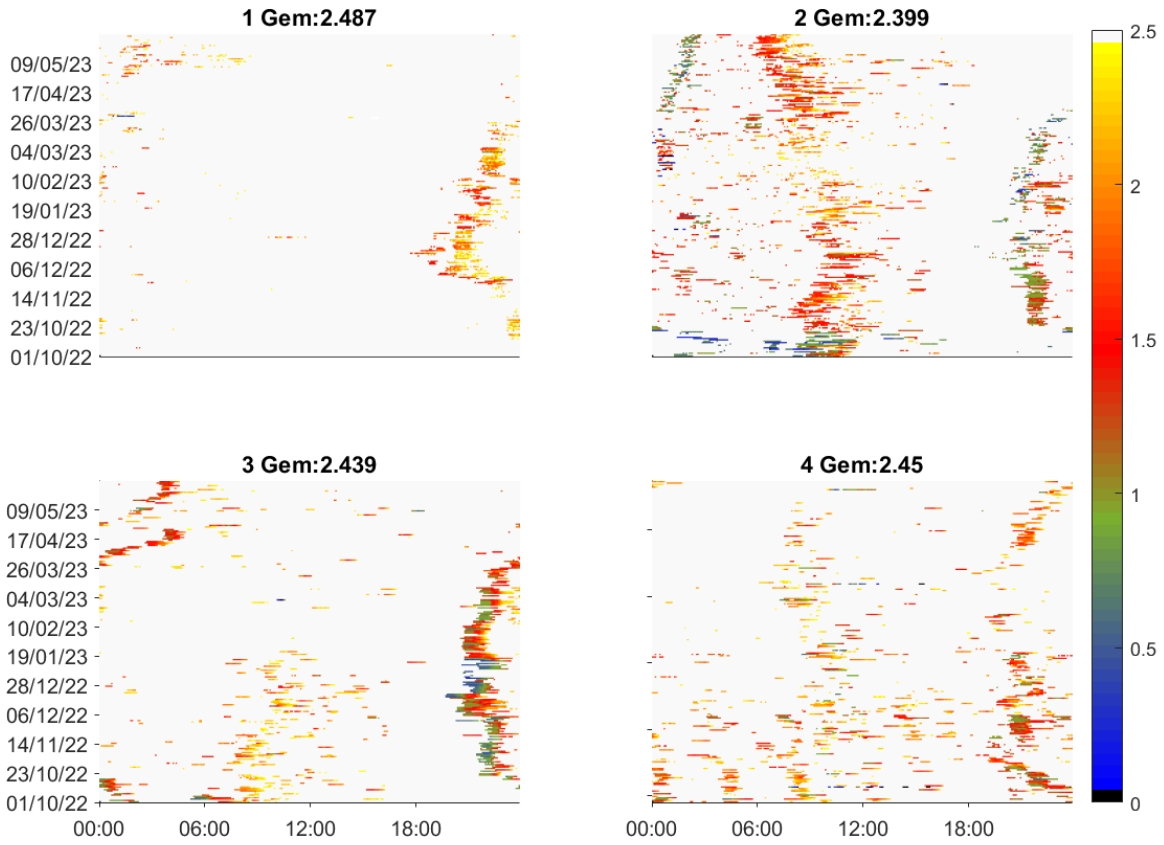


Figuur 15 *Netto uitstraling (W/m^2) van vier bedrijven op de momenten dat deze groter is dan 0.*

[1] https://www.kasalsenergiebron.nl/besparen/het-nieuwe-telen/ik-wil-eenvoudig-aan-de-slag/uitstralingsmonitor/radiation-monitor/

3.4.5.2 Trage opwarming van bloemknoppen

Zeker voor zware bloemknoppen kan het lang duren voordat deze volledig op temperatuur zijn gekomen. Als vuistregel zou je bij grote bloemknoppen kunnen stellen dat in een uur het temperatuurverschil tussen kastemperatuur en knoptemperatuur wordt gehalveerd. Dus als de kastemperatuur plotseling stijgt van 19°C naar 21°C, dan zal de knoptemperatuur na een uur nog maar tot 20°C zijn gestegen. Bij een VD van minder dan 2,1 g/m^3 zal op een knop van 19°C condensatie optreden. Na een uur zal bij een VD van minder dan 1,1 g/m^3 nog steeds condensatie optreden op de tot 20°C opgewarmde knop.
In Figuur 16 is voor vier bedrijven weergegeven op welke momenten de temperatuur meer dan 1°C per uur stijgt. De kleur geeft het VD aan, waarbij blauw staat voor een laag VD (minder dan 0,5 g/m^3) en geel voor een hoog VD (meer dan 2 g/m^3). Wat opvalt is dat de temperatuurstijging meestal optreedt rond het aanschakelen van de lampen (vaak rond middernacht), maar vooral bij bedrijf 2 zie je ook in de ochtend een relatief snelle stijging van de temperatuur. In de meeste gevallen is het VD veilig hoog (rode of gele kleur) tijdens de temperatuurstijging van meer dan 1°C, maar er zijn ook momenten (groene of blauwe kleur) dat er risico op condensatie op grote bloemknoppen is.

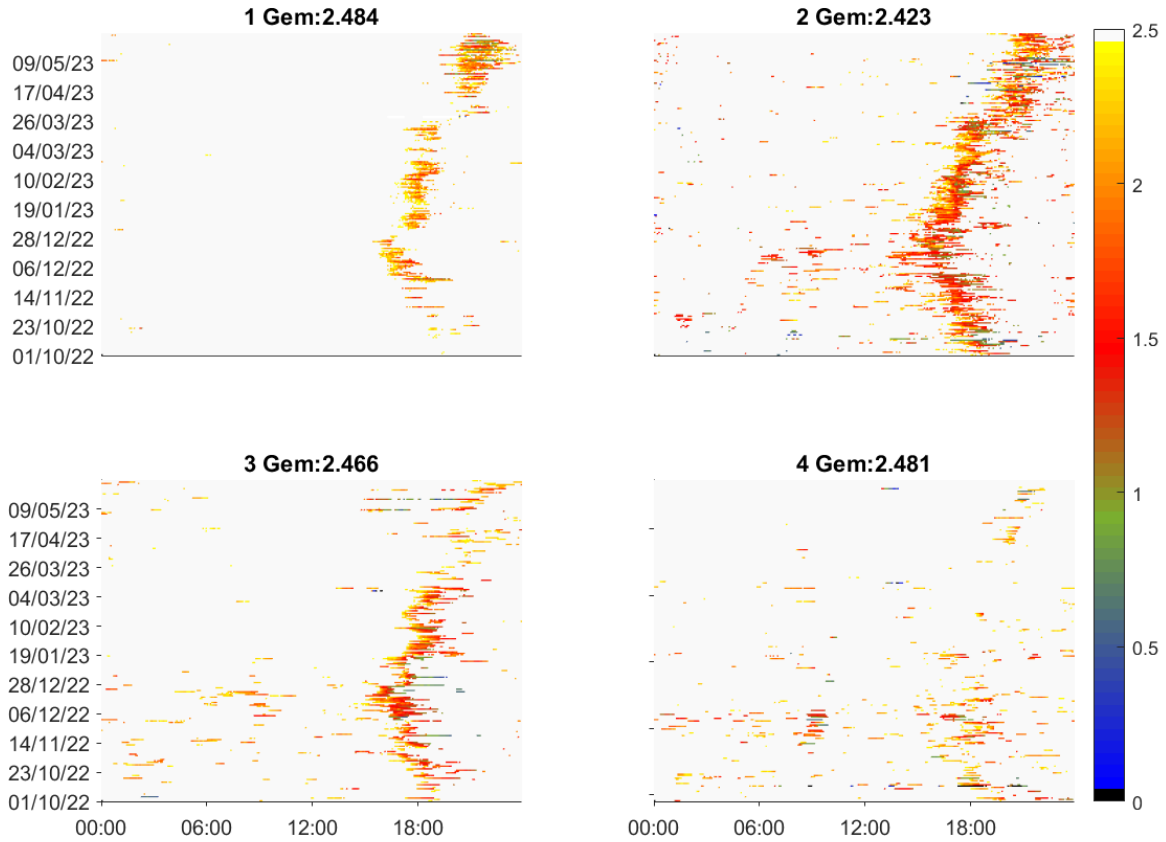


Figuur 16 *VD (g/m^3) van vier bedrijven op de momenten dat de kastemperatuur meer dan 1°C per uur stijgt. De momenten met een VD>2,5 g/m^3 zijn buiten beschouwing gelaten.*

3.4.5.3 Guttatie

Guttatie treedt op als de verdamping achterblijft bij de worteldruk. De worteldruk wordt versterkt door onder andere een lage EC en door een hoge worteltemperatuur. De verdamping wordt bepaald door de hoeveelheid straling (zowel licht als warmtestraling) op het gewas, de opening van de huidmondjes, de hoeveelheid luchtbeweging en het VD. Een dalende kastemperatuur wordt vaak veroorzaakt door netto meer afvoer dan toevoer van (stralings)energie, wat de verdamping doet afnemen, terwijl de worteltemperatuur nog een tijd lang hoog blijft ten opzichte van de dalende kastemperatuur.
Een dilemma bij guttatie is de inzet van de onderbuis. De verwarming onder het gewas stimuleert de straling op het gewas, het VD en de luchtbeweging, maar verhoogt ook de worteltemperatuur en daarmee de worteldruk.

Met name als de belichting uit staat, is de onderverwarming vaak nog de enige warmtebron (zie Figuur 6), en dat is ook het moment dat de temperatuur daalt (zie Figuur 17) het VD laag is en de netto uitstraling hoog (zie Figuur 15). Bovendien zullen de huidmondjes sluiten in het donker. Al deze factoren verhogen het risico op guttatie. Acties die de guttatie kunnen tegengaan, zijn het (deels) sluiten van het scherm om de uitstraling te beperken, en het stimuleren van de luchtbeweging (luchtramen en ventilatoren) om de verdamping te stimuleren.

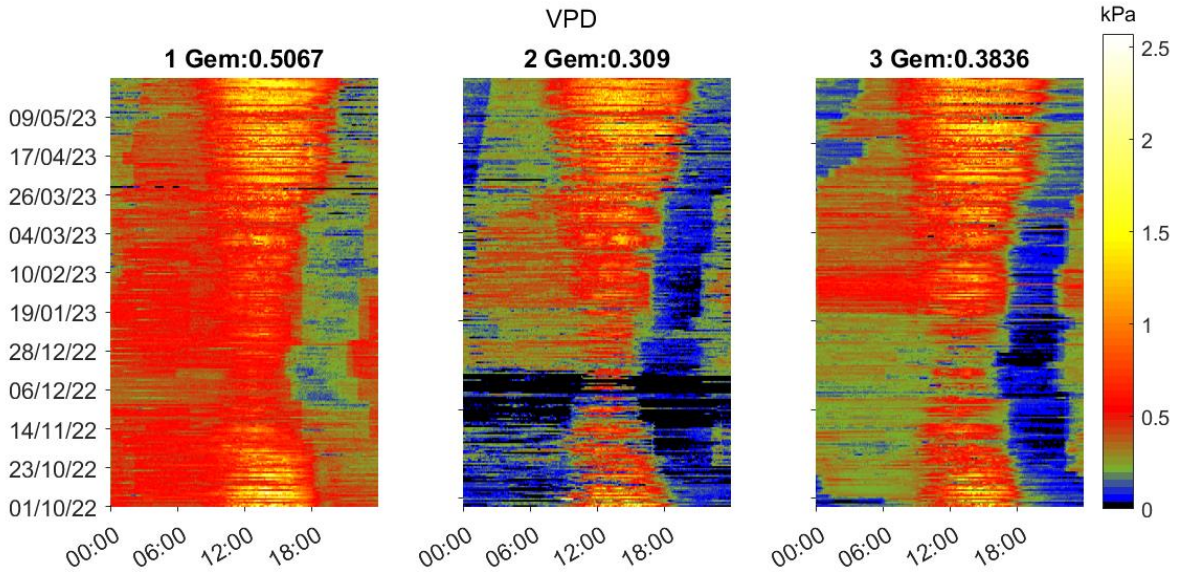


Figuur 17 *VD (g/m³) van vier bedrijven op de momenten dat de kastemperatuur meer dan 1°C per uur daalt. De momenten met een VD>2,5 g/m³ zijn buiten beschouwing gelaten.*

3.4.6 Knop- en gewastemperatuur

3.4.6.1 VPD bij bedrijven 1, 2 en 3

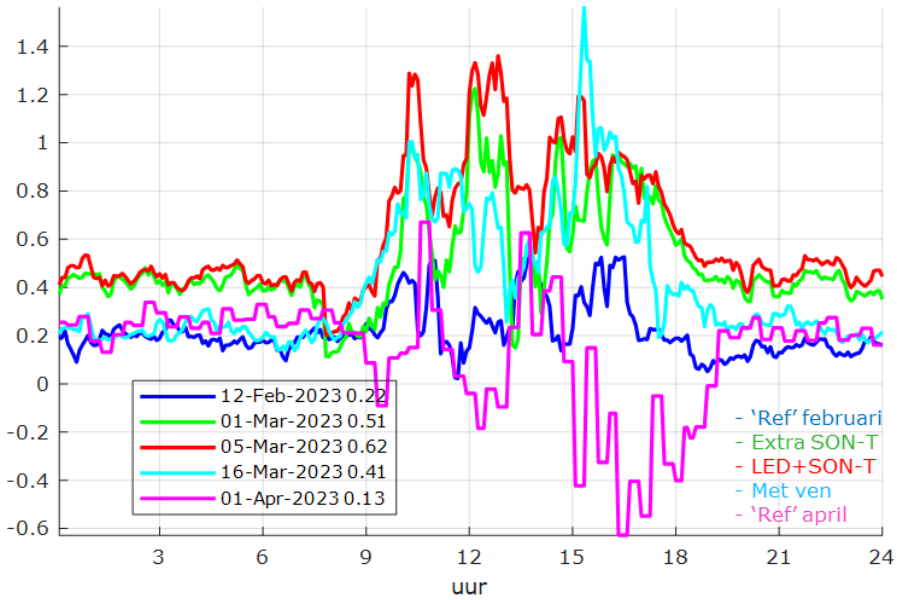
In paragraaf 3.4.5 is het risico op condensatie bepaald op basis van kastemperatuur, VD, de schermstanden en het buitenklimaat (buitentemperatuur, windsnelheid, instraling en uitstraling (pyrgeo)). Een andere manier om dat risico te bepalen is de VPD, die bij drie bedrijven is gebaseerd op de gewastemperatuur (infraroodmeting) het VD en de kastemperatuur (zie Figuur 18). Een nadeel van deze wijze van het bepalen van de VPD is de betrouwbaarheid van de planttemperatuurmeting. Deze geven het gemiddelde aan van de gemiddelde uitstraling van een vlak. Als dat vlak niet representatief is en als de planttemperatuurmeter een of meer °C afwijkt, krijg je ongeloofwaardige getallen. Als de metingen zouden kloppen, dan zou op alle zwart gekleurde momenten condensatie moeten optreden, en dat is niet het geval geweest. Wel geeft de VPD een beeld van wanneer de grootste risico op condensatie mag worden verwacht. Net zoals bepaald in paragraaf 3.4.5 is de onbelichte nacht het grootste risicomoment op condensatie.



Figuur 18 *Verloop van de VPD bij drie bedrijven.*

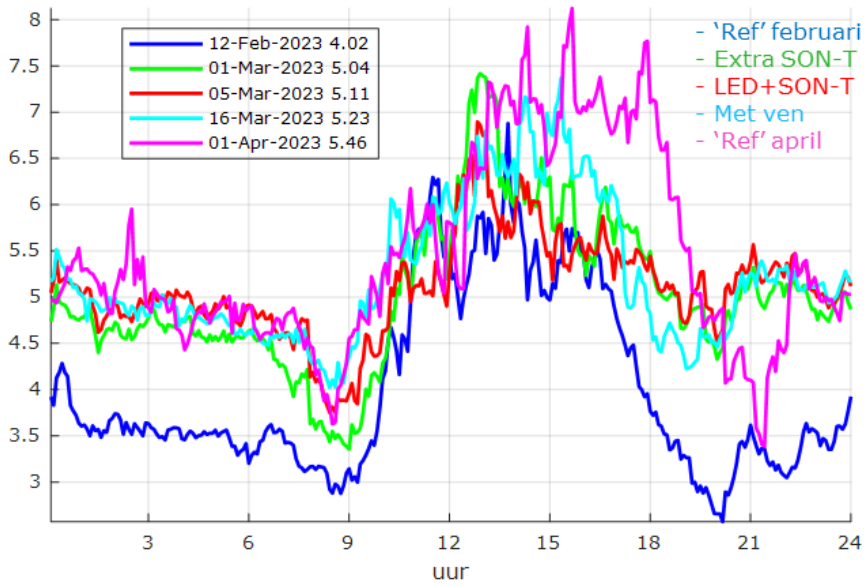
3.4.6.2 Intensieve metingen bij bedrijf 4

Zoals benoemd in paragraaf 2.3.2 zijn bij bedrijf 4 van februari tot en met april 2023 extra sensoren geplaatst om het risico op natslaan (condensatie op de knoppen) te monitoren. Met behulp van een warmtebeeldcamera is onder andere het verschil tussen de knoptemperatuur en de gewastemperatuur vergeleken (zie Figuur 19). Dat verloop blijkt per dag te kunnen verschillen. Over het algemeen kun je verwachten dat als er belicht wordt en dus straling op het gewas komt, dat zowel het blad als de knop worden opgewarmd door deze straling. Omdat een blad makkelijker verdampt dan een knop, zal de opwarming van de straling meer compenseren door meer verdamping en daardoor minder warm worden dan de knop. Dat is ook te zien in Figuur 19, waarbij op alle belichte nachten een hogere knoptemperatuur dan bladtemperatuur te zien is. Op 1 en 5 maart is 's nachts met relatief veel SON-T lampen belicht. De SON-T lampen zorgen voor extra stralingswarmte en dat uit zich in een groter verschil tussen knoptemperatuur en bladtemperatuur. Op 16 maart is een ventilator gebruikt. Een ventilator stimuleert de verdamping, wat vooral een lagere bladtemperatuur moet geven, maar een ventilator zorgt ook voor meer convectieve warmte-overdracht, waardoor het temperatuurverschil tussen enerzijds de kaslucht en anderzijds het gewas (knop en blad) kleiner wordt. Per saldo lijkt het effect van de ventilator op het verschil tussen knop- en bladtemperatuur klein.



Figuur 19 *Verschil tussen de knoptemperatuur en de gewastemperatuur gedurende 5 verschillende etmalen.*

Voor dezelfde dagen is ook het verschil tussen de knoptemperatuur en de dauwpuntstemperatuur op knophoogte (dauwpuntsdeficit) gemeten. Hieruit blijkt dat dit verschil vrijwel altijd meer dan 3°C is. Het risico op natslag op de knoppen lijkt daarmee erg klein. Kanttekeningen daarbij zijn, dat op alle dagen (behalve 12 februari) 24 uur belicht is, waardoor de knoppen nauwelijks afkoelen. Bovendien is natslag niet de enige voorwaarde voor Botrytis. Ook bij hogere RV's kan Botrytis kiemen en ontwikkelen, dus is een ruime marge vaak gewenst. De het laagste dauwpuntsdeficit treedt op in de ochtend bij het openen van het schermdoek en 's avonds bij het afnemen van de kastemperatuur.



Figuur 20 *Knoptemperatuur minus dauwpuntstemperatuur op knophoogte (dauwpuntsdeficit in °C) gedurende 5 verschillende etmalen.*

4 Analyse effecten van klimaat op bloemkwaliteit

4.1 Mogelijke klimaatinvloeden op het vaasleven

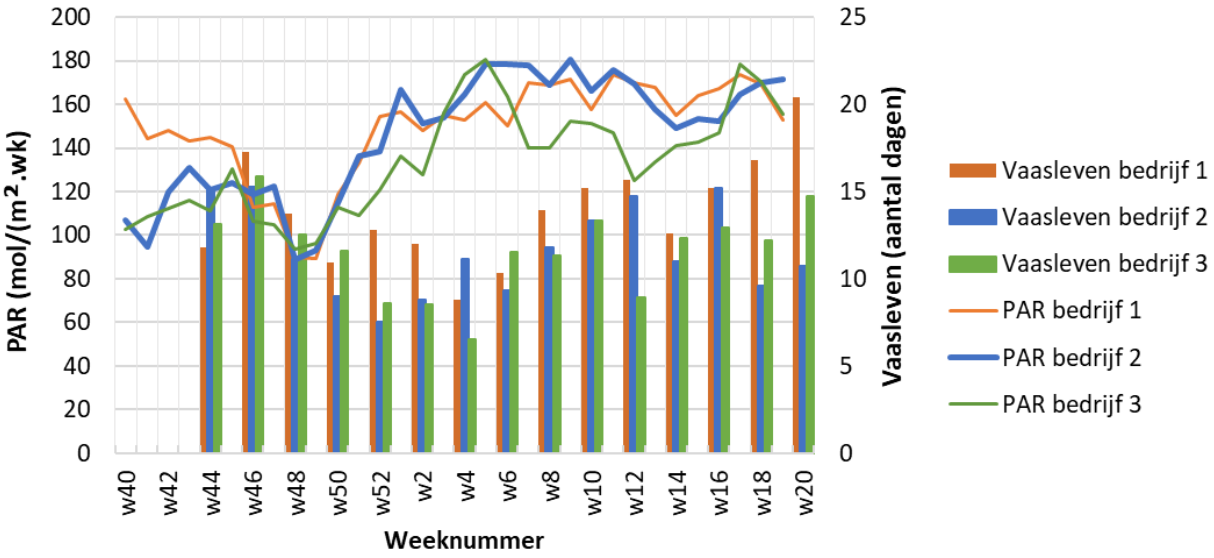
Volgens onderzoek van [Benninga *et al*., 2015] wordt het vaasleven van Red Naomi! positief beïnvloed door voldoende licht, hoge dagtemperaturen, een gemiddeld lage RV en temperatuurfluctuaties (geregeld boven de 20°C). Bij Avalanche+ worden de houdbaarheidsverschillen voor 50% door de duur van de nacht verklaard: hoe korter de nacht en hoe vochtiger het klimaat, hoe slechter de houdbaarheid. Literatuuronderzoek [Garcia *et al.*, 2016] benadrukt het effect tegen slapgaan door het stimuleren van het sluiten van de huidmondjes door bijvoorbeeld een voldoende lange nachtperiode en momenten met een lage luchtvochtigheid. Onderzoek van [De Gelder *et al.*, 2015] geeft aan dat voldoende licht, en een droog klimaat met voldoende luchtbeweging helpt tegen Botrytis (pokken).

Zoals genoemd in paragraaf 3.2.1 is de belangrijkste reden van afschrijving de aanwezigheid van Botrytis, of het slapgaan van de kroonbladen (petalen) geweest. Het slapgaan van de petalen komt doordat de bloemen minder water via de steel kunnen opnemen dan de bladeren verdampen en een bemoeilijkte wateropname kan ook komen door Botrytis in de bloembodem. Een verkeerd kasklimaat en met name een hoge luchtvochtigheid is vaak de oorzaak van Botrytis.

De reden waarom bij een van de cultivars vaak bloembodemrot werd geconstateerd is niet bekend. Gedurende de monitoring zijn diverse hypotheses geformuleerd. Bloembodemrot kan zijn veroorzaakt door verzwakte cellen, waarin Botrytissporen makkelijk kunnen toeslaan. Met name een gebrekkige calcium-opname en -verdeling zorgt voor verzwakte celwanden. Calcium-opname wordt beïnvloed door de watergift en de nutriëntensamenstelling van het voedingswater (welke niet in dit onderzoek zijn beschouwd) en door het verloop van de verdamping. Worteldruk speelt hierin waarschijnlijk een dubbele rol. De positieve rol is dan het stimuleren van de opname en verdeling van Calcium, en de negatieve rol is dat verzwakte cellenwanden de druk niet aankunnen en breken. Het toetsen van deze hypothese middels bijvoorbeeld worteldruikmetingen viel niet binnen de doelstelling van de monitoring, maar is een aanbeveling voor verder onderzoek.

4.1.1 PAR

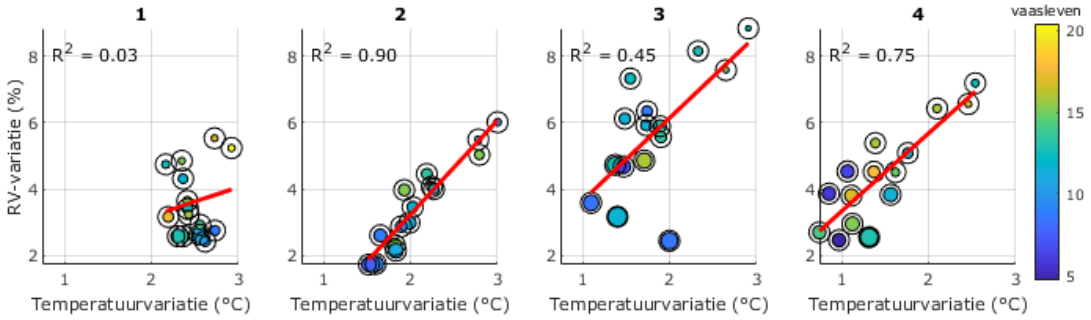
In Figuur 21 is het vaasleven van bedrijf 1,2 en 3 weergegeven naast de PARsom per week per m^2. Voor alle bedrijven lag er een dip rond de jaarwisseling, en bij bedrijven 2 en 3 schommelde het vaasleven vanaf week twaalf.



Figuur 21 *Verloop van de PARsom per week en het vaasleven per oogstweek voor bedrijven 1, 2 en 3.*

4.1.2 Variatie in het kasklimaat

Om te kijken of het vaasleven ook hier te verklaren is door de variatie in ofwel de luchtvochtigheid of de kastemperatuur is Figuur 22 opgezet. Bij bedrijven 2 en 4 is er een sterke correlatie tussen de variatie in temperatuur en de variatie in luchtvochtigheid. Bij bedrijf 1 is die correlatie er nauwelijks (R^2=0.03) doordat de temperatuur erg constant is gehouden. Het vaasleven is weergegeven in kleur, en daarmee is te zien dat een hoge variatie in RV in de figuur veelal gelere markers laat zien. Dat wil nog niet zeggen dat er een causaal verband is tussen een hoge RV-variatie en vaasleven, want een hoge RV-variatie wordt vaak veroorzaakt doordat op zonnige dagen de RV ver wegzakt. Het kan dus zijn dat niet zozeer de hogere RV-variatie, maar de hoge PARsom de oorzaak is van het langere vaasleven. In de figuur staat het gekleurde oppervlak in de cirkel voor het aandeel LED in de totale PARsom. De gele markers blijken opvallend vaak slechts een klein oppervlak van de cirkel te bevatten. Ofwel: hoe kleiner het aandeel LED in de PARsom, hoe beter het vaasleven. Maar ook hier is een causaal verband nog niet bewezen, want als er veel zon is, is het aandeel LED ook kleiner en kan het hier dus ook zijn dat niet zozeer het kleine LED-aandeel, maar de hoge PARsom de oorzaak is van het langere vaasleven.



Figuur 22 *Variatie in RV uitgezet tegen de variatie in temperatuur voor 4 bedrijven per 2 weken, waarbij de kleur staat voor het vaasleven aan het einde van iedere 2 weken, en de oppervlakte van de binnenste cirkel staat voor het aandeel aan LED in de totale PARsom.*

4.1.3 Andere verbanden met het kasklimaat

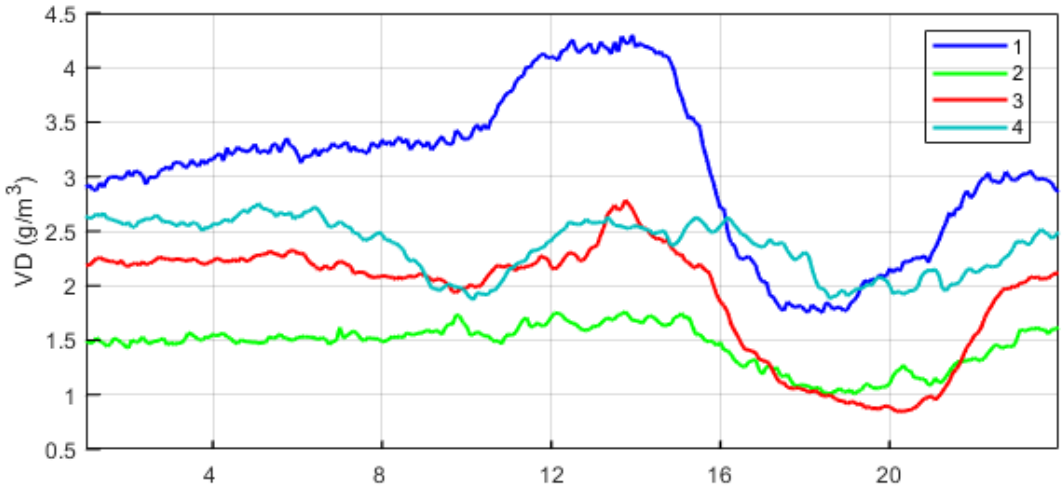
Om de vele mogelijke oorzaken van een kort vaasleven te analyseren, is in Bijlage 2 het vaasleven uitgezet tegen verschillende factoren. Het aandeel LED in de totale PARsom, dat hierboven op basis van de markerdiameter werd ingeschat als een negatieve invloed op het vaasleven, blijkt inderdaad een R^2 (die staat voor de mate waarin er een verband is) van 10% tot 27% te hebben. Opvallend is echter dat het aandeel SON-T in de PARsom door belichting (dus exclusief de zon), een negatief verband (R^2 van 9% tot 30%) laat zien met het vaasleven. De PARsom laat wel een positief verband zien met het vaasleven, maar de R^2 van 3% tot 14% is niet bijster hoog.
Dat is minder dan R^2 voor de variatie in de luchtvochtigheid (11% tot 37%; tweede rij), Ook wordt nog een R^2 van 6% tot 20% gevonden tussen de cijfers voor RV en het vaasleven. Het percentage van de tijd dat de etmaaltemperatuur lager is geweest dan 15°C heeft een negatief verband met het vaasleven. Alleen bij bedrijf 2 is een licht positief verband gevonden, maar dat is sterk beïnvloed door een meetpunt na een lage nachttemperatuur in combinatie met een hoge PAR in het begin van de meetperiode.

Bedrijf 2 heeft aangegeven dat zij de ervaring hebben dat hogere nachttemperaturen meer rotkoppen geven. Bijlage 2 toont bij bedrijf 2 geen verband en bij de andere bedrijven juist een positief verband tussen nachttemperatuur en vaasleven. Deze tegenstrijdigheid kan verklaard worden doordat rotkoppen niet de enige reden van afschrijving zijn bij het vaasleven.

Bedrijven 1,2 en 3 laten in de figuren in Bijlage 2 een (licht) positief verband zien tussen nachtlengte en vaasleven. Bij bedrijf 4 was dat verband er niet.

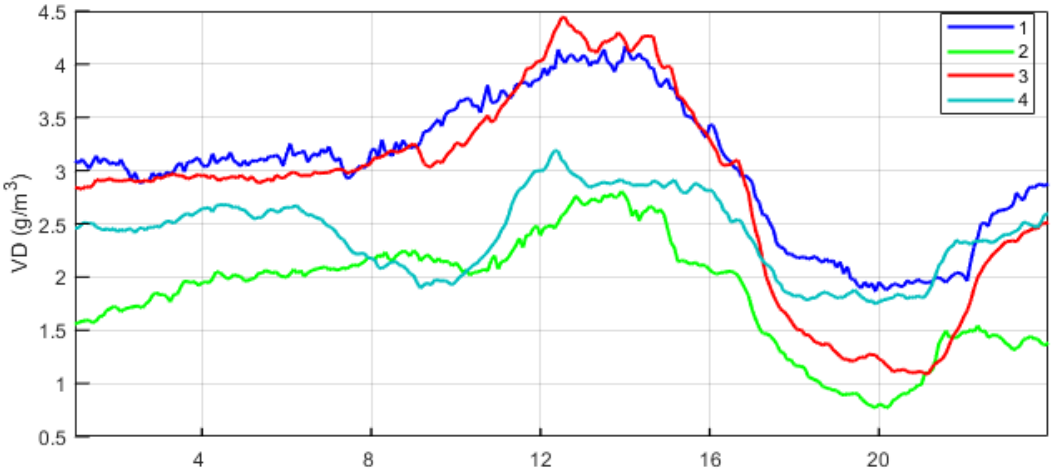
4.1.4 Verloop van de VD

Bij de houdbaarheidsmeting van week 52 bleek het vaasleven van bedrijf 1 veel langer dan die van bedrijven 2-4 (12,8 dagen i.p.v. respectievelijk 7,5, 8,6 en 4,7 dagen; zie Figuur 1). Als dan naar het klimaat van de afgelopen 3 weken wordt gekeken dan valt vooral het verloop van de VD op (Figuur 23). Bedrijf 1 houdt een veel hoger VD aan dan de andere bedrijven en hanteert bovendien een relatief laag VD in de avond. Bedrijf 3 houdt ook een nachtverlaging van het VD aan, terwijl bedrijven 2 en 4 een veel constanter VD over de dag aanhouden. Mogelijk heeft dynamiek in het VD een positieve invloed op het vaasleven.



Figuur 23 *Cyclisch gemiddelde etmaalwaarde van de VD (g/m³) van vier bedrijven gedurende week 50-52.*

Bij de houdbaarheidsmeting van week 4 bleek het vaasleven van bedrijf 2 juist veel hoger te liggen. Bedrijven 1-4 respectievelijk 8,8, 11,1, 6,5 en 6,3 dagen (zie Figuur 1). Ten opzichte van het VD van voor week 52 (Figuur 23), laat die van de drie weken voor week 4 (Figuur 24) bij bedrijf 2 een hoger VD overdag en een lager VD in de nacht zien. Dat die strategie geen garantie is voor een lang vaasleven blijkt uit bedrijf 3: een flinke VD stijging overdag, maar zelfs een iets korter vaasleven.



Figuur 24 *Cyclisch gemiddelde etmaalwaarde van de VD (g/m³) van vier bedrijven gedurende week 2-4.*

4.2 Mogelijke oorzaken donkere knopkleur

Om een indicatie te krijgen welke factoren de variatie tussen de bedrijven en het seizoen de knopkleur van Red Naomi! kunnen verklaren, worden in dit hoofdstuk, na een kort overzicht vanuit literatuur, een aantal factoren uitgezet tegen de knopkleurbeoordeling. Een slechter rapportcijfer betekent een donkerdere knop. Eerst worden een aantal klimaatfactoren afzonderlijk behandeld, maar uiteindelijk gaat het om een combinatie van factoren. De ervaring van de telers is dat na koude nachten de knopkleur een paar dagen later donkerder van kleur is en dat relatief meer SON-T licht erbij de knopkleur na een paar weken weer verbetert. Vanwege de hoge energieprijzen zijn in de winterperiode zowel de grenzen van lagere temperaturen en minder belichting opgezocht, vaak tegelijkertijd en met name met minder SON-T. Ook was de lichtintensiteit en lichtsom met SON-T vaak hoger, omdat dit meestal aanvullend op de LED werd gebruikt. Temperatuur, PARsom, warmtestraling en spectrum zijn mede daarom niet los te koppelen. Vanwege de subjectieve zelfbeoordelingen, worden alleen de trends tussen de bedrijven vergeleken en niet de absolute waarden.

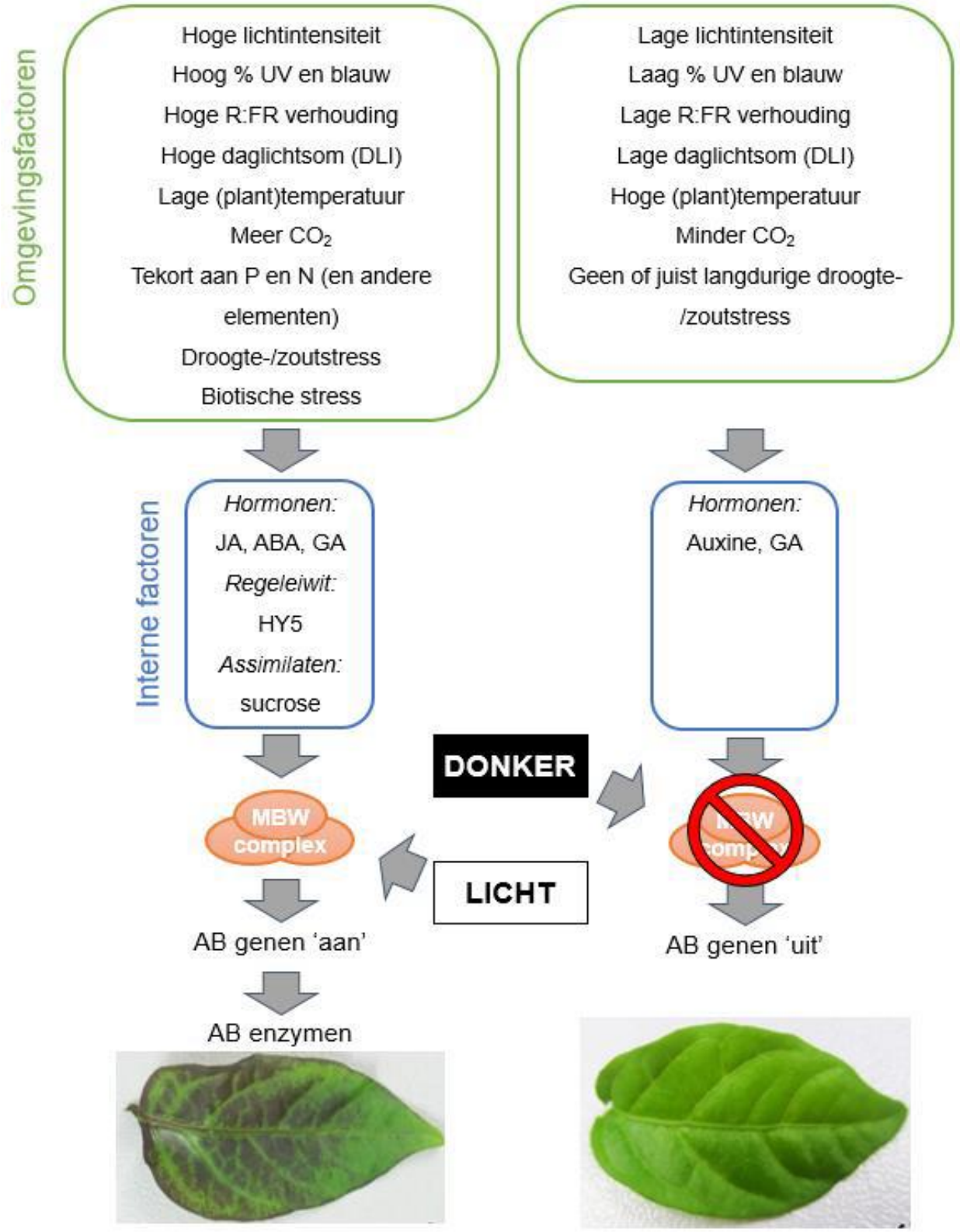
4.2.1 Literatuur knopkleur en anthocyaanvorming

In vorig onderzoek "De Perfecte Roos" bleek dat teelt met roos onder LED met een rood:blauw (R:B=96:4) en in iets mindere mate met een rood:blauw:groen (87:8:5) spectrum tot meer rood/paarsverkleuring in blad, stelen en bloemen leidde dan teelt onder SON-T, met name in de winterperiode met een te lage planttemperatuur waarbij een beeld ontstond van juveniliteit met veel bedoorning, kleiner blad en langere internodiën {Gelder, 2017 #467}. Toevoeging van wit en verrood aan het LED spectrum (rood:wit:blauw:verrood =77:9:5:9) verminderde deze symptomen, waaronder de anthocyaanvorming aanzienlijk, maar de bloemknoppen van Red Naomi! waren met name in de wintermaanden nog wel donkerder dan gewenst. In de overgang van SON-T naar full LED bleek verwarming bij de kop van het gewas in de vorm van een verwarmingsbuis gewenst om warmte gericht in te brengen (Arie de Gelder *et al.*, 2022).

Ook vanuit de tijd voor (LED) belichting, is de ervaring vanuit de praktijk dat een donkere knopkleur bij roos vaker voorkomt in de wintermaanden bij lagere temperaturen, zoals een paar dagen na een koude nacht. LED geeft bij gelijke hoeveelheid PAR minder warmte dan SON-T en de zon, waardoor bij gelijke etmaaltemperatuur, de planttemperatuur bij LED lager is dan bij SON-T {Dieleman, 2020 #471}. In het onderzoek Perfecte Roos was dit verschil in de wintermaanden gemiddeld 0,4°C {Gelder, 2017 #467} en {Terfa, 2013 #470} vermeldt een verschil van 1,5°C.

De aanmaak en regulatie van anthocyaan is complex. Naast spectrum en lage (plant)temperatuur spelen ook andere factoren een rol. Anthocyaanvorming wordt gestimuleerd door factoren zoals hoge lichtintensiteit en daglichtsom, lichtspectrum met relatief veel blauw, lage temperatuur, hoog CO_2-niveau en tekort aan stikstof of fosfaat. Hoge temperaturen en een lichtspectrum met relatief veel verrood (lage R:VR) onderdrukken juist de anthocyaanvorming. Het effect hangt af van het gewas, cultivar, en ontwikkelingsstadium, met interacties tussen omgevingsfactoren (Hoogdalem & Garcia, 2023). Figuur 25 geeft een versimpelde weergave van de factoren die de anthocyaanvorming beïnvloeden (Hoogdalem & Garcia, 2023). Wat precies hoog of laag genoeg is om de anthocyaanvorming te beïnvloeden hangt af van het gewas (soort en cultivar), het ontwikkelingsstadium en de interactie tussen de omgevingsfactoren. Bij een lage temperatuur zal een relatief lage lichtintensiteit bijvoorbeeld al voldoende zijn om anthocyaanvorming te stimuleren, terwijl bij een hogere temperatuur dit pas vanaf een hogere lichtintensiteit gebeurt. Ophoping van suikers stimuleert anthocyaanvorming, waarmee ook een relatief lage plantbelasting de anthocyaanvorming kan stimuleren (Hoogdalem & Garcia, 2023).

Bij roos vonden Terfa *et al.* (2013) hogere gehaltes suikers, chlorofyl en anthocyaan in het blad gegroeid onder LED dan onder SON-T, waar het hogere aandeel blauw in hun LED spectrum (20% tov 5%) door hen als verklaring werd genoemd, omdat de relatieve hoeveelheid actief fytochroom (PSS) weinig verschilde tussen LED en SON-T (resp 89% tov 86%) {Terfa, 2013 #470}. Specifiek bij bloemknoppen bij roos vonden {Mor, 1990 #474} een interactie tussen temperatuur en spectrum, waarbij met name een lage temperatuur gevolgd door instraling met UV-B binnen een paar dagen leidde tot 'petal-blackening' (zwarte zweem aan buitenzijde van de bloemknoppen). Met name in teeltgebieden met hoge instraling en koude nachten en in kassen met stegdoppel (acrylaat en poly-ethyleen) komt dit probleem voor {Marsbergen, 1976 #475}. Standaard glas blokkeert UV-B evenals transmissie van warmtestraling, wat tot minder koude knoppen leidt dan bij acrylaat of poly-ethyleen, maar dit laat wel zien dat het een samenhang is van factoren. In de oudere documenten, toen rozen met lagere lichtintensiteiten werden belicht dan tegenwoordig, wordt ook gesproken over plotseling zwarte, bruine of blauwe randen aan de bloemblaadjes bij met name rode cultivars. Deze zouden vooral ontstaan bij snelle overgangen van matige temperaturen en relatief lage lichtintensiteit naar helder en warm weer in combinatie met een koele nacht. Daarnaast werden bij lage calcium waarden meer problemen geconstateerd {Marsbergen, 1976 #475}.



Figuur 25 *Conceptueel raamwerk voor de regulatie van anthocyaanvorming in blad door omgevingsfactoren en interne factoren (Hoogdalem & Garcia, 2023). Alleen de interne factoren die in de hoofdtekst aan bod zijn gekomen zijn meegenomen in de figuur. Voor uitgebreidere informatie zie {LaFountain, 2021 #477}.*

4.2.2 Etmaaltemperatuur

Het verloop van de kastemperatuur per etmaal gedurende de proefperiode liet geen duidelijk verband zien met de knopkleur, alleen enigszins voor bedrijf 2 waar zowel etmaaltemperatuur als knopkleur in november en december duidelijk lager zijn dan maart-april (Figuur 26). Dit is in Tabel 3 te zien aan de correlatie (r) van 0,51 bij bedrijf 2 tussen de etmaaltemperatuur en de knopkleurbeoordeling de week erop. In Bijlage 3 is bij bedrijf 2 een R^2 van 0,39[2] te zien tussen de knopkleurbeoordeling en de gemiddelde etmaaltemperatuur van een week voor de beoordeling. Bij de andere bedrijven is geen verband tussen etmaaltemperatuur en knopkleurbeoordeling te zien. Er kan ook nog wel sprake zijn van een parabolisch temperatuureffect op anthocyaan, waarbij een combinatie van incidentele hoge en lage temperaturen tot een slechtere knopkleur zouden leiden.
In de nacht van 19 op 20 november 2022 was er een temperatuurdip bij alle bedrijven. De knopkleur werd bij bedrijf 2 en 3 die week, en bij bedrijf 1 de week erop, als minder beoordeeld. Ook na de temperatuurdip van 2 en 3 december werd de knopkleur lager beoordeeld bij alle bedrijven. Dit waren ook etmalen waarbij de kastemperatuur ca 10% tot 30% van het etmaal lager was dan 15°C, met minimumtemperaturen van 10,5°C (bedrijf 3) en 14,5°C (bedrijf 1 en 2; Figuur 26).
Planttemperatuur zou een betere indicator zijn dan etmaaltemperatuur, maar ook deze correlaties waren laag. Het verschil tussen bedrijf 1 en 2 is mogelijk te verklaren doordat bedrijf 1 een constantere warmte-input had gedurende het jaar, met veel warmte-inbreng van boven, in combinatie met een sterkere etmaaltemperatuur-integratie. Bij bedrijf 3 was de temperatuur vaak relatief laag en was het verschil in knopkleur tussen winter en voorjaar kleiner, waardoor het verband minder duidelijk is. Interessant is dat eind april de temperatuur weer relatief vaak onder de 15°C kwam, maar dit niet tot een mindere knopkleur leidde. Naast het gegeven dat een hogere PAR in een kas meestal gepaard gaat met een hogere temperatuur, is er mogelijk ook een interactie tussen temperatuur, PARsom en spectrum in het effect op knopkleur. Hier wordt in de volgende paragrafen op ingegaan.

Figuur 26 *Verloop etmaaltemperatuur en aandeel van de tijd per etmaal dat de kastemperatuur lager was dan 15°C (weergegeven in % x factor 0,1) en de knopkleur van Red Naomi! per bedrijf.*

[2] R^2 is meestal hetzelfde als het kwadraat van Pearson r, maar in dit rapport is Pearson r bepaald door de daggemiddelden met de knopkleurbeoordeling te vergelijken, en R^2 door de week- of drieweeksgemiddelden te vergelijken met de beoordeling van knopkleur of vaasleven. Dit geeft een verschillend aantal correlatiepunten en daarmee een andere waarde.

Tabel 3 *Correlaties tussen klimaatfactoren en de knopkleurbeoordeling van de daaropvolgende week.*

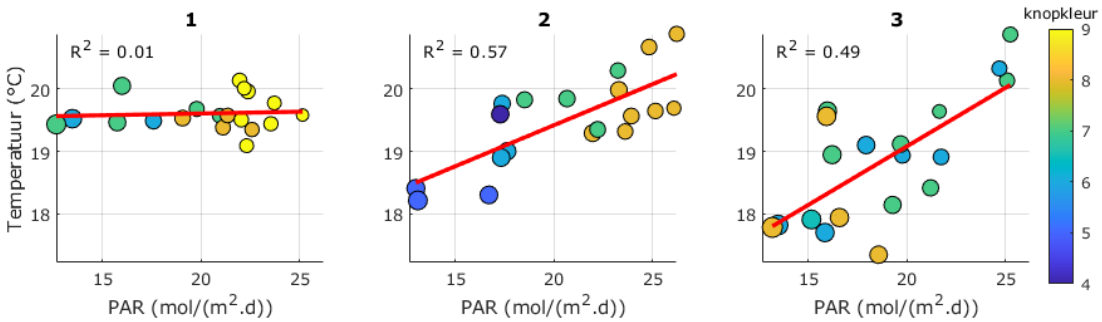
Klimaatfactor	Bedrijf 1	Bedrijf 2	Bedrijf 3
PAR (mol/m².dag)	0,76	0,78	0,07
Straling (J/cm².dag)	0,45	0,27	0,35
Totaal input incl zon (W/m²)	0,22	0,61	0,19
Kastemperatuur (°C)	0,08	0,51	0,02
Planttemperatuur (°C)	0,15	*	-0,01
Aandeel uren kastemperatuur <15°C/etmaal	-0,38	-0,26	0,01
Aandeel uren planttemperatuur <15°C/etmaal	-0,22	*	0,05
Ratio totaal input incl zon (W/m²) /PARsom	-0,63	-0,44	0,21
Aandeel LED (PARsom LED/PARsom totaal)	-0,73	-0,51	-0,30
RTR[3] (etmaaltemp/PARsom)	-0,76	-0,76	-0,09

Correlaties berekend als correlatiecoëfficiënt r van Pearson.

4.2.3 Ratio temperatuur en licht

Zoals blijkt uit Tabel 3, heeft over de gehele proefperiode gezien de knopkleur een sterker verband met de ratio etmaaltemperatuur/PAR som (RTR) dan met de gemiddelde etmaaltemperatuur, met name voor bedrijf 1 en 2 (correlatie -0,76 en -0.78). Een hogere RTR (weinig licht tov de temperatuur) lijkt vaak, maar niet altijd, een negatief effect op de knopkleur te hebben.
In december was er relatief weinig licht ten opzichte van de temperatuur en was de knopkleur bij alle bedrijven relatief donkerder, al liepen de pieken in RTR niet altijd synchroon met de dips in knopkleur. In week 50 valt op dat bij bedrijf 3 de knopkleur sneller verbeterde dan bij de andere bedrijven. Dit zou (mede) verklaard kunnen worden doordat bedrijf 3 in de weken voorafgaand (week 48 t/m 50) een lagere RTR had door iets meer belichting bij een iets lagere etmaaltemperatuur. In februari/maart had bedrijf 3 juist een wat hogere RTR dan de andere bedrijven en gaf deze zichzelf ook een relatief lager rapportcijfer.

Figuur 27 geeft een indicatie van het verband tussen PARsom en etmaaltemperatuur. Hierbij is te zien dat de lagere rapportcijfers voor knopkleur (blauwe markers) bij bedrijf 1 en 2 vooral voorkomen bij de combinatie van een lagere PARsom en etmaaltemperatuur. Het zou kunnen dat een lage temperatuur en PARsom elkaar versterken in hun effect op de knopkleur, maar omdat een lage PARsom in deze dataset vaak samengaat met een lage etmaaltemperatuur en een ander spectrum (bij lage PAR vaak een hoger aandeel LED; grotere cirkel in Figuur 27) is dat er niet duidelijk uit te halen. Bij bedrijf 3 lijken andere factoren relatief meer van invloed. Knopkleurdata op dagbasis in plaats van weekbasis zou hier meer inzicht in kunnen geven. Vooral in combinatie met knoptemperatuurdata van rode rozen in relatie tot het verloop van PARsom en het spectrum.

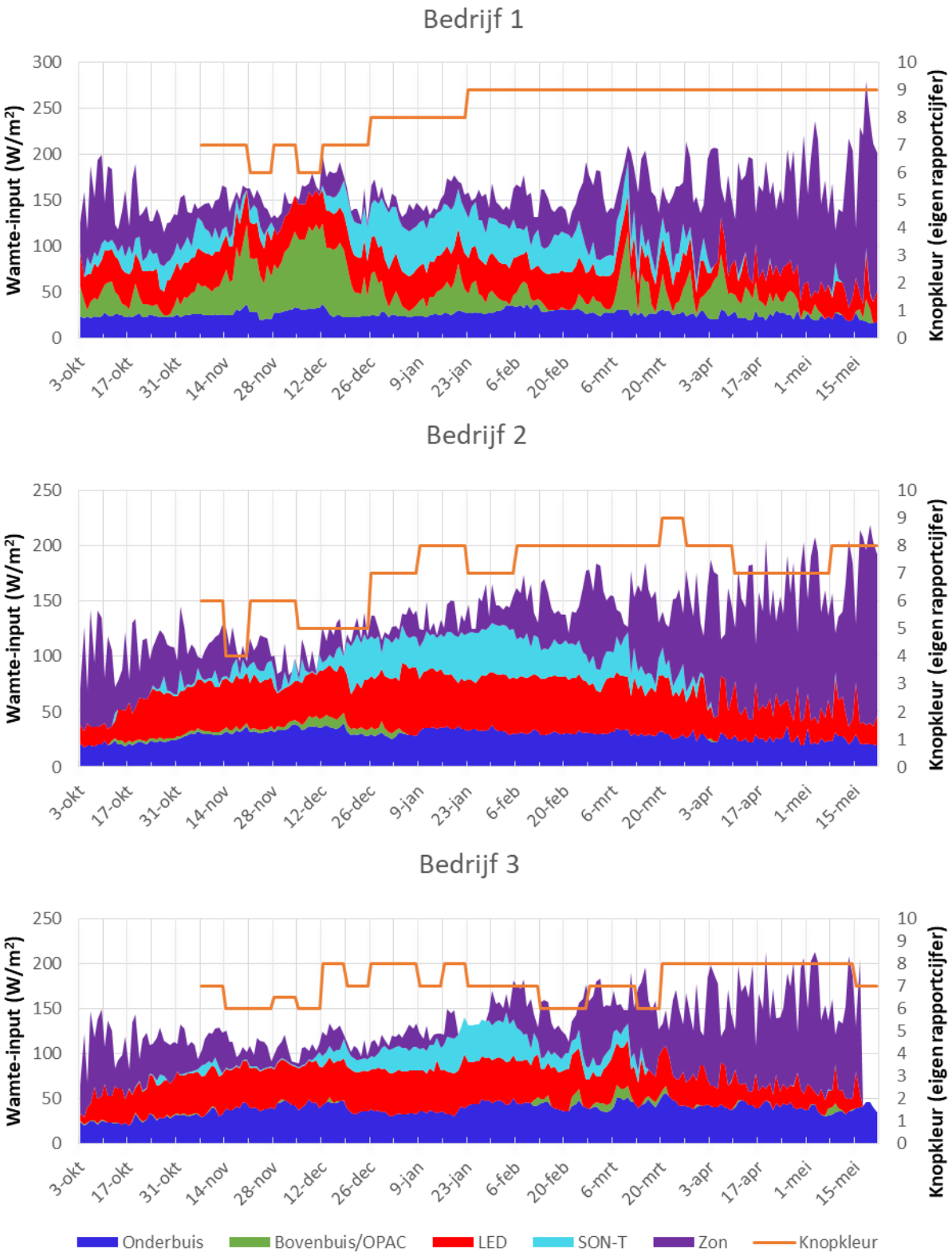


Figuur 27 *PARsom uitgezet tegen de etmaaltemperatuur per bedrijf, als gemiddelde per week, waarbij in kleur de waardering voor de knopkleur een week later is aangegeven. De diameter van de markers staat voor het aandeel LED in de PARsom.*

[3] De RTR is hier gedefinieerd als "Ratio on Temperature and Radiation", met de eenheid (°C/(mol.dag)) en moet niet verward worden met haar inverse waarde: "Radiation/Temperature Ratio" met de eenheid (mol.dag/°C).
In de scattergrafieken is 12°C van de temperatuur afgetrokken voordat de RTR berekend is. Dit is om een relatief groter onderscheid te maken tussen de gebruikelijke etmaaltemperaturen van 17-21°C.

4.2.4 Warmte-input per bron

Het verloop van de warmte-input (in W/m^2) van de verschillende bronnen (zon, ondernet, bovennet/OPAC, LED, SON-T; Figuur 28) laat zien dat er in de periode dat de knopkleur minder is, meerdere factoren die de knopkleur kunnen beïnvloeden anders zijn. Bij bedrijf 1 valt op dat de totale warmte-input (inclusief zon) nauwelijks lager was dan in de periode waarin de knopkleur wel goed was. Wat wel anders was, is de verhouding tussen de warmtebronnen: relatief weinig zonlicht en belichting en relatief veel warmte van het bovennet. Er was relatief minder licht ten opzichte van temperatuur en qua spectrum was er relatief veel meer LED ten opzichte van de zon en SON-T. Het aandeel LED in de totale PARsom had een relatief hoge, negatieve correlatie met de knopkleur (Tabel 3: -0,73). Over de gehele proefperiode genomen leek voor Bedrijf 1 de knopkleur sterker samen te hangen met PARsom (0,76) en de RTR (-0,76) dan met de totale warmte-input in W/m^2 die de kas in komt via zon, bovennet en lampen (0,22). Opgemerkt moet worden dat het effect van warmteverlies via uitstraling niet beschikbaar was bij deze bedrijven, maar dat deze met name in de nacht wel van belang kan zijn voor de knoptemperatuur.
Bij bedrijf 2 leek het effect van de warmte-input inclusief de zon (Tabel 3: 0,61) op de knopkleur groter dan bij bedrijf 1 (0,22), maar ook bij bedrijf 2 leek de correlatie met PARsom het sterkst (0,78). Hoe meer licht, hoe hoger de warmte-input en hoe meer licht ten opzichte van temperatuur, hoe beter de knopkleur leek te zijn. De plotselinge dip in knopkleur in week 46 in vergelijking met de andere bedrijven, zou meerdere oorzaken kunnen hebben. Ten opzichte van bedrijf 1 was de kastemperatuur vergelijkbaar en tov bedrijf 3 hoger, maar er was wel minder belicht dan bij bedrijf 1 en met relatief meer LED tov SON-T dan bedrijf 1 en 3. Bij bedrijf 2 was bij een hogere lichtsom vaak ook de etmaaltemperatuur relatief hoger, al was de correlatie van de RTR met de knopkleur even hoog. Ook het aandeel LED in de PARsom leek een negatief effect op de knopkleur te hebben (-0,51).
Bij bedrijf 3 zijn de effecten minder duidelijk, maar daar valt op dat toen vanaf week 50 de SON-T vaker werd ingezet, de knopkleur beter werd. Meer SON-T erbij betekende hier zowel een hogere PARsom, een ander spectrum en een hogere warmte-input van boven. Vanaf week 12 is de SON-T nauwelijks meer aan geweest, zonder negatief effect op de knopkleur. Mogelijk was de straling van de zon toen inmiddels hoog genoeg om een goede knopkleur te behouden. Van de berekende correlaties voor bedrijf 3 was die van het aandeel LED in de PARsom nog het hoogst (Tabel 3: -0,30). De etmalen waarin de planttemperatuur het meest onder de 15 °C kwam, waren relatief vaak etmalen met een lage buitentemperatuur voor zowel bedrijf 3 (-0,33) als bedrijf 1 (-0,37). Voor de gemiddelde planttemperatuur was dit vergelijkbaar, maar waren de correlaties met PARsom, totale warmte-input incl zon en aandeel LED voor bedrijf 3 sterker (bedrijf 3 resp. 0,53; 0,40 en -0,44 en bedrijf 1 resp. 0,24; -0,03 en -0,32). Waarschijnlijk spelen ook andere factoren dan planttemperatuur een rol.



Figuur 28 *Per bedrijf het verloop van de warmte-input in W/m² van de aanwezige bronnen en het verloop van de knopkleur van Red Naomi!.*

4.2.5 Combinatie van factoren

Om meer inzicht te krijgen achter de correlaties zijn verschillende factoren uitgezet tegen de knopkleur (Bijlage 3). Wanneer de knopkleur werd uitgezet tegen de klimaatdata van de week voorafgaand aan de beoordeling van de knopkleur, waren de meeste correlaties hoger dan de week zelf of 2 weken voorafgaand. In deze analyse is daarom steeds met klimaatdata een week voorafgaand aan de knopbeoordeling gewerkt. De knopkleur is wekelijks beoordeeld. Voor de klimaatdata is met etmaalgemiddelden gewerkt. Om toch een richting te krijgen welke factoren de variatie in knopkleur kunnen verklaren, zijn scatterplots gemaakt waarbij de trendlijn met bijbehorende R^2 aangeeft hoe goed een trendlijn fit door de datapunten, per bedrijf.

Bijlage 3 laat zien dat geen van de volgende factoren een verband met de knopkleur van bedrijf 3 heeft. Wel is bij bedrijven 1 en 2 een duidelijk verband met de knopkleur te zien voor:

- De RTR (negatief verband)
- De gemiddelde etmaaltemperatuur alleen positief bij bedrijf 2. Bij bedrijf 1 is zo weinig variatie in de gemiddelde etmaaltemperatuur, dat een verband met de knopkleur moeilijk aan te tonen is.
- De PARsom (positief verband)
- Het aandeel LED (negatief verband).
- Het percentage van de tijd waarin de kastemperatuur lager lag dan 15°C (licht negatief verband)

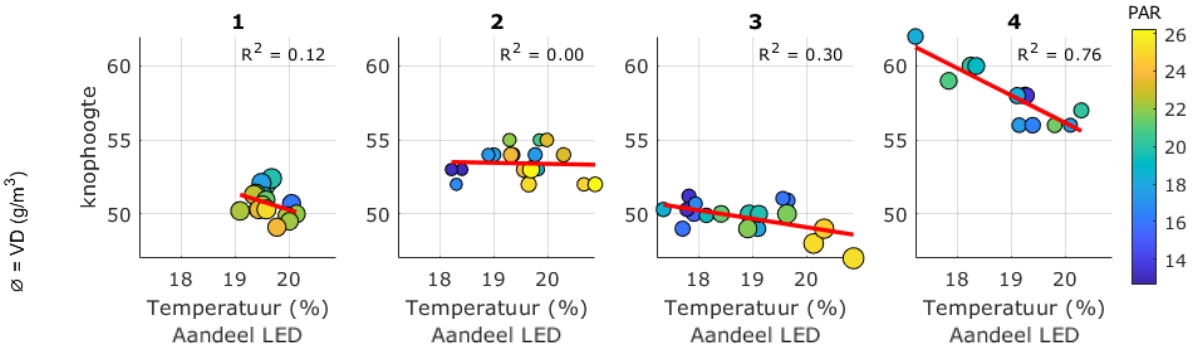
Helaas zijn de RTR, de etmaaltemperatuur, het aandeel LED en het percentage van de tijd met een temperatuur lager dan 15°C, niet onderling onafhankelijk. Hierdoor is het niet mogelijk om aan te tonen of er een factor is die een matige knopkleur veroorzaakt, of dat het een combinatie van factoren is. Het lage verband bij bedrijf 3 doet vermoeden dat daar heel andere factoren de knopkleur hebben beïnvloed, al kan de lage variatie in de waardering daar ook invloed op hebben.

De ratio PARsom van SON-T/LED werd dan ook meer van belang voor bedrijf 1 (R^2=0,6) en bedrijf 2 (R^2=0,4), waarbij relatief meer SON-T ten opzichte van LED een beter knopkleur gaf. Dit kan zowel een effect van hogere PARsom, warmte-input als spectrum betekenen. SON-T ging immers vooral uit wanneer de energie duur was en daarmee ook tegelijkertijd de grenzen qua lage temperatuur werden opgezocht.
De relatief sterkere fit met de PARsom dan met de etmaaltemperatuur is in deze dataset waarschijnlijk te verklaren doordat PARsom meer factoren die een rol spelen 'afdekt' dan de temperatuur alleen; een hogere PARsom betekende in deze dataset meestal ook meer warmte-input, een hogere planttemperatuur, relatief minder LED en daarmee ook een ander spectrum. Ook ging de extreem lage PARsom in de weken dat de energie duur was in de winter vaak gepaard met minder SON-T en lagere temperaturen.
Vanwege de vele interacties zou een factoranalyse of een partial least square analyse beter geschikt zijn, waar idealiter gecontroleerd onderzoek waarbij factoren apart onderzocht kunnen worden of minimaal met meer bedrijven en ook knoptemperatuurmetingen, netto straling, een continumeting van het spectrum, bemesting en dagelijkse objectieve knopkleurmetingen onderdeel van zijn, maar dat viel buiten de scope van dit onderzoek. Ook zouden dan meer variaties in kritieke momenten en tijdsduur van lage temperatuur onderzocht kunnen worden in relatie tot licht en warmtestraling. Zoals het effect van een paar koude nachten gevolgd door dagen met relatief veel rood en weinig verrood in het spectrum op verschillende momenten van de dag.

Correlaties tussen klimaatfactoren en de knopkleur de week erop, genomen over de gehele proefperiode, waren bij alle drie de bedrijven voor de PARsom (positief) en het aandeel LED (negatief) hoger dan voor de etmaaltemperatuur, en het aandeel van de uren dat de temperatuur onder de 15°C was. Voor bedrijf 2 gaven zowel PARsom als temperatuur relatief hoge correlaties. Voor zover de etmaaltemperatuur een effect heeft op de knopkleur, lijkt dat in deze dataset beperkter dan het effect van de PARsom en het aandeel LED, maar er kan sprake zijn van een interactie waarbij een lage temperatuur alleen in combinatie met andere factoren een effect heeft op de knopkleur. De correlatie met de totale input in W/m^2 was ook hoger dan met de kastemperatuur, wat aansluit bij de verwachting.
Opmerkelijk is dat op basis van literatuur juist een hoge PARsom tot anthocyaanvorming leidt, terwijl in deze dataset juist bij een lagere PARsom de knoppen donkerder zijn. Belangrijk is dat in deze dataset de lagere PARsom samenhangt met weinig zon en SON-T en daarmee een relatief groot aandeel LED. Dit in combinatie met de gevonden relatief hoge correlaties met het aandeel LED, zou in de richting van een spectraal effect kunnen wijzen. Met LED is immers de verhouding R:FR hoger, wat op basis van eerder onderzoek tot meer anthocyaanvorming leidt en de donkere knoppen zou kunnen verklaren.

4.3 Verband tussen kasklimaat en knophoogte of knopvorm

Door de klimaatfactoren, zoals benoemd in paragrafen 4.1 en 4.2 te vergelijken met de beoordeling van de **knophoogte** (mm) van een week erna, laat hooguit de temperatuur een verband zien (zie Figuur 29). Bij bedrijf 2 blijkt dat verband er echter helemaal niet te zijn, en bij bedrijf 1 varieerde de etmaaltemperatuur te weinig om een verband aan te tonen. Voor wat betreft het aandeel LED in de PARsom verschilden de resultaten per bedrijf: bij bedrijf 3 een positief verband en bij bedrijf 4 een licht negatief verband. Het is ook goed mogelijk dat de knophoogte wordt bepaald door klimaatfactoren gedurende een veel langere periode dan alleen de afgelopen week. Bovendien kan de kasluchttemperatuur afwijken van de knoptemperatuur door netto straling.



Figuur 29 *Knophoogte bij 4 bedrijven, uitgezet tegen de gemiddelde kastemperatuur (boven) en het aandeel LED in de PARsom (onder) de week ervoor. De kleur geeft ter indicatie de PARsom respectievelijk de temperatuur, en de diameter de gemiddelde VD respectievelijk de PARsom van de betreffende week.*

De **knopvorm** laat een sterker verband zien tussen de verschillende klimaatfactoren (zie Bijlage 4). Hier bleek voor de meeste bedrijven een positief verband te zijn met de hoeveelheid PAR en het aandeel SON-T in de belichting. Het aandeel LED in de totale PARsom liet voor bedrijven 1, 2 en 3 een negatief verband zien met de score voor knopvorm. Temperatuur en het percentage van de tijd dat de temperatuur lager was dan 15°C laat geen verband met de knopvorm zien. Hooguit is bij bedrijf 2 een verband tussen etmaaltemperatuur en knopvorm, maar dat heeft mogelijk ook te maken met het verband tussen PARsom en temperatuur. De RTR (etmaaltemperatuur vanaf 12°C gedeeld door de PARsom) laat een negatief verband zien met de knopvorm.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Algemeen

Vanwege de uitzonderlijke teeltwijze en klimaatomstandigheden bij bedrijf 5, zijn de resultaten ervan nauwelijks in dit rapport en de conclusies opgenomen.

De overgang van SON-T naar LED is een belangrijke stap in het verder beperken van energiegebruik en lichtuitstoot, maar beheersing van vocht en gewastemperatuur onder LED met gesloten scherm is nog steeds een aandachtspunt voor behoud van bloemkwaliteit en vaasleven.

In de weken rond de jaarwisseling is de meeste energie die per etmaal in de kas wordt gebracht afkomstig van de lampen. Midden op de dag is de zon gemiddeld de belangrijkste warmtebron. Tijdens de onbelichte nacht is de onderverwarming verreweg de grootste warmtebron. Deels vanwege prijsoverwegingen en deels vanwege kwaliteitsoverwegingen, zijn de SON-T lampen geregeld gebruikt.

Berekening van de VPD met de planttemperatuurmeters, de kastemperatuurmeters en de RV-metingen op de bedrijven geeft geen betrouwbaar beeld van de risico's op condensatie. Hiervoor zijn de planttemperatuurmeters niet representatief en/of betrouwbaar genoeg. De betrokken rozentelers hebben mede naar aanleiding van dit project geïnvesteerd in het meer inzichtelijk maken van de knoptemperatuur op hun bedrijf.

In dit project was het niet mogelijk om de invloed van LED op de verdamping of de worteldruk te meten. Wel is aannemelijk dat met LED de verhouding tussen fotosynthese en verdamping hoger is dan bij SON-T en zonlicht. Verdamping is immers vooral afhankelijk van de hoeveelheid energie die in de kas wordt aangevoerd. Een relatief lage verdamping vraagt om acties om de nutriëntenopname per liter wateropname te verhogen.

Belichten met LED veroorzaakt volgens de deelnemende telers meer scheutuitloop. Hierdoor groeit het gewas snel te dicht en hoopt het vocht zich daar op.

5.2 Vaasleven en Botrytis

De volgende klimaatfactoren (gemiddelde van drie weken voor de oogst) zijn het meest naar voren gekomen als invloedrijk op het vaasleven.

- Zowel het aandeel LED in de totale PARsom als het aandeel SON-T in de belichting (=PARsom exclusief PAR van de zon) bleken een negatief verband te hebben met het vaasleven. Er was weinig verband tussen vaasleven en PARsom. Dat betekent dat na weken met relatief veel zon en relatief weinig belichting het vaasleven verbetert.
- De variatie in de luchtvochtigheid gaf een groter verband te zien met het vaasleven dan dat de gemiddelde luchtvochtigheid dat deed.
- De nachtlengte heeft voor drie bedrijven een licht positief verband met het vaasleven.

Het percentage van de tijd dat de kastemperatuur onder 15°C is geweest, heeft maar een klein negatief, of soms zelfs een licht positief verband met het vaasleven. Datzelfde geldt voor het percentage van de tijd dat de RV hoger was dan 90%. Deze factoren lijken daarmee geen belangrijke oorzaken van een kort vaasleven. Dat is tegenstrijdig met de opvatting dat een hoge luchtvochtigheid leidt tot meer Botrytis en daardoor een korter vaasleven. Mogelijk is het verband tussen luchtvochtigheid en Botrytis ook afhankelijk van de dynamiek van de luchtvochtigheid.

De RTR, ofwel de verhouding tussen temperatuur en PARsom, heeft soms een licht negatief verband en soms een licht positief verband met het vaasleven en lijkt daarmee weinig invloed hierop te hebben.

Tijdens intensieve klimaatmetingen bij bedrijf 4 is nooit een knoptemperatuur gevonden die onder de dauwpuntstemperatuur kwam. Meestal lag die er zelfs minstens 3°C boven, doordat de lampen vrijwel altijd brandden. De oorzaak van vochtproblemen (Botrytis) in de rozenknoppen moet daarom ook worden gezocht in een relatief hoge worteldruk (o.a. guttatie). Overigens is bekend dat Botrytis niet per se condensatie nodig heeft om zich te kunnen ontwikkelen. Ook kunnen bespuitingen in combinatie met geringe vochtafvoer leiden tot een langdurig nat gewas. Het kleinste dauwpuntsdeficit is aangetroffen tijdens het openen van het scherm (uitstraling naar koud kasdek) en tijdens het dalen van de kastemperatuur in de avond.

5.2.1 Aanbevelingen/Discussie

Dat meer zonlicht een betere houdbaarheid geeft, geeft voor telers helaas weinig directe aanknopingspunten om direct mee aan de slag te gaan. Wel zou kunnen worden onderzocht of de positieve invloed van zonlicht op de houdbaarheid is veroorzaakt door het spectrum van zowel LED als SON-T, of doordat de fluctuerende intensiteit van de zon leidt tot meer variatie in luchtvochtigheid en temperatuur, en dat die fluctuatie dan positief is voor de houdbaarheid.
Hoewel dynamiek in het kasklimaat een positief verband met de houdbaarheid heeft, wordt nog steeds aanbevolen om de kastemperatuur bij een laag VD niet te snel (> 1°C per uur) op te laten lopen, omdat de traag opwarmende dikke knoppen dan nat kunnen slaan.

5.3 Knopkleur, hoogte en knopvorm

Van de uit literatuur bekende oorzaken van anthocyaanvorming lijken de in deze dataset gevonden resultaten het meest in de richting te wijzen van een hoge R:FR en een lage planttemperatuur. Hogere lichtintensiteiten en daglichtsom hadden juist een positief effect op de knopkleur (minder donkere kleur), al was de dataset ontoereikend om te kunnen bepalen of er een interactie is waarbij een lage knoptemperatuur gevolgd door een hoge lichtintensiteit met een hoog aandeel blauw wel tot anthocyaanvorming zou leiden. CO_2- niveaus waren niet extreem hoog. Tekort aan P en N is niet onderzocht.

Alleen bij bedrijven 1 en 2 is enig verband gevonden tussen de door de telers beoordeelde knopkleur, en het gemeten kasklimaat (een week voor de beoordeling). Hiervan zijn de belangrijkste klimaatfactoren:
- Warmte-input inclusief de zon (W/m^2) (+);
- De PARsom ($mol/m^2.dag$) (+);
- Het aandeel LED in de PARsom (%) (-)
- Het aandeel SON-T in de belichting (%) (+)

Voor wat betreft de etmaaltemperatuur is alleen bij bedrijf 2 een positief verband met de knopkleur gevonden doordat bij bedrijf 1 de gemiddelde weektemperatuur nauwelijks varieerde. Het percentage van de tijd dat de kastemperatuur lager was dan 15°C liet voor beide bedrijven een negatief verband zien met de knopkleur.

De oorzaak van een donkere knopkleur is waarschijnlijk een combinatie van factoren waarbij PARsom en spectrum belangrijker lijken dan etmaaltemperatuur alleen.

Bij de Red Naomi! telers heeft de knopvorm een negatief verband met het aandeel LED in de PARsom (inclusief zon) en een positief verband met de hoeveelheid PAR en ook het aandeel SON-T in de belichtingssom (exclusief zon).

5.3.1 Aanbevelingen

Op basis van wat we nu weten lijkt het vooralsnog aan te bevelen om voor behoud van knopkleur een lage temperatuur en een hoog aandeel LED (waarschijnlijk een hoge verhouding R:FR) te vermijden.

Aannemelijk is dat niet zozeer de kastemperatuur, maar vooral de knoptemperatuur de knopkleur beïnvloedt. Een te lage knoptemperatuur kan worden voorkomen door vooral tijdens de onbelichte nacht de uitstraling te beperken door (dubbel) te schermen, eventueel in combinatie met (kleine) scherm- en raamkieren om voldoende vocht af te voeren.

Om te bepalen of een spectrum met een lagere R:FR of een specifieke toepassing van het huidige rozenspectrum met aparte sturing van verrood, de knopkleur verder verbetert en wellicht een lagere knoptemperatuur mogelijk maakt, zou een gecontroleerde proef met verschillende R:FR verhoudingen op verschillende momenten van de dag in combinatie met gradaties in nettostraling (knoptemperatuur) gedaan kunnen worden, waarbij de knopkleur dagelijks objectief wordt gemonitord.

5.4 Evaluatie klimaatbeheersing

Bij de teelt van rozen wordt gestreefd naar een lage luchtvochtigheid rond de knoppen om Botrytis te voorkomen, en een lage knoptemperatuur om grotere bloemen te krijgen. Hierbij dient aangetekend dat een lage knoptemperatuur de knopkleur juist negatief kan beïnvloeden. Voor een effectieve afvoer van vocht moet de kier in de luchtramen (in procenten) vier keer zo groot zijn als de schermkier (zie paragraaf 3.4.3.3). Bij hoge windsnelheden mag de raamkier lager zijn. Zeker met een dubbel scherm met een kleine kier blijft de uitstraling daarmee beperkt wat de lagere nettostraling door LED compenseert.
Voor een lage knoptemperatuur moet het scherm juist zo veel mogelijk worden opengetrokken. Bij bedrijf 4 is aangetoond dat LED in plaats van SON-T licht resulteert in 0,4 °C lagere gewastemperatuur en 0,2°C minder hoge knoptemperatuur ten opzichte van de gewastemperatuur. Ook is in dit onderzoek geen negatief verband aangetoond tussen het gebruik van LED en de knophoogte (zie paragraaf 4.3). Echter, volgens de telers die hebben deelgenomen aan dit project, zijn de zowel de LBE als de knopgrootte door gebruik van LED afgenomen.

Om tot een energiezuinige, ziektevrije en grote roos te komen moeten de volgende vragen worden beantwoord:
- Als het gebruik van LED ondanks de lagere knoptemperatuur leidt tot mindere knopvorm en minder grote knoppen, ligt dat dan aan het spectrum van LED?
- Wat is het belangrijkste doel van het stimuleren van de verdamping?
  - De aanvoer van meer nutriënten (naar jonge bladeren of oude bladeren?);
  - Het doen afnemen of beheersen van de worteldruk;
  - Het creëren van een droog klimaat ter preventie van ziekten (o.a. Botrytis).

Een ander spectrum zal waarschijnlijk leiden tot een lagere efficiëntie van de lampen, bijvoorbeeld als meer verrood nodig mocht zijn. Een afweging moet dan worden gemaakt tussen de kwaliteitsverbetering bij een beter spectrum en de nadelen van minder PAR per kWh elektriciteit.

Als het belangrijkste doel van het stimuleren van verdamping duidelijk is, dan zal ieder moment een afweging moeten worden gemaakt waar en hoe dat moet worden bewerkstelligd.
- Verwarmen met de onderbuis. *Stimuleert aanvoer nutriënten naar oude bladeren, verlaagt de worteldruk en creëert een droog klimaat onderin, maar brengt door meer verdamping van oude bladeren meer vocht boven in de kas.*
- Verwarmen met de bovenbuis of door stralingswarmte van de lampen. *Stimuleert aanvoer nutriënten naar jonge bladeren en knoppen, verlaagt de worteldruk en creëert een droog klimaat bovenin het gewas, maar geeft ook warmere knoppen en brengt door verdamping meer vocht in de kas.*
- Het sluiten van het scherm / de schermen. *Heeft door het beperken van de uitstraling hetzelfde effect op de verdamping als het verwarmen met de bovenbuis, maar is bij een volledig gesloten scherm een blokkade voor de uitwisseling met buitenlucht, waardoor het verdampte vocht minder snel kan worden afgevoerd.*
- Het openen van de luchtramen. *Stimuleert de uitwisseling met buitenlucht, maar kan (vooral bij een gesloten scherm) leiden tot een lagere schermtemperatuur, waardoor condensatie op het scherm kan optreden en bovendien de netto uitstraling wordt vergroot.*

De afweging tussen deze opties zal afhangen van de prioriteiten die de telers stelt op het gebied van knoptemperatuur, verdamping en energiebesparing.

Literatuur

Benninga, J., Barendse, H., Vermeulen, C., García Victoria, N., Raaphorst, M. & Hofland-Zijlstra, J (2015), *Kwaliteitsplant Roos.* Retrieved from https://edepot.wur.nl/330338

Garcia Victoria, N., Slootweg, C. & Marissen, N. (2016). *Snijbloemen telen bij hoge RV met behoud van kwaliteit*. Retrieved from https://edepot.wur.nl/394732

Gelder, A. d. (2016). *Verdamping balans tussen noodzaak en overmaat: kennisinventarisatie en analyses van vocht gerelateerde fenomenen in lopende projecten* [1 online resource (PDF, 70 pages): illustrations]. Retrieved from http://edepot.wur.nl/370951

Gelder, A. d., Warmenhoven, M., Knaap, E. v. d., Baar, P. H. v., Grootscholten, M., Aelst, N. v., (2015). *Een perfecte roos: energiezuinig geteeld* [1 online resource (PDF, 94 pagina's): illustraties.]. Retrieved from http://edepot.wur.nl/360568

Gelder, A. d., Warmenhoven, M., Stoep, R. v. d., Hartog, B., Gelder, A. d., Warmenhoven, M., Hartog, B. (2022). *Een perfecte roos is duurzaam geteeld: onderzoek perfecte roos 2020-2021* [1 online resource (PDF, 58 pages): illustrations.]. Retrieved from https://doi.org/10.18174/569124

Hoogdalem, M. v., & Garcia, N. (2023). *Groen of rood gewas: anthocyaanvorming en chlorofylafbraak onder LED* [1 online resource (PDF, 66 pages): illustrations]. Retrieved from https://doi.org/10.18174/640072

LaFountain, A. M., & Yuan, Y. W. (2021). Repressors of anthocyanin biosynthesis. New Phytologist, 231(3), 933-949.

Mor, Y., Zieslin, N. (1990) *U.V.-induced blackening of rose petals.* Environmental and Experimental Botany Retrieved from https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/009884729090025Y

Terfa, M.T., Solhaug, K.A., Gislerød, H.R., Olsen, J.E., & Torre, S. (2013). A high proportion of blue light increases the photosynthesis capacity and leaf formation rate of Rosa × hybrida but does not affect time to flower opening. Physiol Plant 148(1):146–159

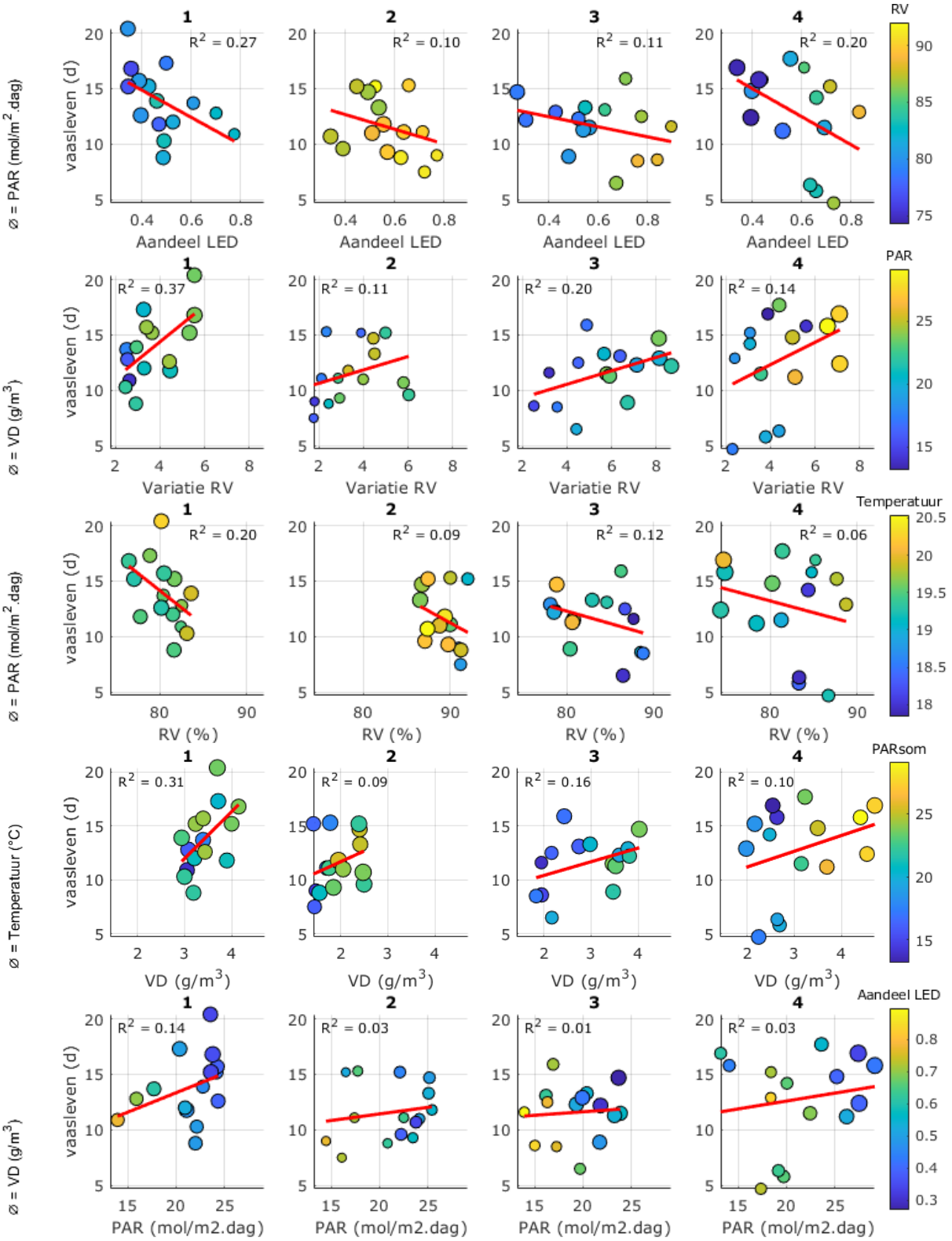
Bijlage 1 Registraties

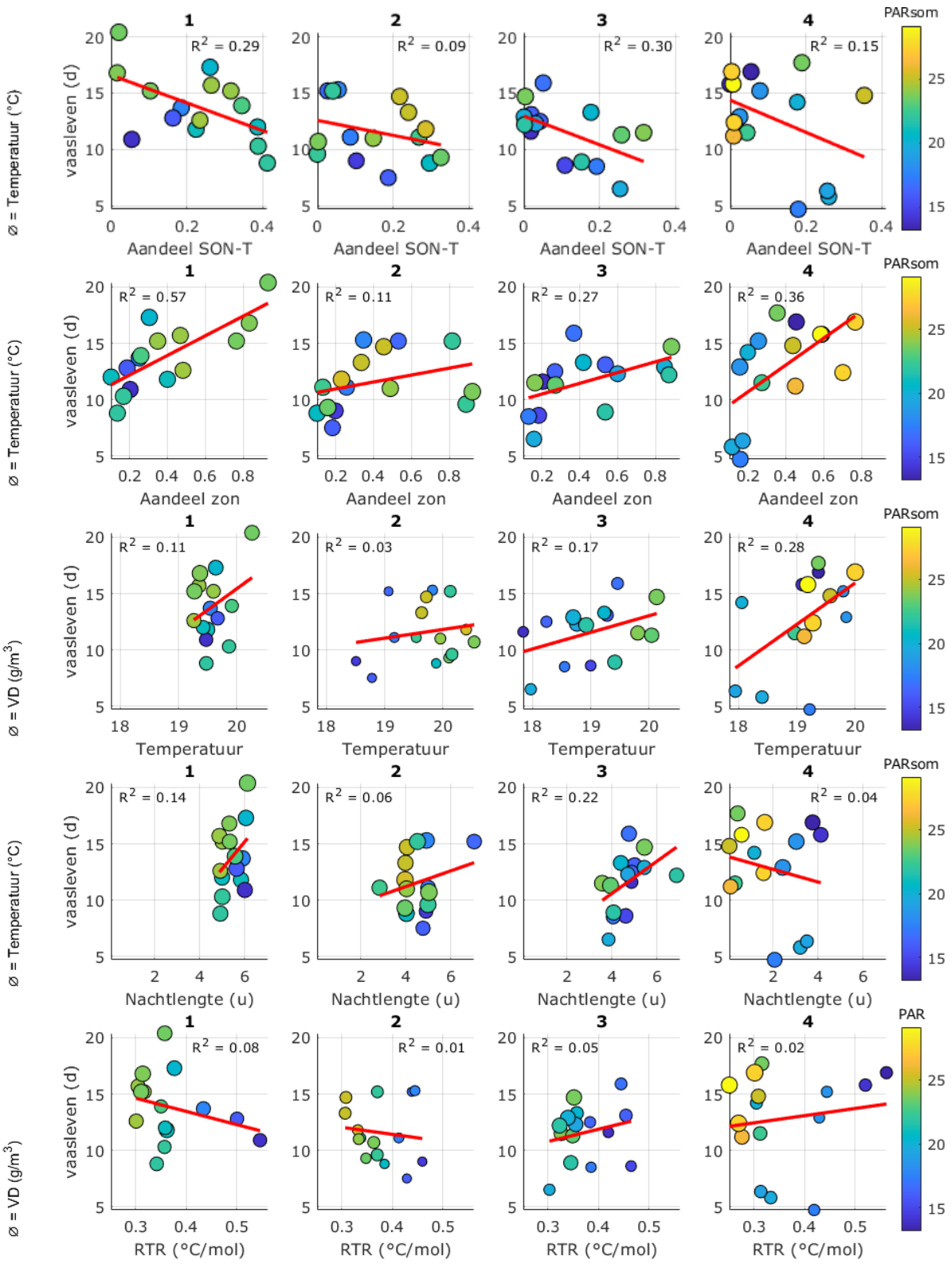
Tabel 1 *Registraties van klimaat en energie gedurende de proefperiode.*

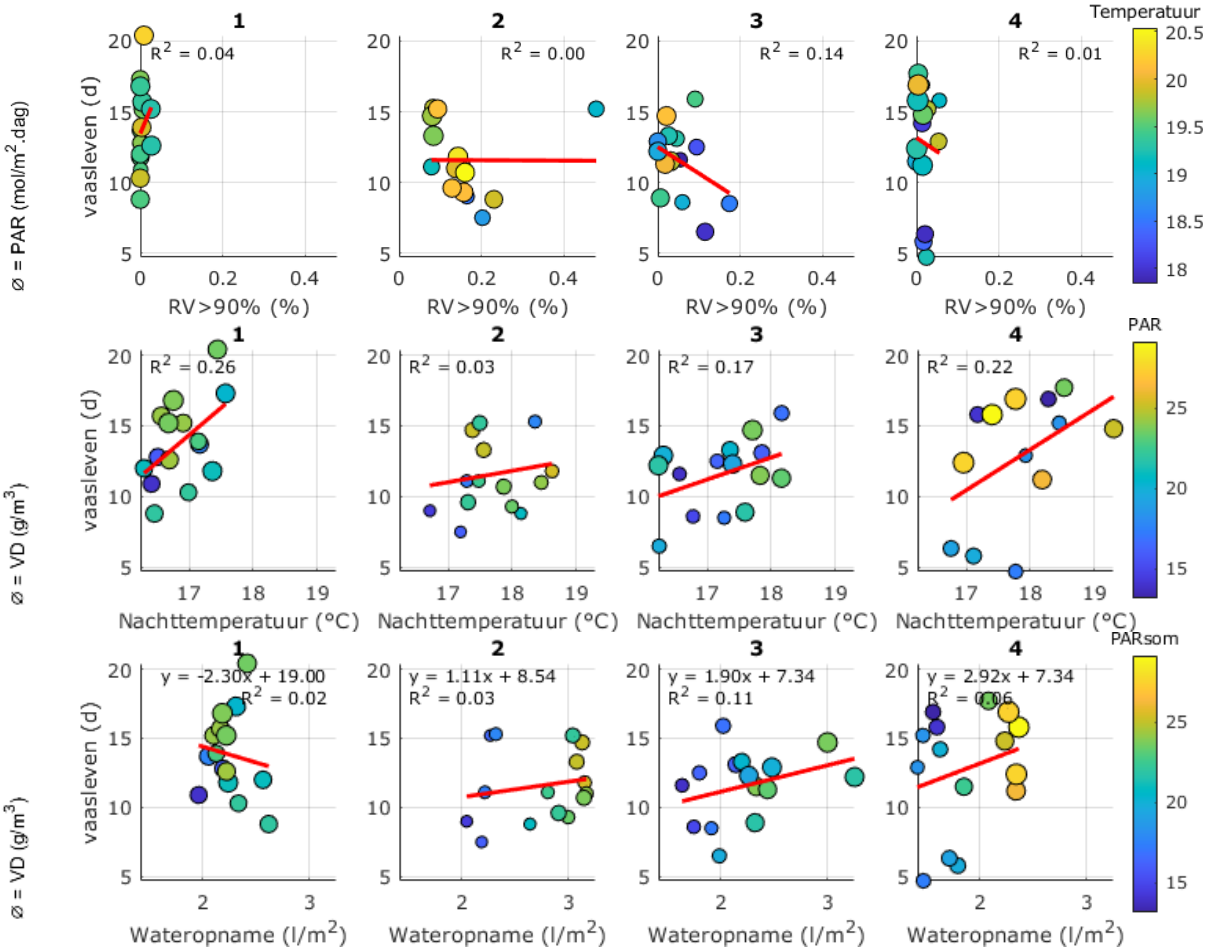
Registraties	Eenheid	Interval
Globale straling	W/m^2	5 minuut waarden
	J/cm^2.dag	per etmaal
Temperatuur kas	°C	5 minuut waarden
Temperatuur plant (voor zover beschikbaar)	°C	5 minuut waarden
Temperatuur buiten	°C	5 minuut waarden
Temperatuur buisrail berekend	°C	5 minuut waarden
Temperatuur buisrail gemeten	°C	5 minuut waarden
Temperatuur bovenbuis berekend	°C	5 minuut waarden
Temperatuur bovenbuis gemeten	°C	5 minuut waarden
Temperatuur groeibuis berekend (indien van toepassing)	°C	5 minuut waarden
Temperatuur groeibuis gemeten (indien van toepassing)	°C	5 minuut waarden
RV/VD kas	% of g/m^3	5 minuut waarden
RV/VD bovendoek	% of g/m^3	5 minuut waarden
RV/VD buiten	% of g/m^3	5 minuut waarden
CO2 concentratie	ppm	5 minuut waarden
CO2 dosering	kg/ha.uur	5 minuut waarden
Belichting 1 SON-T	aan/uit	5 minuut waarden
Belichting 1 SON-T	aan	som tijd/dag
Belichting 2 LED 1	aan/uit	5 minuut waarden
Belichting 2 LED 1	aan	som tijd/dag
Belichting 3 LED 2	aan/uit	5 minuut waarden
Belichting 3 LED 2	aan	som tijd/dag
Schermstand 1	% berekend	5 minuut waarden
Schermstand 2 (indien van toepassing)	% berekend	5 minuut waarden
Schermstand 3 (indien van toepassing)	% berekend	5 minuut waarden
Watergift	l/m^2	per etmaal/week
Elektra	inkoop + levering in kWh	per etmaal/week
WKK	draaiuren	per etmaal/week
	gasgebruik	per etmaal/week
Ketel (indien van toepassing)	gasgebruik	per etmaal/week
Warmtepomp (indien van toepassing)	electra gebruik	per etmaal/week

Bijlage 2 Correlaties met vaasleven

Vaasleven van 4 bedrijven uitgezet tegen het aandeel LED, de RV-variatie, de RV en de hoeveelheid PAR in de 3 voorafgaande weken. De betekenis van de kleur is ter info aan de rechterkant van de figuren aangeduid en de betekenis van de diameter (⌀) van de markers is weergeven aan de linkerkant van de figuren.

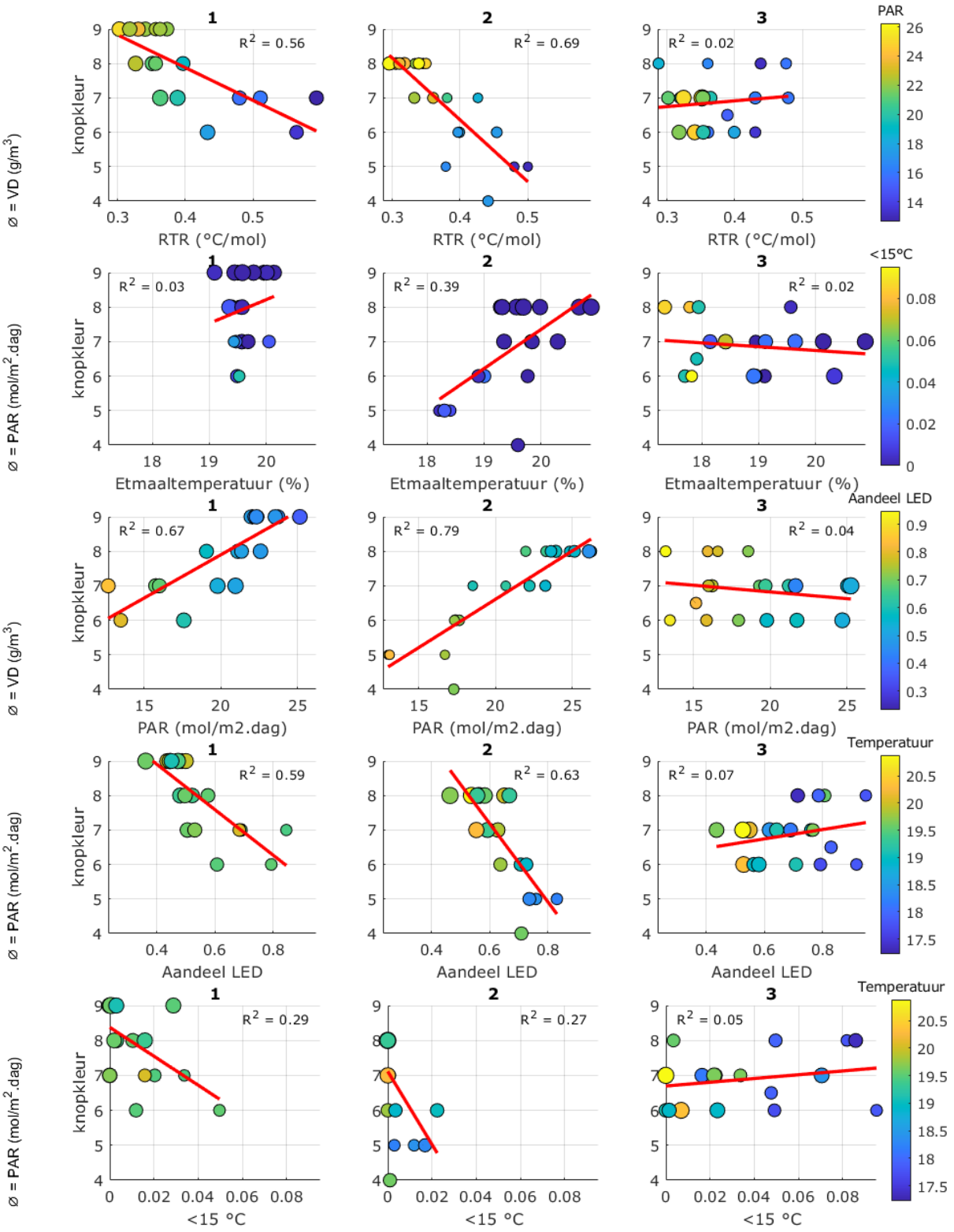


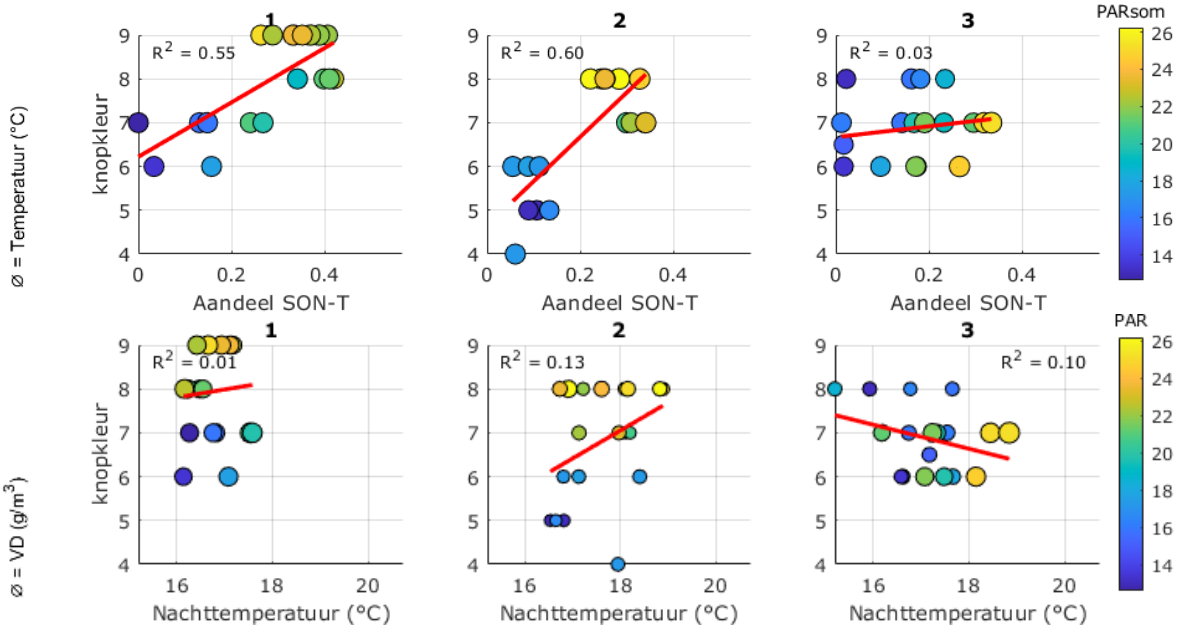

1
2
3
4
PARsom
PAR
vaasleven (d)
Ø = Temperatuur (°C)
Ø = VD (g/m3)
Aandeel SON-T
Aandeel zon
Temperatuur
Nachtlengte (u)
RTR (°C/mol)
R2 = 0.29
R2 = 0.09
R2 = 0.30
R2 = 0.15
R2 = 0.57
R2 = 0.11
R2 = 0.27
R2 = 0.36
R2 = 0.11
R2 = 0.03
R2 = 0.17
R2 = 0.28
R2 = 0.14
R2 = 0.06
R2 = 0.22
R2 = 0.04
R2 = 0.08
R2 = 0.01
R2 = 0.05
R2 = 0.02


1
2
3
4
Temperatuur
R² = 0.04
R² = 0.00
R² = 0.14
R² = 0.01
vaasleven (d)
Ø = PAR (mol/m².dag)
RV>90% (%)
PAR
R² = 0.26
R² = 0.03
R² = 0.17
R² = 0.22
Ø = VD (g/m³)
Nachttemperatuur (°C)
PARsom
y = -2.30x + 19.00
R² = 0.02
y = 1.11x + 8.54
R² = 0.03
y = 1.90x + 7.34
R² = 0.11
y = 2.92x + 7.34
R² = 0.06
Wateropname (l/m²)

Bijlage 3 Correlaties met knopkleur

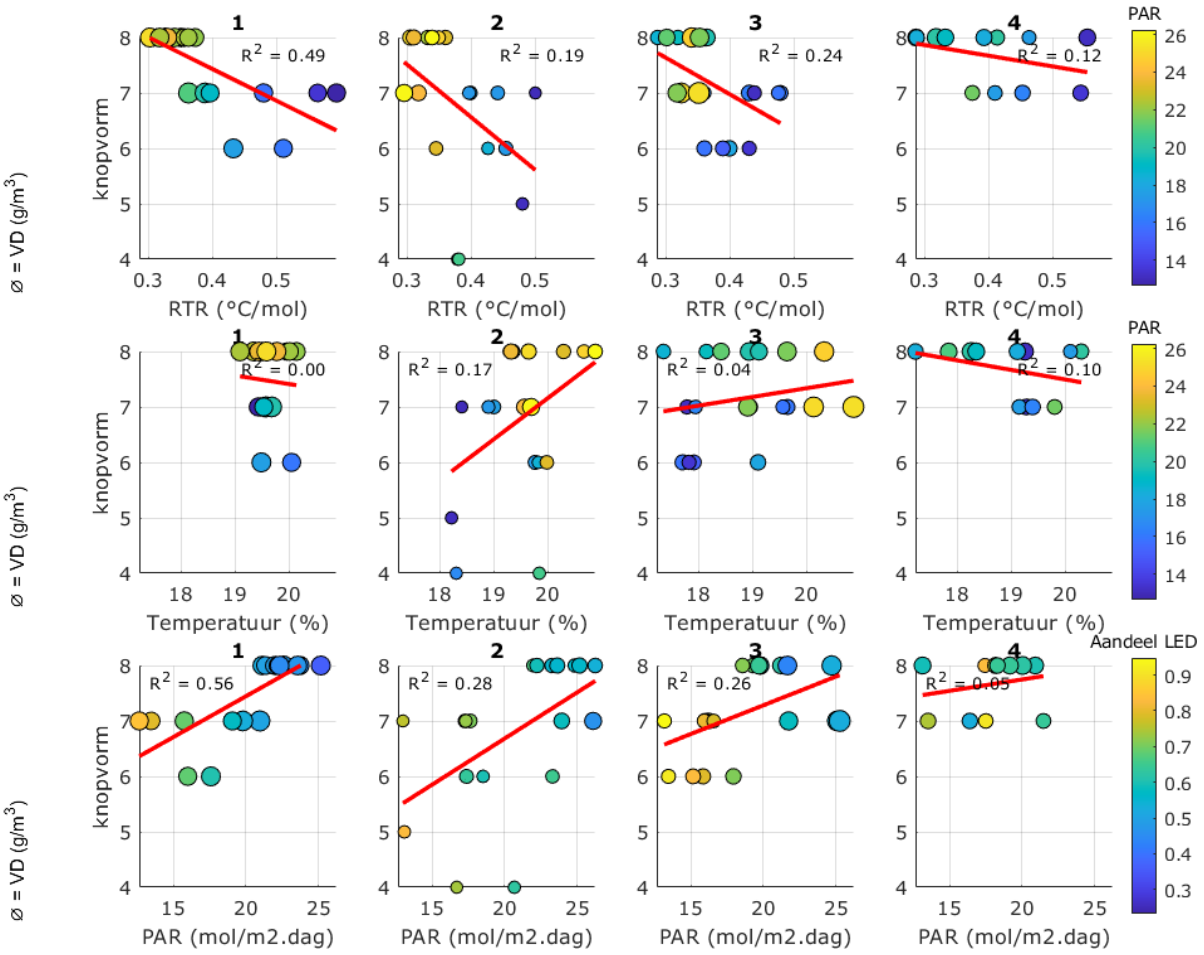
In onderstaande figuren is waardering voor de knopkleur uitgezet tegen de respectievelijk de RTR (Etmaaltemperatuur-12 (°C)/ Parsom (mol/m²)), de Etmaaltemperatuur (°C), de PARsom en het Aandeel LED daarin van de week voor de beoordeling. De betekenis van de kleur is ter info aan de rechterkant van de figuren aangeduid en de betekenis van de diameter (⌀) van de markers is weergeven aan de linkerkant van de figuren.

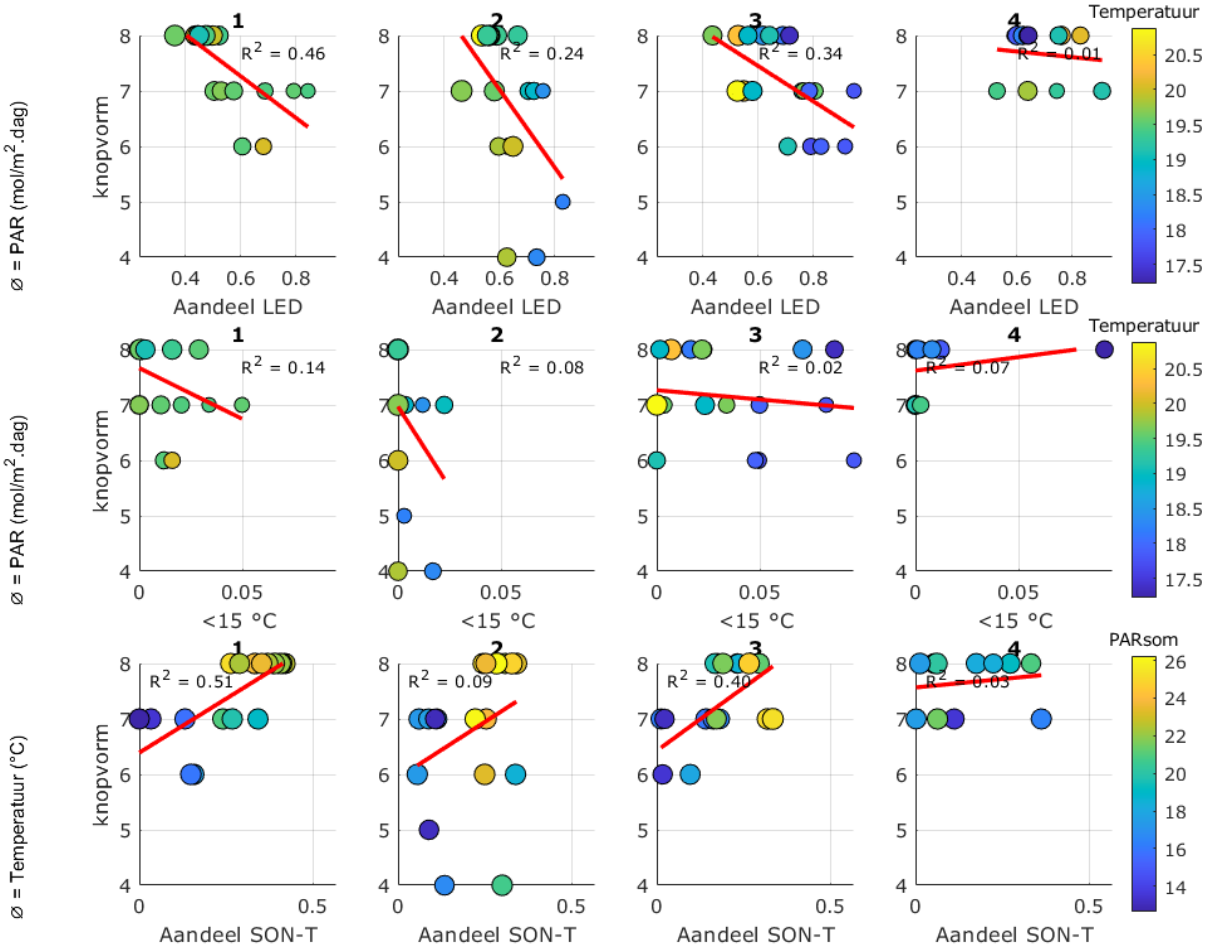



1
2
3
PARsom
PAR
knopkleur
Aandeel SON-T
Nachttemperatuur (°C)
ø = Temperatuur (°C)
ø = VD (g/m3)
R2 = 0.55
R2 = 0.60
R2 = 0.03
R2 = 0.01
R2 = 0.13
R2 = 0.10

Bijlage 4 Correlaties met knopvorm

In onderstaande figuren is waardering voor de knopvorm uitgezet tegen de respectievelijk de RTR (Etmaaltemperatuur-12 (°C)/ Parsom (mol/m²)), de Etmaaltemperatuur (°C), de PARsom en het Aandeel LED daarin van het kasklimaat in de week voor de beoordeling. De betekenis van de kleur is ter info aan de rechterkant van de figuren aangeduid en de betekenis van de diameter (⌀) van de markers is weergeven aan de linkerkant van de figuren.




Ø = PAR (mol/m2.dag)
knopvorm
Aandeel LED
R2 = 0.46
R2 = 0.24
R2 = 0.34
R2 = 0.01
Temperatuur
Ø = PAR (mol/m2.dag)
knopvorm
<15 °C
R2 = 0.14
R2 = 0.08
R2 = 0.02
R2 = 0.07
Temperatuur
Ø = Temperatuur (°C)
knopvorm
Aandeel SON-T
R2 = 0.51
R2 = 0.09
R2 = 0.40
R2 = 0.03
PARsom

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

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

Rapport WPR-1382

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.