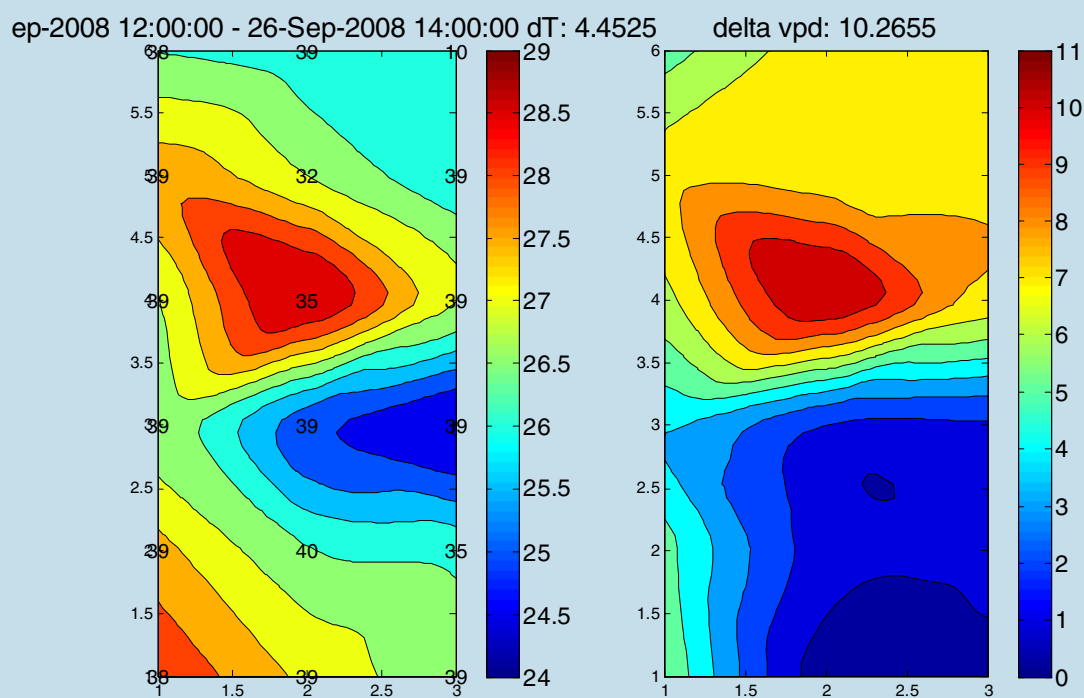


# Verbetering klimaatcondities in opkweekruimte bij Mobyflowers

J.B. Campen, F.L.K. Kempkes & R.H.M. Maaswinkel







# Verbetering klimaatcondities in opkweekruimte bij Mobyflowers

J.B. Campen, F.L.K. Kempkes & R.H.M. Maaswinkel

© 2009 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

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 Wageningen UR Glastuinbouw



## **Wageningen UR Glastuinbouw**

Adres : Droevendaalsesteeg 1, 6708 PB Wageningen  
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen  
Tel. : 0317 - 48 60 01  
Fax : 0317 - 41 80 94  
E-mail : [glastuinbouw@wur.nl](mailto:glastuinbouw@wur.nl)  
Internet : [www.glastuinbouw.wur.nl](http://www.glastuinbouw.wur.nl)

# Inhoudsopgave

|                                                                                                                            | pagina |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1 Inleiding                                                                                                                | 1      |
| 1.1 Doel van het project                                                                                                   | 1      |
| 1.2 Optimale teeltcondities                                                                                                | 1      |
| 1.3 Belang sector                                                                                                          | 2      |
| 2 Klimaatmetingen                                                                                                          | 3      |
| 2.1 Draadloze sensoren                                                                                                     | 3      |
| 2.2 Additionele metingen                                                                                                   | 3      |
| 3 Probleeminventarisatie                                                                                                   | 5      |
| 3.1 Analyse over alle fases voor een specifieke batch                                                                      | 5      |
| 3.1.1 Klimaat                                                                                                              | 5      |
| 3.1.2 Energie                                                                                                              | 10     |
| 3.2 Klimaatverdeling in afdeling 1 en 2                                                                                    | 12     |
| 3.3 Klimaat en regeling                                                                                                    | 15     |
| 3.4 Voornaamste conclusies                                                                                                 | 17     |
| 3.5 Openstaande onderzoeksvragen                                                                                           | 18     |
| 4 Oplossingsrichting                                                                                                       | 19     |
| 4.1 Oplossing in relatie tot problemen                                                                                     | 20     |
| 4.2 Oplossing n.a.v. rapportage 'Interacties tussen Pythium, substraat en klimaat in een chrysantenteelt los van de grond' | 20     |
| Bijlage I. Klimaatgegevens tijdens draadloze klimaatmeting                                                                 | 4 pp.  |



# 1 Inleiding

De klimaatcondities in de opkweek ruimte bij Mobyflowers zijn in de zomer maanden niet optimaal. De volgende redenen worden hiervoor gegeven:

1. Onder zomerse omstandigheden wordt het veel te heet in de kasafdeling boven de bedrijfsruimte waardoor de beworteling matig verloopt.
2. Na meting blijkt dat het substraat binnen enkele minuten de temperatuur van de lucht aanneemt.
3. De dagen waarop het buiten warmer is zijn zeer goed te herkennen (matige ongelijke gewasontwikkeling) Wageningen UR Glastuinbouw is gevraagd mogelijke opties om deze problemen te voorkomen te inventariseren. Het effect van de oplossingen moet beschreven zijn en de benodigde investering.

Door de stuurgroep bij Mobyflowers zijn reeds een aantal mogelijk oplossingen genoemd die in het project moeten worden meegenomen:

- kas op hoogte brengen (poot hoogte verhogen bijvoorbeeld van 2m naar 5m)
- toepassen van een buitenscherm
- toepassen van koeling
- toepassen van echte verneveling
- toepassen dakkoeling
- combinaties van voornoemde punten
- andere creatieve ideeën

Tijdens de opkweek wordt gestreefd naar een temperatuur van 20°C of 24°C. Deze temperaturen worden het uitgangspunt in dit project.

## 1.1 Doel van het project

Doel van het project is Mobyflowers van een advies te voorzien op basis waarvan zij een keuze kunnen maken voor de investering ter verbetering van het klimaat in de opkweekruimte.

Het project zal een inventarisatie opleveren van de mogelijke oplossingen voor de klimaat problemen en de mate van effectiviteit van deze oplossingen en de kosten over de mogelijke oplossingen in de eerste twee afdelingen van de teelt op basis waarvan de ondernemer een beslissing kan nemen over te nemen investeringen.

## 1.2 Optimale teeltcondities

Hieronder zijn de optimale teeltcondities beschreven volgens Marinus Vermeer van Fides.

### Klimaat tijdens 1<sup>e</sup> fase (1<sup>e</sup> week) beworteling Chrysant

Temperatuur gedurende beworteling Minimaal 20°C kastemperatuur i.v.m. bodemtemperatuur. Met uitzondering van evt. instellen van kouval bij hogere etmaaltemperaturen gewenste etmaal temperaturen : 20,2°C minimum. Mijn ervaring is dat bij hogere etmaaltemperaturen dan 24°C problemen ontstaan op de dag, met het op spanning houden van de stek. Vochtdeficit 0,8 – 1,2 gr, dit in combinatie met nevelen op stek. Bodemtemperatuur minimaal 20°C. Te hoge bodemtemperatuur geeft strekking van stek. Nevelen: bij eerder genoemde klimaatsomstandigheden zal toch geneveld moeten worden. Najaar : 350 – 450 cc /m<sup>2</sup> (hiervan zal 175 – 225 /m<sup>2</sup> verdampen). Deze hoeveelheid wordt in 5 tot 6 nevelbeurten van 4 seconden gedurende de dagperiode gegeven. Hierbij let ik erop dat na een beurt het blad voldoende opdroogt eer de volgende beurt gegeven wordt. Het blad mag niet de hele dag nat zijn. In de nachtperiode niet nevelen. Voorjaar en zomer : 550-600 cc/m<sup>2</sup>, dit zijn ongeveer 8 beurten van 4 seconden. Onder extreme omstandigheden bv. buitentemperaturen van 30°C en hoger kan evt. tot 10 beurten van

4 seconden worden overgegaan. Beurten van 4 seconden zijn bij Fides nodig om de verdeling van de nevel te optimaliseren. In een afdeling van ongeveer 3.000 m<sup>2</sup> bij Fides zijn 16 kraanvakken gemaakt. Door in de afdeling deze 16 kranen te verdelen in 2 teeltvakken en die 30 – 45 minuten na elkaar te laten nevelen zal een hogere RV gerealiseerd kunnen worden, zonder meer op de stek te nevelen! EC nevelwater 0,6 – 1,0 Ms Luchtbevochtigen: Op de bewortelingsafdeling van Fides wordt gebruik gemaakt luchtbevochtiging. Dit systeem vernevelt onder hogedruk en wordt door ventilatoren verdeeld. De ventilatoren zorgen voor een gelijke temperatuurverdeling in de kas. In de overgang naar de 2e week kan dit systeem een grote overgang opvangen. Nadeel is dat de luchtbeweging die uitdroging van bakranden veroorzaakt. Ingestelde waarden: vanaf 96% RV wordt met pulsen gedoseerd en onder 92% RV continu. Dit klimaat is gewenst om gedurende de 1e week beworteling het nevelen met de lagedruk nevelinstallatie zoveel mogelijk te beperken. M.i. geeft te veel nevelen problemen bij de overschakeling naar het onderdoor watergeven bij Mobyflowers. Ook geeft te nat telen strekking van stek waardoor meer geremd moet worden. Voor het gebruik van luchtbevochtiging is een voldoende grote buffer boven het gewas vereist.

### **Klimaat 2e week beworteling**

Klimaatinstellingen gebeuren op basis van gerealiseerde etmaaltemperaturen in de 1e week. Dit i.v.m. planning voor aflevering. De gekozen kastemperatuur voor de eerste dag(en) na 1e week : Minimaal 20°C stooktemperatuur. Ventileren minimaal 1°C boven stook temperatuur (niet te actief) Windzijde >+2°C Bij de overgang naar de uitgroei-fase wordt regelmatig geneveld met de lagedruk nevelleiding. Voorkomen dient te worden dat stekken in deze fase slap gaan. Dit zal echter niet onder alle omstandigheden lukken. Het gebruik van de luchtbevochtiging is bij deze fase een goed hulpmiddel. Het nadeel van de luchtbeweging door de ventilatoren zou voorkomen kunnen worden door de keuze van statische bevochtiging. 2e dag na de overgang moet de stek in staat zijn een actief klimaat te verdragen. Na deze tussenperiode meer activeren. Het klimaat tot afleveren is afhankelijk van groeisnelheid.

## **1.3 Belang sector**

Mobyflowers is het pilot project om chrysanten in de toekomst vrij van de bodem te produceren. De toekomstige emissienormen zorgen ervoor dat de huidige teelt niet kan worden voortgezet en om deze reden moet die nieuwe concept gaan werken.



## 2 Klimaatmetingen

### 2.1 Draadloze sensoren

Een homogeen klimaat is essentieel voor een gelijkmatige productie. Bij Mobyflowers is het klimaat gemeten met draadloze sensoren waarvan hieronder een foto te zien is.



*Figuur 1. Draadloze geventileerde temperatuur en vochtsensor.*

De sensor meet de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid welke vervolgens naar het basisstation wordt verzonden. De sensor wordt geventileerd. De sensoren zijn onderling vergeleken in een klimaatcel waarbij de verschillen onderling minder dan 0.4K en 3% RV-punten waren.

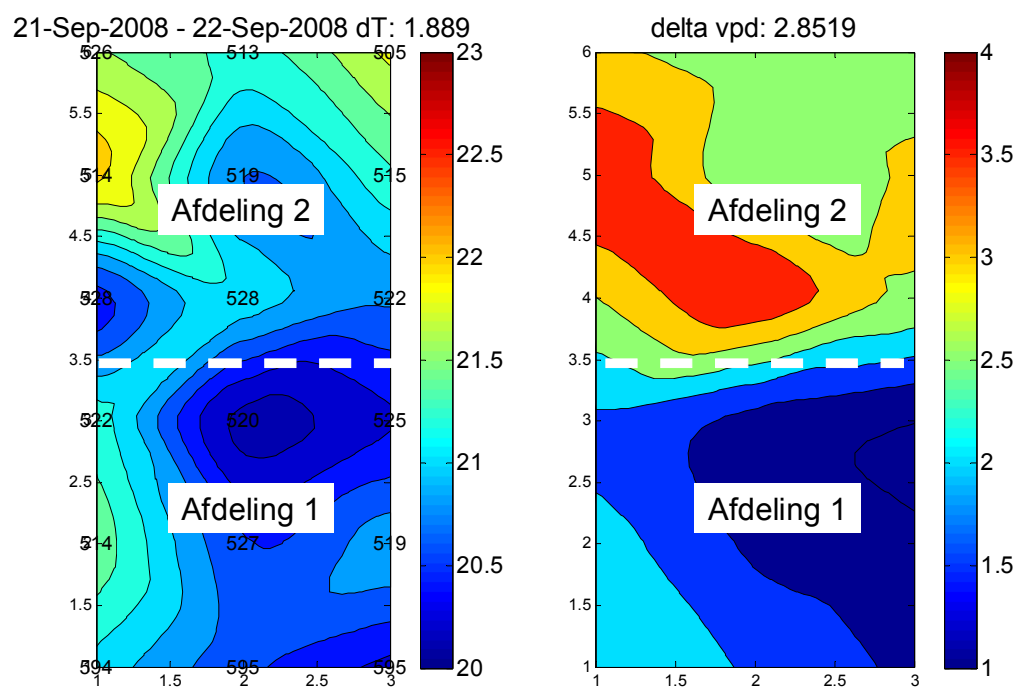
Onderstaande figuur laat ter illustratie van het sensornetwerk een 24 uursgemiddelde temperatuur- en vochtdeficit verdeling in de kas zien. De cijfers in de linker figuur geven het aantal metingen op deze dag weer. Aan de rechterzijde van de beide figuren is de schaal te zien.

### 2.2 Additionele metingen

Gelijktijdig met de draadloze metingen wordt de worteltemperatuur met een systeem van Growlab. De temperatuur van de wortels kunnen op deze manier direct worden gekoppeld aan de luchttemperatuur. Dit is van belang aangezien in de traditionele teelt de worteltemperatuur wordt bepaald door de grondtemperatuur terwijl in dit systeem de worteltemperatuur wordt bepaald door de substraattemperatuur die vermoedelijk dichter bij de temperatuur van de lucht ligt.



Figuur 2. Foto van de sensoren in afdeling 1.



Figuur 3. 24 uursgemiddelde temperatuur (links) en vochtdeficit (rechts) op 21 september in afdeling 1 en 2 waarbij het getal in de linker figuur het aantal metingen op dit dag weergeeft.

## 3 Probleeminventarisatie

### 3.1 Analyse over alle fases voor een specifieke batch

Om te achterhalen wat de mogelijke klimatologische oorzaak van de ongelijkmatige stand van onderstaande foto (Figuur 4) is, is achterhaald welk kasklimaat deze batch, geoogst op 19 september, tijdens het verblijf in de verschillende fases heeft doorstaan.



*Figuur 4. Foto genomen op 18 september 2008.*

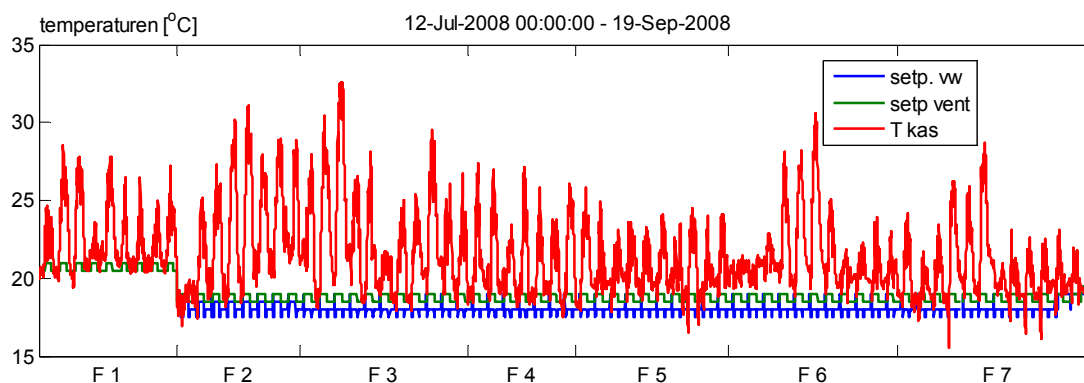
Er dient opgemerkt te worden dat alle goten die op het moment van de foto uit de kas komen een probleem laten zien.

#### 3.1.1 Klimaat

Er wordt van uitgegaan dat de planten in totaal 7 fases in het bedrijf doorlopen. Voor de verschillende fases wordt als start de datum (voor de eenvoud het tijdstip 0:00 van de betreffende dag) gebruikt zoals deze door Mobyflowers zijn benoemd. Het verblijf in fase 1 is dan ook tot de datum (met tijdstip 0:00) dat, volgens opgave, fase 2 is ingegaan. Dit gaat zo door totdat na fase 7 wordt geoogst. Fase 7 eindigt dan ook op de dag van oogst op 0:00 uur. Dit geldt voor alle onderdelen, behalve voor de belichting. Voor de belichting een indeling gemaakt die niet gelijk is aan de afdelings- en dus fase-nummering. De reden hiervoor is dat het schakelen (spanningspieken en piekafnames) van de belichting door deze indeling beter kan worden gereguleerd.

In onderstaande figuren, wordt ter illustratie van 1 plantdag (12-07-2008) de plant van stekken tot en met oogst gevolgd. Hiervoor zijn de verschillende fases achter elkaar geplakt zodat de hele teeltcyclus in één figuur is weergegeven. Deze planting is uiteindelijk op 19 september geoogst.

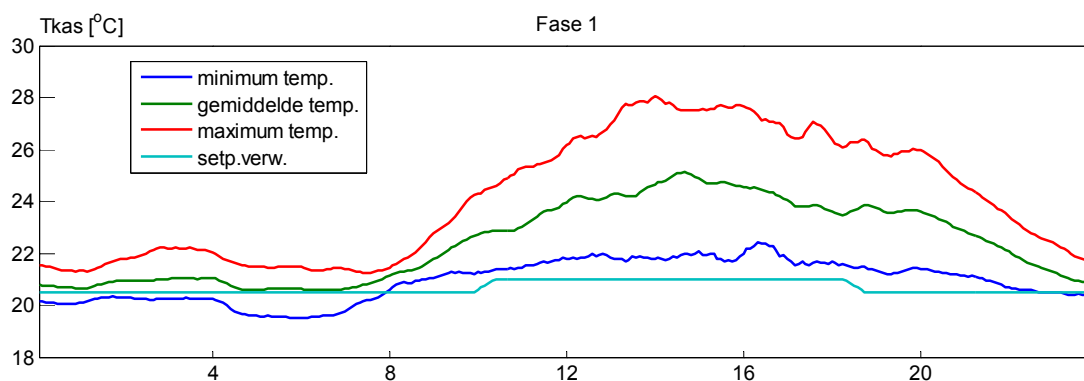
In Figuur 5 is het setpoint verwarmen (setp. vw), -ventilatie (setp. vent) en de gerealiseerde kasluchttemperatuur (Tkas) getoond.



Figuur 5. Setpoint verwarmen en ventilatie en de gerealiseerde kasluchttemperatuur voor de batch geplant op 12 juli en geoogst op 19 september, weergegeven als een uurgemiddelde waarde.

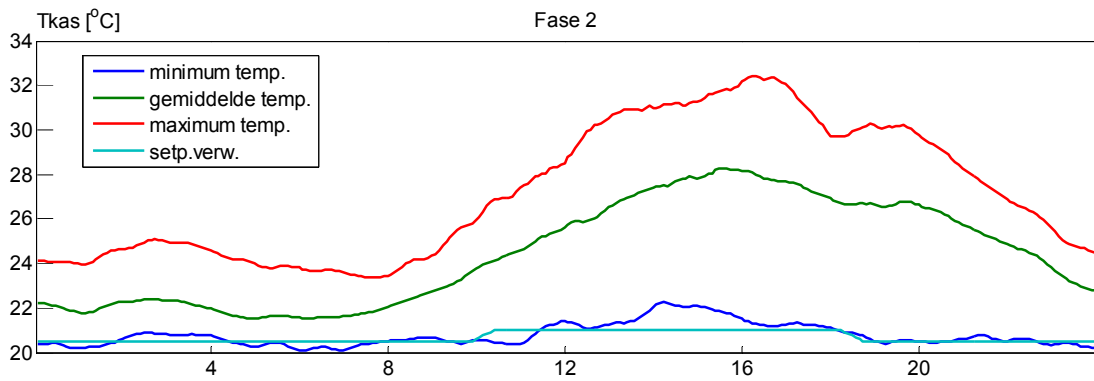
Vrijwel de gehele teeltperiode ligt de gerealiseerde kasluchttemperatuur boven het setpoint verwarmen en veelal ook nog boven het setpoint ventilatie. De dag van de overgang van fase 1 naar fase 2 (21 juli) is een sombere koude dag met een maximumtemperatuur van ca. 13 graden.

De kasluchttemperatuur varieert nogal sterk. Om inzicht te verkrijgen in de kasluchttemperaturen zoals deze batch die in fase 1 en 2 heeft ondervonden, zijn in Figuur 6 en 7 de cyclische minimum, maximum en gemiddelde kasluchttemperatuur weergegeven voor deze 2 fasen. Hiermee wordt inzichtelijk gemaakt wat de plant heeft ondervonden, niet alleen gemiddeld maar ook in de extremen. De keus van dit type grafiek kan de werkelijke situatie soms wat vertekenen. Het verloop van de maximum temperatuurlijn hoeft niet van één dag te zijn, maar kan een samenstelling zijn van meerdere dagen.



Figuur 6. Cyclisch gemiddelde van de minimum, maximum en gemiddelde kasluchttemperatuur van fase 1 voor de batch geplant op 12 juli en geoogst op 19 september, weergegeven als een voorschrijdend gemiddelde van 30 minuten.



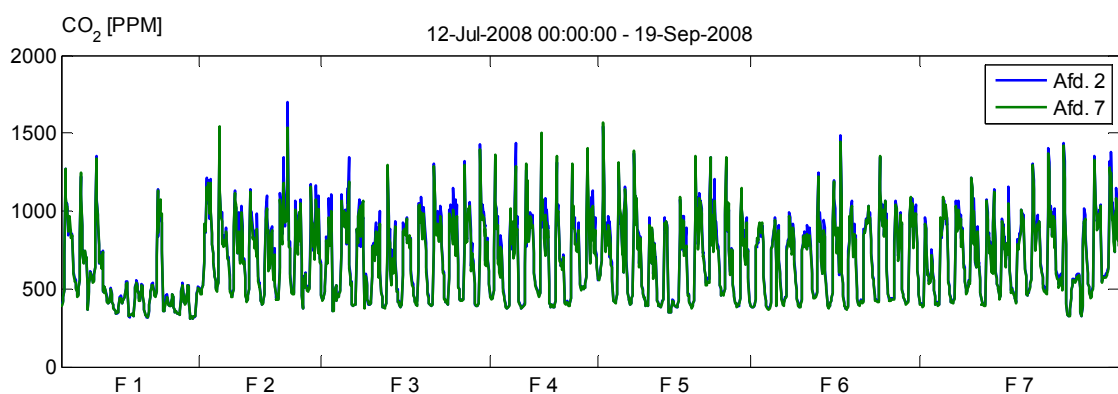


*Figuur 7. Cyclisch gemiddelde van de minimum, maximum en gemiddelde kasluchttemperatuur van fase 2 voor de batch geplant op 12 juli en geoogst op 19 september, weergegeven als een voorschrijdend gemiddelde van 30 minuten.*

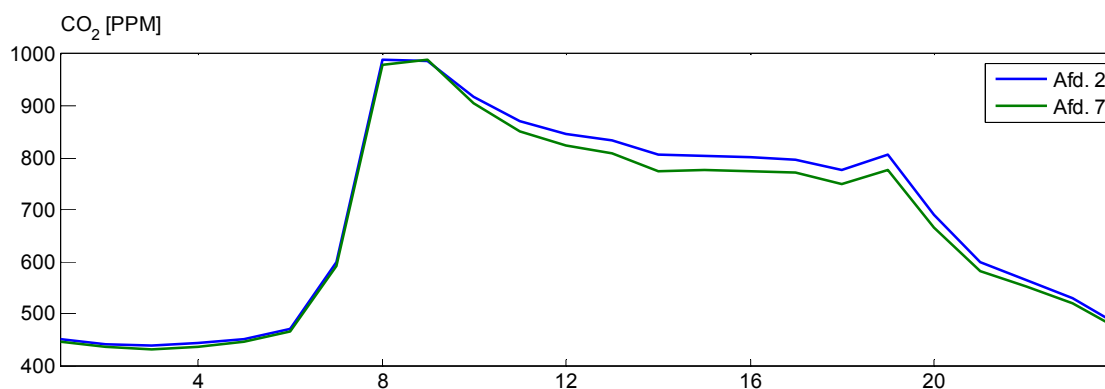
Vooraf in fase 2 van de teelt heeft deze batch te maken gehad met relatieve hoge maximum temperaturen. Dit in combinatie met het feit dat hier geen verneveling hangt kan tot problemen leiden.

In Figuur 8 is het gerealiseerde  $\text{CO}_2$ -niveau gegeven. Omdat de  $\text{CO}_2$  maar op 2 punten gemeten wordt (afdeling 2 en afdeling 7) moet zelf het onderscheidt gemaakt worden voor welke fase welke afdeling representatief is. Wat direct opvalt, is het slechts zeer kleine verschil tussen de  $\text{CO}_2$ -niveaus van deze 2 afdelingen. Gezien de verschillende regelstrategieën van afdeling 2 en 7 zou een groter verschil verwacht worden. Omdat de gepresenteerde getallen uurgemiddelden zijn, zijn de grootste momentane pieken al afgevlakt. Het  $\text{CO}_2$ -niveau is vooral in de fase 1 periode (12-21 juli erg laag met niveau's van onder de 320 ppm, wat als onder het buitenniveau verondersteld kan worden. Waarschijnlijk zijn er in deze periode  $\text{CO}_2$ -leveringsproblemen geweest.

Dit verloop van het  $\text{CO}_2$ -niveau tijdens de teelt, kan ook als een cyclisch gemiddelde worden weergegeven. In Figuur 8 is dat weergegeven. Dit  $\text{CO}_2$ -verloop geeft aan welk  $\text{CO}_2$ -niveau er tijdens de teeltduur van 69 dagen gemiddeld tijdens het etmaal aan de plant is aangeboden.

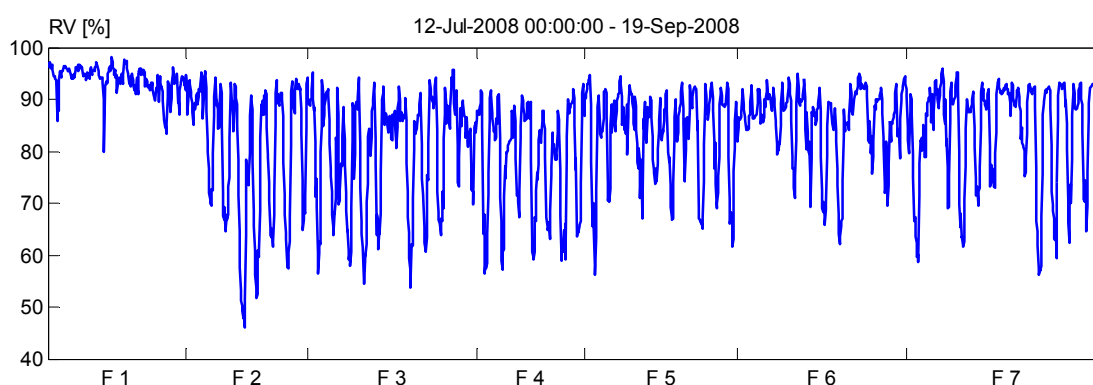


*Figuur 8. Gemeten  $\text{CO}_2$ -niveau voor de batch geplant op 12 juli en geoogst op 19 september, weergegeven als een uurgemiddelde waarde.*



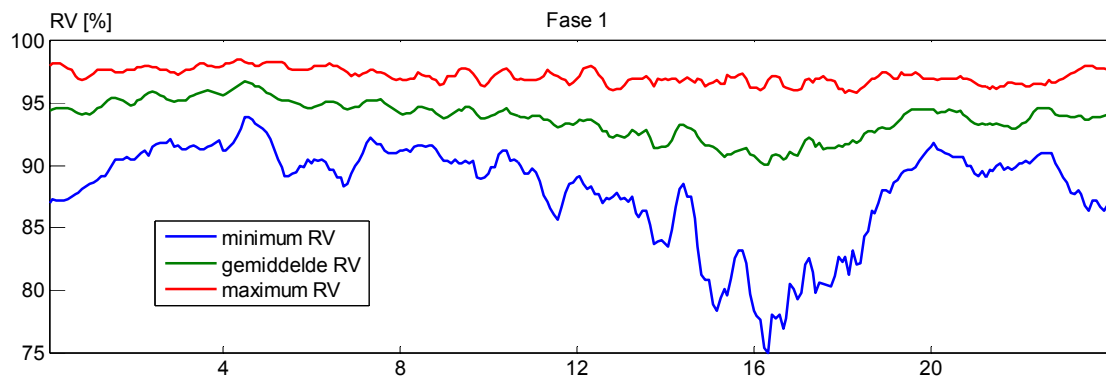
*Figuur 9. Cyclisch gemiddelde van het gemeten  $CO_2$ -niveau voor de batch geplant op 12 juli en geoogst op 19 september.*

De RV blijft in Fase 1 nog redelijk op niveau maar met name in fase 2 worden er geregeld erg lage RV-niveaus gehaald. Op 23, 24, 25 en 26 juli is de relatieve luchtvochtigheid laag en de temperatuur hoog.

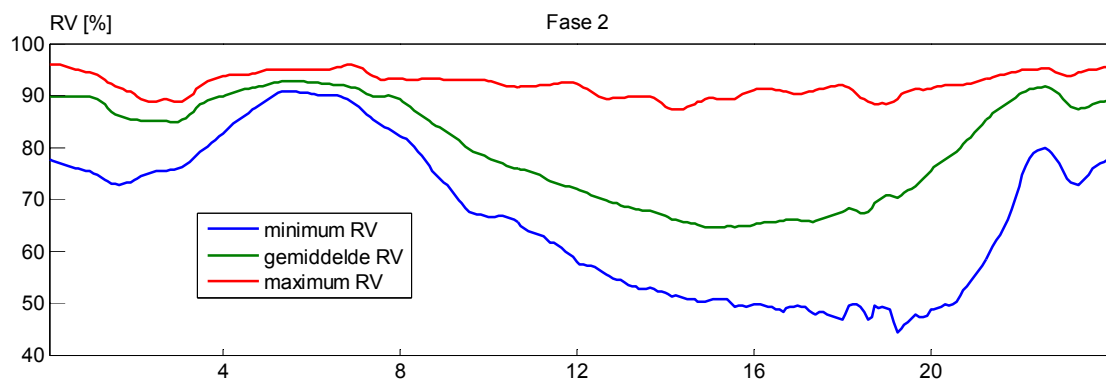


*Figuur 10. Gemeten RV-niveau voor de batch geplant op 12 juli en geoogst op 19 september, weergegeven als een uurgemiddelde waarde.*

Evenals voor de kasluchttemperatuur is voor de fasen 1 en 2 ook voor de RV een cyclische minimum, maximum en gemiddeld RV verloop weergegeven in de volgende figuur.



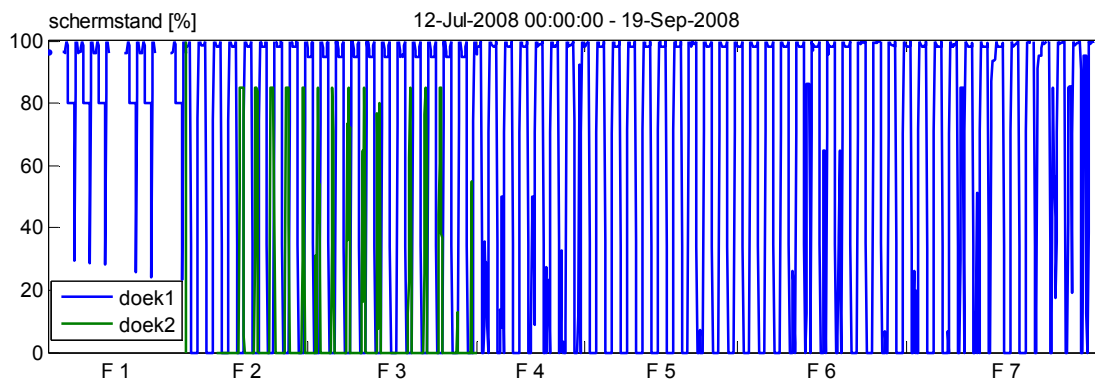
*Figuur 11. Cyclisch gemiddelde van de minimum, maximum en gemiddelde kaslucht RV van fase 1 voor de batch geplant op 12 juli en geoogst op 19 september, weergegeven als een voorschrijdend gemiddelde van 30 minuten.*



*Figuur 12. Cyclisch gemiddelde van de minimum, maximum en gemiddelde kaslucht RV van fase 2 voor de batch geplant op 12 juli en geoogst op 19 september, weergegeven als een voorschrijdend gemiddelde van 30 minuten.*

Vooraf in Fase 2 is de spreiding in RV groot en daalt het minimum tot erg lage niveaus.

Schermen zijn een belangrijk bedrijfsmiddel om een chrysantenteelt succesvol door het jaar te kunnen uitvoeren, onder andere om de korte dag situatie ook in de zomer maanden te kunnen realiseren.



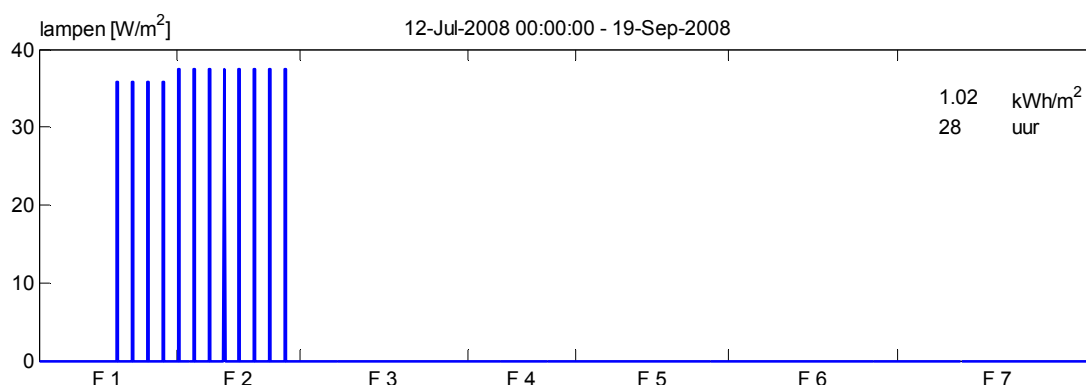
*Figuur 13. Gemeten doek-stand voor de batch geplant op 12 juli en geoogst op 19 september zowel doek 1 als doek 2, weergegeven als een uurgemiddelde waarde.*

Doek 2 is de gehele fase 1 van de teelt gesloten geweest (niet goed te zien in de grafiek). In deze fase 1 is doek 1 ook veelvuldig gebruikt. Over deze gehele teelt is doek 1 meer dan 841 uur meer dan 80% gesloten geweest bij een totale teeltduur van 1656 uur. Voor doek 2 is dit 251 uur.

### 3.1.2 Energie

Voor het energiegebruik zijn 2 onderdelen van groot belang. Ten eerste kan de inzet (zwaarte en tijdsduur) van de belichting een grote invloed hebben op het totale energiegebruik.

In Fase 1 pas de 2<sup>e</sup> helft van de verblijfstijd belicht. In fase 2 wordt er altijd belicht. Voor Fase 3, is aangenomen dat de planten alle 7 belichtingssystemen passeren tijdens de verblijfstijd van deze batch in deze fase. Hierbij wordt aangenomen dat de planten telkens 1/7 van de totale verblijfstijd van fase 3 in één van de systemen verblijft. Achteraf wordt hier rekening meegehouden. In Figuur 14 is de gebruiksduur en de belichtingsintensiteit (elektrisch) voor de verschillende fasen weergegeven.

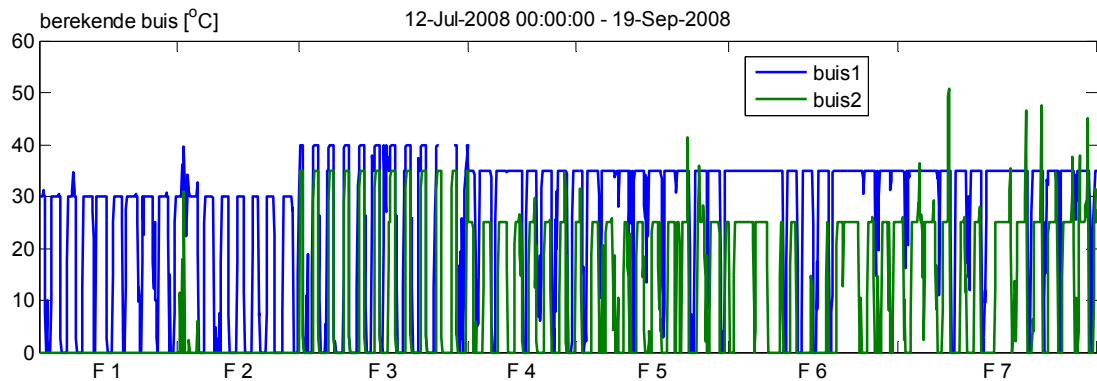


*Figuur 14. Berekende elektriciteitopname ten behoeve van de belichting voor de batch geplant op 12 juli en geoogst op 19 september, weergegeven als een uurgemiddelde waarde.*



Door deze batch planten is in totaal 1.02 kWh aan elektriciteit per m<sup>2</sup> kasoppervlakte gebruikt, in een totale tijdsduur van 28 uur belichting.

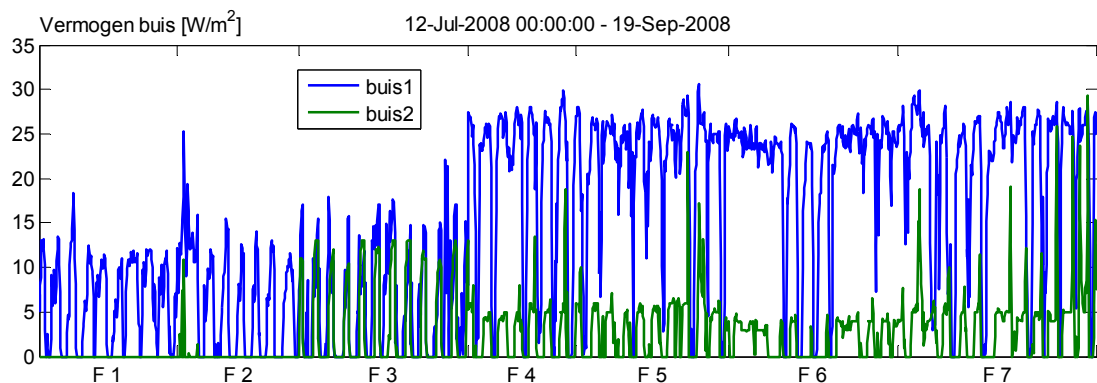
Naast de belichting, zullen de verwarmingsbuizen een grote bijdrage aan het energiegebruik leveren. In Figuur 15 is de berekende buistemperatuur van net 1 en net 2 weergegeven voor deze batch.



*Figuur 15. Berekende buistemperatuur voor de batch geplant op 12 juli en geoogst op 19 september, weergegeven als een uurgemiddelde waarde.*

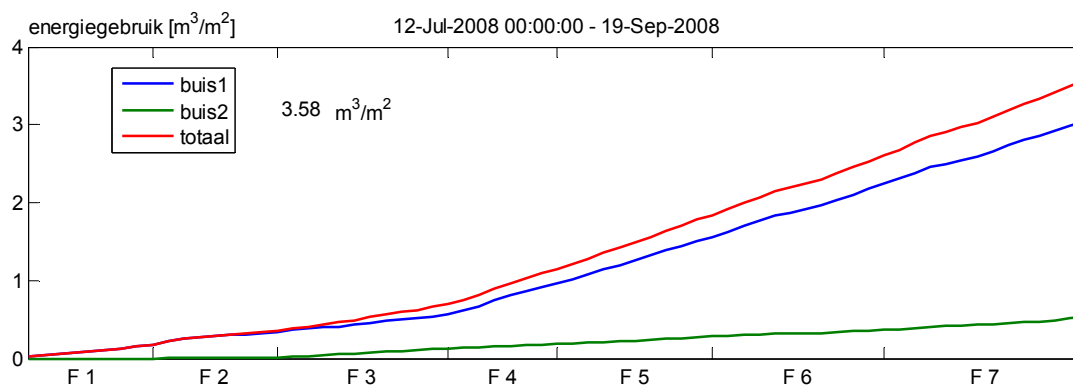
Buis 2 wordt in deze periode niet of vrijwel niet gebruikt in de fasen 1 en 2. Duidelijk is te zien dat er vrijwel alleen met minimumbuis temperaturen is gewerkt. In basis is de buistemperatuur van net 1 (ondernet) 30 á 40 °C, terwijl voor net 2 35 of 25 °C wordt aangehouden. In de fasen 4 t/m 7 zal de lage buistemperatuur van buis 2 ook maar weinig warmte afgeven. Vanuit de buistemperaturen kan de warmteafgifte berekend worden.

De warmteafgifte wordt getoond in Figuur 16.



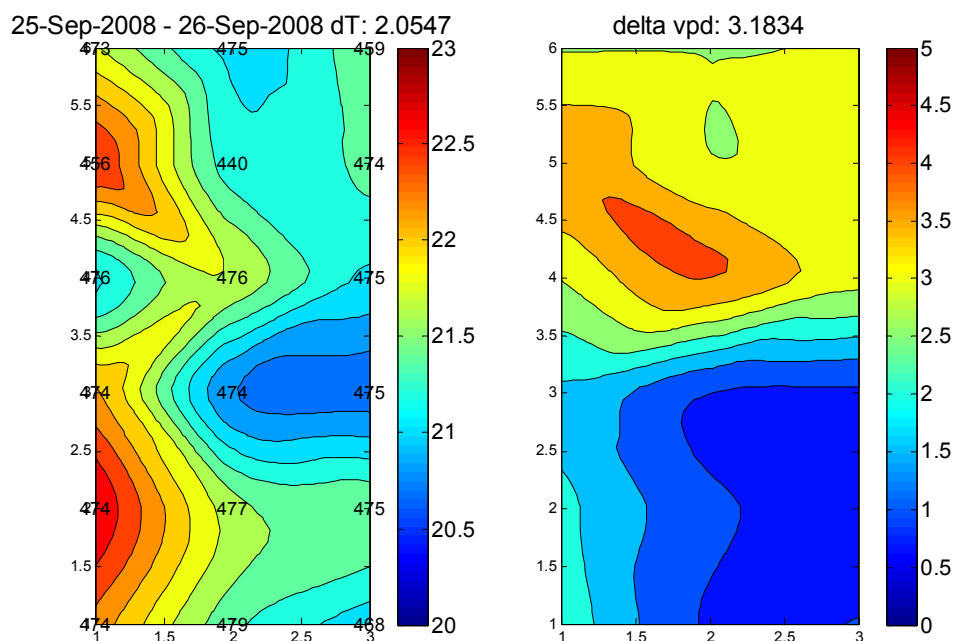
*Figuur 16. Berekende vermogensafgifte van de verwarmingsbuizen door de klimaatcomputer voor de batch geplant op 12 juli en geoogst op 19 september, weergegeven als een uurgemiddelde waarde.*

De warmteafgifte kan omgerekend worden in een energiegebruik. In Figuur 17 is het energiegebruik cumulatief weergegeven voor de afzonderlijke verwarmingsnetten, maar ook voor het totaal. Op deze manier wordt berekend dat de batch in de periode 12 juli – 19 september 3.58 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> gebruikt heeft.



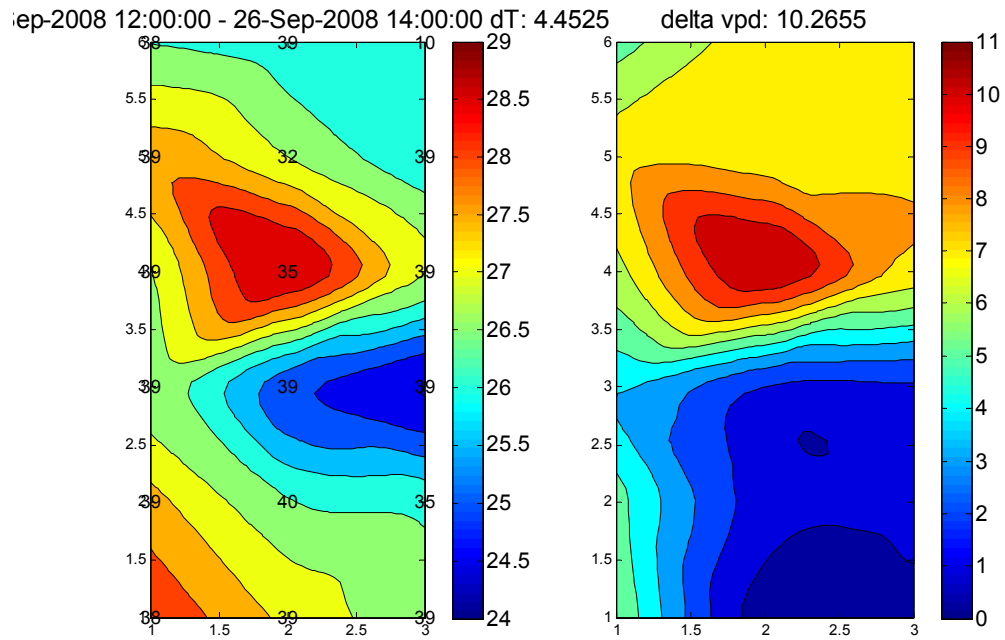
Figuur 17. Berekende cumulatieve energiegebruik van de verwarmingsbuizen voor de batch geplant op 12 juli en geoogst op 19 september, weergegeven als een uurgemiddelde waarde.

## 3.2 Klimaatverdeling in afdeling 1 en 2



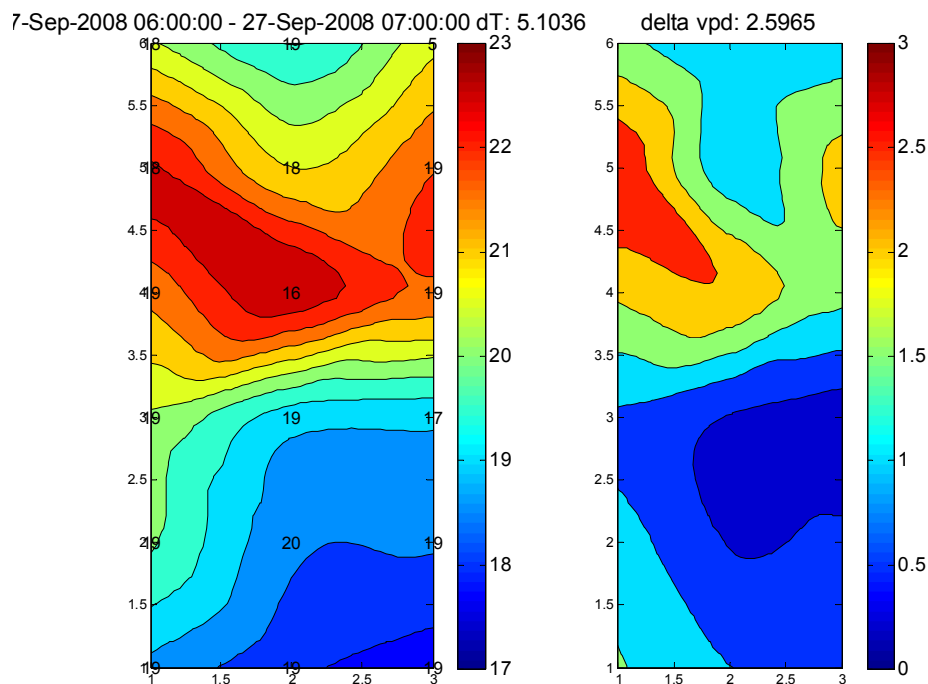
Figuur 18. 24 uurgemiddelde van de temperatuur en vochtdeficit op 25 september.

Bovenstaande figuur laat de temperatuur en vochtdeficit verdeling zien op 25 september. Het patroon is vergelijkbaar voor de overige dagen in deze periode. Duidelijk is de invloed van de verneveling op het vochtdeficit te zien in de rechter figuur. De verschillen per afdeling zijn groot vergeleken met andere kassen. Echter omdat de planten door de kas bewegend worden deze verschillen voor de plant uitgemiddeld.



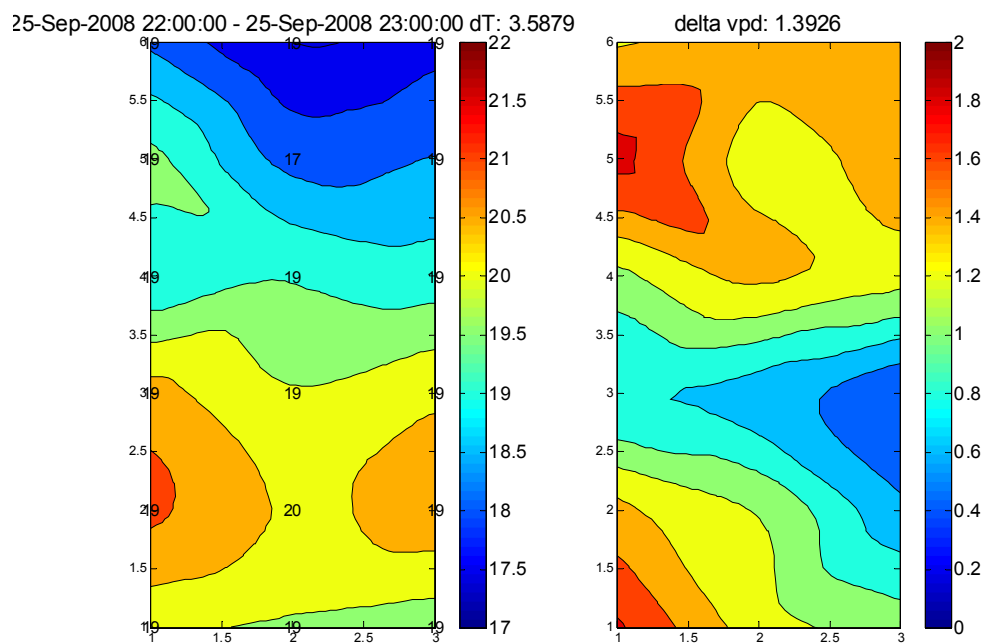
*Figuur 19.      Temperatuur en vochtdeficit verdeling van 12:00 tot 14:00 op 26 september 2008.*

Bovenstaande figuur laat de temperatuur en vochtdeficit verdeling zien midden op de dag. Het patroon is vergelijkbaar voor de overige dagen in deze periode. De grootste temperatuurverschillen zijn te zien in afdeling 1. Op deze dag is het temperatuurverschil 4 graden. Over de goten in een rij zijn de verschillen kleiner. Ook is duidelijk het verschil in vochtdeficit te zien tussen afdeling 1 en 2 in de linker figuur. Het vochtdeficit in afdeling 2 is groter dan 10 gr/kg wat extreem droog is.



*Figuur 20.      Temperatuur en vochtdeficit verdeling van 6:00 tot 7:00 op 27 september 2008.*

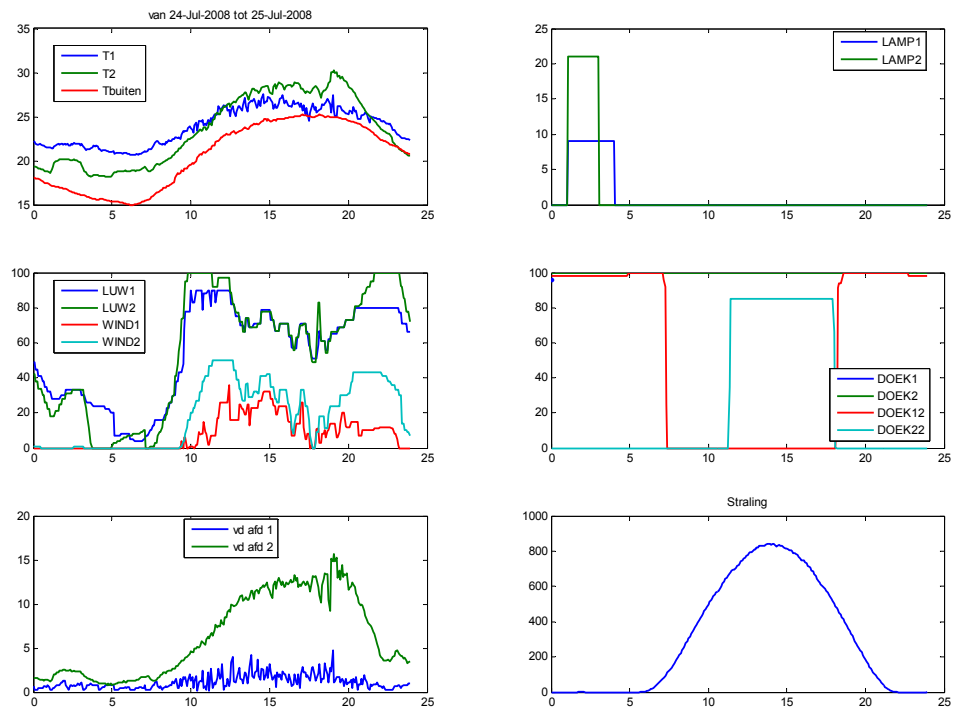
Bovenstaande figuur laat de situatie zien op het moment dat de lampen nog aanstaan en de schermen zijn gesloten. De temperatuurverschillen per afdeling zijn nog gering in deze situatie. Ook is het vochtdeficit in afdeling 2 goed onder deze omstandigheden.



*Figuur 21. Temperatuur en vochtdeficit verdeling van 22:00 tot 23:00 op 25 september 2008.*

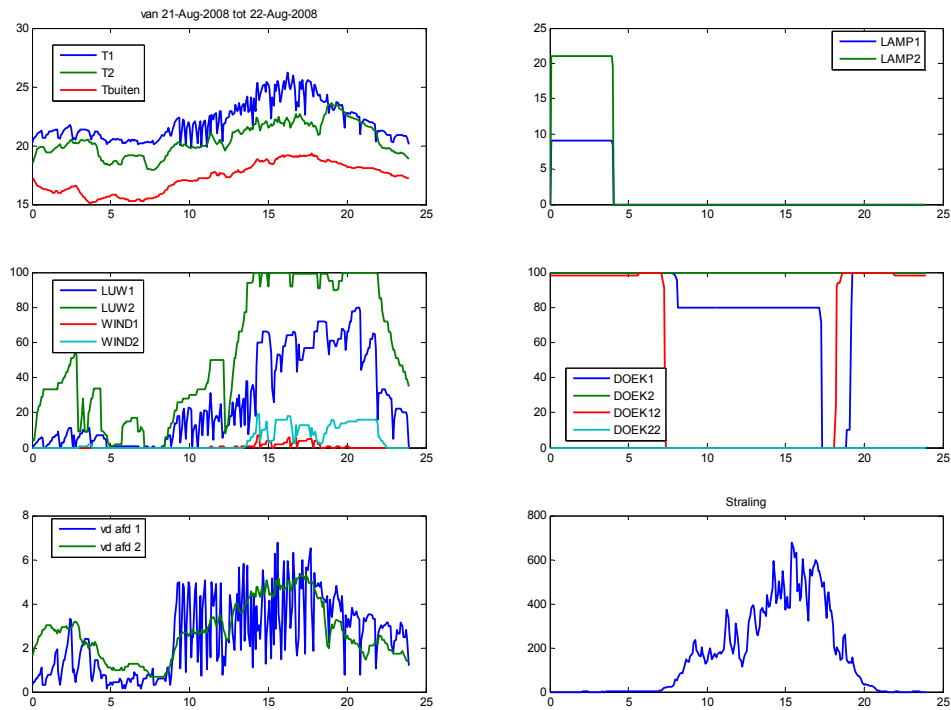
Bovenstaande figuur laat een typisch temperatuurpatroon in de voornacht zien. Hierbij staan de lampen uit en de verwarming aan. Het effect dat de goten in afdeling 1 tegen elkaar staan is duidelijk in deze figuur te zien. De warmte lucht komt aan de zijkanten van onder de tafel omhoog. De verschillen per afdeling zijn ook in deze situatie niet extreem.

### 3.3 Klimaat en regeling



*Figuur 22. Klimaat op een mooie zomerse dag (24 juli 2008) in afdeling 1 en 2.*

Bovenstaande figuur laat het klimaat op een mooie zomerse dag zien. De temperatuur in afdeling 2 loopt deze dag op richting 30 graden. Belangrijker is het feit dat het vochtdeficit in afdeling 2 op deze dag op momenten hoger wordt dan 15 g/kg.



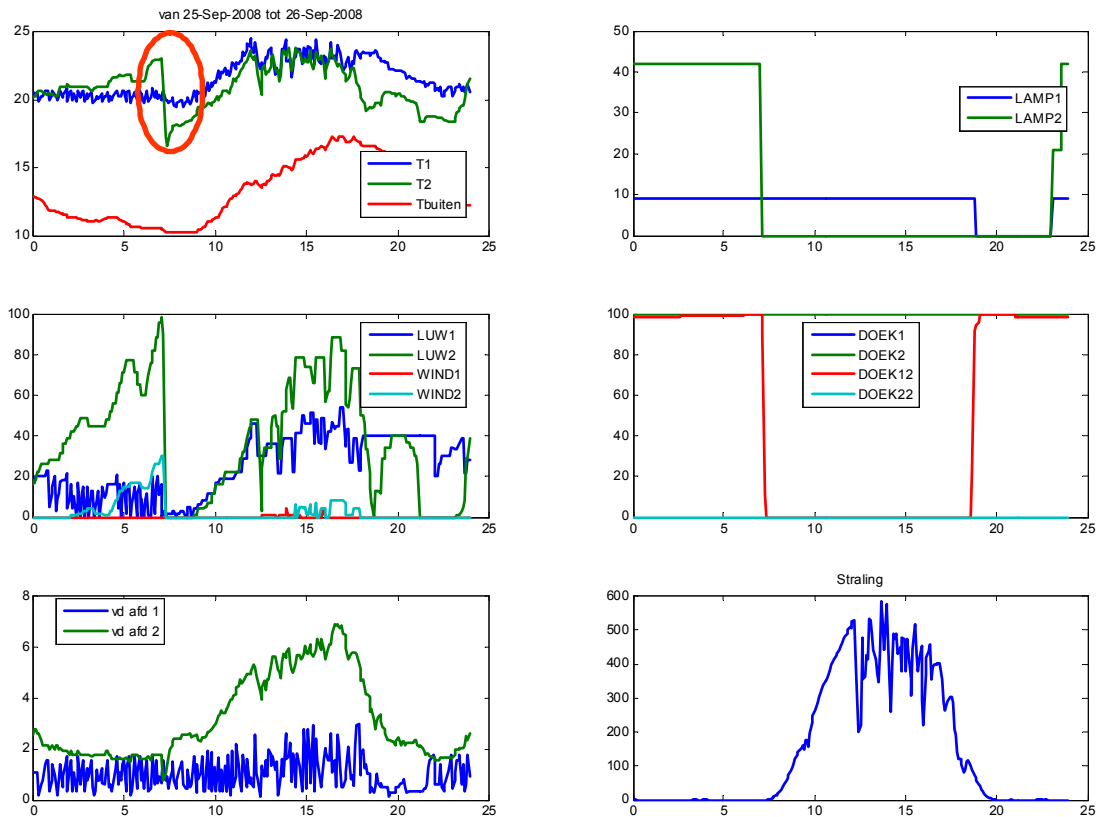
Figuur 23. *Klimaat in afdeling 1 wordt grillig.*

Vanaf 2 augustus is de verneveling minder goed geregeld. De reden hiervoor is niet bekend.



Figuur 24. *Foto stekjes in afdeling 1 na bevochtiging.*

Bovenstaande figuur laat de stekjes zien in afdeling 1 na verneveling. Duidelijk te zien is dat de stekjes nat zijn na deze behandeling. Duidelijk is op deze foto te zien hoeveel zwarte grond er zichtbaar is van boven. Op het moment dat er veel instraling is zal deze grond snel opwarmen.



*Figuur 25. Temperatuur in afdeling 1, 2 en de buitentemperatuur, lamp regeling in de verschillende afdelingen, raamstanden in de verschillende afdelingen, schermen in de verschillende afdelingen, de relatieve luchtvochtigheid en de straling.*

Bovenstaande figuur laat het klimaat en de setpoints zien op 25 september. Twee dingen vallen op aan de temperatuur in afdeling 2. Ten eerste is er een probleem in de regeling bij het afschakelen van de belichting in afdeling 2 in de ochtend. Dit zorgt voor een enorme temperatuurdaling van meer dan 5 graden in afdeling 2. De raamregeling reageert te traag om deze temperatuurdaling te voorkomen. Dit effect is waarneembaar vanaf 27 augustus. Vanaf 1 september wordt dit effect sterker. Het gelijk openen van het scherm bij het uitschakelen van de verlichting versterkt het probleem.

Daarnaast neemt de temperatuur in afdeling 2 toe vanaf 5:30. De verwarmingstemperatuur verandert niet dus de warmte moet ergens anders vandaan komen. Mogelijk een transportbuis naar afdeling 3 of warmte vanuit de verwerkingshal onder afdeling 2.

### 3.4 Voornaamste conclusies

Hieronder staan verschillende conclusies op basis waarvan pythium kan ontstaan.

- Op zomerse dagen worden hoge temperaturen gemeten in afdeling 1 en 2.
- Er zijn grote temperatuurverschillen waarneembaar gedurende periodes van hoge instraling. Deze verschillen zijn systematisch waardoor ook op langere termijn er temperatuurverschillen van meer dan 2 graden zijn.

- Afdeling 2 is droog met een vochtdeficit van meer dan 10 gr/kg.
- De overgang van afdeling 1 naar afdeling 2 is groot. De planten gaan van tropisch klimaat naar een woestijnklimaat.
- Bij veel instraling zal de zwarte grond in de goten snel opwarmen en droog worden ten gevolge van het hoge vochtdeficit. In afdeling 2 is een substraattemperatuur gemeten die 4 tot 5 graden hoger is dan de kasluchttemperatuur bij hoge instraling (gemeten door Peter Vijverberg).
- De stekjes in afdeling 1 worden nat ten gevolge van de verneveling. Ten gevolge van de verneveling/beregening is er continu een drain van water. Dit wordt als negatief gezien.
- Het afschakelen van de belichting zorgt voor een zeer grote temperatuurverandering van meer dan 4 graden in 10 minuten in afdeling 1 ten gevolge van de trage respons van de raamregeling.
- Gedurende periodes dat er wordt belicht en het verduisteringsdoek is gesloten zijn de temperatuurverschillen in afdeling 2 onder controle en is ook het vochtdeficit op een goede waarde.

### 3.5 Openstaande onderzoeksvragen

Er zijn diverse problemen geconstateerd. Welke van deze problemen de werkelijke oorzaak van pythium is zal uit het vervolgonderzoek van Chris Blok moeten volgen. De volgende vragen moeten hierin worden beantwoord.

- Ontstaat pythium door een hoge substraattemperatuur?
- Ontstaat pythium bij een hoog vochtdeficit?
- Ontstaat pythium ten gevolge van het continu nat zijn van het substraat en het gewas?
- Ontstaat pythium door de overgang van afdeling 1 naar afdeling 2? (Tropisch → woestijn)?
- Ontstaat pythium door snelle klimaatverschillen in de tijd?
- Is het een combinatie van de bovenstaande factoren die pythium veroorzaakt.

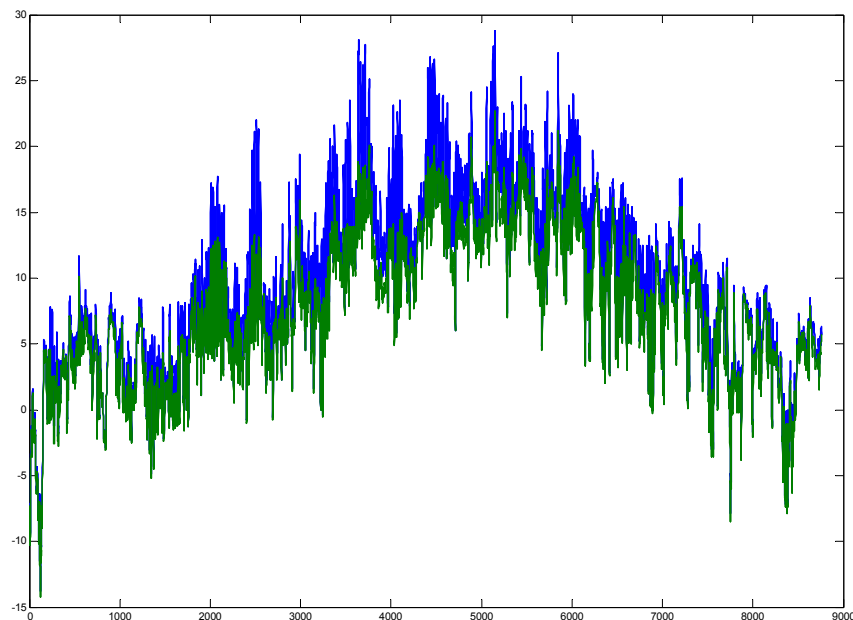
Indien de oorzaak duidelijk is dan kan een beste oplossing worden ingezet die zijn beschreven in het volgende hoofdstuk.



## 4 Oplossingsrichting

De volgende oplossingen kunnen worden toegepast:

- **Hoog druk verneveling in afdeling 1 en 2.** Deze vernevelingsinstallatie zal wel moeten worden uitgevoerd met een geringe hoeveelheid water verneveling per nozzel en daardoor een groot aantal nozzels omdat de hoogte van de kas beperkt is en natslag van het gewas moet worden voorkomen.
- **Buitenscherm of krijten.** Een deel van de instraling kan worden afgeschermd door een buitenscherm of door te krijten. Beide oplossingen zorgen ervoor dat de warmte buiten blijft. Een buitenscherm heeft als voordeel dat deze eenvoudig weer kan worden verwijderd indien de instraling gering is en de schaduwwerking is ook aanwezig bij de geopende ramen. Door het geringe oppervlak van de kas is er voldoende ventilatie onder het scherm mogelijk waardoor de temperatuur in de kas ook laag kan blijven. Nadeel van een buitenscherm is de hoge investering en het lichtverlies. Krijten heeft als voordeel dat het relatief goedkoop is maar niet voor korte tijd te verwijderen. Bij geopende ramen krijgt een deel van het gewas wel alle straling.
- **Buitenluchtaanzuig eventueel via pad of mechanische koeling.** Aangezien de opkweek afdelingen zich boven de verwerkingsruimte bevinden is het goed mogelijk koeling van onderaf aan te leggen.



Figuur 26. Buitentemperatuur (blauw) over het jaar en de natte bol temperatuur (groen) over het jaar.

Bovenstaande figuur laat de buitentemperatuur en de nattebol temperatuur van de buitenlucht zien. Op basis van deze gegevens kan geconcludeerd worden dat de luchttemperatuur beneden de 20 graden kan worden gehouden. Actieve koeling is daardoor niet direct noodzakelijk. Wel is er een grote hoeveelheid luchtverplaatsing nodig om met een degelijke installatie de kasluchttemperatuur ook onder de 24 graden te houden. De koude lucht wordt onder de tafels ingeblazen zodat de tafels relatief koel blijven.

- **Verhogen van de kas.** Een hoge kas zorgt voor meer ventilatie en een betere klimaatverdeling. Ook er is meer ruimte om de belichting en de verneveling te installeren.

## 4.1 Oplossing in relatie tot problemen

### Hoge temperatuur in combinatie met een hoog vochtdeficit.

- Gebruik van hoge druk verneveling. Dit verlaagt het vochtdeficit en de kasluchttemperatuur.
- Gebruik zonnewerend scherm of krijten. Verlaagd de instraling maar is mogelijk niet wenselijk voor de productie.

### Hoge substraattemperatuur ten gevolge van hoge kasluchttemperatuur en hoge instraling

- Gebruik van zonwerend scherm of krijten waardoor de instraling wordt beperkt.
- Installeren van een buitenscherm waarbij de warmte meer buiten de kas blijft.
- Kalken/witten van het substraat waardoor een groter deel van de straling wordt gereflecteerd.
- Koude lucht onder de goten blazen. Geforceerd is het mogelijk buitenlucht die wordt bevochtigd onder de goten te blazen. De lucht koelt de goten en de kaslucht.

### Verbetering klimaatregeling

- Doek langzamer openen in afdeling twee en niet gelijktijdig met het uitschakelen van de verlichting.
- Verneveling in afdeling 1 bekijken. Zijn de stekjes droog op het moment dat de verneveling weer wordt ingeschakeld?
- Temperatuurverhoging in afdeling 2 rond 5:30 uur.

*Problemen in relatie tot de mogelijke oplossingen en de investering.*

|                      | Substraat temperatuur | Klimaatverschillen | Overgang 1->2 | Investering |
|----------------------|-----------------------|--------------------|---------------|-------------|
| Verneveling          | 0                     | +                  | ++            | -           |
| Buitenscherm/krijten | +                     | +                  | +             | -           |
| Koeling              | ++                    | ++                 | +             | --          |
| Verhogen kas         | 0                     | +                  | 0             | --          |

Afhankelijk van de antwoorden op de vragen gesteld in paragraaf 3.5 moet je juiste oplossing worden gekozen.

## 4.2 Oplossing n.a.v. rapportage 'Interacties tussen Pythium, substraat en klimaat in een chrysantenteelt los van de grond'

In navolging van het klimaat project zijn er teeltproeven gedaan waarin het effect van klimaat op de plantontwikkeling werd bekeken. Een belangrijke conclusie uit de teeltproeven is dat de eerste 4 dagen van de teelt cruciaal zijn qua klimaat. In deze fase van de teelt heeft het gewas geen behoefte aan veel licht maar wel aan een vochtige klimaat met normale temperaturen. Dit klimaat kan het beste worden gemaakt in een afgesloten ruimte. Indien de zonneinstraling geen invloed heeft op het klimaat dan is het klimaat veel beter te regelen.

Voor een goed klimaat in deze ruimte is nodig:

- Koeling. De optimale temperatuur ligt onder de maximale buitentemperatuur en daarom zal er koeling nodig zijn. De koeling is relatief beperkt aangezien de instraling van buiten nihil is.
- Bevochtiging. De bevochtiging kan direct worden geïntegreerd met de koeling maar kan ook apart door hoge drukverneveling.
- Beregening. Dit blijft nodig in deze fase.
- Verwarming. De traditionele buisverwarming kan hiervoor worden gebruikt maar de verwarming kan ook meteen worden geïntegreerd met de luchtbehandeling.
- Belichting. Het weinige licht dat nodig is kan met eenvoudige lampen worden gegeven.

Voor deze fase van de teelt kunnen twee verschillende oplossingen worden beschreven:

1. Deze fase gebeurt in de ruimte waar nu de verwerking plaats vindt dus onder de eerste afdelingen. Hier kan een klimaatkamer worden gebouwd waar de eerste fase wordt doorlopen alvorens deze naar boven wordt getransporteerd. De klimaatbeheersing kan worden uitgevoerd zoals die standaard in dit soort cellen wordt uitgevoerd met koeling bevochtiging en verwarming.  
Voordeel van deze optie is dat deze klimaatkamers helemaal afgescheiden kunnen worden waardoor het klimaat nauwkeurig kan worden geregeld. De luchtbevochtiging kan in de luchtbehandelingskasten worden geïntegreerd waardoor natslag t.g.v. verneveling wordt uitgesloten. Nadeel is dat een deel van de ruimte voor de verwerking moet worden opgeofferd en dat de mechanisatie in de eerste fase van de teelt moet worden aangepast.
2. De huidige afdeling 1 kan worden opgesplitst in twee delen (afdeling 1 a en 1b). Deze nieuwe afdelingen moeten goed van elkaar gescheiden worden. De eerste kappen van de boven afdeling kunnen worden omgebouwd tot een soort klimaatkamers door het glas te vervangen door isolatieplaten. Ook kan de klimaatregeling in deze afdeling apart worden geregeld, hiertoe moet wel een hoge druk verneveling worden geïnstalleerd. Daarnaast moet er koeling worden geïnstalleerd om de temperatuur in de ruimte onder controle te houden. Dit hoeft geen zware koeling te zijn aangezien de warmte-instraling door de zon gering is.  
Voordeel van deze optie is dat het logistieke systeem met de robot kan blijven functioneren. Wel moet de robot worden geherprogrammeerd aangezien er een extra afdeling bijkomt. Nadeel van deze optie is dat de ruimte zeer goed gescheiden moet worden van de rest van de afdeling 1. De opening t.b.v. de robot moet daarom worden afgeschermd. Dit zorgt voor een extra logistieke operatie.

Optie 1 valt te verkiezen boven optie twee aangezien het klimaat in deze optie beter te regelen is. De luchtbehandeling bij inpassing in de bestaande afdeling zal van onderaf moeten gebeuren waarbij gekoelde buitenlucht wordt ingeblazen en via overdruk weer naar buiten wordt gelaten. Dit zal minder eenvoudig te realiseren zijn dan luchtbehandeling in een losse cel.

In de rest van afdeling 1 (afdeling 1b) moet de beregening worden vervangen door hoge drukverneveling om uitspoeling te voorkomen. De klimaatverschillen zullen minder worden door het opknippen van afdeling 1 echter door de geringe hoogte van de afdeling zullen er verschillen blijven. De oplossingsrichtingen zoals in de voorgaande paragraaf (4.1) kunnen hiervoor worden gebruikt. Deze fase heeft ook een beperkte hoeveelheid licht nodig. Krijten is daarom een goede optie om het klimaat te verbeteren.

In afdeling twee zal meer gekrijt gaan worden. Dit zal een positief effect hebben op de verkleining van de temperatuurverschillen in deze afdeling. De snelle overgang qua luchtvochtigheid blijkt geen probleem te zijn voor een gezonde plant waarmee de noodzaak van een hoge druk verneveling in afdeling 2 minder wordt. Echter kan deze installatie wel zorgen voor een lagere temperatuur.



## Bijlage I.

# Klimaatgegevens tijdens draadloze klimaatmeting

