

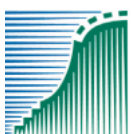


WAGENINGEN UR

For quality of life

Energiezuinige optimalisatie van het microklimaat door luchtbeweging

J. Bontsema, J.O. Voogt, P.A. van Weel, J. van den Beukel, A. Zuiderwijk,
C.W. Labrie, F.R. van Noort & M.G.M. Raaphorst



landbouw, natuur en
voedselkwaliteit

Productschap  Tuinbouw
Voor een bloeiende zaak



Kas als Energiebron

Rapport 269



Energiezuinige optimalisatie van het microklimaat door luchtbeweging

J. Bontsema¹, J.O. Voogt², P.A. van Weel¹, J. van den Beukel³, A. Zuiderwijk⁴,
C.W. Labrie¹, F.R. van Noort¹ & M.G.M. Raaphorst¹

¹ Wageningen UR

² Hoogendoorn Growth Management, Vlaardingen

³ JB Matricaria, Venlo

⁴ Zuiderwijk & Witzier B.V., Bergschenhoek

© 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 projectnummer: 3242020901

PT projectnummer: 13263

LNV-DK programma: BO-03-06

Gefinancierd door:



In samenwerking met:



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
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina	
1	Voorwoord	1
2	Samenvatting	3
3	Inleiding	5
4	Opzet van de proef	7
4.1	Projectaanpak	7
4.2	Sensoren	7
4.2.1	Sensoropstelling Zuiderwijk & Witzier	7
4.2.2	Sensor opstelling JB Matricaria	9
4.3	Monitoring plant gedrag	12
4.4	Monitoring klimaat in de kas en boven het doek	12
4.5	LetsGrow data	12
4.6	Energie metingen en vergelijkingen	12
4.7	Rookproeven	13
4.8	Gewaswaarnemingen en vergelijkingen	13
5	Strategie voor de regeling onder het gesloten energie scherm	15
5.1	De gangbare aanpak	15
5.2	De alternatieve aanpak met Aircobreeze	15
5.3	Het fysische proces in de kas onder gesloten doek	15
5.4	Realiseren van voldoende vochtafvoer	16
5.5	Situatie met belichting aan	17
5.6	Praktijk resultaten	18
5.7	Temperatuur- en vochtregeling onder gesloten verduisteringsdoek	18
5.7.1	Situatie in de morgen	19
5.7.2	De alternatieve aanpak 's morgens met de Aircobreeze	19
5.7.3	Situatie in de avond	20
5.7.4	De alternatieve aanpak 's avonds met de Aircobreeze	20
6	Optimaal microklimaat en strategie voor de regeling	21
6.1	Samenhang tussen buitenomstandigheden, kasklimaat en microklimaat	21
6.2	Microklimaat in verschillende situaties	22
6.3	De nachtsituatie zonder belichting	23
6.4	De nachtsituatie met belichting	24
6.5	De overgangsituatie bij opkomend licht, zonsopgang	24
6.6	De dag situatie bij lage instraling	25
6.7	De dag situatie bij hoge instraling	25
6.8	De situatie aan het einde van de dag bij afnemend licht	27
6.9	Optimale inzet van de Aircobreeze ventilatoren	27
7	Teelkundige aspecten	29
7.1	Gerbera	29
7.1.1	Botrytis cinerea	29

7.1.2	Meeldauw	34
7.2	Matricaria	35
7.2.1	Teelt van Matricaria	35
7.2.2	Opzet	38
7.2.3	Resultaten	38
7.2.4	Discussie	39
7.2.5	Conclusies en aanbevelingen	39
8	Waarnemingen aan het kasklimaat	41
8.1	Inleiding	41
8.2	Luchtbeweging (rookproeven)	42
8.2.1	Rookproeven en metingen Gerbera	42
8.2.2	Rookproeven Matricaria	47
8.3	Luchtbeweging (sensoren)	53
8.3.1	Inleiding	53
8.3.2	Resultaten handmatige metingen.	53
8.3.3	Conclusies akoestische metingen	56
8.4	Draadloze sensoren	56
8.4.1	Gerbera	56
8.4.2	Matricaria	57
8.4.3	Conclusies draadloze sensoren	61
8.5	LetsGrow data	61
9	Perspectief	63
9.1	Inleiding	63
9.2	Energiebesparing Gerbera	64
9.2.1	Warmtegebruik	64
9.2.2	Elektriciteitsverbruik	64
9.2.3	Economische analyse	64
9.2.4	Conclusies Gerbera	65
9.3	Energiebesparing Matricaria	65
9.3.1	Warmtegebruik	65
9.3.2	Kasklimaat	67
9.3.3	Economische analyse	68
9.3.4	Conclusies Matricaria	69
10	Waarnemingen en ervaringen van de telers	71
10.1	De Gerbera teler	71
10.2	De Matricaria teler	71
11	Aanbeveling voor vervolgonderzoek en vervolgstappen	73
12	Conclusies	75
13	Referenties	77

1 Voorwoord

Voor u ligt het eindrapport van het project 'Ventilatievond: de praktijk. Aanvullend onderzoek: praktijkexperiment energiezuinige vochtbeheersing bij de teelt van Gerbera's in semi-gesloten kassen en praktijkexperiment energiezuinig microklimaat Matricaria in semi-gesloten kassen'. In dit project is onderzocht hoe met behulp van Aircobreeze-ventilatoren een zo energiezuinig klimaat kan worden gerealiseerd, zonder productieverlies.

Het benutten van luchtbeweging is een belangrijke stap naar een energiezuiniger beheersing van het kasklimaat. Naast effecten op energieverbruik kan met luchtbeweging tevens het microklimaat beter beïnvloed worden wat gewaskundige voordelen met zich brengt. Daarmee kan worden voldaan aan de gewenste dubbelslag vanuit het programma Kas als Energiebron: energietransitie en rendabele productieomstandigheden

Het project is gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en het Productschap Tuinbouw, waarvoor onze dank.

Het onderzoek is uitgevoerd door:

J. Bontsema, P. van Weel, M. Raaphorst, C. Labrie en F. van Noort, Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen/Bleiswijk.

J. O. Voogt, Hoogendoorn Growth Management, Vlaardingen.

J. van den Beukel, JB Matricaria, Venlo.

A. Zuiderwijk, Zuiderwijk & Witzier B.V..

Aanvullende metingen zijn uitgevoerd door J. Campen, F. Kempkes, P. Steenbergen en B. van Tuijl waarvoor onze dank.

Wij willen ook L. Oprel, LNV, D. Medema, A. Dijkshoorn, PT en M. Dings, Dings Aardbeien, bedanken voor hun bijdrage aan de discussie tijdens de maandelijkse projectbijeenkomsten.

Dr. J. Bontsema, projectleider

Wageningen, januari 2009

2 Samenvatting

Het project 'Energiezuinige optimalisatie van microklimaat door luchtbeweging' is uniek omdat het een combinatie is van onderzoek, experiment, leertraject en demonstratie, en dat bovendien op praktijkschaal.

De aanleiding was de introductie van verticale luchtbeweging door middel van de Aircobreeze ventilator als alternatief voor het inzetten van minimum buis in het Aircokas concept. Het oorspronkelijke doel hiervan was vooral om verticale temperatuurverschillen te vereffenen en de behoefte van aardgas te verminderen bij het opwarmen van de kas in de vroege ochtend. Bij de eerste toepassing in de (biologische) tomaten en paprika teelt bleek echter al dat het actieve microklimaat als gevolg van de verticale luchtbeweging nog meer mogelijkheden voor klimaatverbetering en energiebesparing biedt.

Dat rechtvaardigde een verder onderzoek en ontwikkeling van deze techniek, en vanwege de relatie met een lopend onderzoek op gebied van ventilatie werd gekozen om in twee praktijksituaties aan de slag te gaan, namelijk in een Gerbera- en Matricaria- teelt waar veel vragen zijn op het gebied van energiezuinige vochtregulering en microklimaat vanwege het voorkomen van smet, smeul, broeikoppen, rotkoppen, hartloosheid, etc.

Het project was er op gericht om in nauwe samenwerking met de betrokken telers stapsgewijs te zoeken naar mogelijkheden om een actief microklimaat te creëren met een zo laag mogelijk energie verbruik, waarbij niet alleen het nieuwe element van de Aircobreeze werd ingezet, maar ook het gebruik van alle bestaande middelen die invloed hebben op het microklimaat zoals scherm-, verduistering- en energiedoeken, verwarmingsnetten, luchtramen en horizontale ventilatoren opnieuw werd bekeken om dit doel te bereiken.

Verder is geprobeerd om met behulp van verschillende sensoropstellingen en waarnemingen zoveel mogelijk de onderliggende mechanismen en natuurkundige processen te leren begrijpen die zich in de kas afspelen, en tegelijk de plantkundige achtergronden van problemen en afwijkingen die ontstaan in het gewas als gevolg van een ongunstig microklimaat te beschrijven.

Dit maakt het resultaat van het project zeer waardevol voor de praktijk. Niet alleen is aangetoond dat met behulp van verticale luchtbeweging een aanzienlijke energiebesparing kan worden bereikt, maar ook is een begin gemaakt met het beschrijven van wat een optimaal microklimaat nu eigenlijk is, welke plantkundige en natuurkundige processen daarbij een rol spelen, en met welke middelen en regelstrategie de tuinder dit in de praktijk kan bereiken.

Meer specifiek is aangetoond dat het dankzij Aircobreeze en een uitgekende regelstrategie mogelijk is om in Gerbera ca 30% te besparen op aardgas (ca 7,4 m³/m²) door minder inzet van met name minimumbuis verwarming zonder dat dit nadelige gevolgen heeft voor de teelt. Omdat de teler altijd al zuiniger was dan zijn collega's is de besparing als gevolg van de Aircobreeze en aangepaste verwarmingsstrategie gesteld op 6 m³/m² (25%).

De metingen laten verder zien dat de verticale temperatuur verdeling in de kas sterk verbetert.

Verder onderzoek is nog nodig naar de situaties waarin de verticale ventilatie noodzakelijk en wenselijk is. Hiermee is het wellicht nog mogelijk om het gebruik van elektriciteit (ca 4 kWh/m² bij inschakeling van de Aircobreeze gedurende 50% van de tijd) nog verder te optimaliseren.

Ter vergelijking: 4 kWh/m² komt overeen met 14,4 MJ/m² en dat is bij een opwekkingsrendement van 50% minder dan het equivalent van 1 m³ aardgas.

In Matricaria is een mogelijke besparing van ca 4,5 m³/m² aardgas zonder nadelige gevolgen voor de teelt gevonden. Vanwege het feit dat Matricaria een vrij compact gewas is wordt aanbevolen om nader onderzoek te doen naar de effecten van het inblazen van lucht tussen de planten om het microklimaat verder te verbeteren en tegelijk de stookkosten nog verder te verminderen.

Zowel met het gebruik van verticale ventilatoren als zonder, zoals in een deel van de kas van JB Matricaria, is gebleken dat de verwarmingsbuis alleen voor de verwarming moet zorgen en men geen minimumbuis moet instellen. Verder is het belangrijk, als het energiescherm gebruikt wordt, om het scherm zoveel mogelijk dicht te laten.

3 Inleiding

In de Gerberateelt zijn nieuwe ontwikkelingen gaande die als gemeenschappelijk doel hebben om productieverhoging te realiseren en tegelijkertijd te komen tot minder gebruik van fossiele energie en terugdringen van de CO₂ uitstoot. Deze ontwikkelingen zijn:

- korte dagbehandeling waarvan in onderzoek is gevonden dat dit meer knoppen/m² oplevert
- telen in een semi-gesloten kas volgens het Aircokas concept.

De betreffende teler heeft hierin geïnvesteerd door het aanleggen van een verduisteringsdoek en een hoge druk nevel installatie, evenals plantsensoren t.b.v. monitoring van het groeiproces.

In het seizoen 2007 heeft hij op beperkte schaal geëxperimenteerd met positieve resultaten, en hij wil volgende stappen maken, met name ook op het gebied van energiebesparing en beperking van CO₂ uitstoot. Hierbij treden echter een aantal knelpunten op.

Gerbera's worden geteeld op lage teeltgoten met een smal looppad ertussen. Dit looppad is deels aan weerskanten overdekt met overhangende bladeren. Hierdoor ontstaat een natuurlijke afscheiding tussen de ruimte onder de goten en de ruimte daarboven. Om een 'dood' klimaat onder de teeltgoten te voorkomen, en daarmee het risico van vocht-ophoping en ontwikkeling van o.a. botrytis te verkleinen wordt fors gebruik gemaakt van een zogenaamde minimum buis verwarming. De verwarming onder de teeltgoten wordt opgestookt tot 35 – 45 graden, ook als dat voor de kastemperatuur onnodig is. Dit zelfs als er boven het gewas belicht wordt, en er dus al een overmaat aan energie wordt ingebracht. Hiermee wordt het beoogde doel wel bereikt, maar ten koste van veel energie en met als neven effect een onnodig hoge gewasverdamping, vooral in de nacht. Dit probleem, dat in feite bij elke Gerbera teelt (en vergelijkbare teelten als Roos) speelt, komt des te sterker naar voren bij de korte dag behandeling, waarbij immers aan het eind en het begin van de dag de verduistering een aantal uren gesloten moet worden. Dus juist als de potentieel energiebesparende schermen gesloten zijn, blijft de verwarming aan om vochtproblemen te voorkomen.

Een ander probleem dat bij Gerbera's speelt is de gevoeligheid voor Botrytis aantasting van de bloem. De heersende gedachte is dat de bloem, die solitair boven het gewas staat, bij hoge RV in de kas door o.a. uitstraling afkoelt tot nabij of onder het dauwpunt en door condensatie nat wordt. Een andere mogelijke oorzaak is echter dat door een hoge RV de verdamping stagneert en dat de bloem nat wordt als gevolg van guttatie. Op dit moment is onduidelijk welk mechanisme in welke situatie de overhand heeft. Wel is duidelijk dat een onnodige inzet van minimum buis in beide gevallen het probleem verergert.

In de Matricaria teelt wordt veel aandacht besteed aan het energiezuinig telen in een semi-gesloten kas met als doel productieverhoging te realiseren en tegelijkertijd te komen tot minder gebruik van fossiele energie en terugdringen van de CO₂ uitstoot.

De betreffende teler heeft als eerste stap geïnvesteerd in het aanleggen van een hoge druk nevel installatie, evenals plantsensoren t.b.v. monitoring van het groeiproces in de opkweek afdeling. In het seizoen 2007 heeft hij hiermee overtuigende positieve resultaten behaald, en hij wil volgende stappen maken, met name ook op het gebied van energiebesparing en beperking van CO₂ uitstoot in de afkweek afdeling. Hierbij treden echter een aantal knelpunten op.

Matricaria's (meestal bekend als Kamille) worden jaarrond geteeld in de volle grond, en hebben genoeg aan gematigde temperaturen. Dit biedt perspectief voor een energiezuinige teelt. Een overwegend knelpunt hierbij is het optreden van zgn. 'brandkoppen'. Hierbij verdwijnt in een dag of nacht het groeipunt uit de kop van de plant, die daardoor in feite moet worden afgeschreven. Dit probleem ligt gedurende de gehele teelt op de loer. Tot op heden is er geen overtuigende verklaring gevonden voor dit verschijnsel. Er zijn twee kandidaten, nl. een plotselinge overmatige verdamping waardoor het groeipunt verdroogt, en een te hoge worteldruk waardoor de tere cellen in het groeipunt kapot worden gedrukt die vervolgens bij het doorkomen van de zon verdrogen.

De enige remedie die tot nu toe is gevonden is een voortdurend activeren van de plant door veel te ventileren en zodoende een continue luchtbeweging in de kas te houden.

Onnodig te zeggen dat dit de mogelijkheden van intensief (energie) schermen bij koud en donker weer, en het toepassen van semi-gesloten teelt om de CO₂ emissie te verminderen bij zonnig weer ernstig beperkt. Bij gesloten scherm wordt vaak met minimum buis temperatuur getracht om nog luchtbeweging te creëren.

Het onderzoek, zoals beschreven in dit rapport heeft de volgende doelstellingen:

Technische doelstellingen

- *Gerbera*.

Het praktijkexperiment heeft tot doel om aan te tonen dat een intensief schermgebruik voor verduistering / korte dag behandeling en energie besparing mogelijk is zonder verhoogde risico's voor botrytis en andere vochtgerelateerde problemen, door het inzetten van verticale ventilatoren en een uitgekiende klimaat regelstrategie.

- *Matricaria*

Het praktijkexperiment heeft tot doel om aan te tonen dat een intensief schermgebruik voor energie besparing, evenals het drastisch verminderen van ventilatie om de CO₂ emissie terug te dringen mogelijk is zonder verhoogde risico's voor brandkoppen, door het inzetten van verticale ventilatoren en een uitgekiende klimaat regelstrategie.

Energiedoelstellingen

- *Gerbera*

- Door het gebruik van minimum buis terug te dringen kan naar verwachting tot 20% energie bespaard worden op jaarbasis
- Door toepassing van korte dag behandeling in combinatie met Aircokas concept kan naar verwachting tot 40% bespaard worden op CO₂ uitstoot per eenheid product.

- *Matricaria*

- Door het gebruik van minimum buis terug te dringen kan naar verwachting tot 20% energie bespaard worden op jaarbasis
- Door toepassing van semi-gesloten teelt volgens het Aircokas concept kan naar verwachting tot 40% bespaard worden op CO₂ uitstoot per eenheid product.
- De relevante doelgroep is in principe de gehele glastuinbouw en in het bijzonder de bloemteelt, zowel de substraatteelten als de grondgebonden teelten.

Nevendoelstellingen

- Het project geeft inzicht of de kosten van actieve luchtbeweging door ventilatoren opwegen tegen de behaalde energiebesparing.

In hoofdstuk 4 wordt de proefopzet besproken, hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de regelstrategie bij een gesloten energiescherm. In hoofdstuk 6 wordt deze regelstrategie uitgebreid naar het heel etmaal. De teeltkundige aspecten van Gerbera's en Matricaria in combinatie met het gebruik van de Aircobreeze worden beschreven in hoofdstuk 7. In hoofdstuk 8 worden de uitkomsten de waarnemingen aan het kasklimaat getoond, in hoofdstuk 9 wordt de energiebesparing van het gebruik van de Aircobreeze beschreven, in hoofdstuk 10 worden de ervaringen van de telers besproken en tenslotte in hoofdstuk 11 worden de conclusies van het onderzoek gegeven.

4 Opzet van de proef

4.1 Projectaanpak

In aanvang was de aanpak van het project slechts globaal gedefinieerd. Het doel was om met behulp van de Airco-breeze ventilatoren te komen tot een energiezuinige klimaatstrategie.

De ervaringen bij het Bio-optimaal project waren in dit opzicht gunstig, met name door het uitsparen van minimum-buis inzet in de morgen bij het opkomen van de zon, maar zeker ook bij vochtbeheersing onder het gesloten energiescherm. Bio-optimaal betrof echter een biologische tomaten teelt, terwijl het in het onderhavige project een teelt van Gerbera op goten betreft en Matricaria een teelt van laag siergewas in de volle grond.

De aanpak zou dus erg pragmatisch moeten zijn, namelijk dat in intensief overleg met de betrokken kwekers gaandeweg en stapsgewijs een energie zuinige klimaatstrategie zou worden ontwikkeld waarbij theorie en praktijk hand in hand zouden moeten gaan.

De gedachte was bovendien dat op die manier gaande het teeltseizoen alle relevante omstandigheden aan de beurt zouden komen.

Nadat de proef installatie technisch in januari 2008 was ingericht en volledig draaide was het eerste wat logischerwijze aan de orde kwam een energiezuinige strategie voor de vochtregeling onder het gesloten energiescherm. Dit is in hoofdstuk 5 beschreven.

In een latere fase van de het onderzoek is dit verder uitgebreid naar een energiezuinige strategie voor het realiseren van een gunstig microklimaat in verschillende situaties die doorgaans voor de kweker de meeste problemen opleveren. Dit is verder beschreven in hoofdstuk 6.

Deze indeling in verschillende situaties biedt tevens de 'kapstok' voor de andere onderdelen van het rapport.

4.2 Sensoren

4.2.1 Sensoropstelling Zuidderwijk & Witzier

4.2.1.1 Meetpalen Zuidderwijk & Witzier

Bij Zuidderwijk & Witzier is zowel in afdeling 1 als in afdeling 4 een meetpaal opgesteld. Elke meetpaal omvat de volgende sensoren:

- 3 x geventileerde meetbox met luchttemperatuur en RV meting op 3 hoogten in de kas: laag, midden, boven het schermdoek
- Meting gewastemperatuur met IR camera
- Meting PAR boven het gewas
- Meting CO₂

Onderstaande foto's tonen de opstellingen van de meetboxen respectievelijk de IR opnemer en de PAR meting meer in detail.



Figuur 4.1. Meetboxen.



Figuur 4.2. Gewastemperatuur- en PAR-sensor.

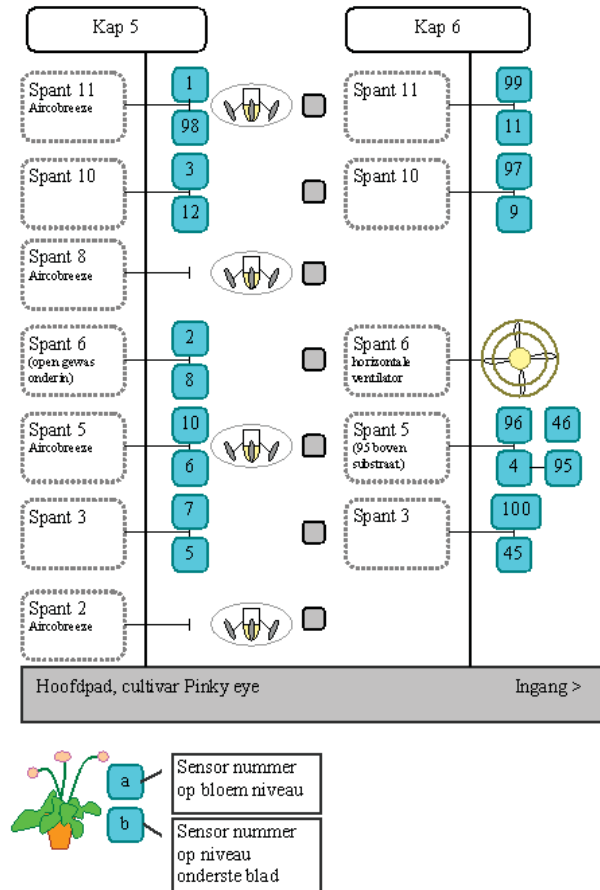
4.2.1.2 Draadloze sensoren

Voor de draadloze sensoren is gebruikt gemaakt van draadloze sensoren voor het meten van de temperatuur en de RV in de kas. De sensor is weergegeven in Figuur 4.3.



Figuur 4.3. Draadloze sensor.

De draadloze sensor is van het merk Wisensys. De metingen van de temperatuur en de RV gebeuren aan de onderkant van het kastje, het witte plaatje zorgt ervoor dat er geen directe straling op de meetsensoren valt. Er zijn 20 Wisensys sensoren geplaatst in een afdeling. De configuratie van het netwerk is weergegeven in Figuur 4.4.



Figuur 4.4. Sensor netwerk Gerbera.

De signalen van het netwerk worden via een basisstation draadloos naar het kantoor van de tellers gestuurd.

4.2.2 Sensor opstelling JB Matricaria

4.2.2.1 Meetpalen JB Matricaria

Bij JB Matricaria is zowel in afdeling 1 als in afdeling 7 een meetpaal opgesteld. Elke meetpaal omvat de volgende sensoren:

- 3 x geventileerde meetbox met luchttemperatuur en RV meting op 3 hoogten in de kas: laag, midden, boven het schermdoek
- Meting gewastemperatuur met IR camera
- Meting PAR boven het gewas
- Meting CO₂

De opstelling in de kas is vergelijkbaar met die bij Zuiderwijk (zie Figuur 4.1 en Figuur 4.2)

4.2.2.2 Akoestische luchtbewegingsmetingen

Bij Matricaria zijn meetproeven uitgevoerd met akoestische luchtbewegingssensoren van Gill Instruments, type 1590-PK-020). Zo'n sensor in de kas is weergegeven in Figuur 4.5.



Figuur 4.5. Akoestische luchtbewegingsensor.

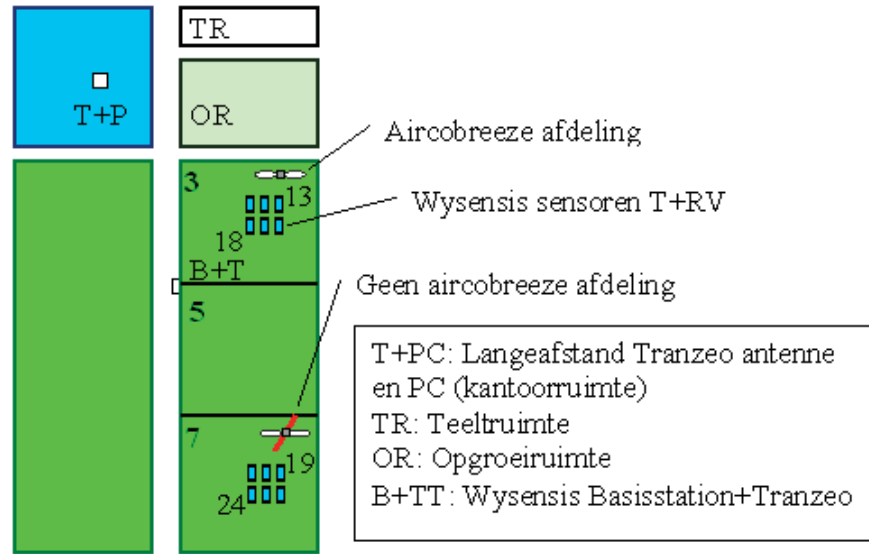
4.2.2.3 Draadloze sensoren Matricaria

Ook bij de Matricaria teler zijn 12 sensoren geplaatst. Er zijn steeds twee sensoren boven elkaar geplaatst, zodanig, dat de onderste sensor zich op een gegeven moment tussen het gewas bevindt. Een voorbeeld wordt getoond in Figuur 4.6.



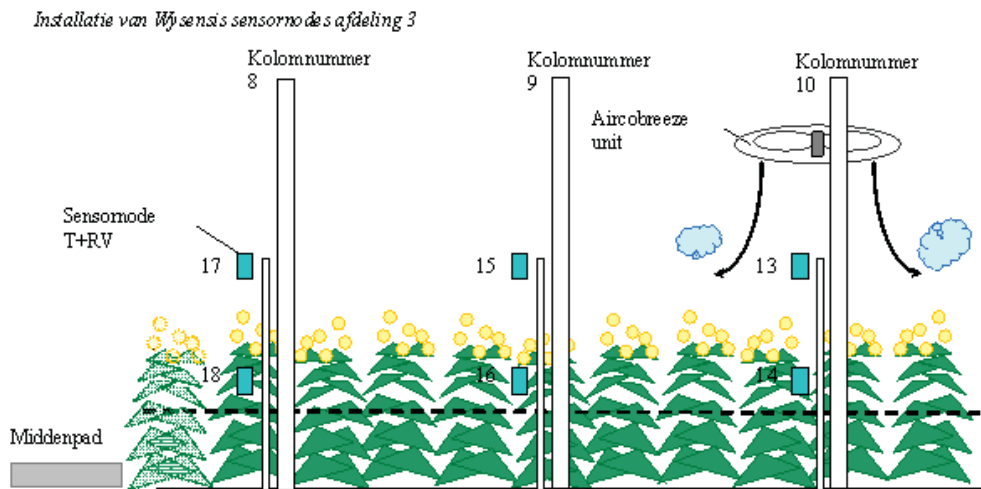
Figuur 4.6. Draadloze sensoren bij de teelt van Matricaria.

De sensoren zijn in eerste instantie in twee afdelingen geplaatst, één met en één zonder Aircobreeze, zie Figuur 4.7.

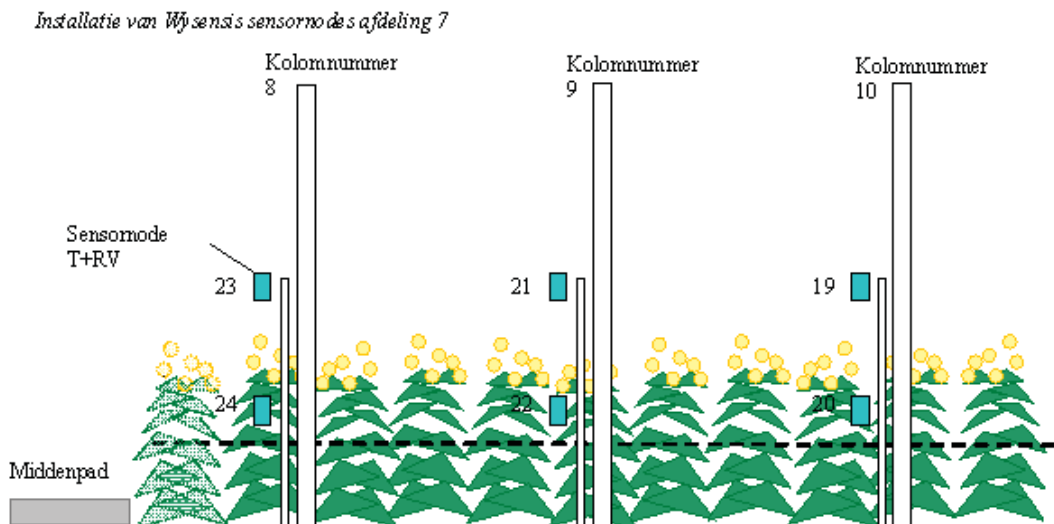


Figuur 4.7. Overzicht kas JB Matricaria.

De plaatsing van de sensoren in de twee afdelingen is weergegeven in Figuur 4.8 en 4.9.



Figuur 4.8. Plaats van de sensoren in afdeling 3.



Figuur 4.9. Plaats van de sensoren in afdeling 7.

4.3 Monitoring plant gedrag

Volgens het Aircokasconcept is het van het grootste belang om het gedrag van het gewas bij de (aangepaste) klimaatregeling te monitoren en te bewaken.

De hiervoor nodige plant sensoren zijn in de kas aanwezig (afdeling 1).

4.4 Monitoring klimaat in de kas en boven het doek

Hiervoor zijn in het kader van Aircokas reeds een aantal sensoren aanwezig:

- Verticaal temperatuurverschil: twee geventileerde meetboxen op verschillende hoogte
- Temperatuur en RV boven scherm: extra geventileerde meetbox.
- Berekening enthalpieverschillen vochtmeting buiten en binnen en geventileerde luchttemperaturen zijn reeds aanwezig.

4.5 LetsGrow data

Om het klimaat verloop tijdens het onderzoek te kunnen monitoren worden de relevante klimaatgegevens uit de procescomputer opgeslagen in de Databank van LetsGrow.com. Dit betreft de normale sensoren en de genoemde 'meetpalen' voor aanvullende metingen op verschillende hoogten in de kas. Ook de meetgegevens van de mobiele/draadloze temperatuur en RV sensoren van Wageningen UR kunnen via een internet koppeling in dezelfde Databank worden opgeslagen. Zodoende is het voor de onderzoekers en de betrokken ondernemers mogelijk om alle beschikbare meetgegevens desgewenst in grafieken bij elkaar te zetten en te combineren.

4.6 Energie metingen en vergelijkingen

Voor de Gerbera's

Er worden geen specifieke meetinstrumenten geïnstalleerd voor de energie registratie. Het verbruik wordt vergeleken met dat van een vergelijkbare Gerbera kwekerij en tevens met de cijfers, die bekend zijn van collega's. Verder

kan het verschil in energieverbruik met voorgaande jaren worden geanalyseerd, en bovendien kan modelmatig het effect van bijvoorbeeld een lagere minimum buis op het energieverbruik worden geschat.

Voor de *Matricaria*'s:

Er worden geen specifieke meetinstrumenten geïnstalleerd voor de energieregistratie. Aan de hand van de klimaatgegevens, gerealiseerde buistemperaturen, schermuren, etc. wordt via modelbenadering het energie verbruik vergeleken tussen de proefafdelingen en de overige afdelingen.

4.7 Rookproeven

Met behulp van een apparaat (Concept Smoke Systems type Colt 4) waarmee grote volumes rook geproduceerd kunnen worden is nagegaan hoe de luchtbeweging in de kas en rondom het gewas verandert door de inzet van de ventilatoren. Daarbij is specifiek gekeken naar de situatie met een gesloten schermdoek. Bij gerbera is ook de invloed van belichting bij de waarnemingen betrokken. Rookproeven zijn geen kwantitatieve waarnemingen en geven alleen een beeld van het stromingsprofiel. Daarom zijn aanvullend bij gerbera eenmalig met de hand luchtsnelheidsmetingen verricht ter hoogte van de bloemen en tussen het bladpakket. Daarvoor was een luchtsnelheidsmeter beschikbaar gebaseerd op het meten van de mate afkoeling van een verhitte gloeidraad door de luchtstroom. De sensor (Schiltknecht, type ThermoAir 3) kon de luchtsnelheid meten onafhankelijk van de stromingsrichting (omnidirectioneel) en met een meetbereik van 0-1 m/sec.

Bij *Matricaria* is eveneens de luchtsnelheid gemeten, ditmaal met een aantal akoestische sensoren (Gill Instruments). Bij deze meting is over een aantal uren de stroming boven de planten bepaald met open en gesloten doek en ramen.

4.8 Gewaswaarnemingen en vergelijkingen

Voor de Gerbera's

Enkele malen tijdens het onderzoek worden monsters van het gewas genomen en onderzocht op houdbaarheid en botrytis. Dit gebeurt tegelijk met overeenkomstige monsters van een vergelijkbaar Gerbera bedrijf zodat een goede vergelijking mogelijk is.

Voor de *Matricaria*'s

De kweker is gewend om zelf regelmatig houdbaarheidsproeven te doen. Hij kan zelf een vergelijking maken tussen monsters uit de proefafdelingen (1 en 3) en de overige afdelingen.

5 Strategie voor de regeling onder het gesloten energie scherm

Het doel van de aanpak is om te komen tot een goed microklimaat onder het gesloten doek met een minimale inzet van verwarming.

Allereerst wordt de strategie beschreven voor een energiescherm. Deze strategie is in principe voor alle teelten van toepassing, dus ook voor Gerbera en Matricaria.

Een aparte paragraaf is gewijd aan het verduisteringsscherm dat in de Gerberateelt wordt toegepast vanwege de korte-dag behandeling.

5.1 De gangbare aanpak

Voor een goed begrip wordt allereerst de gangbare methodiek beschreven, nl die met inzet van minimum buis. Deze methodiek wordt toegepast in een behoorlijk groot deel van het jaar, waarbij de buitentemperaturen niet zodanig laag zijn dat er flink gestookt moet worden om de kas op temperatuur te houden.

Onder inzet van minimumbuis wordt in deze situatie verstaan dat een hogere buistemperatuur wordt aangehouden dan alleen voor het op temperatuur houden van de kas noodzakelijk is. Dit met de bedoeling om luchtbeweging tussen het gewas te krijgen (door opstijgende warme lucht) en temperatuur verschillen als gevolg van natuurlijke trek e.d. in de kas (grotendeels) te vereffenen. Anders geformuleerd is het doel het verkrijgen van een goed microklimaat in het gewas met voldoende luchtbeweging om ophoping van vocht en condensatie te voorkomen. Het surplus aan energie dat door de minimum buis in de kas wordt gebracht moet vervolgens door het openen van de ramen en/of de vocht kier in het schermdoek worden afgevoerd.

5.2 De alternatieve aanpak met Aircobreeze

Het doel van de alternatieve aanpak is om een goed microklimaat te verkrijgen bij een maximale thermische isolatie van de kas en dus zonder inbreng van extra energie.

Dankzij de inzet van Aircobreeze worden de twee gewenste voorwaarden, namelijk luchtbeweging en kleinere verticale temperatuurverschillen gerealiseerd onafhankelijk van de buistemperatuur.

Tevens kan er bij een hogere RV geteeld worden zonder gevaar voor gewascondensatie. Dankzij de betere vocht-beheersing onder het scherm kan deze langer gesloten blijven.

5.3 Het fysische proces in de kas onder gesloten doek

We gaan uit van de volgende basis situatie:

Het energiescherm (verduistering) is dicht. De ramen zijn gesloten. De buizen worden geregeld op kastemperatuur. De assimilatiebelichting is uit. De Aircobreeze draait op minimumstand.

Als de kaslucht onder het gesloten doek met de verwarming op temperatuur gehouden wordt (nodig om de lek-verliezen te compenseren) en verder alleen maar wordt 'geroerd' dan zal de RV uiteindelijk neigen naar 100%. De gewasverdamping komt dan nagenoeg stil te staan (natte bol effect stagneert). Doordat het doek nooit 100% dicht is en het kasdek erboven meestal koud(er) is zal er door condensatie ook enig vocht worden afgevoerd. In feite

bepalen de eigenschappen van het doek, de buitenomstandigheden (kasdektemperatuur) en de verdampingscapaciteit van het gewas (o.a. LAI), maar zeker ook de verdamping van de bodem bij welke waarde van de RV er een natuurlijk evenwicht zal ontstaan. Dit kan bijvoorbeeld zijn bij 95%, maar mogelijk ook bij 97% of misschien bij 91% of 85% RV.

Als het evenwichtspunt bij een zodanig hoge waarde komt te liggen, dat de gewasverdamping te laag, cq het risico van condensatie te groot wordt, dan moet de vochtafvoer een beetje geholpen worden om het evenwichtspunt omhoog te brengen. Dit zal tegelijk ook weer meer gewasverdamping veroorzaken en dus meer vocht en energieverlies, dus is het zaak om de RV echt zo hoog te houden als voor het gewas maar enigszins verantwoord is.

5.4 Realiseren van voldoende vochtafvoer

Het gaat er nu dus om juist zoveel, en niet meer, vochtafvoer te realiseren dat er een evenwicht ontstaat bij de gewenste waarde van de RV. Dit kan afhankelijk van het teeltstadium en al dien niet aanwezige ziektedruk in de range van 85 – 95% liggen.

Welke stappen kunnen we nu nemen om dit te bereiken? En wat is hierbij de meest energiezuinige strategie?

1) De eerste stap die impliciet al genomen wordt is vochtafvoer door condensatie tegen het kasdek.

Als het buiten koud genoeg is en de kasdek temp laag genoeg dan zal er voldoende condensatie zijn. Wel moet dan het vocht hiervoor door het doek kunnen komen.

Als de Aircobreeze aan staat op minimum stand zal deze al meehelpen om meer uitwisseling door het doek te veroorzaken. Als de Aircobreeze op RV naar een hogere stand wordt gestuurd, dan zal dit kunnen leiden tot een evenwichtssituatie bij de gewenste maximale RV.

Als de evenwichtswaarde van de RV te hoog blijkt te zijn kunnen 2 maatregelen worden overwogen:

- 2a) Als het buiten niet koud genoeg is, dan is er onvoldoende condensatie tegen het kasdek. Dan moeten de ramen geopende worden om vocht af te voeren.
- 2b) Echter als de dichtheid van het schermdoek de beperkende factor is, dan moet er een vochtkier in het doek getrokken worden.

Het is in de praktijk behoorlijk complex om aan de hand van metingen exact te bepalen welke de beperkende factor is.

Maatregel 2a kan in principe worden ingezet op verschil kasttemperatuur / buitentemperatuur. Dit was in vroeger tijden al gebruikelijk en wordt in de Hoogendoorn computer aangeduid met 'minimum raamstand vochttraject'. Als er slechts weinig verschil is tussen buitentemperatuur en kasttemperatuur is er weinig condensatie en moet het raam open. Tegelijk geeft een klein temperatuur verschil ook weinig verlies. De minimum raamstand vochttraject wordt bovendien verlaagd op basis van windsnelheid.

Door deze maatregel onafhankelijk toe te passen, waardoor uitwisseling naar buiten in feite verzekerd is, volgt op stap 1 logischerwijze het inzetten van de vochtkier in het doek dus stap 2b.

Vanwege de Aircobreeze zal dit een zeer kleine vochtkier kunnen zijn (te beginnen met 0,5 – 1,0%), waardoor geen onnodige uitwisseling door overregeling optreedt en geen kouval ontstaat.

Voor bovenstaande moet er echter voldoende 'drijvende kracht' zijn om uiteindelijk de uitwisseling binnen -> buiten te realiseren.

In de praktijk kan het voorkomen dat de kasttemperatuur slechts enkele graden (2 -3) hoger is dan de buiten-temperatuur, dat het buiten ook vochtig is (RV 80-100%) en weinig wind. Ondanks een vochtkier en behoorlijke raamstand (10-20%) 'gebeurt er dan gewoon niets' en loopt de RV in de kas op tot hoger dan 95%.

In dit soort situaties is de enige oplossing dus om de kasttemperatuur te verhogen zodat de drijvende kracht vergroot wordt. Dit effect wordt in de gangbare aanpak bereikt door de minimumbuis op RV (fors) te verhogen en de kas dus letterlijk 'droog te stoken'. Het nadeel van de hoge minimumbuis is zoals bekend een extra stimuleren van de gewas-verdamping zodat dit een erg inefficiënte maatregel is.

De kunst van de alternatieve aanpak is dus om het vocht af te voeren zonder de gewasverdamping meer dan onvermijdelijk is te verhogen.

Dit kan door de gewenste kasttemperatuur te verhogen op basis van verschil enthalpie kas/buiten, wat in deze omstandigheden redelijk overeenkomt met verschil absoluut vocht kas/buiten.

5.5 Situatie met belichting aan

In de periode van het jaar dat de assimilatiebelichting wordt ingezet ontstaat een andere situatie. In de meeste gevallen zal bij gesloten doek de energie inbreng van de lampen zodanig hoog zijn dat er niet hoeft te worden bijgestookt. Zonder Aircobreeze moet dat echter vaak wel om te voorkomen dat de verticale temperatuur verschillen te hoog worden. Hierdoor ontstaat in feite weer de 'minimum buis situatie'.

In de alternatieve aanpak wordt nu echter de Aircobreeze aangezet en in principe op nominaal/maximaal vermogen om de luchtbeweging tot onderin de kas te verzekeren.

Als nu moet worden bijverwarmd, dan is dat alleen omdat de lampen te weinig warmte inbrengen om de kas op temperatuur te houden.

Hogere gewasverdamping dan zonder belichting.

Het is te verwachten dat de gewasverdamping op een hoger niveau zal liggen dan zonder belichting, zelfs als de netto energie inbreng van de lampen minder is dan wat nodig is om de kas op temperatuur te houden. Dit komt doordat de lampen een behoorlijk percentage warmte afgeven in de vorm van directe straling. Ook hier werkt de Aircobreeze echter gunstig. Meestal zal de gewastemperatuur onder de lampen tot boven de kasluchttemperatuur stijgen. Door de extra luchtbeweging kan de plant dan meer warmte afgegeven door convectie waardoor minder extra verdampt hoeft te worden dan zonder Aircobreeze.

Voor het zelfde evenwicht in de kas zal er echter meer vocht moeten worden afgevoerd. Dat betekent dat de hierboven besproken instrumenten sneller en verder zullen worden ingezet. In principe hoeft dat niet te betekenen dat er andere regelinstellingen nodig zijn.

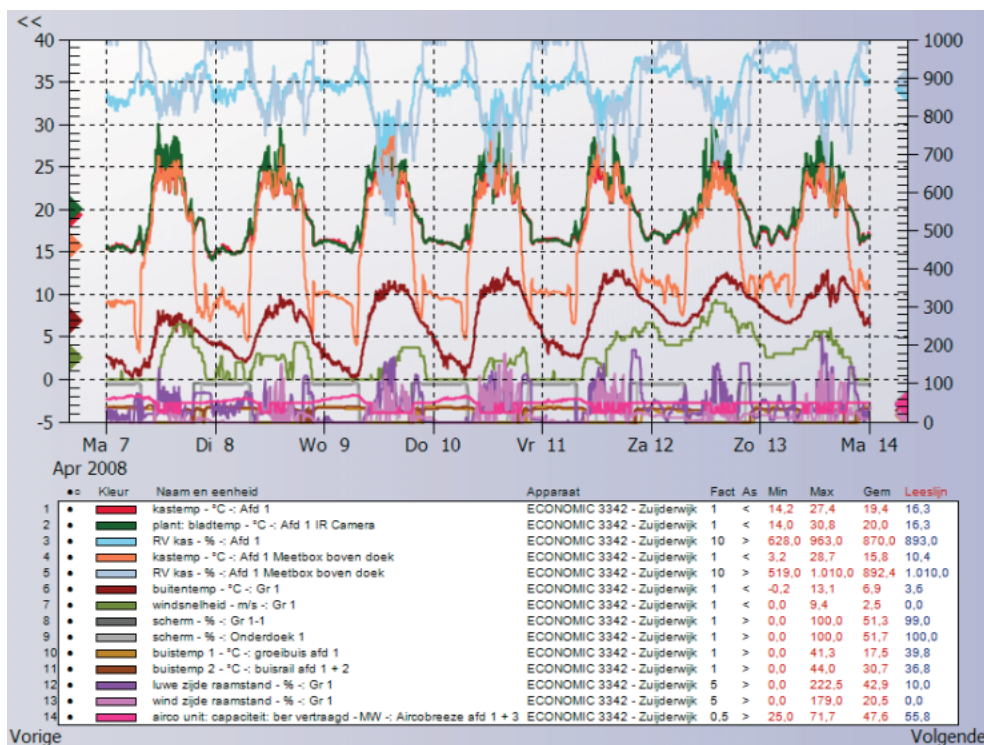
Samengevat m.b.t. de regeling:

- Aircobreeze aan op minimum stand zodra het doek sluit, opregelen op basis van RV kas en eventueel vertikaal temp verschil.
- Aircobreeze in principe voluit bij inschakelen van belichting
- regeling verwarming op basis van gewenste kasttemperatuur al dan niet in combinatie met groeilicht.
- Indien moet worden bijverwarmd, dan bij voorkeur met de buisrail om zo onder de teeltgoten nog wat extra luchtbeweging te creëren.
- minimum raamstand op basis van verschil binnen/buiten (vochttraject regeling) met een verhoging op RV in de kas. De ervaring leert dat er flink gelucht moet worden om daadwerkelijk vocht af te voeren door het gesloten doek.
- vochtkier (zeer beperkt) in het doek op basis van kas RV
- eventueel verhoging gewenste kasttemperatuur op verschil enthalpie kas/buiten

In eerste instantie kunnen de instellingen zodanig worden gekozen dat een zo goed mogelijke tijdsvolgorde wordt bereikt van oplopende inzet van instrumenten bij een oplopende RV in de kas. In de praktijk zou kunnen blijken dat inzet van instrumenten onderling gekoppeld zou moeten worden.

5.6 Praktijk resultaten

Onderstaande grafiek geeft een indruk van praktijkresultaten. Door onder het energiescherm weinig te stoken en boven het scherm voldoende te ventileren en zonodig een kleine kier in te zetten wordt de vochtthuishouding onder het scherm goed beheerst. Duidelijk komt naar voren dat een lage buitentemperatuur gunstig is voor een lage RV in de kas.



Figuur 5.1.

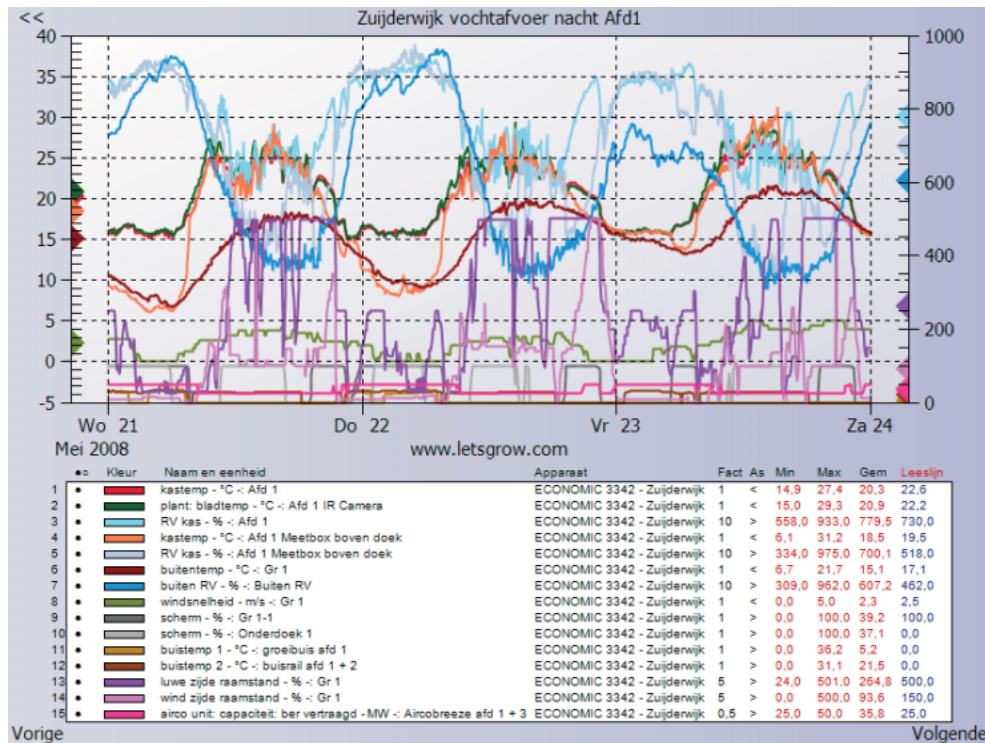
5.7 Temperatuur- en vochtregeling onder gesloten verduisteringsdoek

Bij het geheel sluiten van het verduisteringsdoek vanwege de korte dag behandeling aan het begin en einde van de dag loopt de temperatuur en de RV onder het doek soms (te) hoog op.

De tijdstippen van sluiten zijn respectievelijk:

- van een half uur voor zonop tot 07.00 uur
- van 19.00 uur tot een half uur na zononder.

Onderstaande grafiek geeft het typisch verloop van temperatuur en vocht aan, mede afhankelijk van de buitencondities.



Figuur 5.2.

5.7.1 Situatie in de morgen

In de morgen is de temperatuur in de kas laag (nachtniveau) en de RV komt redelijk hoog uit de nacht. De kastemperatuur moet normaal gesproken op dagniveau gebracht worden, dat wil zeggen dat onder het doek de verwarming aangezet wordt om de kastemperatuur geleidelijk te verhogen.

Door deze temperatuur verhoging komt er enerzijds meer 'ruimte' voor vocht, anderzijds wordt de verdamping gestimuleerd. Het resultaat is meestal dat zowel de temperatuur als de RV gedurende enkele uren oplopen. Omdat het gewas 's nacht is afgekoeld is er in deze situatie (zonder Aircobreeze) risico van gewascondensatie. Dit werkt o.a. Botrytis in de hand. Met Aircobreeze is dit risico aanzienlijk kleiner omdat er immers geen grote temperatuurverschillen kunnen ontstaan.

5.7.2 De alternatieve aanpak 's morgens met de Aircobreeze

Het is de vraag of het inzetten van verwarming in combinatie met Aircobreeze onder het verduisteringsdoek zin heeft. Zodra de zon echt door komt zal de kas toch iets gaan opwarmen ondanks het gesloten verduisteringsdoek. Als na de verduisteringsperiode het doek met kleine stapjes geopend wordt zal de warmere kaslucht van boven het doek benut worden om de kas en het gewas geleidelijk, maar relatief snel op te warmen.

Sowieso is het zinvol om boven het gesloten verduisteringsdoek (extra) te ventileren op RV om vochtafvoer door het doek te bevorderen. Zodra het doek begint te openen zal de RV afnemen en zal de raamstand meer en meer bepaald worden door de gekozen ventilatietemperatuur.

Deze werkwijze heeft dus als voordeel dat er 's morgens minder energie nodig is voor de verwarming.

5.7.3 Situatie in de avond

In de avond wordt de situatie in de kas abrupt omgeschakeld van afnemend licht en activiteit naar totale verduistering. Door het wegvallen van de straling zal de gewasverdamping ook abrupt afnemen, maar nog wel op een basisniveau doorgaan net zolang tot de RV een hoge evenwichtswaarde bereikt. Een typisch effect is dat de kastemperatuur na het sluiten van het doek ook een stukje op kan lopen. De (meest waarschijnlijke) verklaring hiervoor is dat de kasconstructie en de kasbodem vanwege instraling een hogere temperatuur hebben dan de kaslucht. Bij het sluiten van het doek zal de kas naar een nieuw thermisch evenwicht gaan en hierbij zal met name de kasbodem, die een hoge warmtecapaciteit heeft, leidend zijn.

In de praktijk zal dus na het sluiten van het verduisteringsdoek zowel de temperatuur als de RV oplopen. Hoeveel dit is zal sterk afhangen van de buitencondities. Om zowel de temperatuur als de RV te begrenzen is het ook nu weer zaak om zonodig ruim te luchten boven het doek.

Soms wordt ook de toevlucht genomen tot het zogenaamde 'flitskieren'. Hierbij wordt de verduisteringsperiode onderbroken door het doek gedurende ca 10 minuten een flink stuk (minimaal 25%) open te laten lopen om zodoende snel energie en vocht af te voeren. Dit zou geen nadelige gevolgen hebben voor het verduisteringseffect, maar de vraag is of het veel oplevert.

In de praktijk zijn de ervaringen namelijk wisselend en deels is dat begrijpelijk. Want weliswaar wordt er vocht afgevoerd, maar doordat er weer straling in de kas kan toetreden wordt er ook weer extra vocht geproduceerd. Over het geheel zijn er geen duidelijke verschillen in (gemiddelde) kastemperatuur en RV gevonden tussen situaties waarin het 'flitskieren' wel en niet wordt toegepast. Als nadeel van flitskieren kan worden gezegd dat het schokken in het klimaat veroorzaakt en dus ook weer extra kansen voor gewascondensatie.

5.7.4 De alternatieve aanpak 's avonds met de Aircobreeze

Ook in deze situatie zorgt Aircobreeze er voor dat er geen grote temperatuur verschillen in de kas kunnen optreden, maar ook dat er relatief veel uitwisseling door een kleine kier in het verduisteringsdoek mogelijk is.

Een voordelige aanpak is dus om het doek bij aanvang van de verduisteringsperiode vrijwel geheel te sluiten, waardoor de instraling grotendeels wordt geblokkeerd, maar waarbij door de resterende kier gedurende een bepaalde tijd, bijv. 15 minuten zoveel mogelijk vocht wordt afgevoerd. Vervolgens wordt het doek geheel gesloten.

Door boven het doek ruim te luchten zal het oplopen van temperatuur en RV onder het doek zoveel mogelijk beperkt kunnen worden.

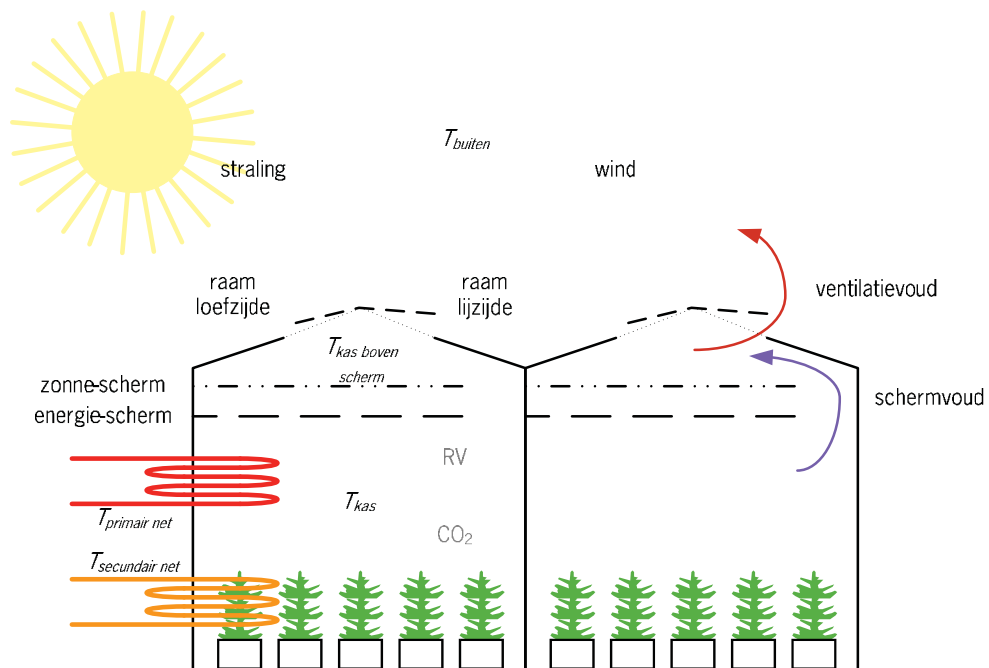
Mocht dit toch tot ongewenste situaties leiden, dan kan in plaats van een normale grote flitskier (minimaal 25%) gewerkt worden met een zeer kleine flitskier (1 – 2%). Hierdoor kan tijdelijk extra vocht worden afgevoerd zonder de nadelen van klimaatschokken.

6 Optimaal microklimaat en strategie voor de regeling

6.1 Samenhang tussen buitenomstandigheden, kasklimaat en microklimaat

Alvorens in te gaan op het microklimaat en het regelen daarvan is het nuttig om een globaal inzicht te geven in de samenhang tussen dit microklimaat direct rondom de plant en het verdere kasklimaat, maar ook de buitenomstandigheden.

Het onderstaande plaatje geeft hiervan een schematische weergave.



Figuur 6.1. Schematische weergave kasklimaat.

Met het microklimaat bedoelen we in feite de condities in de directe omgeving van de plant zelf, dus de temperatuur, de RV, de CO₂, de straling enzovoort die de plant 'aan den lijve' ondervindt. In bovenstaand schema is dat dus de onderste laag van de kas, tussen de planten. Met kasklimaat kunnen we hier de laag boven de planten maar onder het doek aanduiden. Als het doek geopend is reikt deze laag uiteraard verder tot aan het kasdek. De buitenomstandigheden hebben betrekking op wat er buiten de kas gebeurt, maar bij geopende ramen is er ook een duidelijke invloed boven in de kas. Eigenlijk laat het plaatje zien dat er geen sprake is van een echte scheiding tussen de drie genoemde zones, maar een voortdurende wisselwerking. En die wisselwerking wordt nog duidelijker als we kijken naar het transport van vocht en warmte vanaf de plant naar de kaslucht en vervolgens naar buiten. Transport van vocht en warmte vindt op verschillende manieren plaats. Vochttransport door diffusie en stroming, warmtetransport door straling, geleiding en stroming (convectie).

Bij het regelen van het klimaat in de kas moeten we ons dat steeds goed realiseren, want meestal wordt er geregeld op het kasklimaat terwijl het eigenlijk gaat om het microklimaat terwijl er via straling en vochttransport een sterke interactie kan zijn met de buitenomstandigheden.

Voor het microklimaat rond de plant is het van groot belang dat er enerzijds een gelijkmatige verdamping is (nutriënten aanvoer) maar anderzijds geen ophoping van vocht plaatsvindt (hoge RV in de grenslaag tussen bladeren en lucht) en dat er geen grote horizontale of verticale temperatuur verschillen ontstaan waardoor condensatie optreedt op de koude plekken.

Uit het bovenstaande volgt logischerwijs dat een goed microklimaat tussen de planten, met name in de nacht of bij zeer weinig straling overdag bevorderd kan worden door een of meer van de volgende meetregelen:

- een lage RV boven het gewas: dit bevordert afvoer van vocht door diffusie
- luchtbeweging boven het gewas; dit bevordert de verdamping in de kop van het gewas en afvoer van vocht door stroming en voorkomt horizontale temperatuurverschillen boven het gewas
- luchtbeweging tussen het gewas: dit voorkomt temperatuur verschillen en bevordert een gelijkmatige verdamping en tevens vochtafvoer door stroming
- een warme buis tussen het gewas: dit bevordert de verdamping, de luchtbeweging en de vochtafvoer. Nadeel is dat de verdamping vaak onnodig hoog wordt en dat het daardoor veel energie kost.

Uiteraard moet vervolgens ook het vocht afgevoerd worden naar boven het schermdoek en vervolgens weer condenseren tegen het kasdek ofwel door de geopende ramen naar buiten.

Vochtafvoer door het schermdoek kan op twee manieren. De ene is door diffusie als gevolg van een concentratie verschil (aantal deeltjes waterdamp /m³ lucht), ook uit te drukken als verschil in absolute vochtigheid (gram/kg lucht) of dampspanning (kPascal). De andere is door luchtstroming door een geopende vochtkier. Het grote verschil tussen beide vormen is de afvoer van warmte. Bij diffusie is er geen sprake van luchtstroming en wordt er dus geen warmte door convectie afgevoerd, bij stroming gaat het afvoeren van vocht en van warmte hand in hand.

Dat maakt dat het werken met een vochtkier in het doek zo veel mogelijk vermeden moet worden: er gaat relatief veel warmte verloren en bovendien warmt het kasdek op zodat vochtafvoer door condensatie juist vermindert.

6.2 Microklimaat in verschillende situaties

Lopende het onderzoek is steeds meer inzicht ontstaan in het belang van een goed microklimaat rond de plant, en dat niet alleen onder gesloten schermdoek, maar in feite gedurende het gehele etmaal.

Daarom is de strategie zoals beschreven in het voorgaande hoofdstuk verder uitgebreid naar een strategie voor verschillende situaties die zich gedurende de etmaalcyclus voor kunnen doen en die in de dagelijkse praktijk van kwekers het meest problematisch zijn:

1. De nachtsituatie zonder belichting
2. De nachtsituatie met belichting
3. De overgangsituatie bij opkomend licht, zonsopgang
4. De dagsituatie bij lage instraling
5. De dagsituatie bij hoge instraling
6. De situatie aan het einde van de dag bij afnemend licht.

De strategie hanteert de volgende uitgangspunten voor een energiezuinige / duurzame aanpak:

- een goed actief microklimaat voor de plant, o.a. ter voorkoming van kwaliteitsproblemen door ziekten en onvolgende opname van nutriënten
- zo veel mogelijk benutten van beschikbaar groeilicht van de zon
- energiezuinig werken, m.n. terugdringen gebruik van (fossiele) energie
- beperking van CO₂ emissie.

6.3 De nachtsituatie zonder belichting

In deze situatie gedraagt de plantverdamping zich in hoofdzaak volgens het 'natte bol' principe. Dit is gebaseerd op het feit dat water uit het natte kousje verdampt in de langsstromende lucht. Doordat de hiervoor benodigde warmte onttrokken wordt aan de omgeving zal de natte bol thermometer een lagere temperatuur krijgen. Hoe lager de relatieve vochtigheid (RV) van de lucht, hoe sneller de verdamping gaat en hoe groter het temperatuur verschil zal zijn.

Doordat ook de plant altijd enigszins vochtig is zal er afhankelijk van de RV van de kaslucht dus een zekere verdamping optreden. Hiervoor is het niet nodig dat huidmondjes geopend zijn; de plant heeft genoeg andere poriën van waaruit enige verdamping kan ontstaan. Met name aan de onderkant van het blad waar de cuticula wat dunner is. De verdampingssnelheid is zeer laag, gedacht kan worden aan bijvoorbeeld 25 gram/m².uur voor een tomaten gewas.

De planttemperatuur zal door deze verdamping iets lager zijn dan de kastemperatuur, en er zal een convectieve warmtestroom ontstaan om de verdamping in stand te houden net als bij de natte bol.

Opmerking : Het verschil in temperatuur is echter kleiner dan bij een natte bol thermometer omdat de luchtsnelheid langs de plant meestal veel kleiner zal zijn dan 2 m/s die hiervoor standaard wordt aangehouden in een meetbox. Bovendien is de oppervlakte van de plant niet zoals een nat kousje volledig verzadigd van vocht.

De energiebalans van de plant bestaat dus in hoofdzaak uit twee elementen, namelijk een warmte afvoer als gevolg van verdamping en een warmte toevoer als gevolg van convectie. Er is echter vaak nog derde component: de uitstraling naar een koud kasdek. Hierdoor kan de planttemperatuur of bij bloemen de knop temperatuur nog iets lager zakken, terwijl de verdamping daardoor afneemt. Immers, de toegevoerde convectie energie wordt dan niet gebruikt om te verdampen, maar om het verlies door uitstraling te compenseren. In sommige situaties kan de temperatuur van bepaalde plantdelen zoals bloemen en knoppen door deze uitstraling zelfs zover dalen dat die onder het dauwpunt komen, en er condensatie optreedt.

Dit brengt ons op het grote belang van een homogeen microklimaat in de kas.

In de nachtsituatie, waarin dus sprake is van hoge RV en heel weinig energietoevoer, ontstaat het gevaar van een plaatselijk sterk ongunstig microklimaat rond bepaalde delen van de plant. Door relatief kleine temperatuur verschillen, al dan niet door uitstraling naar koudere kasdelen, kan op sommige plantdelen condensatie ontstaan. Verse wonden door gewasbehandeling drogen niet of nauwelijks op. Ook kan door de minimale verdamping door worteldruk een zodanig hoge turgor ontstaan dat plaatselijk guttatie optreedt. Op deze natte plekken kunnen schimmels zich ontwikkelen. Bovendien kan door het stagnerende watertransport ook de aanvoer van mineralen, waaronder Calcium naar bepaalde plantdelen verminderen waardoor o.a. jonge cellen aangelegd worden met zwakkere cellwanden.

Dit soort problemen uit zich in de praktijk in allerlei verschillende gedaanten, zoals bladpuntjes in Anjers, vochtblaaies in roos, brandkoppen en/of broeikoppen in o.a. komkommer, etc. Vanuit de oorzaak gezien is een mogelijke remedie om dergelijke problemen te verminderen: een permanente, subtiele luchtbeweging, waardoor temperatuur verschillen worden vereffend, plaatselijke vochtophoping wordt vermeden, en waardoor alle plantdelen een minimale verdamping kunnen onderhouden voor de aanvoer van noodzakelijke nutriënten. Dit komt overeen met de praktijkervaring van veel tuinders, die een 'dood klimaat' proberen te voorkomen.

In deze situatie wordt de optimale klimaatregeling volgens de omschreven doelstellingen dus bereikt door:

- Actief en homogeen microklimaat door mechanische verticale luchtbeweging, en geen inzet van minimum buis
- Schermen met energiedoek om energieverlies te beperken en plaatselijke condensatie als gevolg van uitstraling te voorkomen.
- Energie zuinige vochtafvoer in combinatie met hoge grenswaarde voor RV; dit kan met een geavanceerde sturing van de luchtramen en de vochtier in het schermdoek, maar ook met behulp van een aparte installatie om droge buitenlucht in te blazen. Met dit laatste wordt een zeer beheerste vochtregeling bereikt met minimaal energieverlies.
- CO₂ dosering niet relevant omdat er geen fotosynthese plaatsvindt.

6.4 De nachtsituatie met belichting

In deze situatie wordt de energiebalans van de plant uitgebreid met een volgende component nl. de directie straling van de lampen naar het gewas.

Het gevolg van de lichtstraling zal zijn dat de huidmondjes zich openen, en door de toegevoerde stralingsenergie zal de gewasverdamping toenemen. Ook in deze situatie is een homogeen groeiklimaat door verticale luchtbeweging van groot belang. Immers juist ook door de warmteafgifte van de lampen aan de hogere planten delen dreigt het risico dat lagere gewasdelen kouder blijven met gewascondensatie tot gevolg.

In deze situatie wordt de optimale klimaatregeling volgens de omschreven doelstellingen bereikt door:

- Actief en homogeen microklimaat door mechanische verticale luchtbeweging, de warmte van de lampen wordt optimaal benut en er is geen noodzaak voor de inzet van minimum buis
- Schermen met energiedoek om energieverlies te beperken (en te voldoen aan de regels van lichtemissie)
- Energie zuinige vochtafvoer in combinatie met hoge grenswaarde voor RV; dit kan met een geavanceerde sturing van de luchtramen en de vochtier in het schermdoek, maar ook met behulp van een aparte installatie om droge buitenlucht in te blazen. Met dit laatste wordt een zeer beheerste vochtregeling bereikt met minimaal energieverlies.
- Indien de lampen veel warmte afgeven (bij hoge belichtingsintensiteit), kan het nodig zijn om te ventileren voor temperatuurbeheersing. Bij droge en koude buitenomstandigheden kan de RV in de kaslucht dan te laag worden. In deze situatie kan de RV op niveau worden gehouden met een vernevelinstallatie.
- CO₂ dosering voldoende om het PAR licht maximaal te benutten.

6.5 De overgangsituatie bij opkomend licht, zonsopgang

Onder invloed van zonlicht zullen de huidmondjes zich gaan openen. Dit betekent ten eerste dat hiermee het beschreven natte bol effect sterker zal worden. Er komt aan de oppervlakte van bladeren en stengels gemakkelijker water beschikbaar om te verdampen. Maar het belangrijkste effect is dat er door de straling ook extra energie wordt toegevoerd. In eerste instantie zal hierdoor de bladtemperatuur de neiging hebben om te stijgen. Door meer te gaan verdampen zal de plant zich echter kunnen koelen waardoor de bladtemperatuur per saldo een bepaald evenwicht zal vinden met de omgevingstemperatuur afhankelijk van de beschikbaarheid van water en de stand van de huidmondjes.

Tegelijk vindt er onder invloed van PAR licht fotosynthese plaats, en de hiervoor benodigde CO₂ wordt door de geopende huidmondjes opgenomen.

In deze situatie wordt de optimale klimaatregeling volgens de omschreven doelstellingen bereikt door:

- Actief en homogeen microklimaat door mechanische verticale luchtbeweging, waardoor bij zonsopgang de warmte van de zon benut wordt om de lagere delen van kas en gewas op te warmen. Hierdoor wordt gewascondensatie voorkomen zonder inzet van minimum buis
- De gewasactiviteit komt vanzelf op gang door de binnenkomende zonne-energie, het gewas hoeft niet extra geactiveerd te worden
- Door de homogene temperatuurverdeling kan een relatief hoge RV worden aangehouden, dit leidt tot minder ventilatie en dus minder CO₂ verlies door de luchtramen.
- CO₂ dosering voldoende om het PAR licht maximaal te benutten.

De huidmondjes zullen in deze situatie waarschijnlijk nog niet sluiten vanwege waterstress, tenzij kortstondig bij snelle toename van de verdamping. Dankzij de hoge RV, zonodig op peil gehouden met een vernevelinstallatie, zal de verdamping iets lager zijn dan gangbaar waardoor de huidmondjes langer en verder open blijven.

Nader onderzoek moet uitwijzen wat de optimale combinatie is van de stand van de huidmondjes (huidmondjesgeleiding) en CO₂ niveau als functie van de beschikbare PAR. Als de huidmondjes ver geopend zijn (hoge geleiding) dan kan er voldoende CO₂ worden toegevoerd bij een relatieve lage concentratie. Als de huidmondjes meer gesloten

staan (lage geleiding) dan is een hogere CO₂ concentratie in de kas nodig om voldoende CO₂ aan het blad te kunnen toevoeren op het beschikbare PAR licht te benutten. Hoe hoger de CO₂ concentratie in de kas, hoe meer CO₂ er door de luchtramen verloren gaat.

6.6 De dag situatie bij lage instraling

Bij lage instraling hoort een lage verdampingsnelheid, en dat zal in de regel weinig problemen opleveren voor de plant in termen van stress door watergebrek of iets dergelijks.

Afhankelijk van het jaargetijde en dus de buitentemperatuur kan in deze situatie de stookbehoefte hoger of lager zijn, en ook kan de noodzaak tot ventilatie meer of minder zijn.

Voor de kweker zijn er dan verschillende combinaties van factoren en keuze mogelijkheden die problemen kunnen opleveren:

- In de winter kan de straling zodanig laag zijn en de buitentemperatuur eveneens zodanig laag dat de kosten van extra stoken bij het openen van het energiescherm nauwelijks opwegen tegen de extra groei als gevolg van het binnenkomend licht. Dit kan een afweging zijn om in feite de nachtsituatie langer te laten voortduren c.q. de dagsituatie eerder te beëindigen.
- In het voor- en najaar kan een situatie ontstaan waarbij het kasklimaat thermisch min of meer in balans is met slechts weinig ventilatie door de luchtramen. Hierbij kan er wel een vochtprobleem in de kas ontstaan doordat de afvoer van voelbare en latente warmte door de luchtramen niet in de pas lopen.
- Het is bekend dat veel gewassen moeite hebben met wisselende weersomstandigheden. De overgang van enkele donkere dagen naar een zonnige dag levert vaak extra stress op.
- Bij enerzijds lage instraling en anderzijds een lage stookbehoefte ontstaat er in de kas een 'dood klimaat' met weinig verdamping en luchtbeweging. In combinatie met hoge RV is er risico van gewascondensatie. Door de beperkte verdamping kunnen elementen zoals Calcium moeilijker worden opgenomen, waardoor ook de kans op fysiologische afwijkingen zoals broeikoppen of bladrandjes wordt vergroot.

Vanwege de genoemde en gelijksoortige situaties grijpen tuinders in de praktijk vaak naar het middel van 'activeren' van het gewas. Door het inzetten van minimum buis in combinatie met extra ventilatie wordt getracht vochtproblemen te voorkomen en de plant 'actief te houden'. Ondanks het feit dat door onderzoek is aangetoond dat dit activeren geen aantoonbare positieve effecten heeft op de productie wordt het in de praktijk vaak toegepast, met onnodige energiekosten als gevolg.

In deze situatie met lage instraling wordt de optimale klimaatregeling volgens de omschreven doelstellingen bereikt door:

- Het verzorgen van voortdurende luchtbeweging in de kas met verticale ventilatie. Hierdoor worden temperatuur verschillen vereffend, onderhoudt de plant een gelijkmatige verdamping en worden groeistoringen mogelijk beperkt.
- Hierdoor hoeft niet onnodig gestookt en gelucht te worden om de plant 'te activeren'
- Voldoende CO₂ doseren om het beschikbare PAR licht volledig te benutten. Nader onderzoek moet uitwijzen wat de optimale combinatie is van huidmondjes geleiding en CO₂ niveau als functie van de beschikbare PAR.

6.7 De dag situatie bij hoge instraling

Bij hoge instraling hoort een hoge verdampingsnelheid, en dan kan op den duur watergebrek ontstaan in de plant. Er dreigt (plaatselijke) uitdroging c.q. turgorverlies en hierop zal de plant reageren door (plaatselijk) de huidmondjes gedeeltelijk te sluiten. Het is heel aannemelijk dat de bekende 'namiddag depressie' die bij veel planten optreedt vooral veroorzaakt wordt door watergebrek in combinatie met een lage RV van de lucht.

Het gedeeltelijk sluiten van de huidmondjes betekent echter niet dat de verdamping hierdoor evenredig minder wordt. Men zou dit kunnen denken, maar in de praktijk blijkt de verdamping ook tijdens stressmomenten onveranderd

hoog te blijven. Vanuit de energiebalans is dat verklaarbaar. Immers als de verdamping aanzienlijk zou verminderen, waar blijft dan de rest van de opgevangen energie? Hierdoor zou tenminste de bladtemperatuur sterk moeten stijgen, en dat wordt niet waargenomen in gewassen zoals tomaat, paprika en roos, tenzij in extreme gevallen van waterstress.

De verklaring is dat de blad poogt om de verdamping te verminderen door het sluiten van de huidmondjes, maar dat dit wordt tegengewerkt door het oplopen van de VPD.

In de praktijk worden verschillende methoden aangewend om stresssituaties, waarbij de plant in moeilijkheden komt door watergebrek en te hoge planttemperaturen te voorkomen:

- Het wegschermen van licht. Hierdoor wordt de verdamping verlaagd en komt de waterbalans weer op orde, maar het betekent tegelijk een verlaging van de potentiële fotosynthese en daarmee een verlaging van de potentiële groei. Alleen bij gewassen waar lichtverzadiging optreedt kan het toelaten van hoge lichtniveaus schadelijk zijn. Overigens wordt de kasttemperatuur veelal niet lager door schermen, omdat het scherm ook een thermische isolatie vormt. Weinig licht en hoge temperatuur is meestal niet gunstig voor het gewas.
- Het verhogen van de CO₂ concentratie. Hierdoor wordt het sluiten van de huidmondjes deels gecompenseerd (lagere geleiding wordt gecompenseerd door een hoger concentratie verschil) en blijft de fotosynthese op een hoog niveau. Dit echter wel ten koste van een hoge CO₂ emissie, en het is bovendien de vraag of de fotosynthese in geval van waterstress optimaal is.

Vanuit de energie balans geredeneerd is de meest effectieve methode echter het verhogen van de RV in de kas. Het blijkt dat hierdoor de verdamping wordt teruggebracht met 5 – 15% ten opzichte van een situatie met lage RV.

Doordat hierdoor de wortels de aanvoer van water benodigd voor de verdamping beter en langer volhouden zal de stress verminderen, de huidmondjes blijven (meer) open, en de fotosynthese gaat goed door zonder verdere verhoging van de CO₂ concentratie.

In deze situatie met hoge instraling wordt de optimale klimaatregeling volgens de omschreven doelstellingen dus bereikt door:

- Het aanhouden van een hoge luchtvochtigheid deels door minder te ventileren, deels door zonodig water te vernevelen met een nevel installatie.
- Door de hoge RV is planttechnisch een hogere kasttemperatuur mogelijk, waardoor de energie inhoud van de kaslucht hoger wordt. Hierdoor wordt per kg uitgewisselde lucht met buiten meer energie afgevoerd en kan het ventilatievoud verminderd worden bij de zelfde energie toevoer van de zon. Door de verminderde ventilatie wordt de CO₂ concentratie in de kas hoger bij de zelfde doseerkosten.
- Omdat de piekverdamping wordt afgeremd komt de plant minder in stress en blijven de huidmondjes langer open.
- Hierdoor kan ook meer PAR licht toegelaten worden door minder te schermen
- Voldoende CO₂ doseren om het beschikbare PAR licht volledig te benutten. Nader onderzoek moet uitwijzen wat de optimale combinatie is van huidmondjes geleiding en CO₂ niveau als functie van de beschikbare PAR
- Het gevolg van bovenstaande effecten biedt potentie voor meer groei en hogere productie
- Door de hogere kasttemperatuur overdag kan 's nachts een lagere temperatuur worden aangehouden (temperatuursintegratie) waardoor energie kan worden bespaard.

De rol van de huidmondjes is in deze situatie van groot belang. Het monitoren van het huidmondjes gedrag kan de informatie leveren om:

- De vernevel installatie in te zetten als sluiting door overmatige gewasverdamping dreigt. En niet eerder opdat niet onnodig wordt verneveld als de plant zelf de verdamping nog goed aan kan.
- De watergift te vergroten of de frequentie van druppelbeurten te verhogen als watertekort gesignaleerd wordt
- De CO₂ dosering te verminderen als sluiting als gevolg van te hoge CO₂ gesignaleerd wordt.
- Het zonnescherm in te zetten als blijkt dat ondanks genoemde maatregelen waterstress dreigt doordat de plant de hoeveelheid zonne-energie niet kan verwerken.

6.8 De situatie aan het einde van de dag bij afnemend licht

Aan het eind van de dag als het licht afneemt krijgt de plant het weer 'gemakkelijker' omdat de energietoevoer vermindert en dus ook de noodzakelijke verdamping voor de koeling. Wel speelt hierbij een belangrijke rol hoe de plant de voorgaande uren van hoge verdamping en dus potentiële stress is doorgekomen. In de praktijk wordt vaak aangenomen dat de plant 'uitgeput' is na een warme dag en daarom wordt nogal eens overgegaan tot het zogenaamde 'lucht knijpen' of 'vochtsparen'. Door minder te ventileren blijft er meer vocht in de kas, de RV loopt op en niet zelden wordt het in de kas zelfs koeler dan buiten. Vanuit de energiebalans is dit weer relatief eenvoudig te verklaren. Omdat de absolute straling afneemt, loopt ook de verdamping terug en krijgt de plant de waterhuishouding weer op orde. Met als gevolg dat het gewas dankzij het natte bol effect energie uit de kas kan absorberen. Omdat na een warme zonnige dag ook de RV buiten vaak daalt ontstaat er meer ruimte voor adiabatistische koeling.

In deze situatie zullen de huidmondjes gewoonlijk geen reden hebben om te sluiten en kan het fotosynthese proces doorgaan om het aanwezige PAR licht volledig te benutten.

In deze situatie met afnemende instraling wordt de optimale klimaatregeling volgens de omschreven doelstellingen dus bereikt door:

- Het aanhouden van een hoge luchtvochtigheid door minder te ventileren, 'vochtsparen',
- Door de combinatie van hoge RV en hogere kastemperatuur wordt de energie inhoud van de kaslucht hoger zodat het ventilatievoud verminderd kan worden. Hierdoor wordt de CO₂ concentratie in de kas hoger bij de zelfde doseerkosten.
- Omdat de piekverdamping wordt afgeremd komt de plant minder in stress en blijven de huidmondjes langer open.
- Hierdoor kan ook meer PAR licht toegelaten worden door het eventuele scherm eerder weer te openen
- Voldoende CO₂ doseren om het beschikbare PAR licht volledig te benutten. Nader onderzoek moet uitwijzen wat de optimale combinatie is van huidmondjes geleiding en CO₂ niveau als functie van de beschikbare PAR
- Als gevolg van bovenstaande effecten is meer groei en hogere productie mogelijk
- Door de hogere kastemperatuur overdag kan 's nachts een lagere temperatuur worden aangehouden (temperatuursintegratie) waardoor energie kan worden bespaard.

6.9 Optimale inzet van de Aircobreeze ventilatoren

We hebben gezien dat luchtbeweging boven het gewas bevorderlijk is voor een goed microklimaat. Hiervoor kunnen Aircobreeze ventilatoren worden ingezet. Maar het zou ook weer onnodige energie kosten om de Aircobreeze aan te zetten terwijl er volop gelucht wordt en er voldoende luchtbeweging is door de wind.

Hierdoor rijst de vraag: onder welke omstandigheden moet de Aircobreeze (zeker) aan, en onder welke omstandigheden mag de Aircobreeze (zeker) uit?

Welnu globaal kan gesteld worden dat de Aircobreeze zeker nuttig is indien:

- de luchtramen gesloten zijn
- het energie – en /of zonnescherm en/of verduistering gesloten is
- de assimilatie belichting aan is
- het gewas nat is vanwege een gietbeurt
- er sprake is van (ongewenste) verticale en/of horizontale temperatuur verschillen

En het inzetten van Aircobreeze heeft weinig of geen toegevoegde waarde indien:

- door geopende luchtramen voldoende luchtbeweging in de kas is

Overigens blijven er dan nog steeds twijfelgevallen over. Bijvoorbeeld vonden de medewerkers van de Fa Zuiderwijk het prettig als de Aircobreeze op hete dagen bleef draaien vanwege het extra verkoelend effect van de ventilatoren.

De vraag is of het mogelijk is om de inzet van Aircobreeze verder te optimaliseren om zodoende het stroomverbruik nog verder te verminderen. Het is bijvoorbeeld denkbaar dat het microklimaat in een niet of weinig gestookte kas voldoende 'actief' kan zijn door de Aircobreeze niet continu maar met tussenpozen te laten draaien. Nader onderzoek, wellicht specifiek voor verschillende gewassen en teeltwijzen, zal dit moeten uitwijzen.

7 Teelkundige aspecten

7.1 Gerbera

Door het gebruik van Aircobreeze ventilatoren komen er vragen op, over het effect van ventilatoren op groei, maar vooral over het effect van luchtbeweging op schimmelziekten als *botrytis* en meeldauw.

7.1.1 Botrytis cinerea

Botrytis is een schimmel meer een zeer breed waardplantenreeks (>200 waardplanten), zonder specialisatie. Botrytis besmet de bovengrondse plantendelen en gedijt goed in een gematigd klimaat, zowel in buitenteelten, als kassen. De schimmel heeft een necrotrofe levenswijze, dat wil zeggen dat gastheerweefsel wordt afgedood voor kolonisatie. Verzwakt gastheerweefsel of wonden bevorderen de ziekte. De sporen kunnen binnen enkele uren kiemen bij temperaturen tussen, 0-30°C, maar optimaal is 20-25°C, waarbij vrij water of hoge RV (>93%) in grenslaag of in wond vereist is. Tussen cultivars zijn grote genetische verschillen in gevoeligheid voor botrytis. De sporen zijn gevoelig voor UV-straling en hoge temperaturen. De levensduur van sporen is 10 min (gekiemde sporen) tot jaren (ongekiemde sporen). Het maken van sporen is afhankelijk van hoeveelheid voor Botrytis beschikbaar weefsel en afhankelijk van vocht en temperatuur. Het vrijkomen van sporen is afhankelijk bij daling van RV en door luchtbeweging en telersactiviteiten. In Figuur 7.1 en 7.2 is te zien wat voor schade Botrytis onder andere veroorzaakt aan de Gerberabloemen. Door aantasting van Botrytis kunnen ook zgn. 'rotkoppen' ontstaan, hierbij begint een buisbloem te rotten, waarna de bloembodem wordt aangetast. Hierdoor gaat een deel van de lintbloemen slap hangen. Kort daarna hangen alle lintbloemen slap en begint de nek te buigen. De nek buigt door en snoert in. De lintbloemen laten (na aanraking) los. Het slap gaan is 6 a 7 dagen na infectie zichtbaar. Belangrijk is dat naast allerlei andere factoren, de cultivar een erg grote invloed heeft op het kunnen ontstaan van 'smet' en 'rotkoppen'.



Figuur 7.1. Grote en kleine pokken op gerberabloem (smet).




Figuur 7.2. Botrytisoorgroei in Dino.

7.1.1.1 Botrytisonderzoek

Er is al een aantal jaren botrytisonderzoek bezig bij Gerbera en in een uitgebreid bedrijfsvergelijkend onderzoek is een aantal belangrijke conclusies staan in onderstaande sheets.

Conclusies (1)

- Er zijn 5 hoofdfactoren voor *Botrytis* in Gerbera:
 1. Ventilatoren
 2. Plantdichtheid
 3. Intensiteit groeilicht
 4. Lichtsom
 5. Lengte van de nacht
- Alle factoren hebben een directe invloed op het microklimaat!!!




Conclusies (2)

Sporendruk

- Een zeer lage sporendruk leidt tot weinig pokken
- Bladeren zijn bron voor sporen
- Een hoge sporendruk komt door laag vochtdeficit in het microklimaat van de bladeren
- Sturing op een droog en actief microklimaat in de bladeren vermindert kans op pokken in oogst

Besmetting

- RV tussen de bladeren heeft een duidelijke invloed op pokken
- Een droog en 'actief' microklimaat met ventilatoren, assimilatiebelichting en een open plant (niet te veel bladmassa) vermindert de kans op botrytis
- Voor een goede klimaatregeling tegen *Botrytis* moet je niet op de meetbox sturen, maar op microklimaat



Figuur 7.3. Effect ventilatoren op ontstaan van pokken op bloemen.

- Ventilatoren: minder pokken door een droger microklimaat
- Vochtdeficitiet: een droger klimaat in de nacht één week voor de oogst gaf minder *botrytis*

Tabel 7.1. Niveau van vochtdeficiet voor enig en hoog risico voor botrytis besmetting.

	Enig risico	Hoog risico
dag (bloem)	5.25 g/ m ³	2.25 g/ m ³
Nacht (blad)	2.25	0.75 g/ m ³

Advies: nacht blad droog houden en overdag de bloemen op een hoog vochtdeficiet houden

- licht: veel licht tijdens de 3 dagen voor de oogst kan het aantal bloemen met pokken verlagen, omdat door veel instraling de levensvatbaarheid van sporen snel daalt
- Assimilatielicht: het gebruik van meer belichting in de avond- en ochtenduren geeft minder *Botrytis*
- Plantdichtheid: hoge plantdichtheid geeft meer *Botrytis*
Een open gewas leidt tot een droger microklimaat in het gewas en daardoor tot minder botrytis, de openheid van het gewas is sterk rasafhankelijk

Toch gaf een hoge luchtvochtigheid en hoge sporendruk geeft niet per se veel botrytis. Eén bedrijf had weinig pokken op de bloemen, ondanks veel sporen en een hoge vochtigheid. Dit bedrijf had dan wel de hoogste intensiteit belichting, de hoogste lichtsom, ventilatoren en de laagste plantdichtheid.

Onderstaande sheet geeft aan waar gemeten moet worden om het microklimaat te meten, maar er zal er op sensoreng gebied nog verbeteringen moeten plaats vinden om op veel plaatsen betrouwbaar te kunnen meten en er zullen onderzoeksresultaten van 'meetboxen' vertaald moeten worden naar 'microklimaat'.

Meten microklimaat

- Microklimaat meten voorkeur boven meetbox
 - Sterker verband "bloem" en "blad" met pokken dan meetbox
 - Blad producent van sporen (in afstervend weefsel)
 - Bloem is vangplaat
- Waar?
 - Op bloem en blad: nacht van belang
 - Tussen blad: hier zit bron in afstervend weefsel
- Hoe?
 - Goed meten: alleen extra sensoren tussen blad en/of op bloem
 - Beter meten: sensoren tussen blad + extra kunstbloem



Figuur 7.4. Meten microklimaat.

7.1.1.2 Onderzoek Aircobreeze

Om een idee te hebben van de eventuele invloed van de Aircobreeze op botrytis zijn er enkele toetsen uitgevoerd met bloemen van twee telers; één met Aircobreeze en één zonder Aircobreeze (buurman). Deze toetsen zijn vijf keer uitgevoerd.

In Tabel 7.2 en 7.3 staan de resultaten van botrytisaantasting en uitbloei na beoordeling van 10 bloemen per cultivar. Deze bloemen zijn door een medewerker van Wageningen UR Glastuinbouw gehaald en beoordeeld in de uitbloeiruimte. Het klimaat van de uitbloeiruimte was 20 °C en 60% RV volgens de internationaal geldende afspraken.

Tabel 7.2. Botrytisaantasting.

	Botrytisaantasting					
	Teler A	Teler B	Teler A	Teler B	Teler A	Teler A
	pink eye	pink eye	red explosion	red explosion	harley	kimsey
10-mrt	1.7	1.6	1.1	1.0	1.3	1.1
7-apr	1.7	1.8	1.1	1.0	1.2	1.0
21-apr	1.4	1.5	1.0	1.0	1.0	1.3
6-mei	1.7	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0
19-mei	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.1

Botrytis scores: 1=geen aantastingen, 2 is aantal kleine sporen, 3 = veel kleine sporen en/of enkele grote sporen.

Uit de tabel is te zien dat de verschillen klein zijn en dat alleen in Pink Eye noemenswaardige aantasting is ontstaan. Het grootste verschil is ontstaan op 6 mei. De verschillen zijn zo klein dat geconcludeerd kan worden dat de Aircobreeze geen negatieve invloed gehad heeft op de botrytisaantasting

Tabel 7.3. Uitbloei per teler en per cultivar in dagen.

Houdbaarheid (dagen)	Teler A	Teler B	Teler A	Teler B	Teler A	Teler A	Opmerkingen
Datum	Pink eye	Pink eye	Red explosien	Red explosien	Harley	Kimsey	
10-mrt	17.0	16.4	15.7	15.7	16.8	18.9	
7-apr	16.4	16.1	15.9	16.8	14.0	18.1	Teler A: mijtschade en aan het eind meeldauw Teler B: meteen meeldauw
21-apr	15.7	16.4	22.4	22.4	14.3	17.0	Teler A: mijtschade en zwarte toppen aan lintbloemen (red E) Teler B: mijtschade, meeldauw, en zwarte toppen lintbloemen (red explosien)
6-mei	13.5	6.8	16.6	10.3	14.1	15.4	Geen voorbehandeling Teler A: zwarte punten bij red e. Teler B: meeldauw
19-mei	20.0	19.5	21.9	22.6			Teler B: mijtschade en veel meeldauw

De uitbloei was niet verschillend tussen de telers, behalve toen er per ongeluk niet werd voorbehandeld op 6 mei. De bloemen van teler A (met Aircobreeze) hadden toen een beduidend langer vaasleven dan de bloemen van teler B.

In Figuur 7.4, 7.5 en 7.6 zijn de variëteiten weergegeven.



Figuur 7.4. 'Pink Eye'.



Figuur 7.5. 'Red Explosion'.



Figuur 7.6. Links 'Harley' en rechts 'Kimsey'.

7.1.2 Meeldauw

7.1.2.1 Levenswijze en herkenning

In Gerbera zijn twee echte meeldauwsoorten actief, namelijk *Sphaerotheca fusca* en *Erysiphe cichoracearum*. De eerste maakt aanvankelijk ronde, witte meelachtige vlekken op de bovenkant van de bladeren, maar deze vlekken zijn gemakkelijk af te wrijven, waarbij het blad groen blijft. Erisphe geeft de vlekken meer geconcentreerd rond de nerven

Echte meeldauw leeft bijna geheel uitwendig op de plant. Na kieming van de spore ontstaan er kleine witte vlekjes van mycelium (schimmeldraden) die steeds verder uitgroeien. Op het moment dat de schimmel sporendragers met ketens van sporen gaat ontwikkelen krijgt de schimmelplek het bekende poederachtige uiterlijk. De schimmel onttrekt voedsel aan de cellen door haustoriën, organen die in de cellen van de opperhuid groeien. Meeldauw vereist geen extreme klimaatomstandigheden voor kieming en kan dus kiemen bij hoge en lage luchtvochtigheden en vrij water is niet noodzakelijk in tegenstelling tot bijvoorbeeld botrytiskieming.

Enkele voorbeelden van meeldauw in de teelt van Gerbera zijn weergegeven in Figuur 7.7 en 7.8.



Figuur 7.7. Meeldauw op 'Red Explosion'.



Figuur 7.8. Meeldauw op gerberablade.

7.1.2.2 Verspreiding

Echte meeldauwsporen worden vooral verspreid door de lucht en blijven tot 14 dagen kiemkrachtig. Besmettingsbron kunnen planten in de eigen kas zijn, maar er kunnen ook sporen via de luchtramen de kas binnenkomen. Door de normale luchtverplaatsing in de kas kan de verspreiding vrij snel plaats vinden.

7.1.2.3 Voorkomen/bestrijding

Voorkom sterke fluctuaties in temperatuur en RV, omdat dat de ziekteontwikkeling bevordert. Het heeft geen zin om een minimumbuis te gebruiken om meeldauw te voorkomen, omdat de RV geen grote invloed heeft op de aantasting.

In de meeste gevallen is dit niet mogelijk en is bestrijding noodzakelijk. Hiervoor zijn een aantal middelen toegelaten, maar door de vele toelatingswijzingen, is het verstandig om op de site van het CTB (college toelating bestrijdingsmiddelen) te kijken welke middelen toegelaten zijn.

7.1.2.4 Conclusie

Ook zonder ventilatoren verspreiden de aanwezige meeldauwsporen zich gemakkelijk door de kas. Het is belangrijk om goed te scouten op meeldauw en de eerste plekje, die vooral onderin het gewas lijken te beginnen, goed te bestrijden. Dan zal de besmettingsdruk laag blijven en bij goed raken, zal de aantasting niet steeds vanuit het onder gewas naar boven komen.

7.2 Matricaria

7.2.1 Teelt van Matricaria

Matricaria (Kamille) maakt deel uit van de composietenfamilie (*Asteraceae*). Deze eenjarige zomerbloem komt van origine uit Oost-Europa. In Nederland wordt deze voornamelijk geteeld als snijbloem. De opweek vindt plaats vanuit zaad. Na de opweek worden de jonge plantjes uitgeplant in de volle grond. Matricaria wordt jaarrond geteeld. Een teelt duurt 7 tot 14 weken. Teeltproblemen die bij Matricaria voorkomen zijn brandkoppes en harteloosheid. In beide gevallen wordt het groeipunt in het hart van de plant bruin en sterft af. Indien dit in een jong stadium gebeurt, wordt het harteloosheid genoemd. De plant is dan ongeveer 10 cm hoog (Figuur 7.9).



Figuur 7.9. Harteloze Matricaria.

In een later stadium wordt het brandkop genoemd (Figuur 7.10). Vanaf ongeveer 20 cm is de plant erg gevoelig voor brandkoppen. Het hart zit dan diep in de plant. Takken die boven het gewas uitsteken of op droge plekken in de bodem staan hebben minder last van brandkoppen. Hartelozen ontstaan juist meer bij droge bodem. Ook bij de planten langs het pad komt het minder voor. Ervaring van de teler is dat deze problemen vooral voorkomen bij een 'dood' klimaat. Dit komt vooral voor van februari tot april en in oktober en november. Dit is een klimaat waarbij de lucht-ramen dicht zijn, de instraling laag is en de relatieve vochtigheid oploopt. Er is dan weinig luchtbeweging in de kas. Bij een langdurig hoge RV is het blad dat gevormd wordt groter en slapper en is er meer lengteontwikkeling. Het hart zit dan nog dieper in de plant en is gevoeliger voor harteloosheid of brandkoppen. Bij een lage RV blijven de planten korter.



Figuur 7.10. Matricaria met brandkop.

Vanwege het dichte gewas zijn onderin soms smeulblaadjes te vinden. Dit vindt bij dezelfde klimaatomstandigheden plaats als hartelozen en brandkoppen. De onderste bladeren van de plant worden dan slap, geel, bruin en slijmerig (Figuur 7.11).



Figuur 7.11. Matricaria met smeulblaadje.

Andere problemen zijn de schimmels *Pythium* en meeldauw. Door kwalitatief goed uitgangsmateriaal en middelen-gebruik is dit meestal onder controle.

7.2.1.1 Brandkoppen

Het ontstaan van brandkoppen komt waarschijnlijk door een tekort aan Calcium rondom het groeipunt in combinatie met fysiologische stress (Saure, 1998). Vanuit literatuur bij andere gewassen is bekend dat vooral Calcium belangrijk is voor celstevigheid. Calciumtekort rondom het groeipunt kan meerdere oorzaken hebben. Ook als voldoende Calcium aanwezig is in de bodem, is opname en vooral transport moeilijk, omdat Calcium nauwelijks mobiel is en via de sapstroom getransporteerd moet worden. Onder andere de mate van verdamping en worteldruk hebben hier invloed op. Enerzijds kan door het stimuleren van de verdamping de opname van Calcium verbeterd worden (Chang, 2005). Anderzijds is het mogelijk dat wanneer oudere bladeren te sterk verdampen, het Calcium naar de oudere bladeren gaat, voordat het de jongere delen van de plant kan bereiken. Hierdoor ontstaat toch een tekort aan Calcium in de jongere delen. Terwijl juist groeiend weefsel veel Calcium nodig heeft. Calciumgebrek kan dus zowel het gevolg zijn van een te lage verdamping als van een te hoge verdamping. Vaak hebben juist planten met veel droge stof meer last van brandkoppen, mogelijk door een te lage Calciumtoevoer ten opzichte van de Calcium-vragende groei, waardoor zwakkere celwanden ontstaan. In lelie is bekend dat de bladverbranding van de bovenste bladeren, net onder de knop, ontstaan doordat die bladeren moeilijk verdampen omdat ze dicht op elkaar zitten en daardoor Ca tekort hebben. Dit probleem ontstaat voordat de knop zichtbaar is. Indien de knop eenmaal zichtbaar is, ontstaat geen bladverbranding meer. In een onderzoek waarbij de bovenste bladeren uit elkaar gevouwen zijn, nam de Calciumconcentratie in die bladeren toe van 0,05% naar 0,20% en nam de bladverbranding af. Het gebruik van verticale ventilatoren ($0,75$ en $0,97 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) gaf aantoonbaar minder brandkoppen (Chang, 2004). Ook werden bij een hogere lichtintensiteit veel minder brandkoppen gevonden, door de hogere verdamping (Chang, 2005). Naast klimaat zijn ook nutriëntengehaltes in de bodem belangrijk. Van kalium, magnesium en vooral ammonium is bekend dat zij door de antagonistische werking de opname van Calcium bemoeilijken.

Vooral in de groenteteelt wordt onderscheid gemaakt tussen broeikoppen en brandkoppen (komkommer) of natte en droge rand (sla). De klimaatomstandigheden waarbij zij ontstaan verschillen sterk. Broeikoppen ontstaan vooral bij donker, kalm weer (weinig licht, hoge RV). De plant kan onvoldoende verdampen en de kop kan daardoor zijn vocht niet kwijt. Door waarschijnlijk de worteldruk beschadigen cellen, wat zich later uit in broeikoppen. Om broeikoppen te voorkomen wordt er bij komkommer voor gezorgd dat de RV niet te ver oploopt, de EC wordt verhoogd om worteldruk te verlagen en de verdamping (vooral van de kop) gestimuleerd doormiddel van een hoge buis om Calcium in de kop te krijgen.

Brandkoppen ontstaan in het algemeen juist vooral bij fel zonnig weer (veel licht, lage RV). De plant kan dan de verdamping niet aan t.o.v. de wateropname, waardoor de planttemperatuur te hoog oploopt. Om brandkoppen te voorkomen wordt vaak de EC verlaagd om vochtopname te bevorderen. Soms wordt de instraling beperkt om de planttemperatuur lager te houden. Ook het niet laten wegzakken van de RV is belangrijk tegen brandkoppen. In komkommer zijn positieve effecten gevonden van verneveling bij het voorkomen van brandkoppen.

Chinees kool in de buitenteelt afdekken met folie zorgt een lager dampdrukverschil doordat het microklimaat vochtiger wordt. Zonder afdekken was het Ca gehalte in de buitenste bladeren hoger en in de binnenste (jongere) bladen lager. Met afdekken was dit juist andersom. Hierdoor was er onder de folie minder tipburn (Hernandez, 2004).

Een onderzoek naar een 'brandkoppen' in *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum*) toont aan dat bij hoge luchtvochtigheid meer dode groeipunten ontstaan dan bij een lage luchtvochtigheid. De koppen van planten met brandkoppen bleken ook minder Calcium te bevatten dan de planten zonder symptomen (Islam *et al.*, 2004).

Dat bij *JB Matricaria* 'brandkoppen' juist ontstaan bij een inactief klimaat, zou kunnen betekenen dat de 'brandkoppen' eigenlijk 'broeikoppen' zijn. Ook dat bij een RV boven 97% meer knoprot ontstaat, kan teken zijn van broeikoppen. Dat het langs het pad minder voorkomt, komt waarschijnlijk doordat langs het pad de RV lager is dan tussen het gewas.

7.2.1.2 Hartelozen

Mogelijk is het fysiologische proces van hartelozen dezelfde als die van broeikoppen, maar dan in een jonger stadium.

Een ander element dat misschien een rol kan spelen is borium. Gebrek aan borium geeft misvormingen in jonge delen en dode groeipunten. Tekort komt bij teelt in de grond echter nauwelijks voor, alleen op zandgrond en/of indien begieten gebeurt met regenwater in plaats van slotwater. Dan dient in het algemeen 10 mmol/l borium meegeven te worden. In slotwater is al voldoende borium aanwezig.

Bij JB Matricaria is er sprake van zandgrond en begieten met regenwater en bronwater. Er wordt al borium meegegeven, waardoor er bij dit bedrijf waarschijnlijk geen sprake is van een boriumtekort.

7.2.2 Opzet

Om te bepalen wat het effect is van Aircobreeze op het gewas Matricaria, zijn gedurende de proef een aantal gewaswaarnemingen gedaan door de teler. Van een aantal vakken met en zonder Aircobreeze is wekelijks lengte, gewicht en aantal bladeren bepaald. Per meting is een gemiddelde plant gemeten. Manier van groei, harteloosheid en brandkoppen zijn visueel beoordeeld en geregistreerd door de teler.

Vanwege het teeltschema was het niet mogelijk om partijen van dezelfde plantleeftijd met en zonder Aircobreeze met elkaar te vergelijken.

7.2.3 Resultaten

Lengte, gewicht en aantal bladeren verschilde niet duidelijk tussen de Matricaria in de vakken met en zonder Aircobreeze. Deze resultaten zijn weergegeven in Tabel 7.4.

Tabel 7.4. *Effect van Aircobreeze op aantal bladeren, gewicht en lengte. Gemiddelde van 9 teelten zonder Aircobreeze en 5 teelten met Aircobreeze van plantweek 14 t/m 26, voor de eerste 8 weken van de teelt.*

Week na planten	Aantal bladeren		Gewicht (g)		Lengte (cm)	
	Aircobreeze	traditioneel	Aircobreeze	traditioneel	Aircobreeze	traditioneel
1	6	7	0	2	0	0
2	8	8	2	2	5	6
3	11	11	9	8	11	12
4	13	15	18	16	22	22
5	15	16	24	24	37	37
6	19	18	32	28	57	59
7	19	19	32	34	68	68
8	20	20	36	33	73	74

Hartelozen zijn gesignaleerd in week 5 bij de jonge planten in de afdelingen met Aircobreeze en de traditionele afdelingen. In week 6 was dit verder toegenomen. In week 9 is glazigheid in de hartelozen en bij de jonge aanplant gesignaleerd en groeit het gewas te zwaar. In week 12 is afdeling 7 geoogst (traditioneel). In week 13 is afdeling 1 geoogst (met Aircobreeze). Hier zat minder slecht blad onderin en was minder botrytis aanwezig. In het begin van deze teelt was de groei zwaar, waardoor de oogst wat ongelijker was. In week 14 werd ondanks wisselende klimaatomstandigheden een goede groei ervaren. Week 16 t/m 20 groeide het gewas vrij zwaar in alle afdelingen. 's

Nachts werd deze periode 100% energie geschermd en het gewas reageerde daar goed op. Week 34 zijn de eerste hartelozen waargenomen bij de kleinste planten met de minste wortels. Verder groeide het gewas goed. De houdbaarheid liep in deze periode iets terug. In week 35 nam de bladlengte snel toe en werd het gewas groot en weelderig. De planten van 2-3 weken oud vertoonden nog steeds hartelozen. De nachten zijn vochtig en de minimumbuis wordt verhoogd. In week 36 is de groei weer normaal, zijn er minder hartelozen en is de houdbaarheid weer toegenomen. Duidelijke verschillen in gewasgroei, houdbaarheid en het voorkomen van hartelozen en brandkoppen tussen de afdelingen met Aircobreeze en traditioneel zijn niet gesignaleerd.

7.2.4 Discussie

De resultaten op gewasniveau maken het aannemelijk dat er met de aangepaste klimaatregelingen en Aircobreeze energiebesparingen zijn te realiseren, zonder dat dit ten koste gaat van het gewas. Er zijn namelijk geen verschillen gesignaleerd in groei en ontwikkeling en houdbaarheid tussen de afdelingen met en zonder Aircobreeze. De problemen met hartelozen en brandkoppen op het bedrijf zijn inmiddels grotendeels opgelost, maar dit komt voornamelijk doordat de teler aan het einde van de proef is overgegaan op het planten in perspotten in plaats van de gebruikelijke grondpluggen. Ervaring van de teler is dat dit een betere weggroei geeft na planten en leidt tot minder uitval. Tijdens de proef waren er geen verschillen waarneembaar in het voorkomen van brandkoppen en hartelozen tussen de afdelingen met en zonder Aircobreeze. Vanuit de literatuur gezien kan luchtbeweging een positief effect hebben op het voorkomen van soortgelijke problemen. In een Amerikaanse onderzoek met lelie gaf het gebruik van verticale ventilatoren met luchtsnelheden van 0,75 en 0,97 m·s⁻¹ aantoonbaar minder brandkoppen (Chang, 2004). Bij lelie is er een duidelijk verband tussen brandkoppen en Calcium gebrek in de jonge bladeren onder de bloemknop (Chang, 2005). Calcium is een element dat belangrijk is voor celstevigheid, maar kan alleen opgenomen worden met de waterstroom mee. Hiervoor is worteldruk en vooral verdamping nodig. De jonge bladeren rondom de kop kunnen onvoldoende verdampen, doordat zij elkaar overlappen (Saure, 1998). Door de ventilatoren wordt deze verdamping gestimuleerd (Chang, 2004). Voor hartelozen en brandkoppen in *Matricaria* is niet bekend of hier hetzelfde fysiologische proces achter zit als bij lelie, maar ook hier overlappen de jonge blaadjes elkaar. In de proef met lelie zijn hogere luchtsnelheden aangehouden dan bij *Matricaria*. Als er hetzelfde fysiologische proces achter zit, is het mogelijk dat bij hogere luchtsnelheden bij *Matricaria* wel brandkoppen en hartelozen verminderd kunnen worden, maar dit zou verder onderzoek vereisen. Het suggereert wel dat er eerder een positief dan een negatief effect te verwachten is van luchtbeweging op het voorkomen van brandkoppen en hartelozen. Gebaseerd op het door de teler waargenomen positieve effect van de perspotten op het voorkomen van brandkoppen en hartelozen, lijkt de manier van opkweek en wortelontwikkeling een belangrijke rol te spelen.

7.2.5 Conclusies en aanbevelingen

De resultaten maken het aannemelijk dat energiebesparing mogelijk is middels de gehanteerde klimaatregeling in combinatie met Aircobreeze, zonder dat dit nadelige gevolgen heeft voor het gewas. Bij de gerealiseerde energiebesparing is er namelijk geen nadelig effect gevonden op groei, ontwikkeling en fysiologische afwijkingen van *Matricaria*.

8 Waarnemingen aan het kasklimaat

8.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de verschillende metingen beschreven. In deze inleiding worden de resultaten in het kort weergegeven. Uit de rookproeven blijkt dat bij de teelt van Gerbera de Aircobreeze de verwachte parapluvormige luchtstroming vertoont met een werkende breedte van 15 meter. Ter hoogte van de bloemen heerst een vrij egale luchtsnelheid van ongeveer 20cm/s. Tussen het bladpakket heerst een lagere snelheid van ongeveer 5 cm/s of meer. Op gewasniveau is er bij Gerbera geen sprake van stilstaande lucht bij het gebruik van de Aircobreeze. Op gewasniveau is de RV nog vaak te hoog, wat erop duidt dat de luchtsnelheid hier niet hoog genoeg is. De warmte van de lampen wordt door de Aircobreeze goed naar beneden geduwd. Bij de teelt van Matricaria is ook de schoepstanden van de ventilator aangepast. De Aircobreeze met 1.5 graden gebogen schoepen heeft boven het gewas een werkingsbreedte van 15 meter. Dit zorgt voor een egale luchtbeweging over de koppen van het gewas. Er vindt een verticale luchtmenging plaats. Binnen het gewas vindt er aanzuiging van lucht plaats naar de onderkant van de ventilator, maar de luchtsnelheid daarvan is laag en de verdeling onderin het gewas is niet zeker.

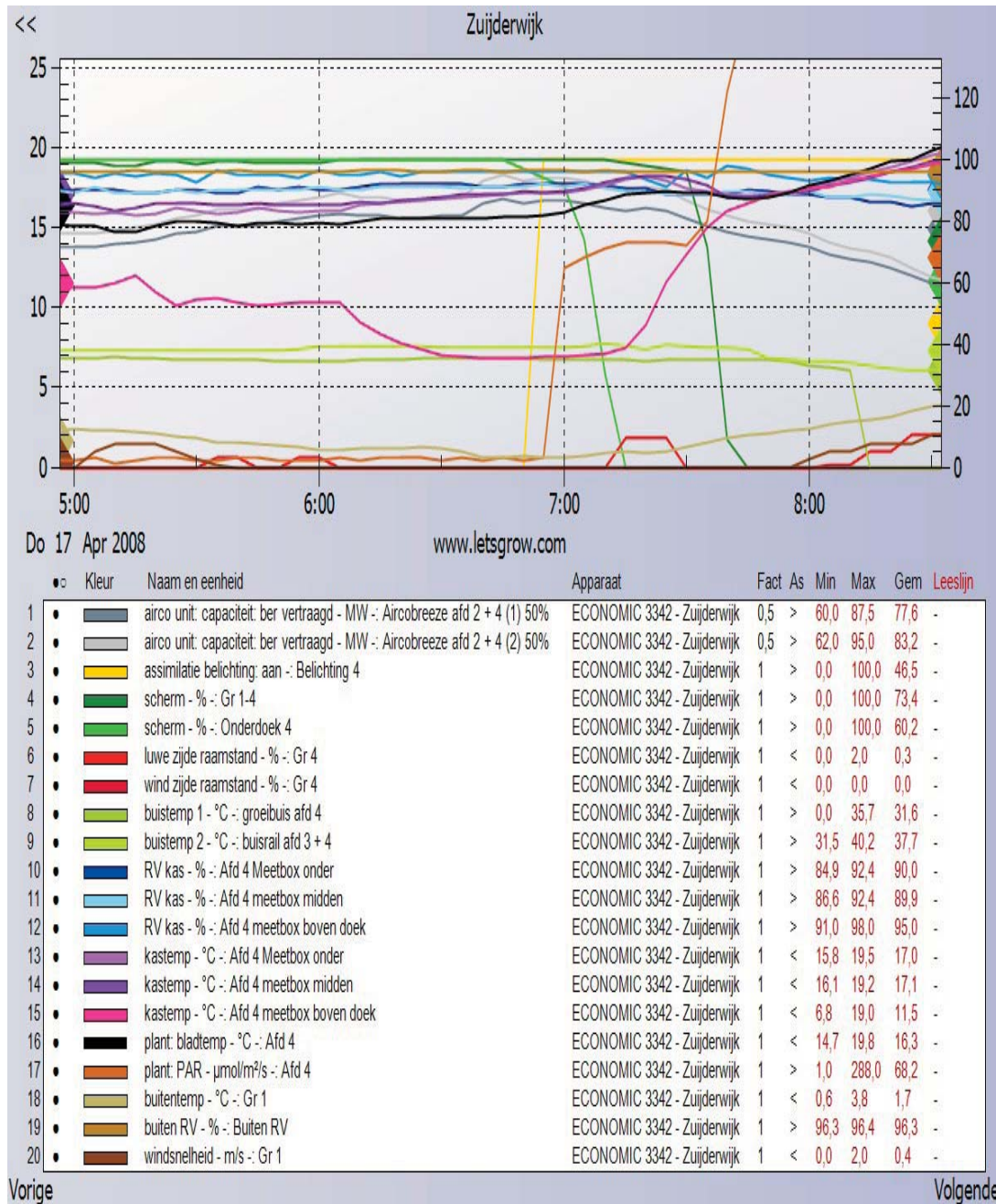
Bij de teelt van Matricaria is ook een proef met akoestische sensoren voor het bepalen van de luchtsnelheid uitgevoerd. Hieruit volgt dat de Aircobreeze de luchtsnelheid nabij het gewas met 32% verhoogt. Tevens zorgt de Aircobreeze voor meer turbulentie, wat goed is voor de menging van de lucht.

Met behulp van draadloze temperatuur en RV sensoren is de temperatuur en RV boven en in het gewas gemeten. De Aircobreeze zorgt, vooral 's nachts voor een gelijkmatige RV, dat wil zeggen dat de RV in het gewas het zelfde is als boven het gewas, ook bij de teelt van Matricaria, waar de luchtindringing van de Aircobreeze gering is. Blijkbaar zorgt het 'roeren' van de lucht boven het gewas toch voor vochtafvoer.

8.2 Luchtbeweging (rookproeven)

8.2.1 Rookproeven en metingen Gerbera

8.2.1.1 Meetdag 17-04-2008



Figuur 8.1. Klimaatdata Zuijderwijk 17-04-2008.

Op het moment van meten tussen 5.00 en 8.30 uur was het een rustig buitenklimaat met weinig wind, een buiten-temperatuur van 2 graden en een erg hoge buiten RV. Tot 7.00 uur waren beide schermdoeken gesloten. Om 6.50 uur ging de belichting aan.

Om de nulsituatie te testen zijn om 7.15 uur (lampen aan, verduisteringsdoek open, schermdoek gesloten, verwarmingsbuizen 35-40 °C) de ventilatoren uitgezet en is er rook in de lengterichting onder het bed geblazen. De rook steeg langzaam (10 cm/sec) op door het gewas heen en steeg vervolgens met een iets grotere snelheid van 20cm/sec naar het doek waar door de warmte van de lampen de rook verdampte.



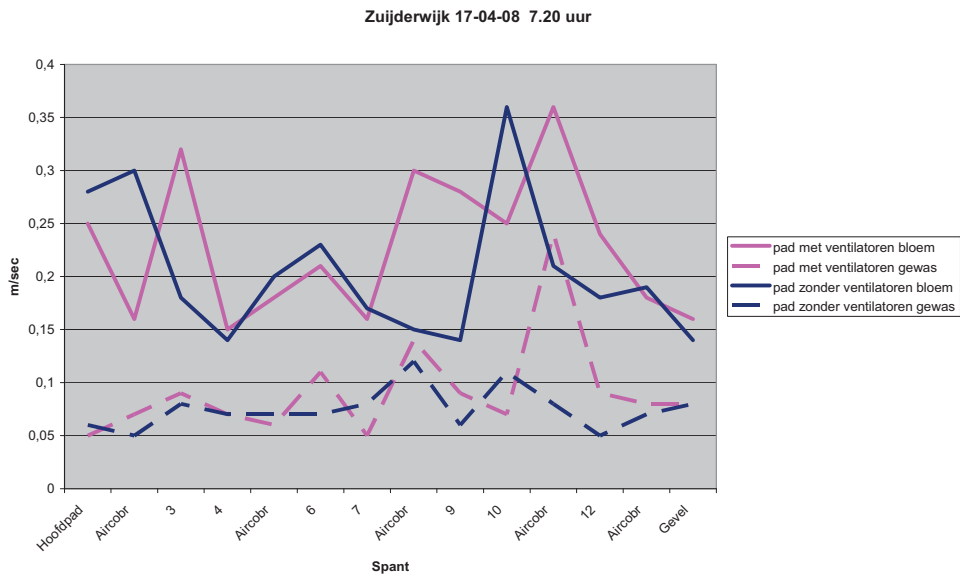
Figuur 8.2. Rook onder het bed gebracht, ventilatoren uit.

Vervolgens is ook rook onder het scherm geblazen in dezelfde situatie. Zoals verwacht ontstond er een stilstaande laag lucht tegen het doek aan. De lampen veroorzaken dus een verticaal gerichte luchtstroom vanaf het gewas met de hoogste luchttemperaturen tegen het doek aan.



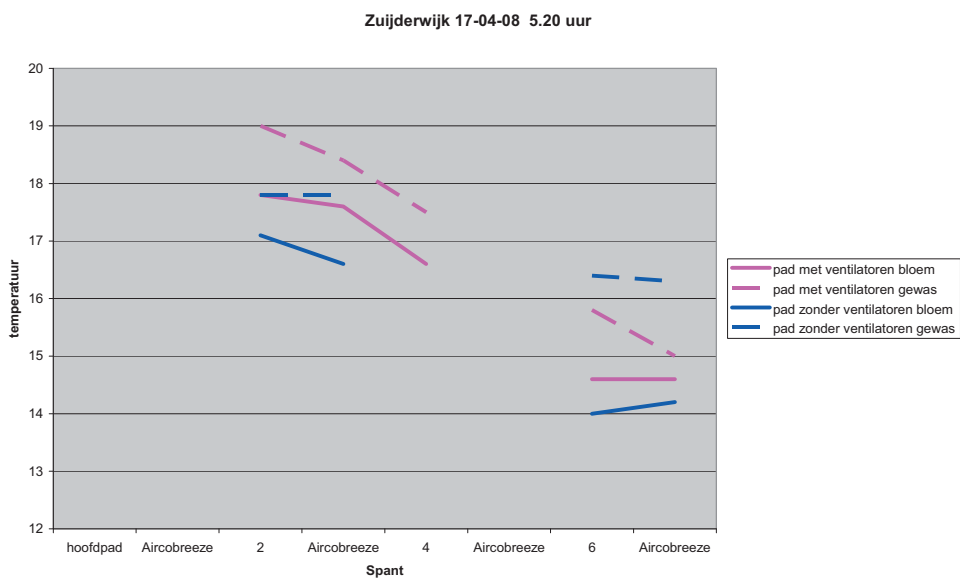
Figuur 8.3. Rook onder het scherm gebracht met de ventilatoren uit.

Na het aanzetten van de ventilatoren om 7.20 uur ontstond het bekende parapluvormige stromingsprofiel met een werkende breedte van 15m. De temperaturen en luchtsnelheden die daarmee bereikt werden zijn per spant gemeten tussen het blad in het midden van het bed en op bloemhoogte. Dat is gebeurd zowel in een pad waarin de Airco-breeze ventilatoren hingen als in het pad precies tussen twee rijen ventilatoren in.

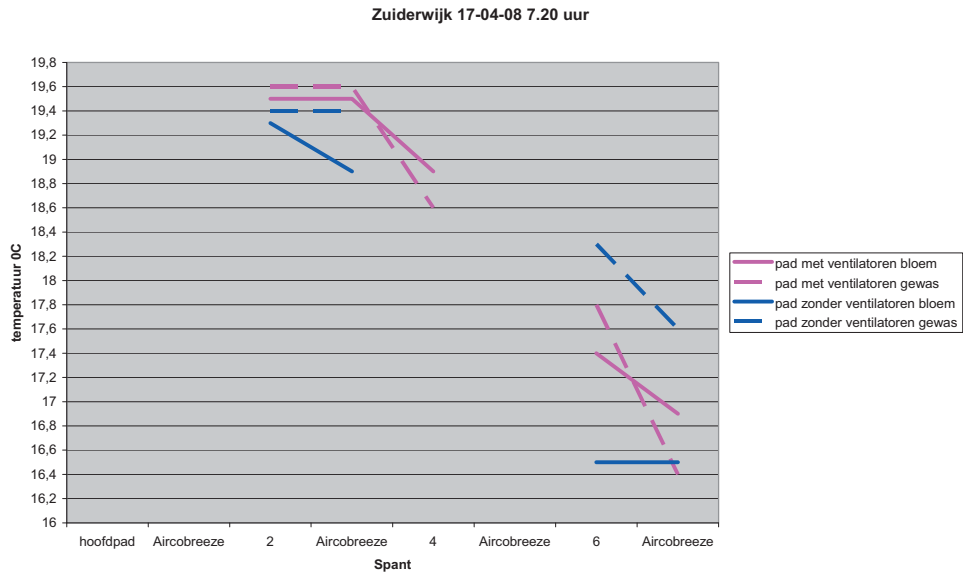


Figuur 8.4. Luchtsnelheden in afdeling 1 door gebruik van de Aircobreeze in twee paden en op twee hoogten.

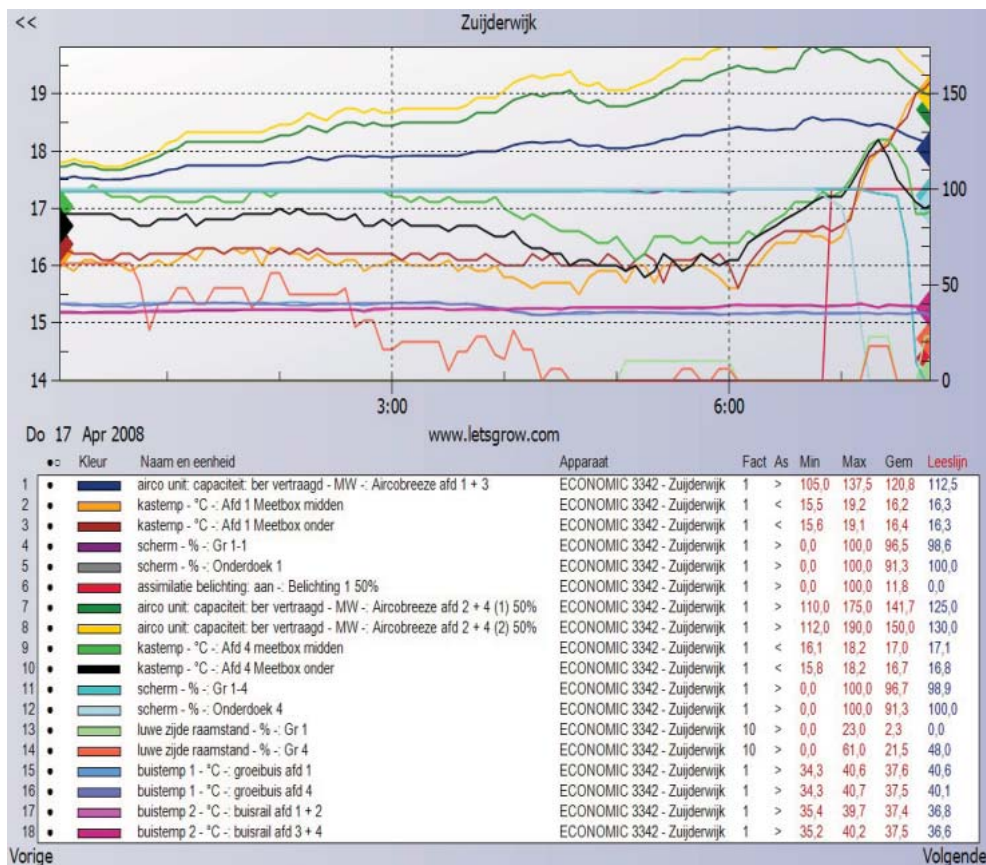
In een ander pad is op twee tijdstippen de temperatuurverdeling bepaald met behulp van de draadloze sensoren.



Figuur 8.5. Luchttemperaturen door gebruik van de Aircobreeze in afdeling 4 in twee paden en op twee hoogten zonder belichting.



Figuur 8.6. Luchttemperaturen door gebruik van de Aircobreeze in afdeling 4 in twee paden en op twee hoogten, met belichting aan.



Figuur 8.7. Verticale temperatuurverschillen in twee afdelingen met Aircobreeze ventilatoren aan.

Geconcludeerd kan worden dat de luchtsnelheden bij het gewas zich bewegen tussen 5 en 35 cm/sec, waarbij de planten in het pad waar de ventilatoren hangen vrijwel gelijke luchtsnelheden ervaren als de planten in het pad pre-

cies tussen twee rijen ventilatoren in. In de lengterichting van een pad heersen vrij gelijke luchtsnelheden. Alleen ter plaatse van de Aircobreeze zijn deze iets hoger. Het blad tussen de planten in ervaart de laagste luchtsnelheden. Uit het temperatuurprofiel in Figuur 8.6 blijkt dat de ventilatoren de lampwarmte goed omlaag stuwen, het gewas in. De temperaturen tussen het gewas zijn in beide paden hoger dan bij de bloemen. In de lengterichting van het bed en zeker bij de gevel lopen de temperaturen sterk naar beneden. Dat kan niet worden geweten aan de ventilatoren, maar moet door extra isolatie of een beter werkende verwarming worden opgelost. Mogelijk is er lokaal geen goede doorstroming van (een deel van) de verwarmingsbuizen.

Figuur 8.7 toont de door de meetpaal vastgestelde verticale temperatuur profielen over de hele nacht. Opvallend is het grote verschil tussen de twee afdelingen. In afdeling 1 is er nauwelijks verschil tussen boven en onder. In afdeling 4 is het onderin duidelijk kouder dan bovenin. Mogelijk is dat een gevolg van het open staan van de ramen in deze afdeling omdat op het moment dat de ramen dicht gaan het temperatuurverschil verdwijnt. Dat onderstreept eigenlijk het belang van vochtafvoer met zo dicht mogelijke ramen of een zo dicht mogelijk scherm. Volgens de computer was het scherm in afdeling 4 de hele nacht volledig gesloten terwijl in afdeling 1 een kleine kier aanwezig was (maar dichte ramen). Ook onderstreept het dat de Aircobreeze beter functioneert naarmate de omhulling beter gesloten is zodat tocht geen invloed kan hebben. De gemiddelde buistemperaturen waren voor beide afdelingen vrijwel gelijk.

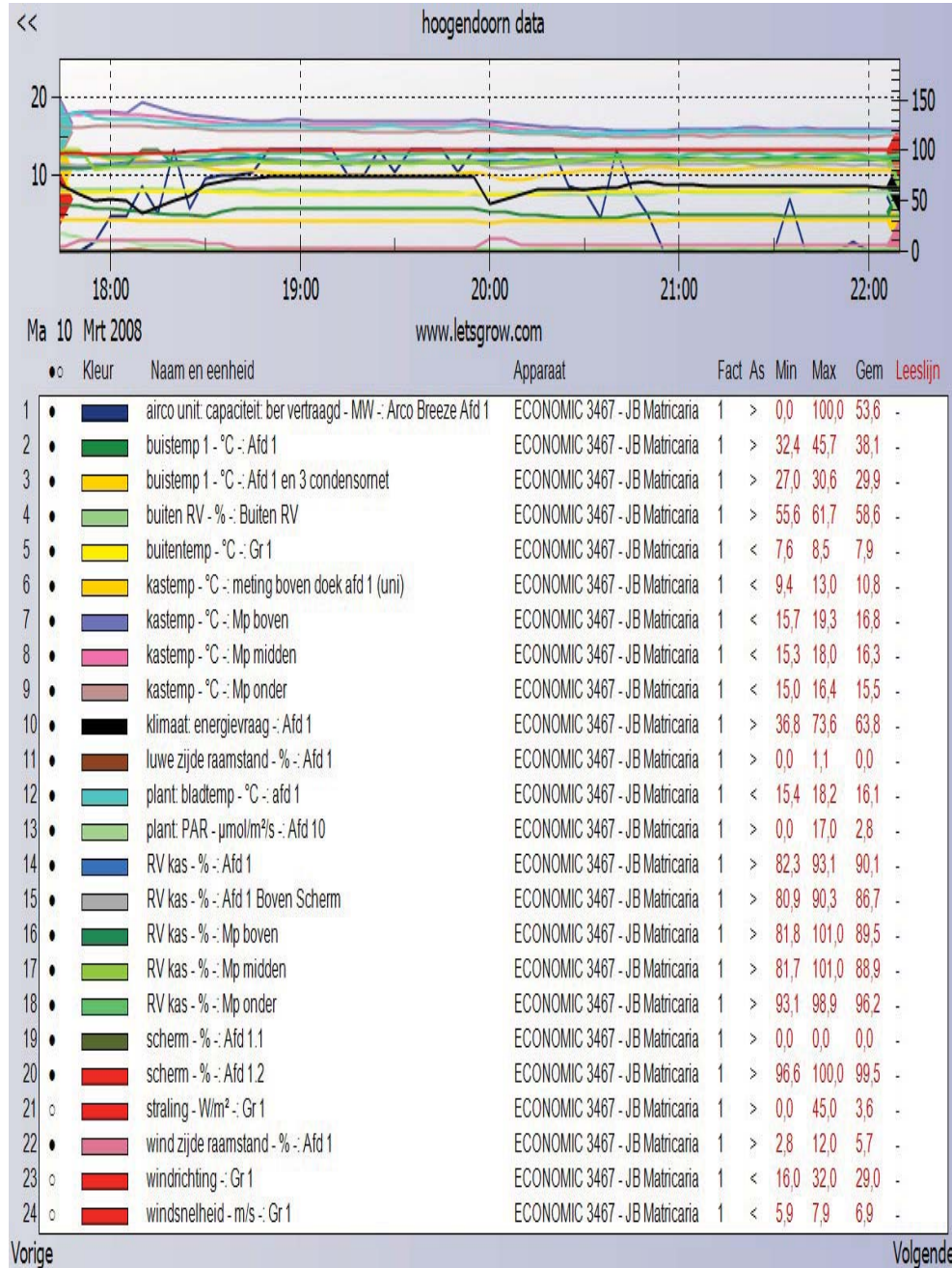
8.2.1.2 Algemene conclusies rookproeven Gerbera

De Aircobreeze vertoont op dit bedrijf de verwachte parapluvormige luchtstroming met een werkende breedte van ongeveer 15m. Ter hoogte van de bloemen heerst een vrij egale luchtsnelheid van ongeveer 20 cm/sec, ook verder weg van de ventilator. Tussen het bladpakket heerst een lagere snelheid van ongeveer 5 cm/sec of meer. Er is dus geen stilstaande lucht op gewasniveau. De RV metingen lijken er op te wijzen dat de luchtsnelheid bij de bloemen goed is, maar tussen het bladpakket te laag. Ondanks het feit dat tussen het gewas een groeibuis ligt die regelmatig gestookt werd is de RV daar toch vaak erg hoog. Het inbrengen van droge lucht of van een grotere luchtbeweging onderin het gewas zou daar mogelijk nog verdere verbetering kunnen brengen. Uit de temperatuur metingen kan de conclusie getrokken worden dat de stand van het luchtraam een grote invloed heeft op de verticale temperatuurverschillen in de kas (veel ventilatie → kouder op plantniveau). Lampwarmte wordt door de Aircobreeze goed naar beneden gestuwd. Als de ramen dicht staan is de temperatuur op plantniveau het hoogst. Dat duidt er op dat een systeem waarbij de vochtafvoer wordt gerealiseerd met een volledig gesloten scherm of ramen extra energiebesparing kan opleveren.

8.2.2 Rookproeven Matricaria

8.2.2.1 Meetdag 10-03-08

Tijdens deze meting is voor de avondperiode nagegaan wat het stromingsprofiel was als gevolg van de Aircobreeze bij een gesloten schermdoek.



Figuur 8.8. Klimaatdata meetperiode 18.18-22.00 uur.

Qua buitenklimaat kan worden gesproken van een rustige meetperiode met een buitentemperatuur van 8 graden en een windsnelheid van 7 m/sec. Tijdens de metingen stond de Aircobreeze steeds op vol vermogen.

8.2.2.1.1 Luchtbeweging in het gewas (meting om 18.18 uur)

Er is rook onderin het gewas geblazen, evenwijdig aan de kasgrond. Het resultaat was dat er nauwelijks rook uit het gewas omhoog kwam. Daar waar dit wel het geval was pakte de Aircobreeze de rook op en verdeelde deze horizontaal boven het gewas.



Figuur 8.9. De rook is onder het gewas geblazen, maar komt nauwelijks omhoog.

De Aircobreeze heeft dus duidelijk geen doordringend effect.

De vraag is wat daarvan de oorzaak is, het dichte gewas of de Aircobreeze zelf?

8.2.2.1.2 Luchtbeweging boven het gewas met en zonder doekkier (meting 18.20 en 18.50)

Er is rook net boven het gewas geblazen op een positie precies onder een kier in het doek en tussen twee ventilatoren in. De rook stijgt op en gaat grotendeels door de kier in het doek. De ventilatoren hebben hier nauwelijks invloed op. Vervolgens is rook direct boven het gewas maar nu onder de Aircobreeze ingeblazen. Dat had als effect dat de rook als een kolom werd opgezogen en vervolgens vlak onder het doek horizontaal in alle richtingen werd verspreid. Er kwam nauwelijks rook terug naar beneden. Dat wijst erop dat de schoepstand van de ventilatoren een te vlakke worp veroorzaakt en daardoor op gewashoogte de lucht niet verplaatst.



Figuur 8.10. De rook wordt onder de Aircobreeze omhoog gezogen maar komt verderop niet naar beneden.

Ook bij een meting zonder kier in het doek treedt hetzelfde beeld op. De rook wordt door de ventilator horizontaal verplaatst over een grote afstand en heeft op gewashoogte geen zichtbare invloed.

8.2.2.1.3 *Meting zonder ventilator (21.45 uur)*

Alle ventilatoren waren uitgezet en het scherm volledig gesloten. De rook is horizontaal boven het gewas verdeeld. Na 1 minuut had de rook zich alleen verticaal verplaatst en blijft nagenoeg stil liggen tegen het doek.



Figuur 8.11. Zonder ventilatoren is er nauwelijks luchtbeweging boven het gewas.

8.2.2.1.4 *Conclusie*

De eindconclusie van deze meetdag is dat zonder ventilatoren de lucht in de hele kas nagenoeg stil staat. Met de ventilatoren wordt de lucht in een cilinder met kleine diameter vanaf het gewas aangezogen en vervolgens net onder het doek vlak uitgeblazen over een grote afstand. Binnen het gewas hebben de ventilatoren geen zichtbare invloed. Om meer luchtbeweging net boven of in het gewas te krijgen zal de uitblaas veel meer verticaal gericht moeten worden.

8.2.2.2 **Meetdag 27-03-08**

Er is een aanpassing gemaakt aan de schoepstand. Deze is 1,5 en 3 graden verbogen. De rookproef laat duidelijk zien dat daarmee de uitblaasrichting, maar daarmee gelijktijdig de werkingsbreedte van de ventilator kan worden bepaald. Het plaatje laat de werkingsbreedte zien bij 3 graden verbuiging. Dat is slechts een hele geringe aanpassing en laat eigenlijk zien dat het systeem als kwetsbaar maar tegelijkertijd als regelbaar moet worden gezien. Net boven het gewas was er bij 1,5 graden schoepstand verandering een diameter van ongeveer 15m in beweging. Bij 3 graden schoepstand verandering 7m. Binnen het gewas was er alleen sprake van zichtbare luchtbeweging net onder de ventilator. Het grootste deel van het gewas bevat stilstaande lucht.

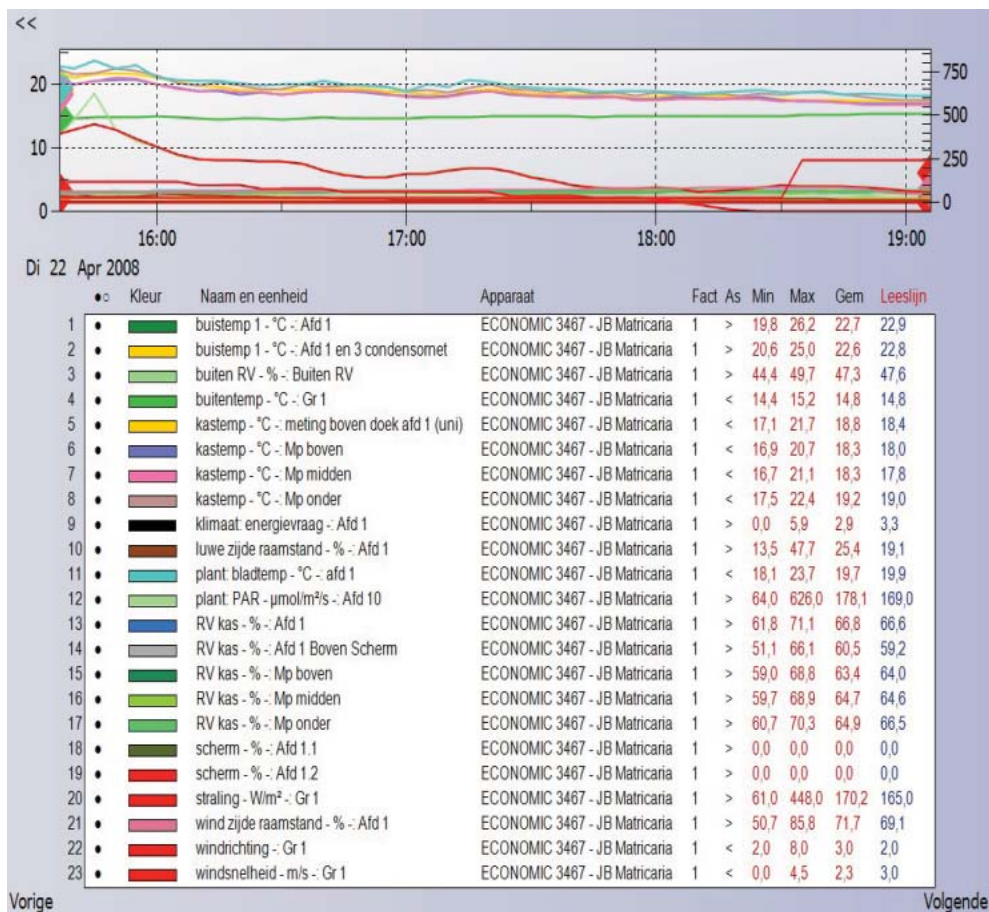
8.2.2.2.1 *Conclusie aanpassing schoepstand*

De schoepstand is heel cruciaal voor de luchtbeweging boven het gewas. Een hele kleine verandering heeft al grote gevolgen.



Figuur 8.12. Bij een schoepstand verandering van 3 graden is de werkingbreedte van de ventilator ongeveer 7m.

8.2.2.3 Meetdag 22-04-08



Figuur 8.13. Klimaatdata 20-04-2008, 15.40-18.50 uur.

Ook deze dag was er een redelijk stabiele buitensituatie, met een temperatuur van 14,8 graden en een windsnelheid van 3 m/sec. Het schermdoek was open.

In deze situatie is er een hele kap uitgerust met 1,5 graden aangepaste schoepstanden.

In de rookproef werd het beeld bevestigd uit meting 2: goede verdeling boven het gewas, maar geen luchtbeweging in het gewas. Datzelfde beeld werd ook verkregen met een ander type waaier dat meer lucht verplaatst met minder stuwdruk.

Daarbij werd de lucht minder hard van onder aangezogen en was ook de snelheid waarmee de lucht werd uitgeworpen lager. De werkingsbreedte was vergelijkbaar met het oude type.



Figuur 8.14. Twee typen waaiers, rechts standaard type, links nieuw type.

Het was de bedoeling om meer invloed te krijgen op de luchtverplaatsing binnen het gewas. Omdat dit nog steeds tegenviel is nauwkeuriger gekeken naar de precieze luchtbeweging onderin het gewas en hoe die eventueel te beïnvloeden is. Bij draaiende ventilatoren met de oude schoepen werd precies midden tussen die ventilatoren rook aangebracht onderin het gewas. Duidelijk zichtbaar was dat de rook niet lokaal omhoog kwam maar alleen onder de ventilatoren. Er vindt dus wel degelijk stroming door het gewas plaats, maar die is wel heel laag van snelheid. Ook is onduidelijk of deze luchtbeweging homogeen verdeeld is onderin het gewas, maar verwacht wordt dat dit niet het geval zal zijn door de grote weerstandsverschillen van plek tot plek.



Figuur 8.15. Rook is in het gewas geblazen tussen twee ventilatoren in, maar komt pas onder de ventilator omhoog.

Vervolgens is met een vlakke plaat met de hand een intermitterende luchtbeweging op 1 meter hoogte boven het gewas aangebracht met het idee dat een pulserende drukgolf de rook onderin het gewas voor zich uit zou kunnen drijven. Daar was echter geen spoor van te vinden.



Figuur 8.16. Pulserende luchtbeweging door het bewegen van een vlakke plaat.

Met behulp van een 5 m lange CO₂ slang van 45mm met gaatjes op elke 50cm en een ventilator werd lucht ingeblazen onderin het bed. Uit de rookproef bleek dit op een breedte van ongeveer 1m over de hele lengte van de slang een combinatie van horizontale en verticale luchtbeweging te veroorzaken. De snelheid daarvan was vlak boven het gewas ongeveer 10cm/sec.



Figuur 8.17. Blazen met een CO₂ slang onderin het gewas, rechts het resultaat.

8.2.2.3.1 Conclusies meetdag 22-04-08

De nieuwe schoepvorm levert geen verbetering op. De lucht verplaatst zich bij gebruik van de 1,5 graden verbogen schoep met lage snelheid horizontaal door het gewas. Door gebruik van een kleine slang onderin het gewas kan binnen het gewas zeer uniform verdeeld een luchtsnelheid van 10cm/sec of meer worden bereikt.

8.2.2.4 Algemene conclusies rookproeven *Matricaria*

De Aircobreeze met 1,5 graden verbogen schoepen heeft boven het gewas over een werkingsbreedte van 15m een egale luchtbeweging over de koppen van de planten tot gevolg. Ook vindt een grote verticale luchtmenging plaats. Binnen het gewas vindt er aanzuiging van lucht plaats naar de onderkant van de ventilator, maar de luchtsnelheid daarvan is laag en de verdeling onderin het gewas is ongewis. Als er grotere luchtverplaatsing binnen het gewas gewenst is, lijkt een blaassysteem gebaseerd op dunne plastic slangen met gaatjes onderin het gewas een meer aangewezen oplossing.

8.3 Luchtbeweging (sensoren)

8.3.1 Inleiding

Op 5 juni 2008 zijn bij JP *Matricaria* in Venlo luchtsnelheidsmetingen gedaan. Deze luchtsnelheidsmetingen zijn uitgevoerd met akoestische luchtsnelheidsmeters (Gill Instruments: 1590-PK-020).



Figuur 8.18. De akoestische luchtsnelheidssensoren in de kas tijdens de eerste metingen.

De eerste sensor op de foto is W daarna R en daarna Q. De Aircobreeze is rechts bovenin de foto te zien.

8.3.2 Resultaten handmatige metingen.

De luchtsnelheid rond de Aircobreezer is in eerste instantie gemeten door een akoestische luchtsnelheidsmeter op verschillende plekken rond de Aircobreeze te houden. Zoals in onderstaande foto te zien is.



Figuur 8.19. Luchtsnelheidsmetingen waarbij de sensor wordt vastgehouden.

Onder de ventilator nabij de grond is de luchtsnelheid gemiddeld 30 cm/s parallel aan de verwarmingsbuizen tegengesteld aan de windrichting buiten. Tot een hoogte van 80 cm blijft deze situatie ongewijzigd. Boven deze hoogte vanaf de grond neemt de snelheid richting de ventilator toe tot 70 cm/s nabij de ventilator. De windrichting parallel aan de buizen neemt vanaf deze hoogte geleidelijk af. Op een hoogte van 1.5m boven de grond is de snelheid in deze richting verwaarloosbaar.

Op 4 meter afstand van de ventilator is geen duidelijk effect van de ventilatoren te zien.

8.3.3 Conclusies akoestische metingen

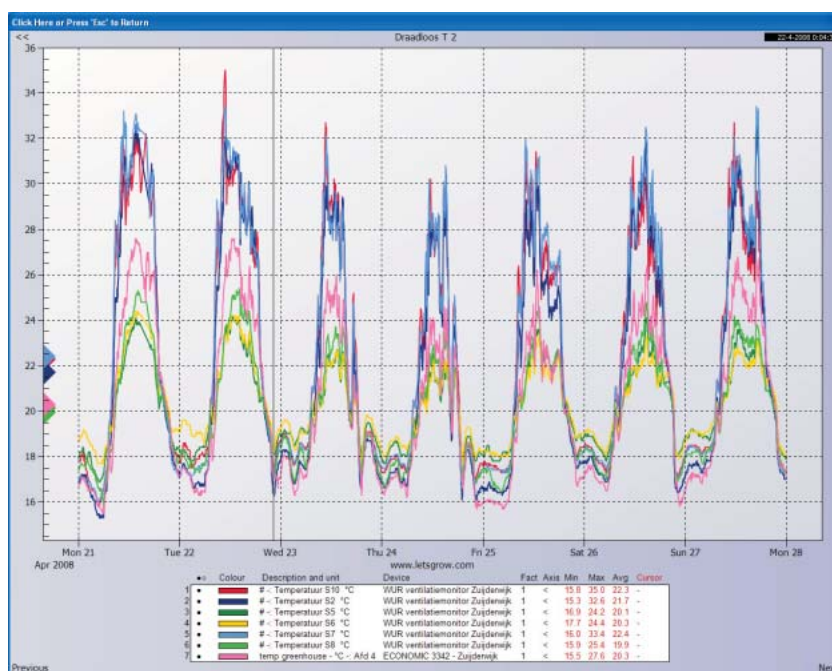
Uit Tabel 8.1. kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

- De Aircobreeze verhoogt de luchtsnelheid nabij het gewas (Vergelijk meetperiode 1, 6, 9, 12 met 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10 en 11) met 32%
- De Aircobreeze zorgt voor meer turbulentie. Een vergelijk van de meetperiode 1, 6, 9, 12 met 2, 3, 4, 7, 8, 10 en 11 op basis van Std (standaard deviatie) geeft 24% meer Std.
- De meeste luchtbeweging ontstaat in de kas op het moment dat de ramen volledig open staan (meetperiode 13 14 en 15 ten opzichte van de vorige periodes.)
- Het scherm dicht waarbij twee schermen over elkaar gesloten zijn heeft zorgt voor veel trek in de kas en daarmee hogere luchtsnelheden. De turbulentie is minder voor dit geval.

8.4 Draadloze sensoren

8.4.1 Gerbera

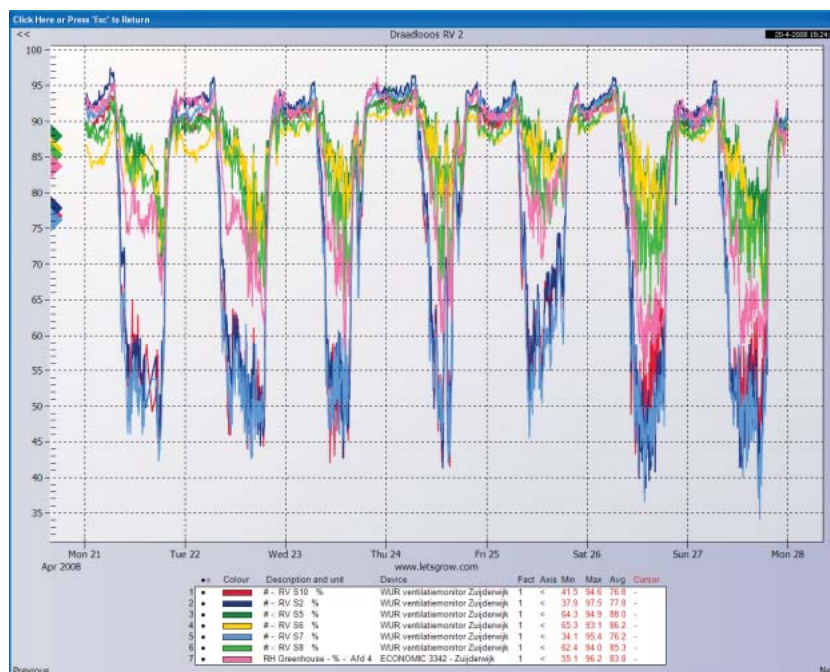
Voor kap 5, zie Figuur 4.4, zijn meetdata van 6 sensoren voor week 17 in 2008 bekeken. De schermen zijn 's nachts dicht en de Aircobreeze draait de hele nacht. In Figuur 8.20 is de temperatuur van de zes sensoren weergegeven.



Figuur 8.20. De temperatuurmetingen m.b.v. draadloze sensoren.

De sensoren S10 en S6 zijn de sensoren onder een Aircobreezeventilator. De sensor S10 zit op bloemhoogte en S6 zit tussen het blad. De sensoren S2 en S8 bevinden verder in het pad richting gavel en S7 en S5 bevinden zich dichterbij het hoofdpad. De roze lijn in Figuur 8.20 is de gemeten kasttemperatuur met behulp van de standaard aanwezige meetbox. Overdag is de temperatuur van de draadloze sensoren op bloemhoogte te hoog, vermoedelijk werkt de afscherming (zie Figuur 4.3) niet afdoende. De temperatuur in het gewas lijkt ook overdag te kloppen. Uit een afzonderlijke meting is gebleken dat als een draadloze sensor goed afgeschermd is voor de zon, deze meting goed overeenkomt met de standaard meetbox. De gegevens uit Figuur 8.20 zijn vooral 's nachts interessant. Omdat dan de ventilatoren draaien. De temperatuur net boven het gewas is iets hoger dan de meting van de standaard

meetbox, deze hangt iets hoger dan de bloem. Het verschil van de temperaturen van de drie sensoren boven het gewas varieert 's nachts van 0.5 tot 1 ° C. Het verschil in temperatuur tussen het gewas en bij de bloem is 0.5 tot 1 ° C. De temperatuur tussen de twee sensoren het dichtst bij het middenpad verschilt nauwelijks. In Figuur 8.21 zijn de bijbehorende RV-metingen weergegeven.



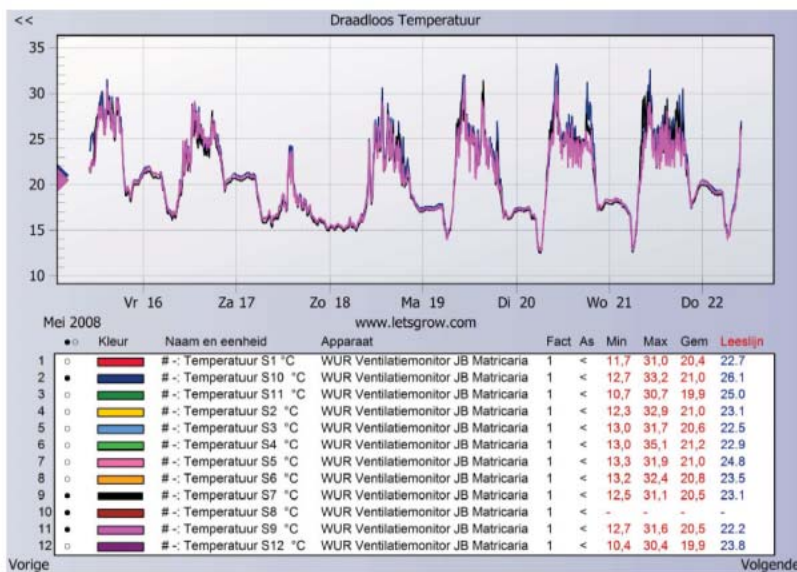
Figuur 8.21. RV-metingen met draadloze sensoren.

De verschillen tussen de verschillende sensoren varieert tussen 3 en 5%, aangezien de meetnauwkeurigheid van RV in een kas hoogstens 3% is, kun je zeggen, dat de RV op alle plekken vrijwel gelijk is, zeker in de loop van de getoonde week.

8.4.2 Matricaria

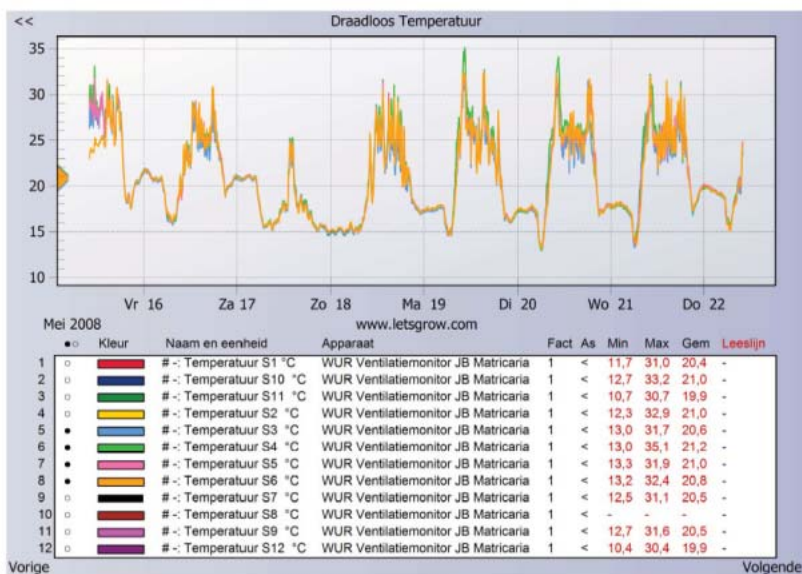
Bij Matricaria zijn in 4 afdelingen een aantal sensoren geplaatst. In de afdelingen met Aircobreeze (1 & 3) zijn de sensoren onder de ventilator geplaatst en op 5 meter afstand van de ventilator. Verder is bij groter gewas er voor gezorgd dat 1 sensor zich in het gewas bevindt en de andere boven het gewas. De volgende resultaten zijn van donderdag 15 mei tot donderdag 22 mei 2008. Op zondag 18 mei zijn de ventilatoren uitgevallen, zoodat het effect van de ventilatoren kan worden bekeken. Tussen de afdelingen vergelijken is bij Matricaria moeilijk, omdat het gewas in iedere afdeling zich in een verschillend stadium bevindt.

In Figuur 8.22 zijn de resultaten in afdeling 3 met een klein gewas, zijn er geen grote verschillen tussen de temperaturen, er is 's nachts geen invloed van de ventilatoren te zien.



Figuur 8.22. Afdeling 3, vak 26. S7 en S8 zijn onder de Aircobreeze geplaatst, S10 en S9 5 meter van de Aircobreeze. Klein gewas, alle sensoren boven gewas. Uiteindelijk zullen S7 en S9 onder het gewas raken.

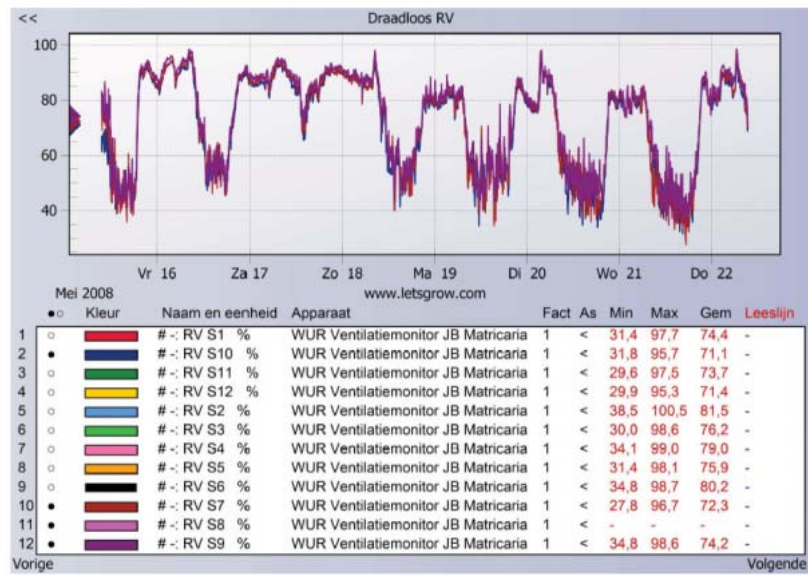
In Figuur 8.23 is de situatie in een groot gewas te zien, een deel van de sensoren zit dan in het gewas.



Figuur 8.23. Afdeling 1, vak 16. S5 en S6 zijn onder de Aircobreeze geplaatst, S3 en S4 5 meter van de Aircobreeze. Groot gewas S5 en S3 boven het gewas, S6 en S4 onder het gewas.

Ook in dit geval zijn de temperaturen 's nachts ongeveer overal gelijk. Dit geldt ook voor de andere twee afdelingen.

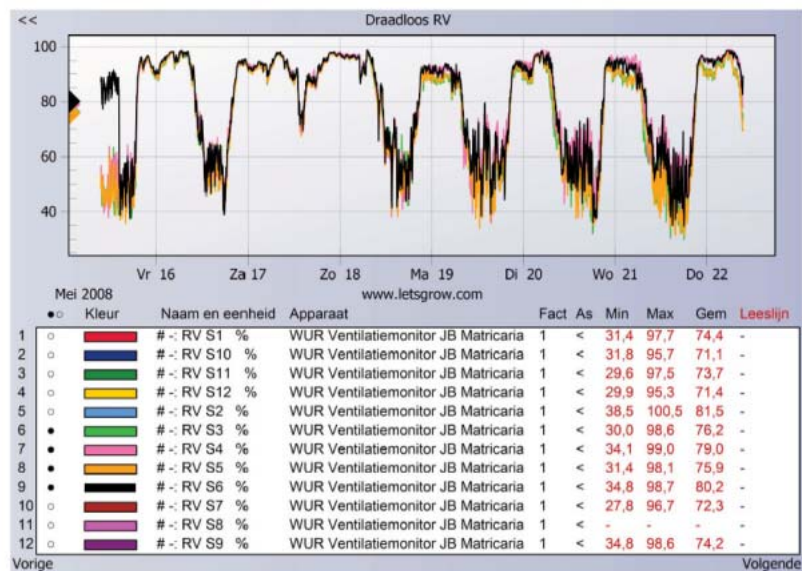
In Figuur 8.24 is de RV weergegeven.



Figuur 8.24. Afdeling 3, vak 26. S7 en S8 zijn onder de Aircobreeze geplaatst, S10 en S9 5 meter van de Aircobreeze. Klein gewas, alle sensoren boven gewas. Uiteindelijk zullen S7 en S9 onder het gewas raken.

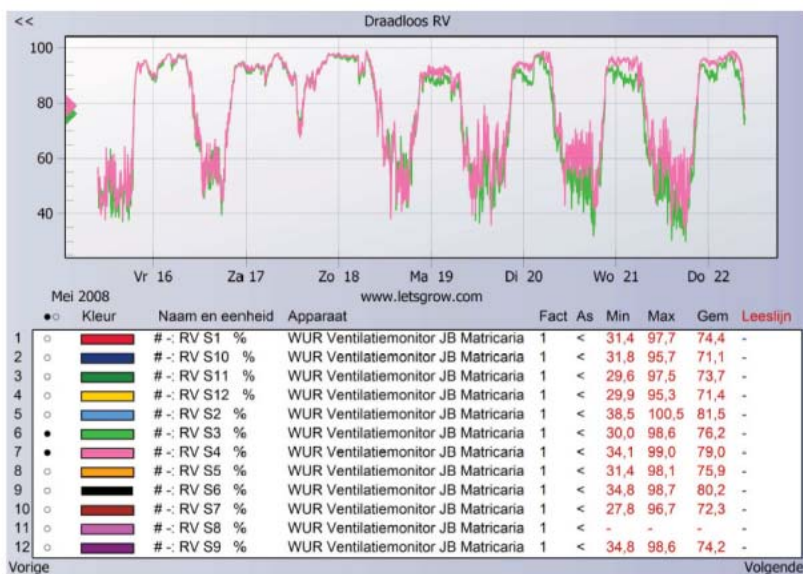
Bij een klein gewas zit er niet veel verschil tussen de sensoren, die alle boven het gewas zitten. Bij een groot gewas is er 's nachts wel duidelijk verschil tussen wel of geen ventilatoren, zoals te zien in Figuur 8.25.

Bij gebruik van de Aircobreeze is de RV in het gewas hetzelfde als in het gewas als boven het gewas.



Figuur 8.25. Afdeling 1, vak 16. S5 en S6 zijn onder de Aircobreeze geplaatst, S3 en S4 5 meter van de Aircobreeze. Groot gewas S5 en S3 boven het gewas, S6 en S4 onder het gewas.

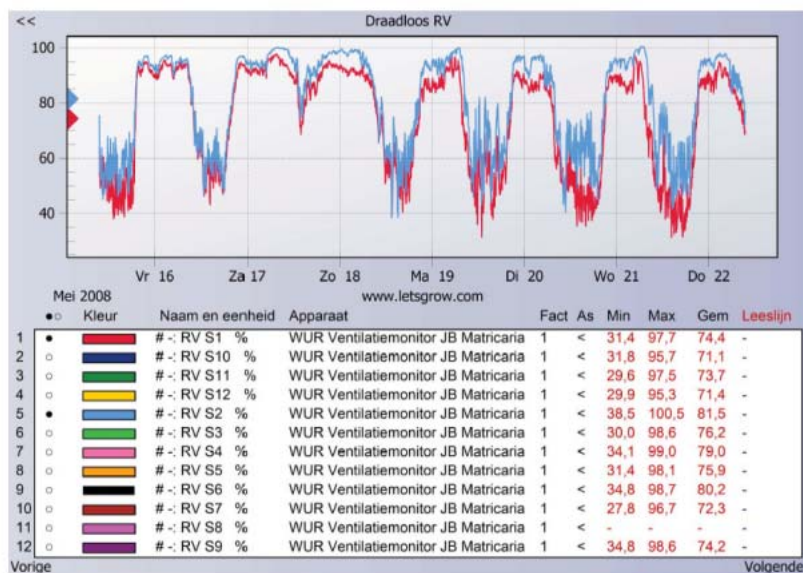
Nadat de ventilatoren zijn uitgevallen, is er 's nachts duidelijk een verschil te zien tussen de RV in het gewas en boven het gewas. Dit is nog duidelijker te zien in het volgende figuur.



Figuur 8.26. Afdeling 1, vak 16. S3 en S4 zijn 5 meter van de Aircobreeze geplaatst. Groot gewas. S3 boven het gewas, S4 onder het gewas.

Duidelijk is te zien dat de RV in het gewas 's nachts nu hoger is dan boven het gewas, Blijkbaar veroorzaakt de luchtbeweging van de ventilatoren een afvoer van vocht.

In Figuur 8.27 is de situatie gegeven voor een afdeling zonder Aicobreeze. Hier is de RV 's nachts in het gewas altijd hoger dan boven het gewas.



Figuur 8.27. Afdeling 4, vak 71. S1 boven het gewas, S2 onder het gewas.

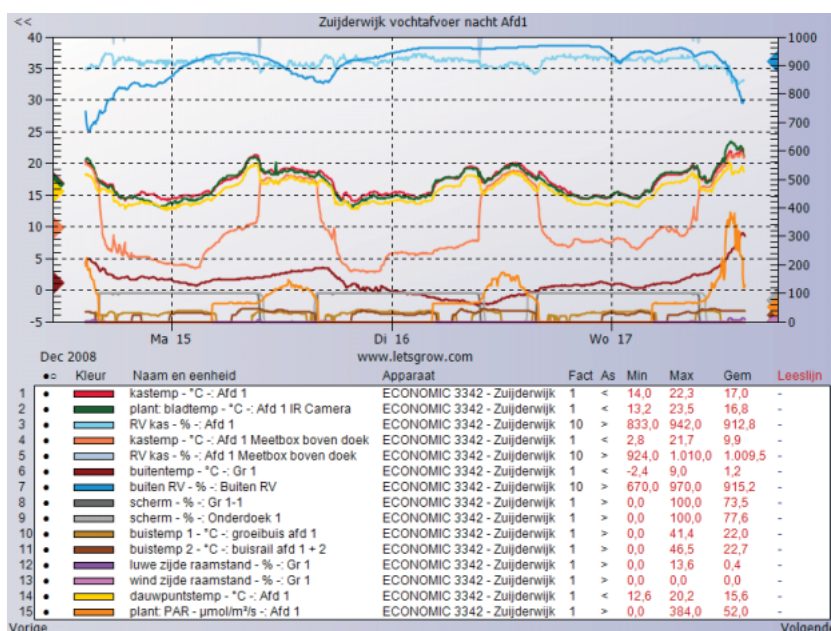
8.4.3 Conclusies draadloze sensoren

Uit de metingen met de draadloze sensoren kan worden gezegd, dat de Aircobreeze, vooral 's nachts voor een gelijkmatige RV zorgt, dat wil zeggen dat de RV in het gewas hetzelfde is als boven het gewas.

8.5 LetsGrow data

Alle sensor gegevens zijn gedurende het project opgeslagen in de databank van LetsGrow.com. Hierdoor zijn de gegevens toegankelijk voor alle betrokkenen bij het project en kunnen alle gegevens, ongeacht de herkomst, met elkaar in verband worden gebracht in overzichten en grafieken. De grafieken kunnen uiteraard tijdens besprekingen overal geraadpleegd worden, maar desgewenst tegelijk met meerdere personen tijdens een telefonische sessie worden bekeken. Verder kan een grafiek eenvoudig als plaatje in een email bericht worden 'geplakt'. Dat maakt het gemakkelijk om situaties te analyseren, waarnemingen en bevindingen uit te wisselen en adviezen te onderbouwen met visuele ondersteuning.

Een voorbeeld van een geavanceerde analyse wordt hieronder beschreven



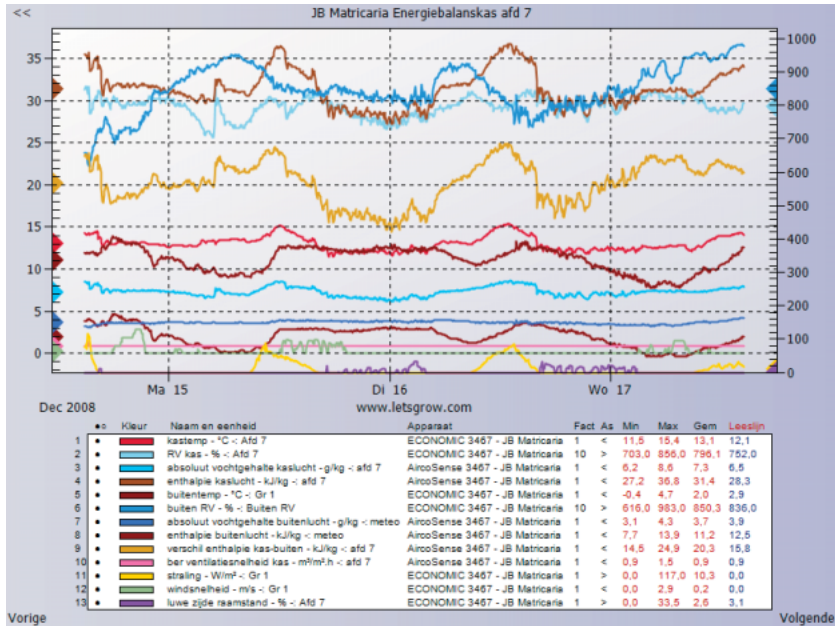
Figuur 8.28. Klimaatgegevens in LetsGrow.com.

Bovenstaande grafiek is aangemaakt met de bedoeling om inzicht te verschaffen in de vochtsituatie onder het gesloten energiescherm bij Zuiderwijk. Hierbij is het van groot belang dat er geen condensatie van vocht op de bloemen kan ontstaan. Interessant is daarbij dus de gewastemperatuur in relatie tot de kasttemperatuur en de RV. Om dit nog beter inzichtelijk te maken is ook de dauwpuntstemperatuur in de grafiek opgenomen.

Bijzonder informatief is ook de luchttemperatuur boven het schermdoek. Het feit dat deze temperatuur bij gesloten doeken (in dit geval het zonnescherm en het verduisteringsdoek) meestal dicht bij de kasttemperatuur ligt dan bij de buitentemperatuur is een duidelijke indicatie dat de thermische isolatie van de doeken beter is dan die van het kasdek. Het is dus met het oog op warmteverlies beter om het de doeken gesloten te houden en boven het doek te ventileren met de luchtramen dan andersom. Zie ook bij de bespreking van de strategie onder hoofdstuk 5.

Het feit dat de temperatuur boven het schermdoek soms wat oploopt zonder dat er een kier in het doek gezet wordt en zonder dat kasttemperatuur en buitentemperatuur hiertoe aanleiding geven kan duiden op ongewenste warmtelekken in het doek, ofwel op het feit dat in één van de andere klimaatgroepen wel een vochtkier wordt ingezet in het doek.

LetsGrow.com heeft als aanvulling tevens de mogelijkheid om bewerkingen en berekeningen op de data uit te voeren en de resultaten als extra lijnen in de grafieken te tonen. Figuur 8.29 geeft daar een voorbeeld van.



Figuur 8.29. Weergave berekende gegevens in LetsGrow.com.

Deze grafiek geeft naast de metingen van temperatuur en vochtigheid van de kaslucht en de buitenlucht tevens de berekende absolute vochtinhoud, de enthalpie binnen en buiten, het verschil in enthalpie en bovendien de geschatte ventilatiesnelheid in m³/m².h op basis van de energiebalans van de kas.

9 Perspectief

9.1 Inleiding

De doelstelling van het onderzoeksproject 'Energiezuinige optimalisatie van het microklimaat door luchtbeweging' was in eerste instantie energiebesparing. Hieraan wordt in dit hoofdstuk over perspectieven dan ook de meeste aandacht besteed. Het zou echter niet terecht zijn om het hierbij te laten. Het perspectief is namelijk breder, en als we kijken naar verbetermogelijkheden op andere onderdelen zou de optimalisatie van het microklimaat wel eens de sleutel kunnen zijn om flinke stappen te maken in de richting van duurzame teeltmethoden. Hieronder worden enkele van die perspectieven kort aangestipt.

In veel teelten wordt een 'actief' microklimaat als noodzakelijk beschouwd voor een goede en gezonde gewasontwikkeling. En activiteit is dan vrijwel synoniem met energietoevoer door middel van de verwarming, al dan niet in de vorm van minimum buistemperatuur. Veel praktijkadviezen aangaande de toepassing van beweegbaren en vaste (tijdelijke) energieschermen zijn gebaseerd op dit principe. Bij een te lage energietoevoer dreigt een 'dood' klimaat te ontstaan en moet de energie toevoer worden verhoogd. Door de inzet van luchtbeweging als separaat instrument kan de activiteit van het microklimaat worden losgekoppeld van energietoevoer. Dit betekent dus niet alleen een potentiële verlaging het energieverbruik, maar ook een verdere verbetering van het microklimaat op zichzelf. Want hoewel de praktijkervaring is dat meer stoken een beter klimaat geeft, is het lang niet zeker dat hiermee een optimum bereikt wordt.

Een van de meest directe perspectieven is vochtbeheersing door het inblazen van buitenlucht. Dit heeft niet alleen een aspect van energiebesparing, maar zeker bij gesloten gewassen zoals *Matricaria*, *Chrysant*, en dergelijke het aspect van verbetering van het microklimaat in het 'plantbed'.

Uit veel onderzoeken komt naar voren dat een subtiele luchtbeweging een positieve invloed heeft op de plantontwikkeling, onder andere door het voorkomen van vochtophoping in de grenslaag tussen plant en omgeving.

Een betere vochtbeheersing in het microklimaat zal ook het optreden van veel voorkomende problemen met *Botrytis* en aanverwante schimmels helpen voorkomen. Dat betekent een hogere opbrengst en ook minder noodzaak tot het gebruik van chemische middelen.

Het microklimaat rond de plant heeft grote invloed op de energiehuishouding en daarmee op de waterhuishouding van de plant. Dat laatste heeft weer uitlopers naar de gewasverdamping en de opname van nutriënten, en dus naar de wortelontwikkeling. Dit biedt wellicht mogelijkheden tot andere aspecten van duurzame teelt: het terugdringen van het gebruik van water en meststoffen, gebruik van andere substraten dan wel lagere volumes, en dergelijken.

Een verbetering van de isolatiewaarde van de kas in combinatie met luchtbeweging opent de weg naar het gebruik van laagwaardige warmte om te kas op temperatuur te houden. Dit bevordert dus het terugdringen van gebruik van fossiele brandstoffen en de toepassing van korte termijn warmteopslag systemen. Immers naarmate absoluut gezien minder warmte / m² nodig is komen goedkopere alternatieven voor de dure aquifer systemen in beeld. Te denken valt aan warmte opslag in ondergrondse waterbassins, warmtewinning door zonnecollectoren of in ondiepe boorputten voor aardwarmte.

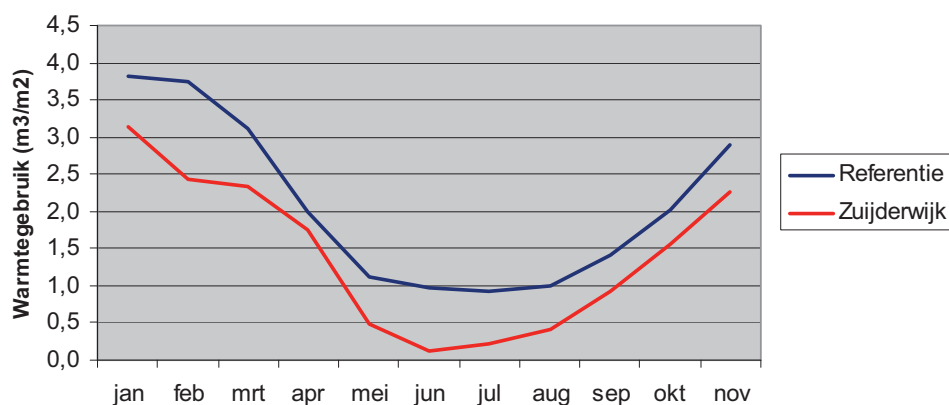
Algemeen wordt een verhoging van de CO₂ concentratie in de kas beschouwd als een middel om de plant meer te laten profiteren van het aanwezige PAR licht. Een verhoogde CO₂ concentratie leidt echter meestal tegelijk tot een hogere emissie. Een optimaal microklimaat kan er ook toe bijdragen dat de opname van CO₂ wordt bevorderd bij lagere CO₂ concentraties in de kas. Dit biedt wellicht mogelijkheden om de emissie van CO₂ te verlagen met behoud van groeisnelheid.

Samenvattend lijkt het zonder meer zinvol om de perspectieven van 'Energiezuinige optimalisatie van het microklimaat door luchtbeweging' in een breder verband verder te onderzoeken.

9.2 Energiebesparing Gerbera

9.2.1 Warmtegebruik

Het warmtegebruik bij Zuiderwijk & Witzier B.V. is bepaald door de centrale warmtemeters van het cluster Bergschenhoek. Deze zijn vergeleken met het warmtegebruik van een gelijkwaardig Gerberabedrijf, dat vrijwel dezelfde kasttemperatuur aanhield (Figuur 9.1). Uit het Figuur komt naar voren dat Zuiderwijk & Witzier B.V. het gehele jaar minder warmte gebruikt heeft dan het referentiebedrijf. Over de gemeten 11 maanden is het verschil 7,4 m³/m², ofwel 32% minder warmtevraag. Dit is veel meer dan verwacht en mag hoogstwaarschijnlijk worden toegerekend aan het toelaten van een hogere luchtvochtigheid in de kas door meer te schermen en minder te luchten. Hierbij moet worden aangetekend dat de teler aangaf in vorige jaren ook minder warmte te hebben gebruikt dan het referentiebedrijf. Daarom mag niet het hele verschil worden toegerekend aan de nieuwe installatie.



Figuur 9.1. Warmtegebruik (m³/m².maand) bij 2 Gerberabedrijven in 2008.

9.2.2 Elektriciteitsverbruik

Aircobreeze gebruikt volgens opgave ongeveer 1 W/m² aan elektriciteit. Als ervan wordt uitgegaan dat de Airco-breeze niet hoeft te draaien als de schermen geopend zijn én de luchtramen minimaal 5% geopend zijn dan betekent dat 6000 branduren per jaar, ofwel jaarlijks 6 kWh/m² kosten. Als het elektriciteitsverbruik van beide bedrijven met elkaar wordt vergeleken blijkt ook een hoger elektriciteitsverbruik bij Zuiderwijk & Witzier B.V. Over de gemeten 11 maanden is het verschil zelfs 10,3 kWh/m². Dit verschil is volgens bovenstaande berekening slechts deels toe te schrijven aan de ventilatoren.

9.2.3 Economische analyse

De gerealiseerde lagere warmtevraag en de hogere elektriciteitsvraag leveren per saldo geld op. Hoeveel geld dat is, is afhankelijk van de prijzen die aan de vermeden warmtevraag en de extra elektriciteitsvraag moeten worden toegekend.

9.2.3.1 Opbrengst van vermeden warmtevraag

Zoals hierboven is gebleken levert de combinatie van schermen en Aircobreeze besparing op van warmte, terwijl het elektriciteit kost. Om de bespaarde warmte te kwantificeren in euro's is helaas een complex verhaal. Zo hebben de meeste glastuinbouwbedrijven en WKK die zowel warmte als elektriciteit levert. Als er te weinig warmte wordt afgenomen dan kan minder elektriciteit worden geleverd. Als de warmtevraag zo hoog is dat ook een verwarmingsketel moet bijspringen, dan levert iedere GJ bespaarde warmte wel veel geld op.

Als wordt uitgegaan van een gasprijs van 0,30 €/m³ en een elektriciteitsprijs van 0,07 €/kWh dan kost een GJ warmte uit de ketel $0,30 / 31,65 * 1000 = 9,50$ €. Bij een WKK met een elektrisch rendement van 40% en een thermisch rendement van 50% kost een GJ warmte ongeveer 3,40 €.

9.2.3.2 Saldo van vermeden warmtekosten en hogere elektriciteitsvraag

Als wordt uitgegaan van een 7,4 m³/m² à 0,30 €/m³ warmtebesparing en een extra elektriciteitsverbruik van 10,3 kWh/m² à 0,07 €/kWh dan is het resterende saldo bij een WKK 0,08 €/m² en bij een ketel 1,50 €/m².

Bij een lagere warmtebesparing (6 m³/m²) en een aan de Aircobreeze toe te schrijven extra elektriciteitsverbruik (6 kWh/m²) komen de saldo's voor WKK en ketel uit op respectievelijk 1,38 €/m² en 0,23 €/m².

9.2.4 Conclusies Gerbera

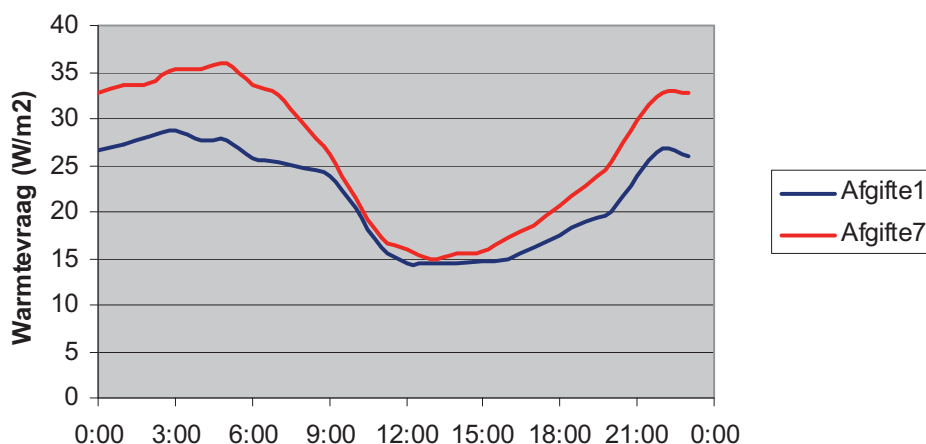
Zuiderwijk & Witzier B.V. heeft met behulp van de Aircobreeze de warmtevraag gedurende elf maanden 7,4 m³/m² (32%) lager weten te krijgen dan een referentie Gerberabedrijf. Het elektriciteitsverbruik was 10,3 kWh/m² hoger. Aangezien in voorgaande jaren de warmtevraag ook zonder Aircobreeze lager was dan het referentiebedrijf is gesteld dat de energiebesparing 6 m³/m² is. Het gebruik van de Aircobreezeventilatoren verklaart 6 kWh/m² meer elektriciteitsverbruik.

Verminderde warmtevraag door middel van Aircobreeze is snel rendabel als hiermee ketelwarmte wordt vermeden, maar minder snel als hierdoor een WKK minder lang hoeft te draaien.

9.3 Energiebesparing Matricaria

9.3.1 Warmtegebruik

Het warmtegebruik van iedere afdeling is de klimaatcomputer berekend op basis van de kasttemperatuur en de gerealiseerde en berekende buistemperatuur. Hiervan is voor afdeling 1 (Aircobreeze) en afdeling 7 (referentie) een cyclisch gemiddelde over het etmaal gemaakt (zie Figuur 9.2.). Het cyclische gemiddelde betekent dat over meerdere dagen (in dit geval van 1 januari tot 26 november 2008) het gemiddelde wordt genomen van de waarden van ieder tijdstip (bijvoorbeeld het gemiddelde van alle energievragen om 0:00 uur 's nachts).



Figuur 9.2. Cyclisch gemiddelde berekende warmteafgifte (EV) over het etmaal voor afdeling 1 en 7.

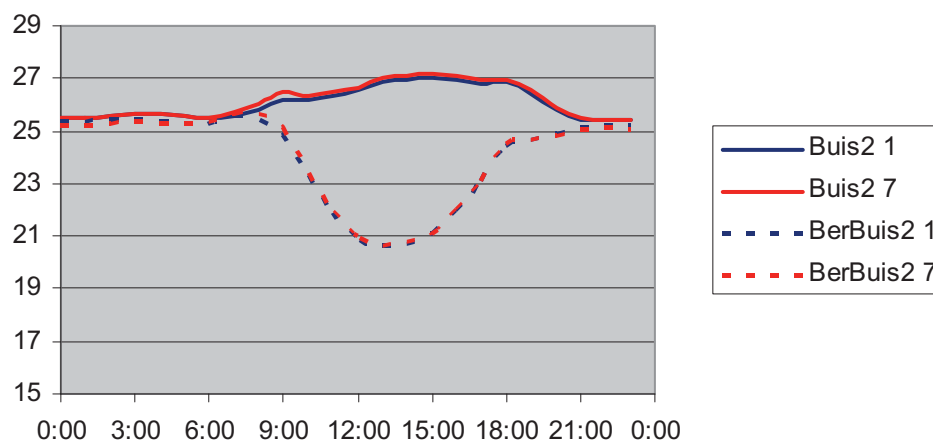
Uit Figuur 9.2. blijkt bij alle afdelingen een hogere warmtevraag in de nacht dan overdag. Verder lijken de verschillen tussen de afdelingen klein te zijn. In Tabel 9.1 zijn de gemiddelde warmtevragen per afdeling (tussen 1 januari en 26 november 2008) weergegeven. Daaruit lijkt een lichte warmtebesparing ($\pm 16\%$) van de Aircobreeze-afdelingen. Het is echter de vraag of deze berekende warmtebesparing ook daadwerkelijk gerealiseerd is. Het is bijvoorbeeld ook mogelijk dat de convectie van de buizen door de ventilatoren is vergroot, waardoor met een lagere buistemperatuur een gelijke warmteafgifte kon worden gerealiseerd. Aangezien de retourtemperatuur van de buizen niet is gemeten, is een gedegen meting van de energiebesparing dan ook niet mogelijk.

Tabel 9.1. Gemiddelde berekende warmteafgifte van de buizen per afdeling (W/m^2) 1 januari tot 26 november 2008; Vergelijking van de warmteafgifte in afdelingen 1 ten opzichte van afdeling 7.

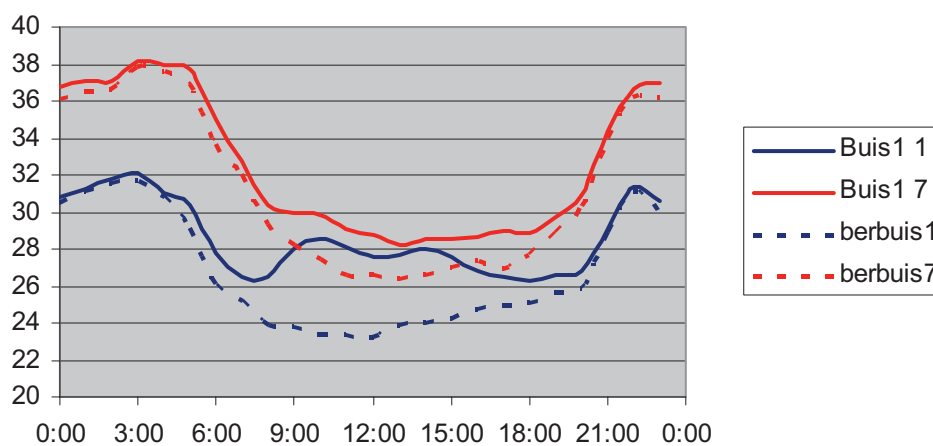
	Warmtevraag (W/m^2)
Afdeling 1 (Aircobreeze)	21,9
Afdeling 7	26,2
1 t.o.v. 7	-16,6%

Ter vergelijking: Een gemiddelde warmtevraag van $26 W/m^2$ betekent een jaarlijks gasverbruik van $27 m^3/m^2$. De warmtebesparing zou hiermee neerkomen op $4,5 m^3$ aardgas met de verwarmingsketel.

Het berekende verschil in afgifte is vooral te zien aan het hoofdnet (net 1). Het condensornet (buis 2) gaf namelijk vrijwel dezelfde temperatuur te zien, (zie **Error! Reference source not found.**9.3). Bij het hoofdnet was het verschil tussen de beide afdelingen veel groter (zie Figuur 9.4.). Hierbij dient wel te worden aangetekend dat afdeling 7 volgens opgave van de teler in voorgaande jaren altijd een hogere buistemperatuur te zien gaf. Mogelijk is het debiet door het verwarmingssysteem in afdeling 7 minder groot dan in afdeling 1. Conclusies over de berekende energiebesparing moeten daarom van deze kanttekening worden voorzien.



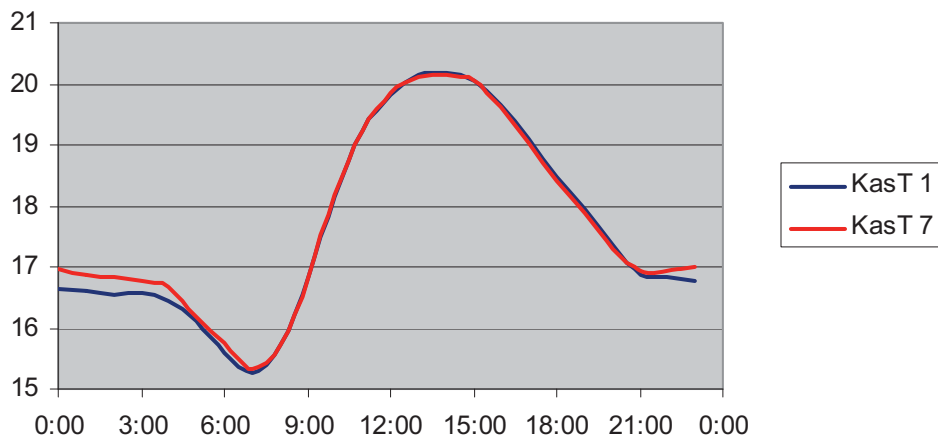
Figuur 9.3. Cyclisch gemiddelde berekende en gerealiseerde buistemperatuur (condensornet) over het etmaal voor afdeling 1 en 7.



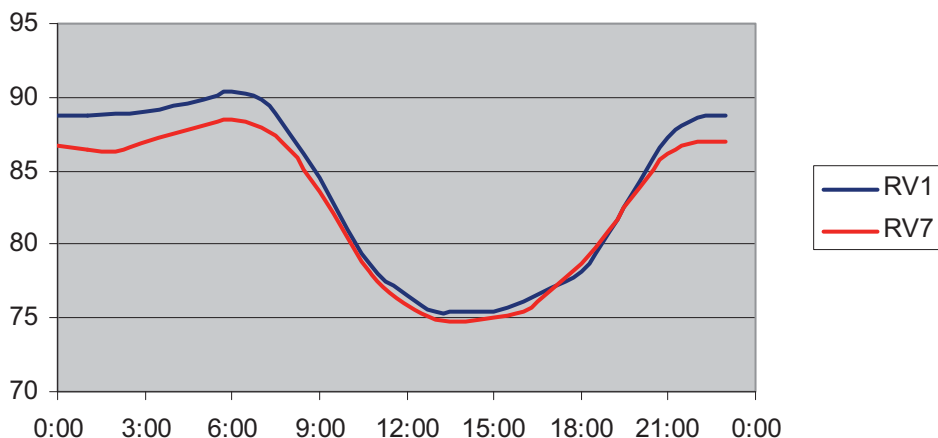
Figuur 9.4. Cyclisch gemiddelde berekende en gerealiseerde buistemperatuur (hoofdnet) over het etmaal voor afdeling 1 en 7.

9.3.2 Kasklimaat

De kasttemperatuur in afdeling 1 (met Aircobreeze) verschilde nauwelijks van afdeling 7 (zonder Aircobreeze, zie Figuur 9.5.). Alleen in de nacht was de temperatuur van afdeling 7 iets hoger. De gemeten RV in afdeling 1 was 's nachts gemiddeld 2% hoger dan in afdeling 7 (zie Figuur 9.6.). Dit verschil valt binnen de geaccepteerde marges waarin een RV-meter mag afwijken.



Figuur 9.5. Cyclisch gemiddelde kasttemperatuur (°C) over het etmaal voor afdeling 1 en 7.



Figuur 9.6. Cyclisch gemiddelde relatieve luchtvochtigheid (%) over het etmaal voor afdeling 1 en 7.

9.3.3 Economische analyse

Zoals berekend in paragraaf 9.3.1 zou bij de Matricaria 4,5 m³ aan aardgas worden bespaard door de ramen en schermen minder vaak te openen en in plaats daarvan meer gebruik te maken van de Aircobreeze. Voor het gebruik van de Aircobreeze wordt ook rekening gehouden met 6 kWh/m² extra elektriciteitsverbruik. Evenals in paragraaf 9.2.3 worden de vermeden warmtevraag en de extra elektriciteitsvraag met elkaar vergeleken, rekening houdend met een gasprijs van 0,30 €/m³ en een elektriciteitsprijs van 0,07 kWh/m². Indien de vermeden warmtevraag leidt tot minder gasverbruik in de ketel dan betekent dit een saldo van 0,93 €/m².jaar. Bij minder gasverbruik uit de WKK betekent het slechts een saldo van 0,06 €/m².jaar. Met een WKK is de gerealiseerde energiebesparing bij Matricaria onvoldoende om de investering terug te verdienen. Bij bedrijven met alleen een verwamingsketel kan de investering wel in afzienbare tijd worden terugverdiend. Hierbij moet wel een kanttekening worden geplaatst in verband met een mogelijke overschatting van de vermeden warmtevraag (zie paragraaf 9.3.1).

9.3.4 Conclusies Matricaria

De berekende warmtevraag bij JB Matricaria is in de afdeling met Aircobreeze 16% lager geweest dan in de referentieafdeling. Dit komt neer op $4,5 \text{ m}^3/\text{m}^2$ aardgas bij ketelverwarming. Aangezien in voorgaande jaren in referentieafdeling ook een hogere buistemperatuur werd gerealiseerd zal de werkelijke energiebesparing waarschijnlijk lager zijn.

De besparing werd gerealiseerd zonder grote concessies te doen aan de kastemperatuur en de luchtvochtigheid.

Bij gebruik van een verwarmingsketel, een gasprijs van $0,30 \text{ €/m}^3$ en een elektriciteitsprijs van $0,07 \text{ €/kWh}$ is de investering binnen enkele jaren terug te verdienen.

10 Waarnemingen en ervaringen van de telers

10.1 De Gerbera teler

Hieronder worden de voordelen opgesomd, die met het Aircobreeze projecttraject tot nu toe zijn bereikt.

De warmte die de groeilampen produceren wordt door de Aircobreeze snel door de hele ruimte vermengd, in plaats van dat het boven in de kas blijft 'hangen'. In de winter is dit met name een groot voordeel, zodra de planten moeten gaan 'werken' worden ze op het zelfde moment belicht en verwarmd. Zonder extra inzet van buiswarmte, iets dat voorheen altijd zeker een uur voor zonsopgang erin gezet werd om de planten alvast op temperatuur te brengen.

De minimum buis is er uit. Er wordt nu, doordat de luchtbeweging wordt gemaakt met de Aircobreeze alleen nog gestookt op temperatuurvraag en op een te hoge luchtvochtigheid.

In het voorjaar/zomer en deels najaar, als we verduisteren met het verduisterings/energie scherm kunnen we onder het gesloten doek de kaslucht in beweging houden, zodat we geen dood klimaat onder het doek krijgen.

De mensen in de kas vinden het in de zomer lastig als het warm wordt. Het wordt dan met zonnig weer snel warm in de kas. De Aircobreeze zorgt er voor dat de gevoelstemperatuur iets zakt, door de voortdurende beweging van de lucht.

Het vorige punt wordt sneller bereikt met de nieuwe manier van telen. Ofwel minder snel luchten, en de luchtramen niet zover open om CO₂ en vocht te sparen, de beperkende factoren in de zomer. Met de Aircobreeze blijft het langer aangenaam werkbaar in de kas. En de planten blijven zichtbaar langer uit de stress (ook mede dankzij de hogedrukvernevelingsinstallatie natuurlijk).

Nog een bijkomend voordeel: als er een gewasbescherming nodig is wordt het gewas noodgedwongen nat. Door de Aircobreeze wordt het gewas iets sneller droog (met name in het najaar/winter voordelig).

Het overleg, de uitleg waarom en de discussie met Wageningen UR Glastuinbouw (Jan Bontsema, Peter van Weel), Hoogendoorn (Jan Voogt) en de collega kwekers (Jaap van den Beukel en Marcel Dings) hebben mij veel inzicht gegeven in de noodzaak van regelen van het microklimaat, met behulp van de beschikbare meetinstrumenten en regeltechnieken die er zijn op dit moment.

10.2 De Matricaria teler

In samenwerking met de Wageningen UR, Hoogendoorn en JB Matricaria is een proef met airobreeze ventilatoren uitgevoerd bij JB Matricaria.

Totaal 2 afdelingen met een oppervlakte van 12.000 m².

Met deze 2 afdelingen zijn we verder gegaan m.b.t. schermen, kieren, minimum buis gebruik dan in de rest van het bedrijf, d.w.z. meer energieschermen, minder minimumbuis en minder minimum raamstand.

Het scherm gebruik was erop gebaseerd om zo veel mogelijk energie te besparen dus waar kon 100% dicht i.p.v. een (vocht)kier zoals we gebruikelijk waren om te doen.

Minimum buizen 25% lager dan gebruikelijk, en minimum raamstanden terug gebracht met 50% t.o.v. de rest van het bedrijf.

Tegelijkertijd analyseerden we de klimaatgegevens met grote regelmaat met Jan Voogt, van Hoogendoorn.

Dit was van grote waarde omdat Jan goed duidelijk kon maken dat acties die we in het verleden deden om bijvoorbeeld de vochtdeficiet te beheersen averechts werkte.

Peter van Weel heeft een aantal rookproeven uitgevoerd waaruit bleek dat er een goede verdeling was boven het gewas maar dat de verdeling tussen het gewas minimaal tot 0 was.

We zijn in 2008 diverse keren bij elkaar op de bedrijven geweest. Een klein clubje mensen die allemaal even enthousiast waren en waar we onze ervaringen deelden.

Tegelijk ook een gelegenheid om nog eens dieper op vragen in te gaan, al met al zeer leerzaam.

Gedurende het jaar zijn er diverse groepen met kwekers langs geweest om kennis te nemen van deze proef. Ik weet van enkele dat zij ook al Aircobreeze ventilatoren opgehangen hebben. En niet alleen vanwege energie besparing maar veelal om een veel gelijkmatigere temperatuur verdeling.

Wat er voor zorgt dat teeltproblemen kleiner en minder worden.

Wat is nu mijn grootste les geweest van dit alles:

- dat per teelt en opzet van teeltondersteunende maatregelen uitkomsten heel anders kunnen zijn. Bij Aad zie je dat het gebruik van Aircobreeze ventilatoren tezamen met veranderende inzicht in klimaat beheersing er toe leiden dat er een behoorlijke energiebesparing plaats vond.
- Bij JB Matricaria was dit effect minder scherp maar door je opnieuw te focussen op klimaat en omstandigheden hebben wij ook kans gezien om m.b.v., maar ook zonder Aircobreeze ventilatoren, een energie besparing te realiseren.(vliegwiel effect)
- Je kan met Aircobreeze ventilatoren 'makkelijke' kouder teler met een hoge RV omdat je minder temperatuursverschillen in je kas hebt en dus de kans op condensatie kleiner is.
- dat praktijk proeven bij ondernemers op de bedrijven, een goede en waardevolle aanvulling is op kennis vragen. (een grote betrokkenheid bij de deelnemers)

11 Aanbeveling voor vervolgonderzoek en vervolgstappen

Om het gebruik van elektriciteit bij het inschakelen nog verder te optimaliseren is verder onderzoek nodig naar de situaties waarin de verticale ventilatie noodzakelijk en wenselijk is. Hierin moet ook worden meegenomen worden, waarom het personeel van de Gerberateler het liefst heeft dat de ventilatoren permanent draaien.

De aangepaste verwarmingsstrategie, geen minimumbuis en energiescherm zoveel mogelijk gesloten houden, vergt een goede begeleiding van de teler. Daarom is het aan te bevelen, om de adviseurs van de telers te overtuigen van deze nieuwe strategie.

Omdat bij de teelt van *Matricaria* de Aircobreeze niet altijd voor voldoende luchtbeweging zorgt en daarmee niet altijd voor een gewenste daling van de RV wordt voorgesteld om via slangen, zoals CO₂-darmen actief lucht in het gewas te blazen. Bij *Matricaria* kan deze extra slang worden bevestigd aan het nu aanwezige hijsgaas. De lucht door de slangen kan kaslucht zijn of tot kaslucht verwarmde buitenlucht. Buitenlucht heeft als voordeel dat het meestal droger is dan kaslucht. In het onderzoek moet vooral aandacht worden besteed aan welke luchtdebiet optimaal is, zowel vanuit energetisch als vanuit teeltkundig oogpunt.

Bij de teelt van *Gerbera* komt het ook met de Aircobreeze voor, dat de RV in het bladpakket te hoog is. Dit wordt door de teler gezien als een risico voor het optreden van *Botrytis*. Ook hier wordt voorgesteld om via een slangenstelsel, ter hoogte van het bladpakket, actief kaslucht of verwarmde buitenlucht in te blazen.

12 Conclusies

Teeltproeven Gerbera

De Aircobreeze heeft geen negatieve invloed gehad op de botrytisaantasting.

Ook zonder ventilatoren verspreiden de aanwezige meeldauwsporen zich gemakkelijk door de kas. Het is belangrijk om goed te scouten op meeldauw en de eerste plekkjes, die vooral onderin het gewas lijken te beginnen, goed te bestrijden. Dan zal de besmettingsdruk laag blijven en bij goed raken, zal de aantasting niet steeds vanuit het onder gewas naar boven komen.

Teeltproeven Matricaria

De resultaten maken het aannemelijk dat energiebesparing mogelijk is middels de gehanteerde klimaatregeling in combinatie met Aircobreeze, zonder dat dit nadelige gevolgen heeft voor het gewas. Bij de gerealiseerde energiebesparing is er namelijk geen nadelig effect gevonden op groei, ontwikkeling en fysiologische afwijkingen van Matricaria.

Rookproeven

De Aircobreeze veroorzaakt een parapluvormig stromingsprofiel waarvan de werkende breedte sterk afhankelijk is van de hoek waarmee de schoepen op de rotor zijn gemonteerd. Bij gerbera leverde dat een werkende breedte op van 15m doorsnede. Bij Matricaria was de werkende breedte in eerste instantie onvoldoende, maar na aanpassing van de schoephoek gelijk aan gerbera. De Aircobreeze verplaatst grote hoeveelheden lucht van onder het scherm naar het gewas en realiseert ter hoogte van de bloemknoppen een luchtsnelheid tussen 5 en 20 cm/sec, ruim voldoende om daar geen stilstaande luchtlaag te hebben. Zonder gebruik van de ventilator staat die luchtlaag bij Matricaria wel nagenoeg stil. Bij gerbera niet, maar daar is de luchtstroom bij de bloemen zonder ventilator vooral verticaal gericht, dus inclusief vochttransport vanuit het gewas. Dat verschil kan worden verklaard doordat Matricaria aaneengesloten en in de grond staat en er nauwelijks lucht onderin het gewas wordt toegevoerd, terwijl gerbera in goten boven de grond staat en er ook via de paden lucht onderin het gewas kan toestromen. Bij beide gewassen brengt de Aircobreeze dus warmere en drogere lucht bij de knoppen. Bij Matricaria betekent dit dat er in plaats van geen nu een kleine horizontale luchtbeweging is. Bij gerbera verandert de stromingsrichting van verticaal naar horizontaal.

Ook tussen het gewas heeft de Aircobreeze een verschillende invloed bij de twee gewassen. Bij Matricaria was er nauwelijks invloed meetbaar. De lucht stond daar zowel met als zonder gebruik van de ventilator nagenoeg stil zowel bij open als gesloten scherm. Ook het gebruik van de hijsverwarming brengt nagenoeg geen luchtbeweging tot stand. Bij gerbera was er tussen het bladpakket wel sprake van enige luchtbeweging, maar die was er ook al zonder Aircobreeze. Gezien de hoge RV tussen het blad zorgt de Aircobreeze in ieder geval niet voor extra verlaging van de RV op die plek. Bij beide gewassen kan het aanvullend onderin het gewas blazen van droge lucht de RV waarschijnlijk beter beïnvloeden dan met de Aircobreeze.

Akoestische metingen luchtbeweging

- De Aircobreeze verhoogt de luchtsnelheid nabij het gewas met 32%
- De Aircobreeze zorgt voor meer turbulentie.
- De meeste luchtbeweging ontstaat in de kas op het moment dat de ramen volledig open staan
- Het scherm dicht waarbij twee schermen over elkaar gesloten zijn heeft zorgt voor veel trek in de kas en daarmee hogere luchtsnelheden. De turbulentie is minder voor dit geval.

Metingen met draadloze sensoren

Uit de metingen met de draadloze sensoren kan worden gezegd, dat de Aircobreeze, vooral 's nachts voor een gelijkmatige RV zorgt, dat wil zeggen dat de RV in het gewas hetzelfde is als boven het gewas.

Energiebesparing Gerbera

Zuiderwijk & Witzier B.V. heeft met behulp van de Aircobreeze de warmtevraag gedurende elf maanden $7,4 \text{ m}^3/\text{m}^2$ (32%) lager weten te krijgen dan een referentie Gerberabedrijf. Het elektriciteitsverbruik was $10,3 \text{ kWh}/\text{m}^2$ hoger. Aangezien in voorgaande jaren de warmtevraag ook zonder Aircobreeze lager was dan het referentiebedrijf is gesteld dat de energiebesparing $6 \text{ m}^3/\text{m}^2$ (25%) is. Het gebruik van de Aircobreezeventilatoren verklaart $6 \text{ kWh}/\text{m}^2$ meer elektriciteitsverbruik.

Verminderde warmtevraag door middel van Aircobreeze is snel rendabel als hiermee ketelwarmte wordt vermeden, maar minder snel als hierdoor een WKK minder lang hoeft te draaien.

Energiebesparing Matricaria

De berekende warmtevraag bij JB Matricaria is in de afdeling met Aircobreeze 16% lager geweest dan in de referentieafdeling. Dit komt neer op $4,5 \text{ m}^3/\text{m}^2$ aardgas bij ketelverwarming. Aangezien in voorgaande jaren in referentieafdeling ook een hogere buistemperatuur werd gerealiseerd zal de werkelijke energiebesparing waarschijnlijk lager zijn.

De besparing werd gerealiseerd zonder grote concessies te doen aan de kastemperatuur en de luchtvochtigheid. Bij gebruik van een verwarmingsketel, een gasprijs van $0,30 \text{ €/m}^3$ en een elektriciteitsprijs van $0,07 \text{ €/kWh}$ is de investering binnen enkele jaren terug te verdienen.

Klimaatregeling

Zowel met het gebruik van verticale ventilatoren als zonder, zoals in een deel van de kas van JB Matricaria, is gebleken dat de verwarmingsbuis alleen voor de verwarming moet zorgen en men geen minimumbuis moet instellen. Verder is het belangrijk, als het energiescherm gebruikt wordt, om het scherm zoveel mogelijk dicht te laten.

13 Referenties

- Chang, Y. C. and W. B. Miller (2004).
The relationship between leaf enclosure, transpiration, and upper leaf necrosis on Lilium 'Star gazer'.
Journal of the American Society for Horticultural Science 129(1): 128-133.
- Chang, Y. C. and W. B. Miller (2005).
The development of upper leaf necrosis in Lilium 'Star Gazer'. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 130(5): 759-766.
- Hernandez, J., T. Soriano, *et al.* (2004).
Row covers for quality improvement of Chinese cabbage (*Brassica rapa* subsp *Pekinensis*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 32(4): 379-388.
- Islam, N., G. G. Patil, *et al.* (2004).
Effects of relative air humidity, light, and calcium fertilization on tipburn and calcium content of the leaves of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. *European Journal of Horticultural Science* 69(1): 29-36.
- Saure, M.C. (1998).
Causes of tipburn disorder in leaves of vegetables. *Scientia Horticulturae* 76: 131-147.
- Visser, P.H.B. de, J. Köhl en J. Wubben (2009).
Parapluplan botrytis, deelonderzoek 5 & 6 (ongepubliceerd).
- Kerssies, A. 1994.
Epidemiology of Botrytis spotting on gerbera and rose flowers grown under glass. Proefschrift
Landbouwniversiteit, Wageningen.
- Hazendonk, A., J.P. Wubben, I. Bosker. 2002.
Rotkoppen in Gerbera. PPO 540.
- Houter, B, E. Rijpsma, J. Campen, A. de Gelder en F. Kemkes (2005).
Planttemperatuur als stuurpappmeter in kasklimaatregelingen. PPO 416.16018.

