

Optimalisatie semi-gesloten telen in Roos

DLV Plant
Postbus 7001
6700 CA Wageningen

Agro Business Park 65
6708 PV Wageningen

T 0317 49 15 78
F 0317 46 04 00
E info@dlvplant.nl
www.dlvplant.nl

In opdracht van

Landelijke commissie Roos LTO Groeiservice
Postbus 1120
2280 CC Rijswijk

Gefinancierd door

Productschap Tuinbouw (PT)
Postbus 280
2700 AG Zoetermeer

Uitgevoerd door

DLV Plant BV
Edwin van der Knaap
Helma Verberkt
Dave van Marwijk



PT - Projectnummer: 12829

Dit document is auteursrechtelijk beschermd. Niets uit deze uitgave mag derhalve worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch door fotokopieën, opnamen of op enige andere wijze, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLV Plant. De merkrechten op de benaming DLV komen toe aan DLV Plant B.V.. Alle rechten dienaangaande worden voorbehouden. DLV Plant B.V. is niet aansprakelijk voor schade bij toepassing of gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Inhoudsopgave

| | |
|---|-----------|
| Samenvatting | 4 |
| 1 Inleiding en doel | 6 |
| 2 Materiaal en methode | 9 |
| 2.1 Proefopzet rozenbedrijf te Venlo | 9 |
| 2.2 Accommodatie en teeltgegevens rozenbedrijf te Venlo | 10 |
| 2.3 Waarnemingen en analyses | 10 |
| 2.5 Aanvullende gegevens effect koelen | 11 |
| 3 Resultaten proefbedrijf te Venlo | 13 |
| 3.1 Klimaatgegevens | 13 |
| 3.2 Productie en kwaliteitsgegevens | 15 |
| 3.3 Economische gegevens | 18 |
| 3.4 Warmtelevering aan derden | 19 |
| 4 Aanvullende gegevens effect koelen | 23 |
| 4.1 Klimaatgegevens | 23 |
| 4.2 Productie en kwaliteitsgegevens | 26 |
| 4.3 Economische gegevens | 29 |
| 5 Neveneffecten en klimaatsturing | 31 |
| 5.1 neveneffecten | 31 |
| 5.2 Klimaatsturing | 32 |
| 6 Resultaten enquête “geconditioneerde” teelt roos | 34 |
| 7 Discussie: plantfysiologische achtergrond | 38 |
| 7.1 Balanceren met temperatuur en CO ₂ | 38 |
| 7.2 Plantfysiologische achtergrond | 39 |

| | | |
|-------------------|--|-----------|
| 7.3 | Kasfysiologische achtergrond | 42 |
| 8 | Conclusies en aanbevelingen | 44 |
| Bijlage 1. | Instellingen semi gesloten teeltconcept bij Saris | 47 |
| Bijlage 2. | Temperatuurverdeling v.d. Berg | 49 |
| Bijlage 3. | Fotosynthese metingen | 57 |

Samenvatting

In 2006 en 2007 zijn twee rozenkwekerijen gevolgd die koeling toepassen in de snijrozenteelt. Doelstelling van het onderzoek is te komen tot een betere kwaliteit en productieverhoging middels een semi-gesloten teeltconcept in Roos. In het onderzoek is de inzetbaarheid van koeling op praktijkschaal te getoetst aan een standaard referentieafdeling.

Op een bedrijf in Venlo is een proef op een schaal van 1300 m² toegepast met slurven onder het teeltsysteem en een LBK aan de gevel. De capaciteit van het systeem was gering door de relatief hoge bronwatertemperatuur van 14 graden en het lage luchtdebiet van minder dan $10 \text{ m}^3/\text{m}^2$ kasoppervlak. In 2007 veranderde de proefopstelling bij Saris niet behalve dat er in 2007 vanaf het begin van het koelseizoen gedraaid werd met behulp van kaslucht. In 2006 is in eerste instantie gestart met het terug koelen van buitenlucht. Dit gaf niet de gewenste stijging van het vocht en CO₂ niveau. In 2007 leek het beperkte koelvermogen van ca 150 Watt/m² in combinatie met een Reduheat coating van 1:3 toereikend tot begin juni, daarna trad er een situatie op waarin enigszins geforceerd gekoeld werd. De productietoename liep op tot 10% tot en met periode 6. Eind juli is de proef gestaakt omdat de kwaliteit die in zowel de referentiekas als in de proef onder druk was gekomen.

Op een tweede bedrijf is data verzameld van een afdeling van 2,4 ha die al sinds 2005 gekoeld wordt. De resultaten zijn vergeleken met een niet gekoelde afdeling. Beide afdeling beschikte over een belichtingscapaciteit die van elkaar verschilde hiervoor is in het onderzoek gecorrigeerd. Deze heeft weliswaar geprofiteerd van de grotere hoeveelheden CO₂ die beschikbaar komt op het moment dat de koeling aanschakelt in de andere afdeling. Op dit bedrijf is begin 2007 dekberekening aangelegd. Tevens kon er gebruik gemaakt worden van OCAP CO₂ per januari 2007. In dit jaar boekte de niet gekoelde afdeling een enorme vooruitgang t.o.v. 2006. CO₂ waarden waren vrijwel niet beperkend voor de groei in beide afdelingen. Er werd in beide afdelingen gebruik gemaakt van een XLS 14 F schermdoek welke leidde tot een aanzienlijke licht reductie in gesloten toestand. Op het moment dat het schermdoek werd gesloten bij ca 650 tot 800 W/m² straling trad er een lichtreductie op van ruim 60%. Hierdoor werd het licht direct de beperkende factor. Het niet sluiten van het doek leidde ondanks de koeling toch tot een te hoge gewastemperatuur en een verslechterende knopkwaliteit.

De productie uit zonlicht is van 8,5 kg/m² in 2006 toegenomen tot 10,4 kg/m² in de niet gekoelde afdeling als gevolg van de hogere CO₂ doseercapaciteit t.o.v. 2006. Deze productie toename komt daarmee op een vergelijkbaar niveau als in de gesloten afdeling waar in 2006 al ruim 10 kg/m² uit buitenlicht is geoogst.

De productietoename op basis van CO₂ bedraagt 19%. Wanneer er geen koeling wordt toegepast is de CO₂ behoefte van de kas ca. 190 tot 200 kg/m² om de niveaus te bereiken die in de afdeling met 300 watt koeling worden bereikt. De variabele kosten voor een koelsysteem lijken dus weg te vallen tegen de verminderde CO₂ behoefte.

Om de vaste kosten terug te verdienen is een productie stijging nodig van ca. 1,5 tot 2 kg/m² of €12,- tot €16,- per m².jaar. Dit lijkt op de lange termijn wel haalbaar. Echter, de terugverdientijd zou aanzienlijk verkort worden wanneer de geogoste warmte nuttig kan worden aangewend.

Economisch gezien leidt koeling vooral tot een hogere kilogramproductie en behoorlijk lagere behoefte aan CO₂ doseercapaciteit. Hierdoor wordt de omzet verhoogd. Rozentelers die meer in een landklimaat gevestigd zijn, zullen naar verwachting eerder de extra kosten van een koelinginstallatie terugverdienen. Zij ervaren vaker hoge temperaturen in de zomer waardoor de productie geremd wordt. Telers dicht aan de kust hebben in de zomer veel minder met extreem hoge temperaturen te maken door de matigende invloed van de zee.

De neveneffecten zijn gunstig te noemen omdat het gewas commercieel langer geteeld lijkt te kunnen worden en de productie en het kwaliteitniveau erg stabiel en voorspelbaar in de tijd.

De haalbaarheid van koeling hangt af van ondermeer:

- De opbrengsten die in het tweede halfjaar behaald kunnen worden en die dus vergroot kunnen worden o.i.v. koeling.
- De mate waarin er warmtelevering mogelijk is aan derden.
- Geografische ligging van het bedrijf.
- De beschikbaarheid van kwalitatief goede CO₂ en de prijs daarvan.

Om succesvol gekoeld te telen zijn een aantal kritische succesfactoren van belang. Een semi-gesloten teeltconcept dient te voldoen aan:

- 300-400 Watt koelvermogen per m².
- Een beweegbaar zomerdoek, met een transmissie van ca 60 à 70%.
- Een goede regeling en sturing van koeling en ventilatie.
- Een continu hoog CO₂-niveau in de lichtperiode, hierbij is 50 tot 100 Kg CO₂ per ha/u toereikend, indien er gekoeld wordt.
- Het voorkomen van waterstress.

1 Inleiding en doel

Het concept “De gesloten Kas TM” in zijn huidige vorm biedt perspectieven voor niet belichte teelten of een belichte teelt in clusterverband en minder voor de intensief belichte teelten zoals roos. Echter, elementen van de gesloten kas kunnen wel een bijdrage leveren aan een intensief belichte teelt. De uitkomsten in dit onderzoek zijn daarom ook te vertalen naar andere teelten. In roos hebben we te maken met productie en kwaliteitsverlies in de zomerperiode. De negatieve invloed hiervan is vaak nog zichtbaar in het najaar of zelfs in het begin van de winter. Een doelstelling van de Nederlandse rozenkweker is: Een zeer betrouwbare leverancier te zijn van stabiele aanvoer van zeer hoge kwaliteit rozen gecombineerd met zo hoog mogelijk productie. Om de concurrentiepositie van de Nederlandse roos te versterken is het noodzakelijk om:

- Te kunnen concurreren met voldoende knopgrootte en voldoende continuïteit daarvan.
- Te concurreren met een nog gelijkmatiger aanvoerpatroon.
- De afhankelijkheid van onderdoorknippen en de levensduur van het gewas moet opgerekt worden.
- Betere arbeidsomstandigheden voor het personeel in de kas te creëren.
- Het verminderen van de CO₂ verliezen uit de kas en daarmee de efficiëntie van de productiefactor CO₂ te verbeteren.
- Meer ruimte te creëren voor het doelmatig toepassen van assimilatiebelichting. Door meer controle op de temperatuursontwikkeling kan er effectiever belicht worden d.m.v. behoud van CO₂ niveaus gedurende de belichte perioden.
- Maatschappelijke acceptatie voor productie in Nederland. Om de maatschappelijke acceptatie te vergroten en meer draagvlak te creëren voor de intensieve rozenteelt in Nederland is het van belang om een verduurzaming tot stand te brengen van de Nederlandse productiemethoden.
- Warmtelevering aan derden. Rozenkwekerijen uitgerust met een assimilatiedoek en een hoog lichtniveau gebruiken zelf hoofdzakelijk laagwaardige warmte in het buizennet. Alleen wanneer de lampen uit staan neemt de warmtevraag substantieel toe. Een aantal cultivars tolereren 24 uur licht per etmaal. In dit geval, of in geval van een energiedoek is er geen hoogwaardige warmte meer nodig in de kas. De hoogwaardige warmte die vrij komt bij eigen elektriciteit opwekking middels een TE kan vervolgens aan derden geleverd worden. Zeker wanneer de betrouwbaarheid van warmtelevering hoog is wordt het interessant om deze warmte te exploiteren

In het voorjaar 2006 is bij Rozenkwekerij T. Saris te Venlo een koelinstallatie geïnstalleerd voor het testen van een semi-gesloten teeltconcept ten opzichte van een standaard controlebehandeling. De semi-gesloten proefkas met luchtbehandeling bestaat uit een afgeschermd afdeling van circa 1300 m² waar de ventilatie afzonderlijk te regelen is. De koele lucht wordt via slurven onder het teeltsysteem ingebracht. De controlebehandeling bevindt zich in een vergelijkbare kas binnen hetzelfde kascomplex. Het enige verschil is de luchtbehandelingapparatuur. Vanaf week 25 werd de koeling in bedrijf gesteld met uitsluitend terug gekoelde buitenlucht. In deze opstelling bleek het moeilijk om

verhoogde CO₂ waarden te realiseren. Hierdoor viel de productietoename aanvankelijk ook tegen. Echter, het verschil in taggewicht was na 10 weken koelen 10% hoger dan in de controleafdeling. Vanaf week 32 was het mogelijk om de kaslucht te koelen en te recirculeren. Er trad echter meer meeldauwschade op in de gekoelde kasafdeling wanneer de verschillen in RV tussen dag en nacht en de verticale temperatuursverschillen te groot werden. De meerproductie in gewicht/m² van ongeveer 6 procent over de koelperiode is door meeldauwschade gereduceerd tot netto 3 procent.

Bij een tweede bedrijf (Van den Berg Roses in Delfgauw) is ook een gekoeld kasconcept cijfermatig vergeleken met een standaard controle. Hieruit bleek dat de productietoename gedurende de koelperiode 15% was. De relatieve opbrengststijging per producteenheid was 4,4% over de koelperiode. De CO₂ behoefte van de gekoelde kas was daarnaast gereduceerd naar 50 tot 100 Kg/ha per uur. Per geïnvesteerde kW/h via de koeling bedroeg de productietoename gemiddeld ruim 40 gram. Dit is ruim het drievoudige van de toename per geïnvesteerde kW/h via de belichting. Met de opgedane kennis en een verbeterde klimaatregeling lijkt een grotere productietoename mogelijk te zijn.

Uit de voorlopige resultaten kan voorzichtig worden geconcludeerd dat naast kwaliteitsverbetering ook productieverhoging te behalen is met het semi-gesloten teeltconcept. Vanuit de intensieve begeleiding is voorgesteld om de proef bij Toon Saris door te trekken in 2007. Door eerder te starten met koelen en effectiever omdat, in tegenstelling tot het jaar ervoor, gelijk met binnenlucht werd gekoeld, is het semi-gesloten teeltconcept verder geoptimaliseerd en vergeleken met de standaard teeltmethode. Daarnaast is voorgesteld vanuit de intensieve begeleiding dit project breder te trekken door gegevens met betrekking tot koeling in combinatie met schermen en dekberegening bij Van den Berg Roses erbij te betrekken.

Doelstelling van het project is te komen tot een betere kwaliteit en productieverhoging middels een semi-gesloten teeltconcept in Roos. Welke meerproductie en kwaliteitsverbeteringen zijn er te verwachten door verdere optimalisatie van het semi-gesloten teeltconcept. Vanuit plantfysiologisch oogpunt blijkt CO₂ opname de grootste meerwaarde te hebben voor de productiedoelstelling en een lagere temperatuur voor het kwaliteitsaspect. Met dit project kunnen er mogelijk belangrijke stappen voorwaarts worden gezet in een verduurzaming van de rozenteelt in Nederland.

Er zijn twee proefopstellingen gevolgd. Het betreft de proefopstelling op het bedrijf van T. Saris te Venlo en een proefopstelling in een gekoeld kasconcept bij Van den Berg Roses in Delfgauw. In dit verslag zijn de conclusies van het eerste onderzoeksjaar in 2006 weergegeven en aangevuld met de resultaten van het tweede onderzoeksjaar in 2007. De resultaten van de proeven zijn aangevuld met met praktijkervaringen (o.a. luchtbeweging, luchtbevochtiging, buitenscherm, FiwiHex) die betrekking hebben op de doelstelling meer productie en betere kwaliteit. Daarnaast is overleg geweest met de diverse klimaatcomputerleveranciers met betrekking tot de klimaatregeling van semi-gesloten teeltconcepten.

Het onderzoek is gefinancierd door het Productschap Tuinbouw (PT). Andere participanten in het project zijn: Wilk van der Sande, Growlab, Cultilène, Bom Kassenbouw en AEM. Het project wordt in nauwe samenwerking uitgevoerd met diverse toeleveranciers, de leden van de BCO van de landelijke Rozencommissie van LTO Groeiservice en de maatschap Saris. Wilk van der Sande heeft de luchtbehandelingskasten bij T. Saris in Venlo geleverd.

2 Materiaal en methode

2.1 Proefopzet rozenbedrijf te Venlo

Er zijn twee proefbehandelingen aangehouden op het bedrijf T. Saris te Venlo. Een proefbehandeling waarbij de lucht gekoeld is (= het semi-gesloten teeltconcept, zie ook bijlage 1) en een standaard controle behandeling. Hiervoor zijn 2 bestaande kassen ingericht.

De semi-gesloten proefkas met luchtbehandeling bestaat uit een afgeschermd afdeling van ca 1300 m² die apart te regelen is met de ventilatieregeling. De luchtbehandelingskast voor het semi-gesloten teeltconcept bestaat uit een koudeblok. Er zijn voor de proef twee bronnen geslagen en een luchtverdeelstelsel met luchtbehandelingskasten aangelegd in de semi-gesloten proefkas. Het betreft een bestaand gewas 'Grand Prix'.

Voor de controlebehandeling is uitgegaan van een vergelijkbare afdeling in hetzelfde kascomplex met een vergelijkbare uitrusting met uitzondering van de luchtbehandelingsapparatuur. In de controlekas staat een vergelijkbaar gewas 'Grand Prix'. Voor de regeling van beide behandelingen is als basis uitgegaan van de kasluchttemperatuur. Afhankelijk van de teeltomstandigheden heeft de temperatuur duidelijk op mogen lopen.



Foto 1. Aanbouw koelsysteem bij T. Saris

Het principe lijkt op de Gesloten Kas. Belangrijk verschil is dat hier geen warmte uit de kas is hergebruikt. Als extra dimensie in de energiestromen bevat het semi-gesloten teeltconcept ook assimilatiebelichting. De lucht in de kas is zoveel mogelijk tot het dauwpunt teruggekoeld met een koelcapaciteit van ongeveer 150 Watt per vierkante meter bij 27 graden kastemperatuur. De koele lucht is via slurven onder het teeltsysteem ingebracht. Onder ieder bed lagen twee geperforeerde slurven, waaruit de behandelde lucht zijwaarts werd uitgeblazen.

Koeling (met kaslucht) is gestart op 4 april en beëindigd op 24 juli 2007.

2.2 Accommodatie en teeltgegevens rozenbedrijf te Venlo

Het onderzoek bij T. Saris te Venlo is uitgevoerd in een venlo kastype (bouwjaar 2004) van 4,5 meter hoog en twee-ruits-luchting. In de kassen is een 99% assimilatiehoek geïnstalleerd. Een doorzichtige plastic wand en twee grote plastic roldeuren aan het betonpad schermen ca 1300 m² af van de rest van de kas.

Het rozengevoel 'Grand Prix' is in week 40, 2004 aangepland en tot het moment van het onderzoek als één object behandeld. Het teeltsysteem bestaat uit 4 keer 4 rijen in een 8 meter kap. De bedbreedte is 120 en het pad is 80 cm.



Foto 2. Teeltsituatie bij Saris

2.3 Waarnemingen en analyses

Binnen de twee proefbehandelingen is de hele productie geteld via de sorteermachine. In beide behandelingen zijn additionele metingen uitgevoerd middels twee Growlabs die de gelogde gegevens via GPRS ontsluit. De gegevens die vastgelegd zijn: temperatuur, RV, PAR-licht, Infrarood planttemperatuur en CO₂. Tevens is middels WET-sensoren de EC, watergehalte en mattemperatuur vastgelegd. De gegevens van beide Growlabs zijn gelijk aan het praktijknetwerk

roos doorgestuurd naar Letsgrow.com waar de teeltregistratie module snijbloemen de klimaatgegevens synchroon zet met de productiegegevens.

Van het gewas is de gewichtsproductie (in gram/m²), het aantal stuks per week per m² en de kwaliteit (takgewicht, taklengte, gram per cm²) geregistreerd. De productiegegevens zijn geregistreerd in Letsgrow.com. In de module snijbloemen die gedurende drie jaar draait in de praktijk worden generieke kentallen berekend die inzicht verschaffen in hoe de teelt loopt en wat de teeltresultaten zijn.

Ook is een energiebalans opgesteld. De warmtestromen van beide situaties zijn in kaart gebracht. Aan de hand van berekeningen is de hoeveelheid te exploiteren warmte aan derden / in clusterverband bekend. Bij opschaling (grotere proef- en/of teeltoppervlaktes) kan laagwaardige warmte worden opgeslagen (bronnen, aquifers) voor eigen gebruik en hoogwaardige warmte (WKK-installaties) worden geleverd aan derden.

De proef is uitgevoerd in de zomer van 2007. Vooraf en achteraf zijn voor- en natellingen verricht om het eventuele na-ijl effect van de proefbehandelingen te kunnen vastleggen.

2.5 Aanvullende gegevens effect koelen

Ter aanvulling zijn de teeltgegevens bij Van den Berg Roses in Delfgauw over 2007 verzameld en verwerkt in dit verslag. Het bedrijf bestaat uit een Venlo kastype van 5 meter poothoogte en tweeruitsluchting.

De belichtingcapaciteit in de niet gekoelde afdeling is 113 Watt/m² en 160 micromol/m².sec⁻¹. In de gekoelde afdeling is dit 90 Watt/m² en 128 micromol/m².sec⁻¹ op gewasniveau. De koeling bestaat uit een koelunit met 2 ventilatoren per 380 m². De koelunits zijn boven het gewas geplaatst. Gedurende de winter wordt er duurzaam koude gewonnen via koeltorens. Er zijn 10 bronnen welke in totaal 500 m³/uur leveren voor de koelunits. Tijdens de zomer van 2007 is er gebruikt gemaakt van bronwater met een temperatuur van 9 graden. De pompcapaciteit van de bronpomp is 500 m³ per ha.

De kas bestaat uit twee afdelingen, in beide afdelingen wordt het ras 'Avalanche' geteeld. De plantdatum van de niet gekoelde afdeling is maart 2004 en de gekoelde afdeling is geplant in oktober 2001.

Vanaf week 15 t/m week 35 heeft de koelbehandeling plaatsgevonden.



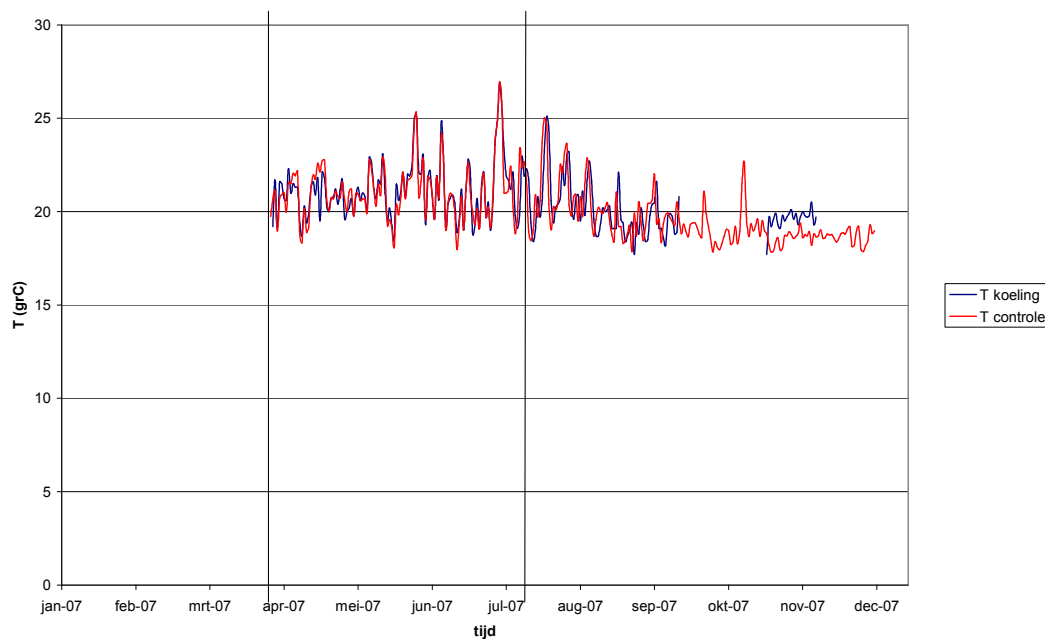
Foto 3 en 4. Koelingsbehandeling bij Van den Berg Roses

3 Resultaten proefbedrijf te Venlo

3.1 Klimaatgegevens

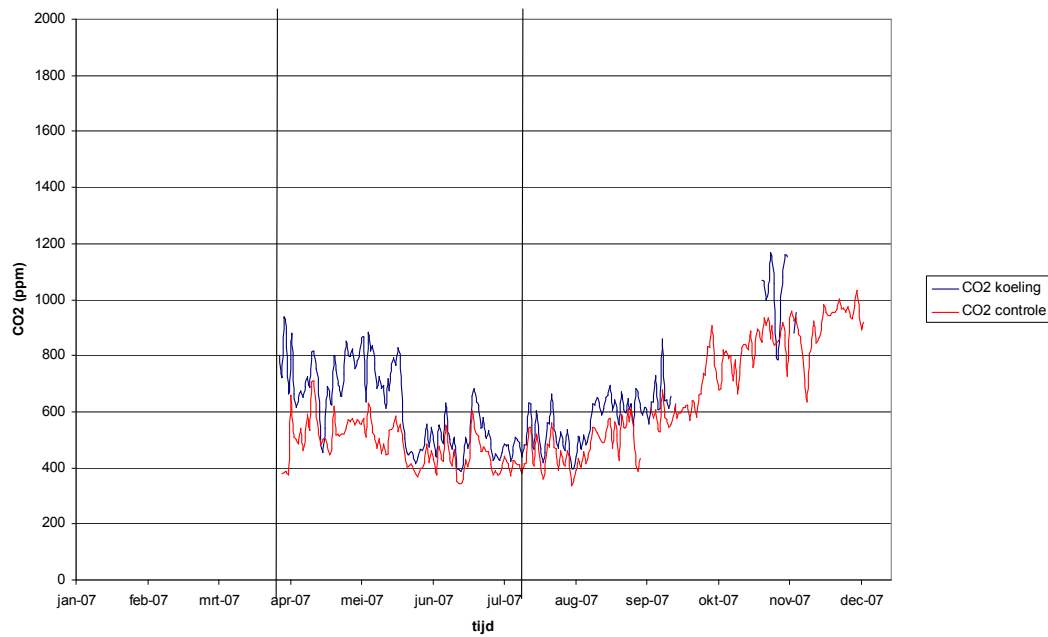
Gedurende de koelperiode is het klimaat constant gemonitord. Elke minuut zijn de data gemeten en elke 5 minuten is een gemiddelde meetwaarde vastgelegd. De figuren hieronder geven een overzicht per gemeten factor, waarbij de data van de controle- en de gekoelde afdeling telkens tegen elkaar zijn uitgezet. Opvallende zaken zijn per factor beschreven.

Figuur 1 geeft het verloop van temperatuur in beide afdelingen weer.



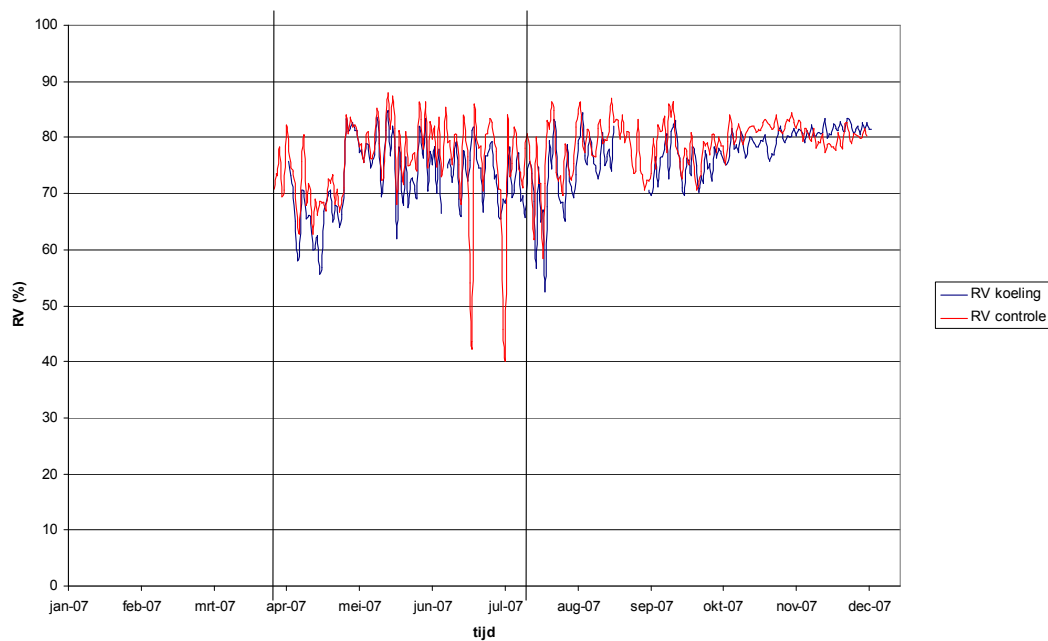
Figuur 1. Temperatuursverloop voor beide situaties (tussen verticale lijnen is er gekoeld)

Gedurende de koelperiode ligt het CO₂ gehalte, in figuur 2, van de gekoelde afdeling bijna constant boven dat van de controle afdeling.



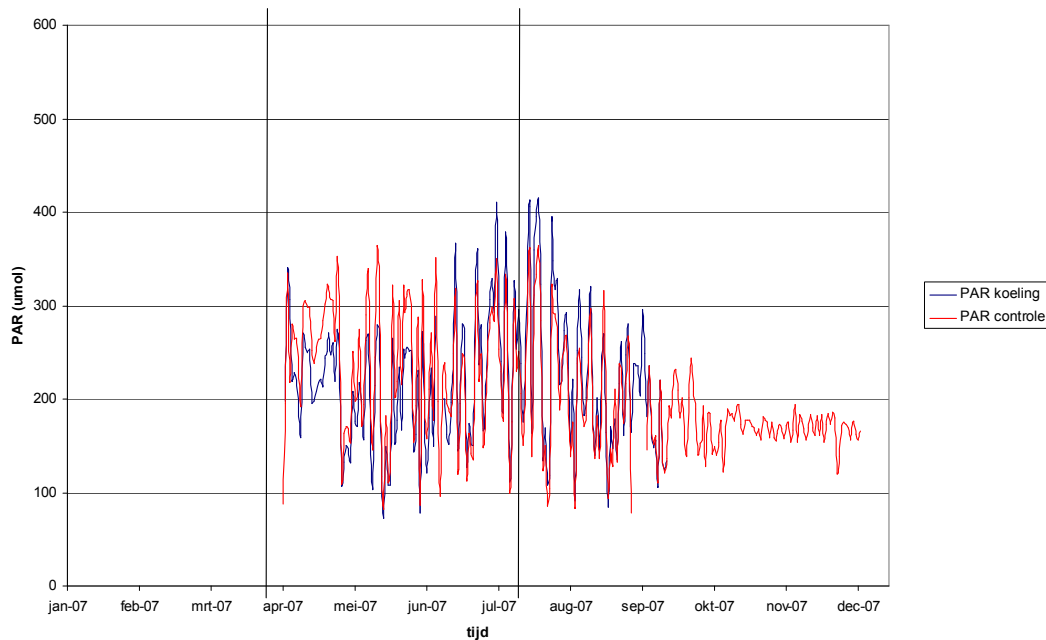
Figuur 2. CO₂ gehalte voor beide situaties (tussen verticale lijnen is er gekoeld)

Figuur 3 geeft het verloop van de RV. De verschillen tussen beide afdelingen zijn klein.



Figuur 3. RV verloop voor beide situaties (tussen verticale lijnen is er gekoeld)

Onderstaande figuur geeft het verloop van de instraling weer in beide afdelingen. Verschillen in instraling tussen beide afdelingen zijn beperkt.

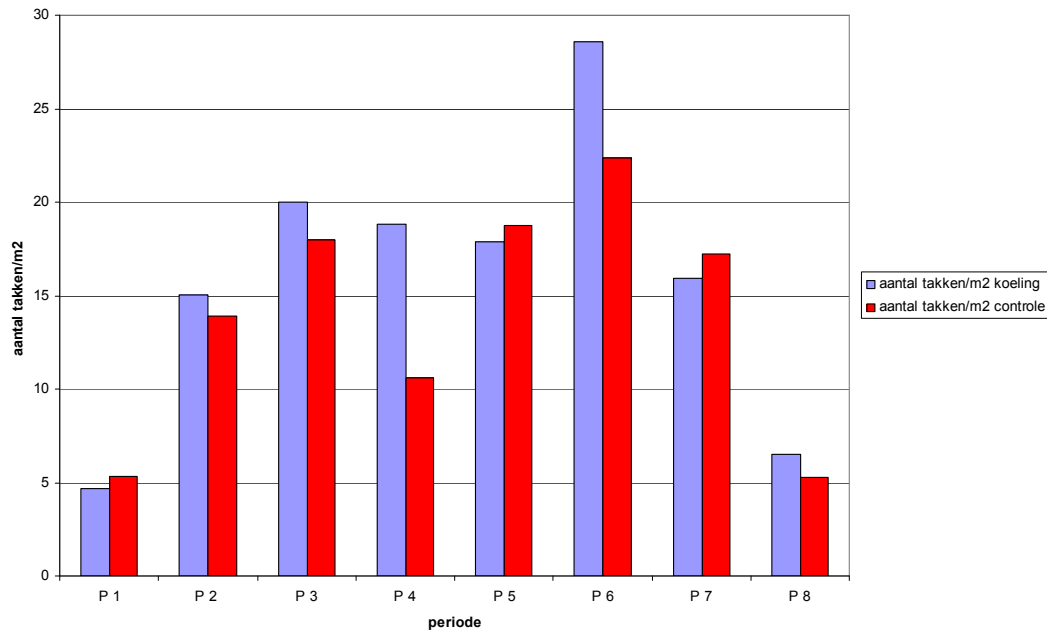


Figuur 4. Instraling gedurende de proefperiode (tussen verticale lijnen is er gekoeld)

3.2 Productie en kwaliteitsgegevens

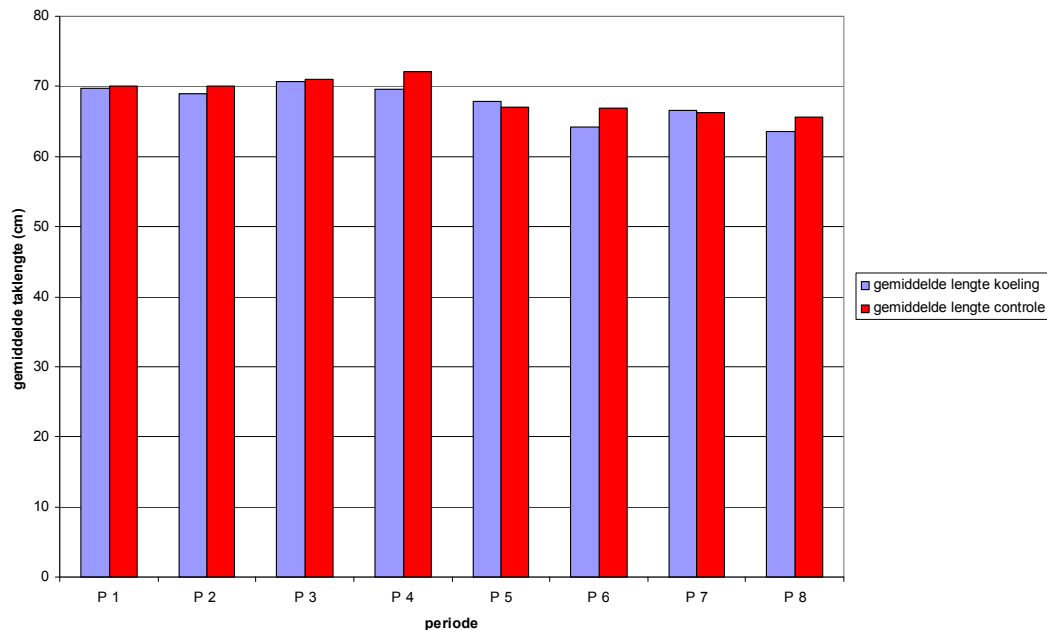
Om het effect van koeling op het gewas te meten zijn productie- en kwaliteitsgegevens geregistreerd.

In de volgende figuren zijn de resultaten van de oogstgegevens weergegeven. Vooral in periodes 4 en 6 is het aantal geoogste takken per m² hoger voor de gekoelde behandeling (figuur 5). Dit is een direct gevolg van een hoger CO₂ gehalte in de gekoelde afdeling.



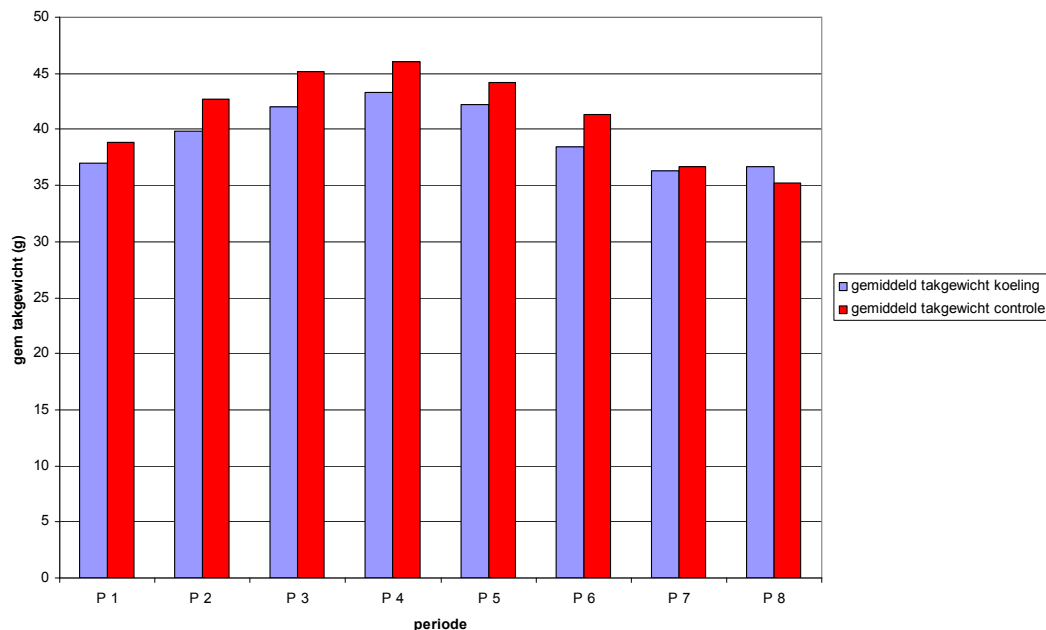
Figuur 5. Aantal geoogste takken per m²

De gemiddelde taklengte voor beide situaties is weergegeven in figuur 6. Deze is over de periodes opgeteld nagenoeg gelijk voor de beide situaties.



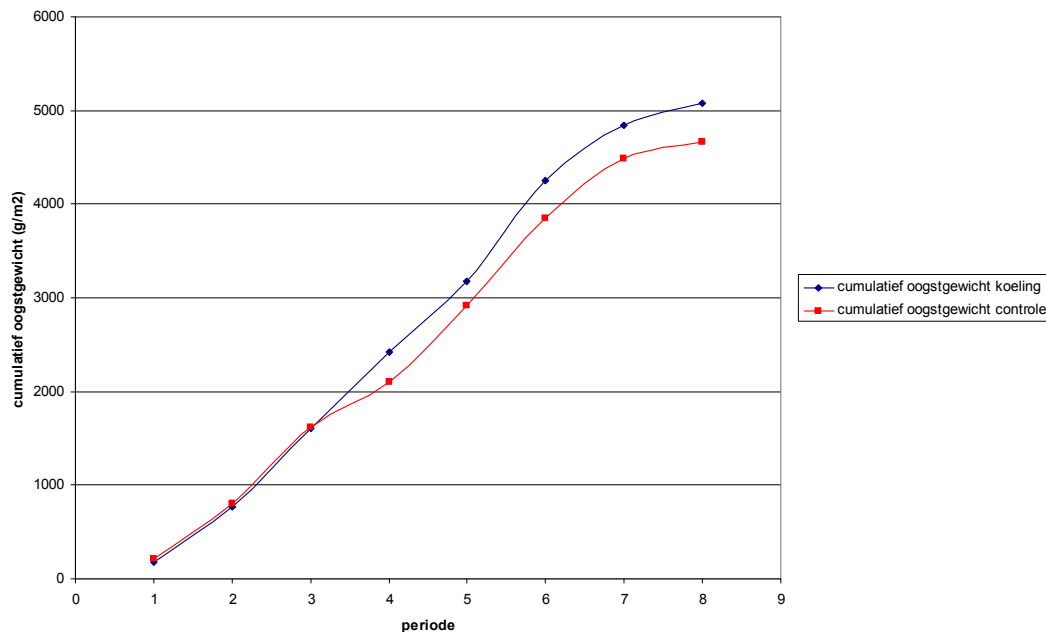
Figuur 6. Gemiddelde taklengte

Het gemiddelde takgewicht, weergegeven in figuur 7, is bijna telkens hoger voor de takken van de controle behandeling. Een verklaring hiervoor is dat er in de gekoelde afdeling meer aantallen takken geoogst zijn per m². Hierdoor is de plantbelasting hoger geweest met als gevolg een wat lager takgewicht.



Figuur 7. Gemiddeld takgewicht

Het tak(veil)gewicht per m² is gemiddeld hoger voor takken van de gekoelde afdeling vergeleken met die van de controle afdeling. Vooral in periode 4, wanneer de koeling is gestart, is het verschil duidelijk.

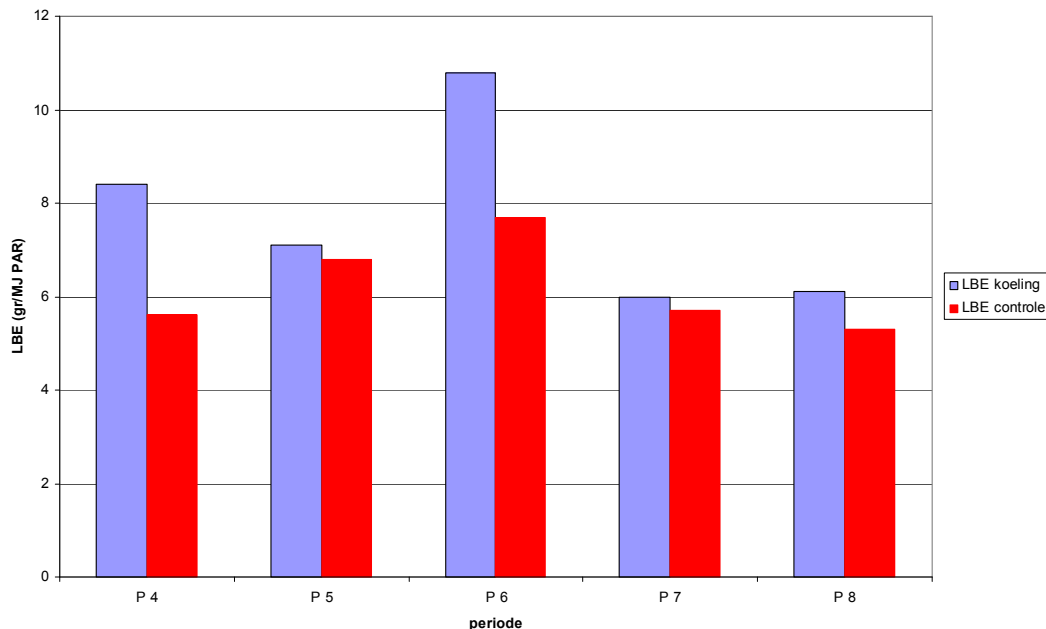


Figuur 8. Cumulatief oogstgewicht per m²

Wat betreft het gewicht per cm bloemsteel (kwaliteit) kan opgemerkt worden dat dit iets hoger ligt voor takken uit de controle afdeling. Dit is vooral het gevolg van het hoger aantal geoogste takken per m² in de gekoelde afdeling.

De lichtbenuttingsefficiëntie (dat deel van het licht dat daadwerkelijk wordt gebruikt voor drogestofproductie) ligt vanaf periode 4 op een hoger niveau voor de

koelingsbehandeling (figuur 9). Dit betekent dat bij dezelfde instraling, het gewas in de gekoelde afdeling meer drogestof produceert dan het gewas in de controle afdeling.



Figuur 9. Lichtbenuttingsefficiëntie voor beide situaties

3.3 Economische gegevens

In deze paragraaf zijn de opbrengsten en kosten berekend voor 3 verschillende situaties met als uitgangspunt de omstandigheden bij T. Saris: 1 controlesituatie en 2 koelingsituaties (tabel 1).

Tabel 1. Berekende opbrengsten en kosten op jaarbasis voor 3 situaties (1 controle, 2 koelingsituaties) voor de cultivar 'Grand Prix' met $128 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ belichting en $200 \text{ kg CO}_2/\text{ha}/\text{uur}$.

| | controle | 170 Watt koeling | 350 Watt koeling |
|---|----------|------------------|------------------|
| Klimaat | | | |
| CO ₂ gehalte (gem) | 826,5 | 945,97 | 966,39 |
| LBE (gem) | 7,3 | 7,6 | 7,7 |
| Productie | | | |
| kg/m ² | 11,6 | 12,1 | 12,3 |
| stuks/m ² | 249,7 | 262,2 | 266,0 |
| Teelt economisch | | | |
| omzet/m ² | 119,9 | 125,30 | 126,85 |
| kosten/m ² | 112,0 | 109,22 | 108,69 |
| vaste kosten koeling/m ² | 0 | 7,25 | 14,25 |
| variabele kosten koeling/m ² | 0 | 2,5 | 3,5 |

Deze berekeningen zijn uitgevoerd m.b.v. het QMS[®] model voor Roos van DLV Plant

De lagere kosten per m² voor de koelingsituaties komen vooral voort uit het grotere behoud van CO₂ bij deze situaties, waardoor de dosering (en de kosten daarvan à 10 cent per kilo) veel lager uitvalt.

De kg productie per m² zal voor de controlesituatie iets lager uitvallen in de praktijk. Dit komt vooral omdat de berekende kilogrammen in de zomermaanden soms tegen kunnen vallen. Bij hoge temperaturen in de zomer zal soms minder licht toegelaten worden om stress te voorkomen. Of er treedt stress op waardoor de groei en de ontwikkeling van het gewas verstoord wordt. Bij situaties met koeling is de verwachting dat de geprognosticeerde productie wel gehaald kan worden onder normale omstandigheden.

Rozentelers die meer in een landklimaat gevestigd zijn zullen naar verwachting eerder de extra kosten van een koelingsinstallatie terugverdienen. Zij ervaren vaker hoge temperaturen in de zomer waardoor de productie geremd wordt. Telers dicht aan de kust hebben in de zomer veel minder met extreem hoge temperaturen te maken door de matigende invloed van de zee.

3.4 Warmtelevering aan derden

Deze paragraaf geeft informatie over de energie- en warmtebalans met als uitgangspunt de bedrijfssituatie van T. Saris. Het doel hiervan is vooral om inzicht te krijgen in de hoeveelheid te exploiteren hoogwaardige warmte aan derden.

Warmte welke aan derden wordt geleverd zal altijd hoogwaardige warmte moeten zijn (HT-warmte) van minimaal 80 °C. Bij lagere temperaturen wordt het warmtetransport weinig efficiënt, omdat bij een kleiner temperatuurverschil per liter water minder warmte wordt verplaatst. De investeringen en/of de capaciteiten worden dan veel hoger bij een gelijke hoeveelheid getransporteerde warmte. Daarom kan alleen warmte van de warmte-kracht of de ketel worden geleverd aan derden, terwijl laagwaardige warmte uit een koelmachine, warmtepomp of aquifer alleen op het eigen bedrijf toepasbaar is.

Bij elke warmtelevering van rendabele omvang is het altijd de vraag of de afnemende partij niet beter zelf kan investeren in warmte-kracht en daarmee zijn energiekosten lager kan maken. Om er voor te zorgen dat de ontvangende partij zich langjarig wil binden aan warmteafname zal het tarief van de geleverde warmte laag moeten zijn en bij voorkeur gekoppeld aan de sparksread, kortom: concurrerend met een warmte-kracht voor teruglevering.

Belangrijk uitgangspunt over de te leveren warmte is dat het bedrijf nu LT-warmte (laagtemperatuurwarmte) over heeft, maar die niet leverbaar is. In deze berekening gaat de teler daarom HT-warmte die nu op zijn bedrijf gebruikt wordt leveren aan derden en het "gat" dat daardoor ontstaat opvullen met LT-warmte uit de bron. Om die LT-warmte toepasbaar te maken is een elektrische warmtepomp nodig met een COP (verhouding tussen opgenomen energie en nuttige warmte) van 6.

Momenteel wordt bij gekoelde rozenkassen de opgeslagen warmte vernietigd, omdat met de HT-warmte van de warmte-kracht de warmtevraag geheel gedekt is. Als we die warmte-kracht-warmte aan derden leveren, moet de laagwaardige warmte wel opgewerkt worden tot op het bedrijf bruikbare warmte. Er is dan een warmtepomp nodig om de aquiferwarmte van $\pm 16\text{ }^{\circ}\text{C}$ op een temperatuur van 40°C te krijgen. Laagwaardige warmte is moeilijk op te slaan en moet dus direct toegepast worden.

De warmtelevering aan derden zal dus in beginsel nooit meer zijn dan het minimum van

- wat er aan warmte geogst is.
- het deel van de warmtevraag op het leverende bedrijf dat met LT-warmte kan worden ingevuld.

Deze hoeveelheid warmte kan groter worden als de afnemende partij meer dan deze warmte kan gebruiken en de warmtelevering tijdens terugleveren van elektriciteit aan het net op variabele kosten rendabel is.

Tenslotte moet er natuurlijk een afnemende partij aanwezig zijn van voldoende omvang en gelijktijdigheid.

Om warmte te kunnen leveren zijn investeringen nodig:

- 1) een warmtetransportleiding (vaak geïsoleerde stadsverwarmingsleidingen).
- 2) een warmtewisselaar of TSA, om de cv-circuits van de leverende en ontvangende partij van elkaar te scheiden.
- 3) een warmtepomp om de warmte uit de aquifer toepasbaar te maken.
- 4) warmtemeters om de verrekening van geleverde warmte mogelijk te maken
- 5) in een aantal gevallen extra buffercapaciteit om de ongelijktijdigheid van productie en gebruik van warmte op te vangen.

Mogelijk kan de noodkoeling, die in de referentiesituatie wordt gebruikt om de aquiferwarmte kwijt te raken, kleiner worden uitgevoerd.

Al deze investeringen zijn afhankelijk van de grootte van de benodigde installaties en dus ook van de grootte van het bedrijf.

De hoeveelheid geleverde warmte wordt bepaald door de variabele kosten van de warmteproductie. Of er warmte wordt geleverd is uiteindelijk een operationele beslissing die wordt bepaald door:

- 1) De kosten voor gas en onderhoud van de warmte-kracht.
- 2) De opbrengsten uit aan het net geleverde elektriciteit of de vermeden inkoop van elektriciteit.
- 3) De benutting van CO_2 , vermeden inkoop van CO_2 of extra productie bij meer CO_2 .

Deze factoren zijn dus niet alleen afhankelijk van de beide betrokken bedrijven, maar ook van de ontwikkelingen in de energiemarkt.

Globaal geldt voor een koelend bedrijf dat er bij 170 W/m^2 omgerekend ± 1.500 uur per jaar vollast gekoeld wordt. Bij 350 W/m^2 pakken we wat extra op erg warme

| koeling | | koude |
|--------------------|-----------|----------------------|
| vermogen | vollast | geogst |
| 170 W/m^2 | 1.500 uur | 255 kWh/m^2 |
| 350 W/m^2 | 800 uur | 280 kWh/m^2 |

dagen, maar wordt er in totaal niet veel meer gekoeld en komen we op 800 uur per jaar vollast uit.

Met een warmtepomp met een COP van 6 is nodig aan elektriciteit en komt er aan LT-warmte beschikbaar:

| koeling | elektriciteit | aquiferwarmte | |
|----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------------|
| vermogen | 6,0 kWh/kWh | warmtepomp | 8,79 kWh/m ³ |
| 170 W/m ² | 43 kWh/m ² | 298 kWh/m ² | 34 m ³ /m ² |
| 350 W/m ² | 47 kWh/m ² | 327 kWh/m ² | 37 m ³ /m ² |

Op erg koude dagen is 40 °C niet voldoende om de kas te verwarmen. Van de 60 m³/m² kan daarom maximaal 45 m³/m² met LT-warmte worden ingevuld. Dat is dus voldoende om de aquiferwarmte geheel te benutten.

Bij een warmte-kracht van 600 kWe per hectare en 6.000 draaiuren is er bij beide opties van koeling voor warmtelevering beschikbaar aan HT-warmte: Er is dus voldoende HT-warmte aanwezig om “weg te strepen” tegen de geleverde LT-warmte.

| warmte-kracht HT-warmte | | |
|-------------------------|---------------------|------------------------|
| elektrisch | 110% warmte | 6.000 uur |
| 60 W/m ² | 66 W/m ² | 394 kWh/m ² |

Dat betekent dat de op basis van de warmtevraag van het leverende bedrijf de hoeveelheid geleverde HT-warmte zal zijn:

| koeling | warmte derden | |
|----------------------|------------------------|-----------------------------------|
| vermogen | levering | 8,79 kWh/m ³ |
| 170 W/m ² | 298 kWh/m ² | 34 m ³ /m ² |
| 350 W/m ² | 327 kWh/m ² | 37 m ³ /m ² |

Extra warmtelevering door een gunstige energiehandel en voldoende afnamecapaciteit van de afnemer blijft buiten beschouwing.

Kosten en opbrengsten

Bij een commodityprijs van € 0,25 per m³ van aardgas kost de warmte bij productie met een ketel op 90% Hb ± 0,028 €/kWh. Als daarop 30% korting wordt gegeven kost warmte 0,02 €/kWh.

| elektriciteit | warmte | totaal |
|-----------------------|------------------------|------------------------|
| 0,080 €/kWh | 0,175 €/m ³ | |
| 3,40 €/m ² | 5,92 €/m ² | -2,52 €/m ² |
| 3,73 €/m ² | 6,50 €/m ² | -2,77 €/m ² |

De elektriciteit voor de warmtepomp zal ongeveer 50% / 50% verdeeld zijn over plateau en dal en kost dan ongeveer 8 €ct/kWh. Rechts naast de elektriciteitskosten staat wat het bedrijf verdient met de verkoop van warmte. Dat is hoger dan de elektriciteitskosten, zodat je in de meest rechtse kolom negatieve kosten = inkomsten overhoud.

Aan variabele kosten kan € 2,50 tot € 2,75 voordeel behaald worden. Bij een bedrijf van 20.000 m² is dat minimaal € 50.000 per jaar.

De investeringen genoemd onderaan pagina 24 komen voor 20.000 m² al snel uit op € 10 per m², dat is bij afschrijving in 10 jaar en gemiddeld 2,5% rente € 1,25 per m².

In totaal blijft er dan een voordeel door warmtelevering over van € 1,25 tot € 1,50 per m².

Subsidie en rookgasreiniging

EIA (Energie-investeringsaftrek) is mogelijk op warmte-kracht, rookgasreiniging en netaansluiting en warmtepomp (specifiek) en alle andere voldoende energiebesparings-mogelijkheden (generiek).

Verder moet rekening gehouden worden met:

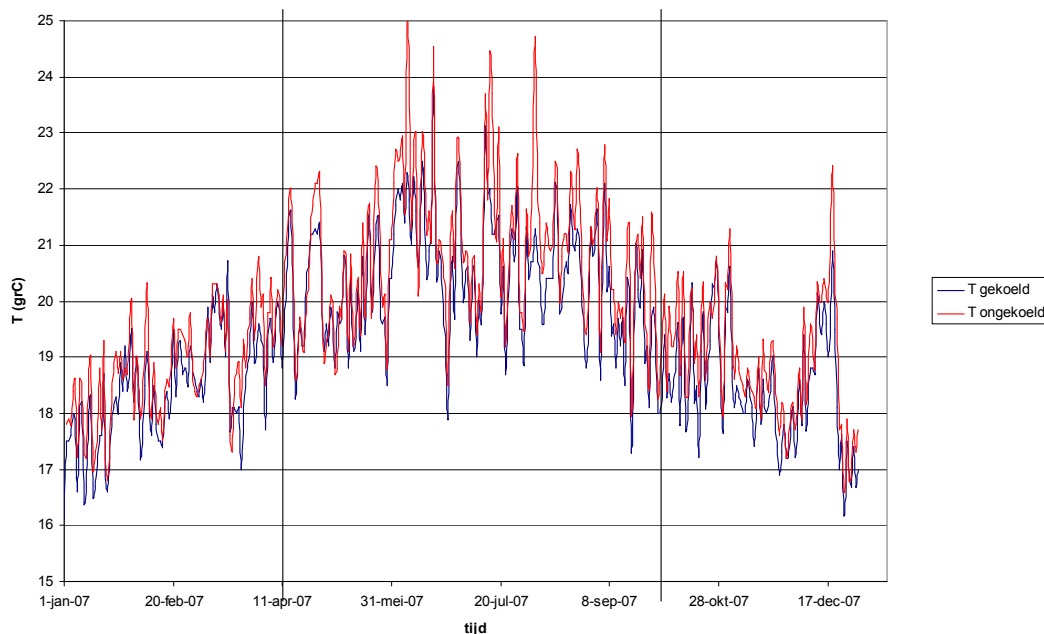
- MEP-vergoeding op teruggeleverde elektriciteit, nog nader in te vullen en nooit voor 10 jaar zeker, zoals het er nu uitzet voor wk jonger dan 10 jaar
- Vrijstelling energiebelasting op wk-gas, kan ook eindig zijn.
- Tuinbouwtarief energiebelasting ook mogelijk eindigend.
- Groen-Label-Kas voordeel, waarbij punten verdiend met energiebesparing door wk en warmtepomp (inclusief duurzame energie) nodig zijn.

4 Aanvullende gegevens effect koelen

4.1 Klimaatgegevens

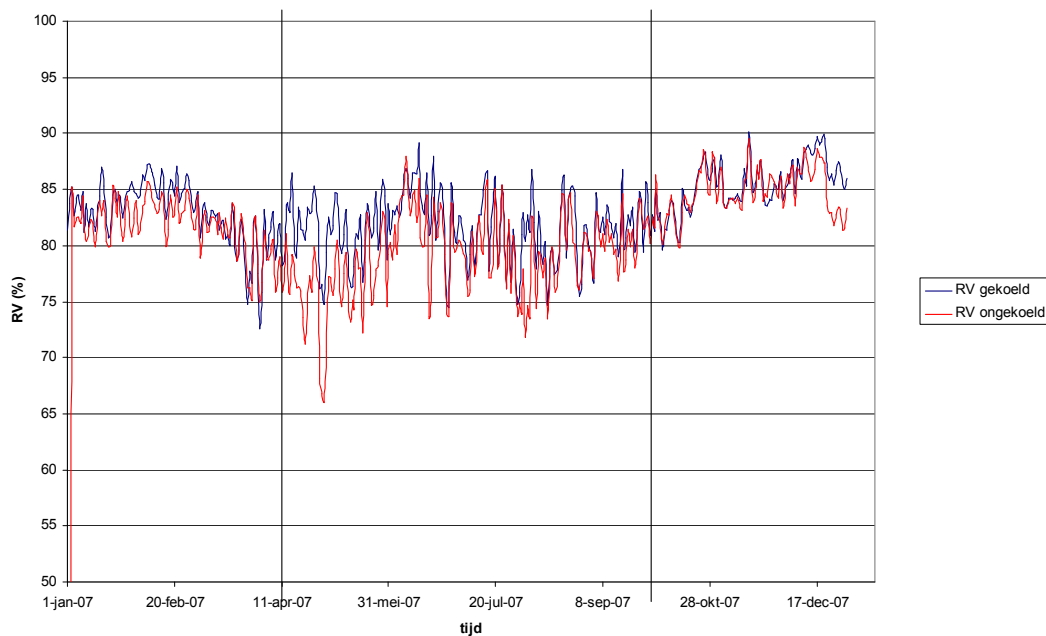
Bij Van den Berg Roses zijn aanvullende gegevens met betrekking tot het effect van koelen verzameld. Over 2007 is constant het klimaat gemonitord. De figuren hieronder geven een overzicht van enkele gemeten factoren, waarbij de data van de controle- en de gekoelde afdeling telkens tegen elkaar zijn uitgezet. Opvallende zaken zijn per factor beschreven.

In figuur 10 is het temperatuursverloop zichtbaar voor beide situaties. Vanaf week 15 t/m 35 is er gekoeld, wat duidelijk te zien is in het temperatuursverloop. In bijlage 2 staat een overzicht van verschillende verticale temperatuursmetingen in de zomer van 2007. Duidelijk is dat bij koeling de temperatuursverdeling behoorlijk verschillend is vergeleken met de controle afdeling. In de gekoelde afdeling is de temperatuur om het gewas heen lager en hoog in de nok van de kas veel hoger dan in de ongekoelde afdeling.



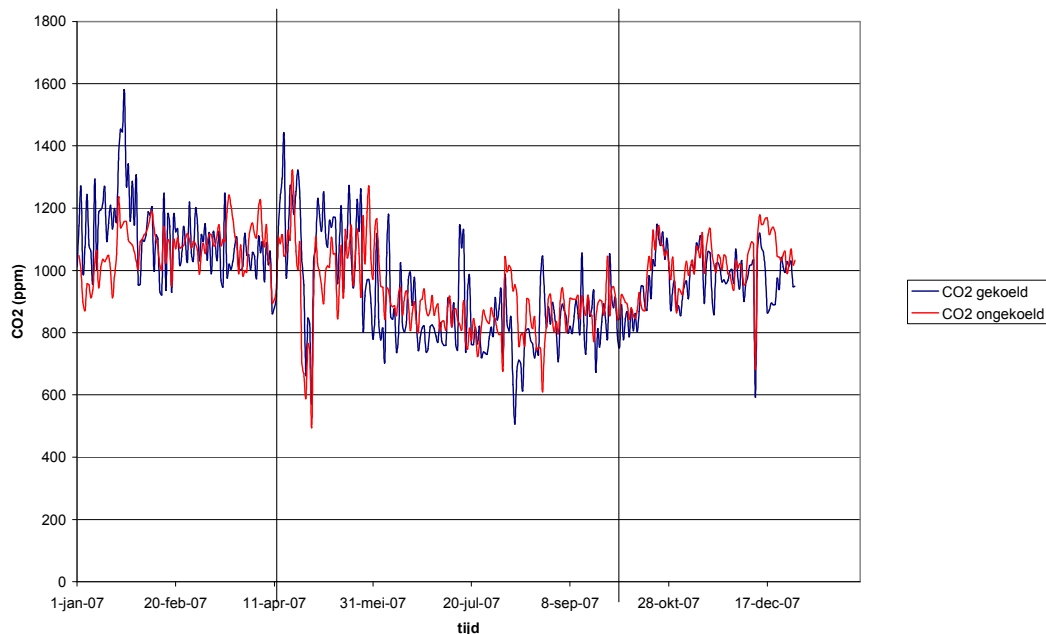
Figuur 10. Temperatuur voor beide situaties (koelperiode tussen verticale lijnen).

De RV (figuur 11) lijkt in de gekoelde situatie wat constanter te verlopen. Tijdens de koelperiode beleeft de RV duidelijk minder diepe dalen.



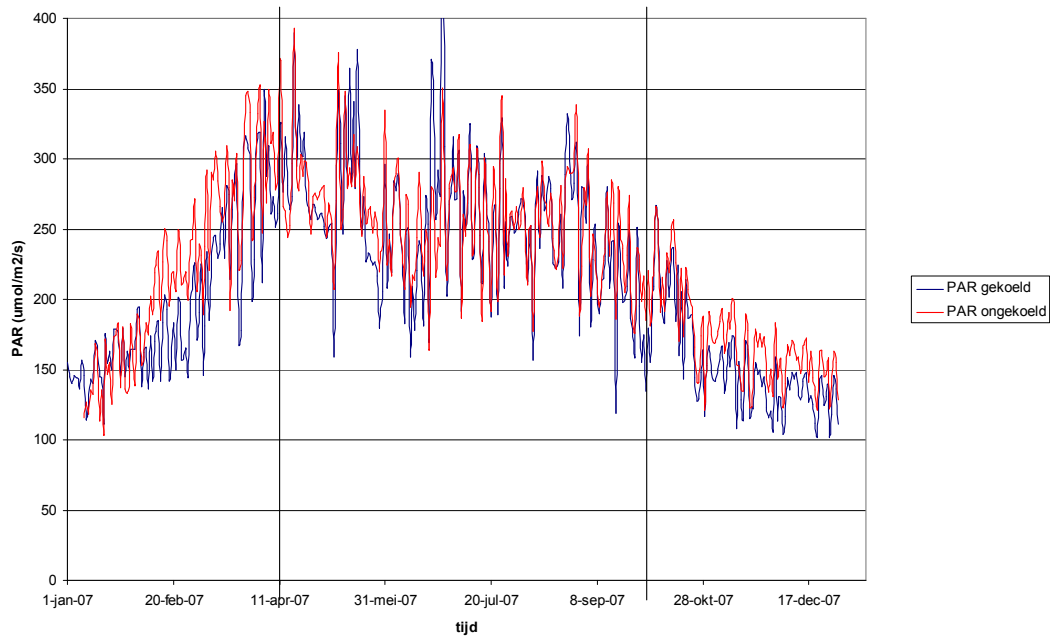
Figuur 11. RV voor beide situaties (koelperiode tussen verticale lijnen)

Het CO₂ gehalte, weergegeven in figuur 12, volgt vanaf het inzetten van het koelen hetzelfde patroon in beide afdelingen. De reden hiervan is het doseren van CO₂ via OCAP. Hierdoor is de streefwaarde van 850 ppm bijna constant gehaald, waardoor in geen van beide situaties lage waarden zijn gemeten.



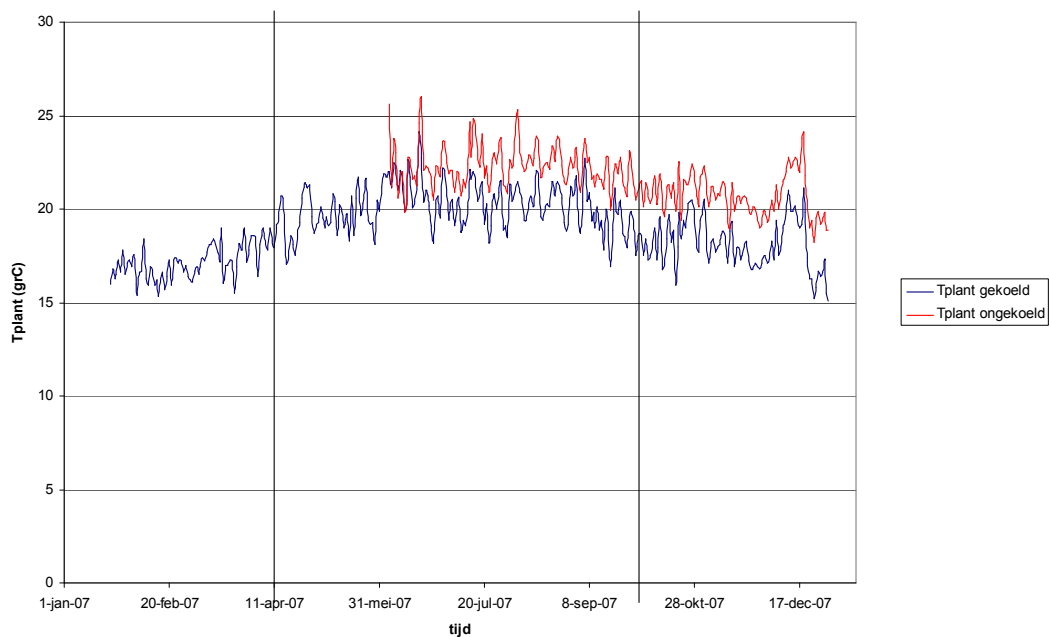
Figuur 12. CO₂ dagwaarden voor beide situaties (koelperiode tussen verticale lijnen)

In figuur 13 is het verloop van Par-licht weergegeven. Duidelijk is dat zowel voor als na de zomer het niveau hoger is voor de ongekoelde afdeling, wat het gevolg is van de hogere belichtingscapaciteit in die afdeling.



Figuur 13. PAR voor beide situaties (koelperiode tussen verticale lijnen)

In figuur 14 is het verloop van de planttemperatuur weergegeven. Deze is constant op een lager niveau voor de gekoelde afdeling (meting in de controle afdeling is wat later ingezet). Dit betekent dat deze planten minder temperatuurstress ervaren en minder snel de huidmondjes zullen sluiten als gevolg van teveel verdamping. Het gevolg is een hogere fotosynthesecapaciteit dan wanneer de huidmondjes wel sluiten bij hogere bladtemperaturen.

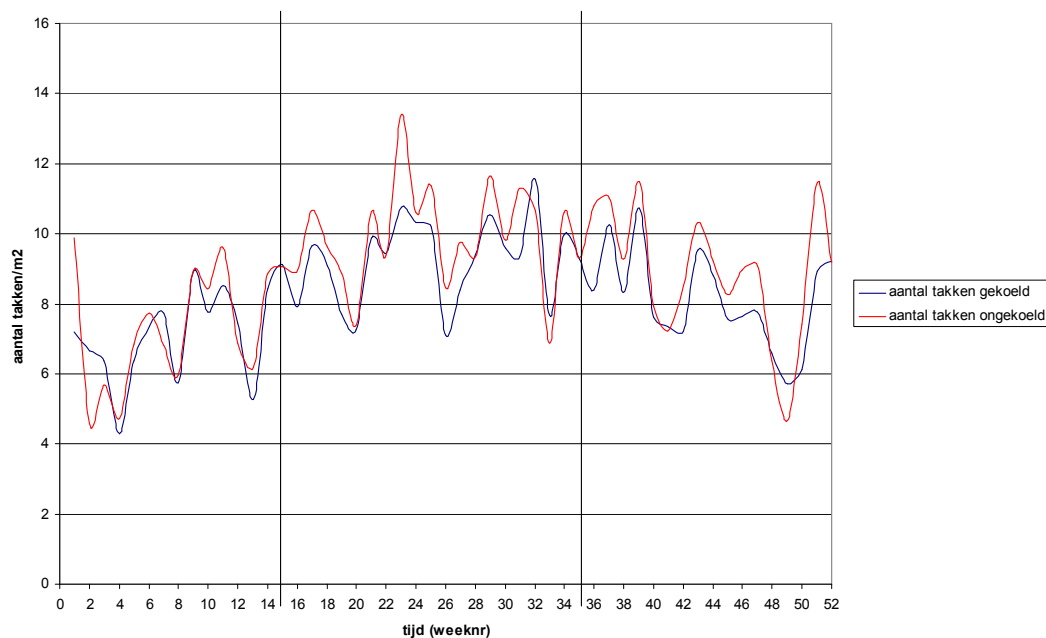


Figuur 14. Planttemperatuur voor beide situaties (koelperiode tussen verticale lijnen)

4.2 Productie en kwaliteitsgegevens

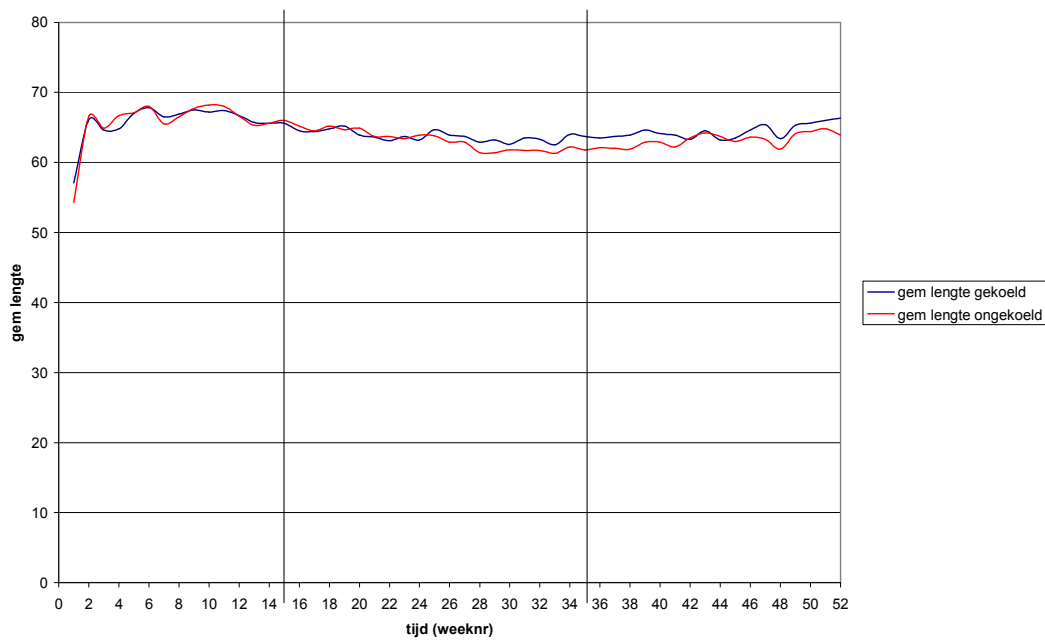
Om het effect van koeling op het gewas te meten zijn productie- en kwaliteitsgegevens geregistreerd. Hieronder zijn enkele hiervan weergegeven, met weekgemiddelden.

Het aantal stuks per m² (figuur 15) laat voor beide situaties wat fluctuaties zien. Gemiddeld blijkt in de gekoelde afdeling absoluut gezien ruim 7% minder takken te zijn geoogst. Echter hiervoor moet nog gecorrigeerd worden op het verschil in belichtingscapaciteit (het Par-lichtniveau is 25% hoger in de controle afdeling).



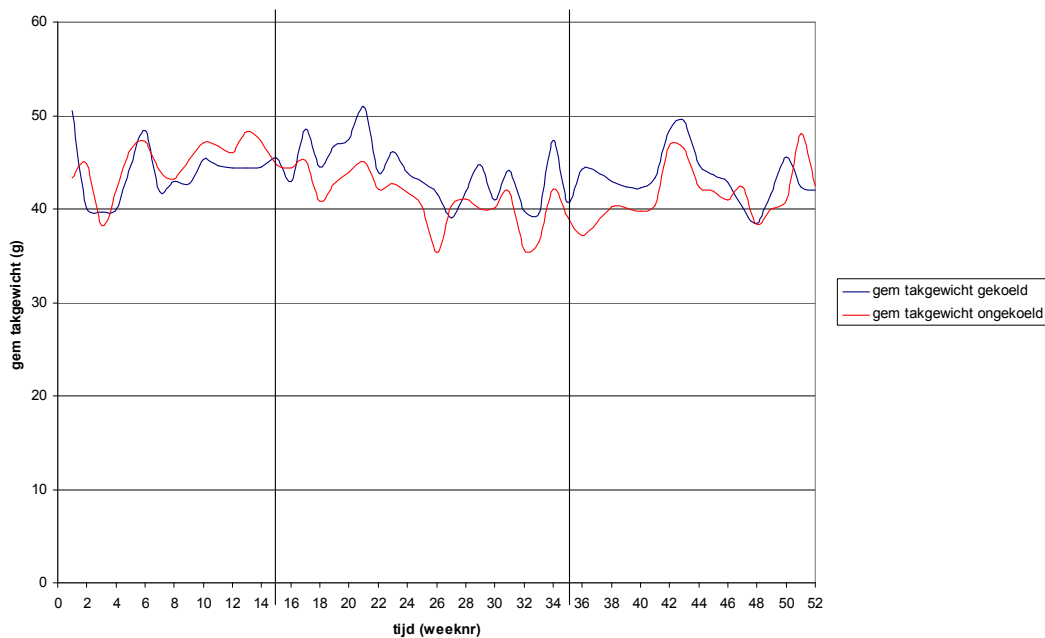
Figuur 15. Aantal takken per m² (koelperiode tussen verticale lijnen)

De gemiddelde taklengte blijkt iets hoger te liggen voor de takken uit de gekoelde afdeling. Het verschil is ontstaan tijdens de koelperiode (figuur 16).



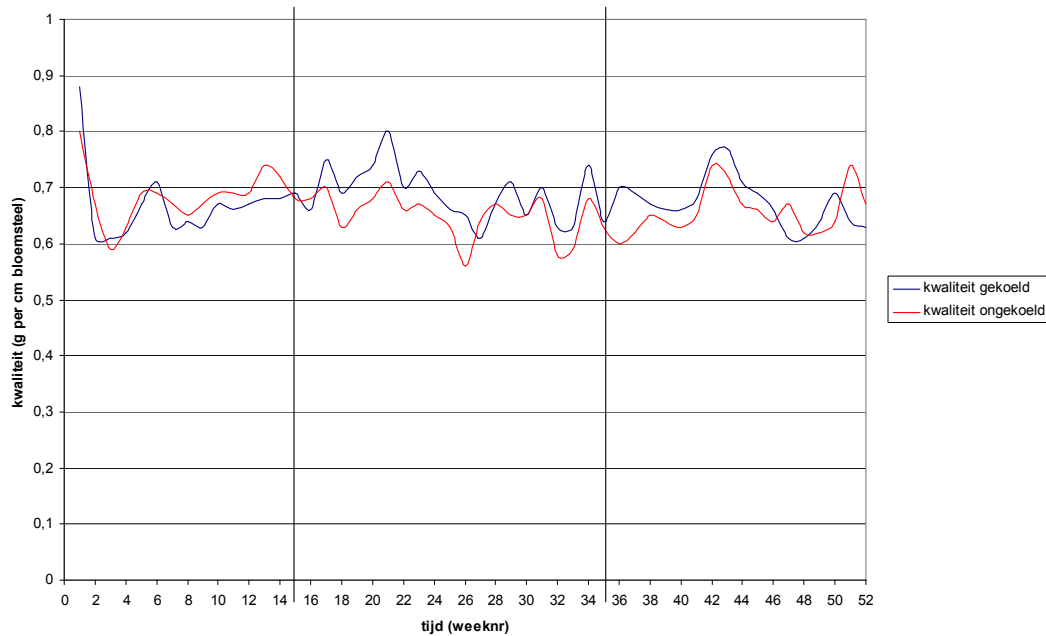
Figuur 16. Gemiddelde lengte per situatie (koelperiode tussen verticale lijnen)

Het gemiddelde takgewicht, zichtbaar in figuur 17, is hoger voor takken uit de gekoelde afdeling. Dit is vooral het geval gedurende de zomerperiode, wanneer de takgewichten in de controle afdeling lager liggen.



Figuur 17. Gemiddeld takgewicht (koelperiode tussen verticale lijnen)

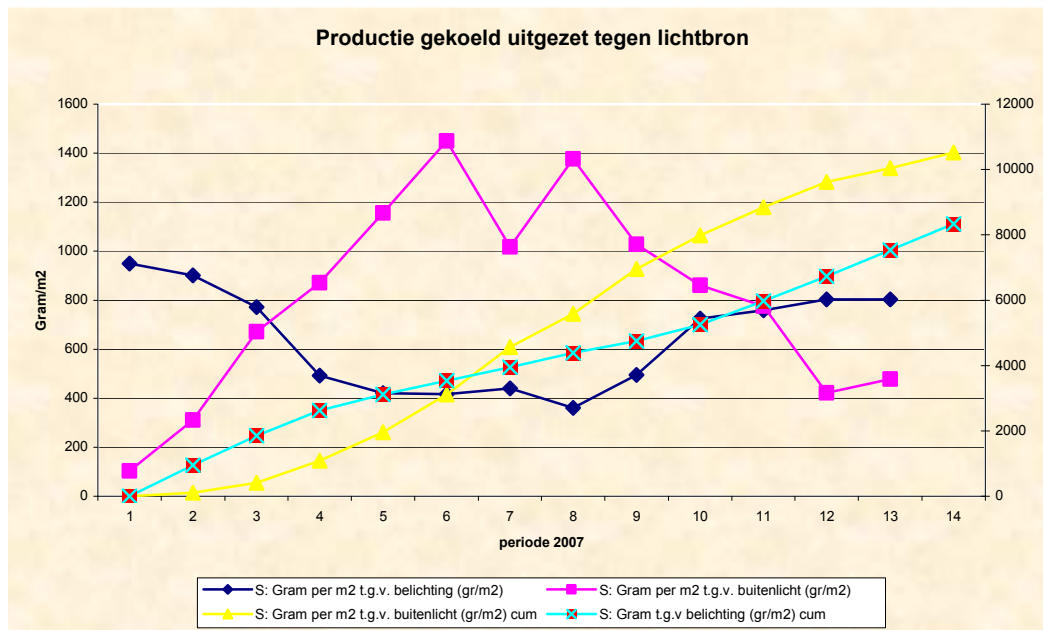
De kwaliteit (figuur 18) is tijdens en na de koelperiode hoger dan die van takken van de controle afdeling.



Figuur 18. Kwaliteit (koelperiode tussen verticale lijnen)

Tabel 2. Overzicht berekende productie gegevens

| Periode | Ongekoeld QMS: Versproductie berekend (g/m ²) | Ongekoeld S: Gram per m ² * (gr/m ²) | Gekoeld QMS: Versproductie berekend (g/m ²) | Gekoeld S: Gram per m ² * (gr/m ²) |
|---------------|---|---|---|---|
| 1 | 1084 | 1049 | 1149 | 1054 |
| 2 | 1470 | 1240 | 1255 | 1212 |
| 3 | 1830 | 1567 | 1586 | 1443 |
| 4 | 2072 | 1521 | 1980 | 1364 |
| 5 | 1724 | 1580 | 1725 | 1577 |
| 6 | 1595 | 1891 | 1394 | 1867 |
| 7 | 1593 | 1534 | 1593 | 1458 |
| 8 | 1513 | 1712 | 1424 | 1737 |
| 9 | 1529 | 1464 | 1478 | 1524 |
| 10 | 1493 | 1572 | 1297 | 1586 |
| 11 | 1323 | 1559 | 1174 | 1534 |
| 12 | 1147 | 1344 | 964 | 1225 |
| 13 | 1067 | 1432 | 890 | 1281 |
| | | | | |
| totaal | 19440 | 19466 | 17909 | 18859 |



Figuur 19. Productie gekoeld uitgezet tegen lichtbron

In figuur 19 is de productie van de gekoelde kas gesplitst ten aanzien van de lichtbron. De rode lijn vertegenwoordigt de productie in gr/m² die aan de hand van het buitenlicht tot stand is gekomen. De blauwe lijn vertegenwoordigt de productie die toe te schrijven is aan de inzet van assimilatiebelichting. Het rendement van de assimilatiebelichting is hier gesteld op 1,4 micromol/Watt opgenomen vermogen. Het berekende rendement uit deze belichtingsinstallatie is 14 gram per kW/h belicht. Beide cumulatieven zijn separaat weergegeven. De totale productie is 18,9 kg/m².

Er zijn aanvullende fotosynthese metingen verricht in de gekoelde en niet gekoelde afdeling aan het ras 'Avalanche'. Deze zijn verwerkt in bijlage 3.

4.3 Economische gegevens

Deze paragraaf geeft een overzicht van de kilogramproductie en andere effecten van koeling.

Er zijn in 2007 geen verschillen in kiloprijs opgetreden tussen takken afkomstig uit beide afdelingen. Het enige verschil is het relatief hogere oogsgewicht voor de gekoelde afdeling.

In tabel 3 is naast de gerealiseerde kilogramproductie ook de berekende productie weergegeven. Het verschil tussen berekend en gerealiseerd is het grootst voor de gekoelde afdeling. Dit komt vooral door de betere klimaatomstandigheden (m.u.v.

parlichtniveau) in de gekoelde afdeling. In tegenstelling tot 2006, is productieverlies in de zomermaanden van 2007 een veel kleiner probleem geweest voor takken uit de controle afdeling.

Tabel 3. Gerealiseerde versus berekende kilogramproducties voor verschillende situaties

| | controle | gekoeld |
|-----------------|----------|---------|
| | kg prod | kg prod |
| gerealiseerd | 19,5 | 18,9 |
| berekend (QMS)* | 19,4 | 17,9 |

*Deze berekening is uitgevoerd m.b.v. het QMS[®] model voor Roos van DLV Plant

Behalve het productieverval, is er ook een verschil in gewasleeftijd tussen beide afdelingen. In de controle afdeling staat jong 'Avalanche' gewas (4^e teeltjaar in 2007) en in de gekoelde afdeling staat oud 'Avalanche' gewas (7^e teeltjaar in 2007). In een traditionele teelt zal deze gewasleeftijd niet snel gehaald worden en wordt eerder nieuwe aanplant gedaan. Echter, door het koelen lijkt het gewas minder snel te verouderen. Economisch betekent elk jaar dat vervanging uitgesteld kan worden een potentiële besparing van ca. € 7,00 per m².

5 Neveneffecten en klimaatsturing

5.1 neveneffecten

Als gevolg van het koelen zijn een aantal neveneffecten opgetreden:

- **Temperatuurverdeling**

Koelen van bovenaf (t.o.v. koelen van onderaf en traditioneel telen) verkleint verticale temperatuursverschillen, wat zorgt voor een betere vochthuishouding in de kas.

- **Vochthuishouding en schimmelinfecties bij koelen van onderaf**

Door de gemiddeld hogere luchtvochtigheid bij koelen is de tolerantie voor verticale temperatuursverschillen (lage temperatuur onderin het gewas) een stuk kleiner, dan in een traditionele kas. Het dauwpunt wordt immers veel sneller bereikt, waardoor vocht gerelateerde schimmelinfecties, of fysiogene afwijkingen kunnen optreden. Dit is een belangrijk nadeel bij het koelen van onderaf.

Het gewas verdampt minder op de momenten van hoge intraling, maar verdampt daarentegen meer in de avond en nacht. Hierdoor ontstaat een lager vochtdeficit in een gekoelde situatie. Het is daarom wenselijk dat er ook s'avonds of 's nachts belicht wordt om de klimaatomstandigheden voor dan te verbeteren.

Er lijkt geen gevaar te bestaan voor problemen door een te lage worteltemperatuur in het geval van een koelvermogen van 150 Watt/m². De mattemperatuur volgde de ruimtetemperatuur.

- **Hogere RV**

Onder invloed van een hogere luchtvochtigheid kan de planttemperatuur relatief verder stijgen t.o.v. de ruimte temperatuur dan bij een lagere RV in de kas. Dit kan tot een relatief hogere ontwikkelingssnelheid van het gewas leiden. Tevens kan onder invloed van een hogere RV gedurende m.n. de dag, de uitloop verder toenemen, waardoor de concurrentie tussen de opgroeiende scheuten toeneemt. Een bijkomend positief effect is dat er meer instraling nodig is om de kaslucht op te warmen bij een hogere RV in de kas. Een semi-gesloten kas warmt dus minder op dan een ruim geventileerde kas. Als gevolg van een hogere scheutdichtheid kan de strekkinggroei afnemen en kan het wenselijk zijn om een nog lagere teelttemperatuur te gaan realiseren.

- **Behoud van vocht en CO₂**

De hoge koelvermogens worden pas geleverd bij hoge kastemperaturen. Tevens zal het gewas dan pas zijn grootste bijdrage leveren aan het koelproces van de kas. Dit houdt in dat de teeltstrategie uit kostenoverwegingen niet moet worden gericht op een lage maximumtemperatuur maar op behoud van vocht en CO₂ ten einde het gewas te behoeden voor waterstress en sluiting van de huidmondjes.

Uit metingen blijkt dat de interne CO₂ waarde (in de intracellulaire ruimte in het blad) veelal een stuk lager ligt dan de CO₂ waarde in de kaslucht onder invloed van hoge instraling. Wanneer de huidmondjes weerstand toeneemt (openingstand afneemt) dan zal onder lichtrijke omstandigheden de CO₂ waarde in het blad extreem laag worden, tot wel enkele tientallen ppm. Hierdoor zal de groei tot

stilstand kunnen komen. Het gewas zal hierop een mechanisme in werking stellen waarbij de energie afgevoerd wordt, zonder aanmaak van droge stof.

Naast het effect op gewasgroei biedt het behoud van vocht naar de toekomst toe wellicht ook voordelen. Bij koelen, in combinatie met beperkt luchten, komt water vrij. Water dat in de traditionele situatie in verdampte vorm verloren zou gaan via de luchtramen. Deze vorm van waterwinning zou belangrijk kunnen worden indien regels voor het onttrekken van water uit de bodem strenger gaan worden.

Hoe de vochthuishouding in de kas precies verloopt, is echter onduidelijk. Het lijkt erop dat er minder verdampt in de koelers dan aangenomen wordt. Door de hoge temperaturen in de nok is er wellicht ook meer vocht aanwezig op die plek. Bij minimaal luchten vindt dan al veel vochtverlies plaats. In dit geval zou het ontvochtigen van de lucht hier moeten gebeuren. Deze zaken zouden verder belicht kunnen worden in vervolgonderzoek.

- Minder CO₂ doseren

Het CO₂ verbruik via de kas op jaarbasis kan enorm worden teruggedrongen. Een richtlijn voor het CO₂ verbruik bij een semi-gesloten teelt is 1 tot 2 kilo/m² per periode. In een traditionele kas kan er gedurende de zomer zelfs meer dan twee kilo/m² per week gedoseerd worden. Hieruit volgt dat bij gebruik van vloeibare zuivere CO₂ de variabele kosten op jaarbasis kunnen wegvallen tegen de variabele kosten van het koelen.

- Uitstellen nieuwe aanplant

In de controle afdeling (Van den Berg Roses) staat jong Avalanche gewas (4^e teeltjaar in 2007) en in de gekoelde afdeling staat oud Avalanche gewas (7^e teeltjaar in 2007). In een traditionele teelt zal deze gewasleeftijd niet snel gehaald worden en wordt eerder nieuwe aanplant gedaan. Echter, door het koelen lijkt het gewas minder snel te verouderen. Economisch betekent elk jaar dat vervanging uitgesteld kan worden een potentiële besparing van € 7,00 per m².

5.2 Klimaatsturing

Het koelen heeft ook gevolgen voor de klimaatsturing:

Ervaringen bij Saris

De koelvraag werd bepaald aan de hand van een stralingstraject en een koeltemperatuursetpoint. Afhankelijk van het verschil tussen de gemeten kas T en de berekende koel T. De ventilatieregeling kon uitsluitend geregeld worden op basis van de P-band regeling gedurende de dag en de stralingsverhoging. Op basis van de straling en de toename van de temperatuur kwam de koeling in. Een beperking in deze situatie is dat de temperatuur, t.o.v. de instraling te hoog kan zijn. Bovendien loopt de temperatuur (te) hoog op wanneer de koeling niet draait. Verder wordt er onder invloed van deze regelwijze soms onnodig gekoeld.

Interviews met klimaatcomputer leveranciers

Alle grote klimaatcomputerleveranciers kunnen zelf of via een partner de bronbesturing leveren. Ze geven allemaal aan graag in een vroeg stadium betrokken te zijn bij het ontwerp van de kas en alle teelttechniek die betrekking hebben op het kasklimaat.

Klimaatcomputerleveranciers geven aan dat er vaak geen integrale aanpak is van het klimaatsysteem. Vaak leveren verschillende partijen ideeën en deeloplossingen aan. Hierdoor treedt er in de uitvoering vaak ook miscommunicatie op.

Het klimaatsysteem moet als geheel worden beschouwd. Gewaseigenschappen, kas, schermdoeken, broncapaciteiten, dagvoorraden van koude en warmte en de besturing van koudebron tot negatieve bron moet goed op elkaar aansluiten.

De huidige generatie klimaatcomputers werken vanuit een energievraag die zowel uit warmte en koudevraag kan bestaan, op basis van de afwijking van de gemeten kastemperatuur en de ingestelde verwarmingstemperatuur of koeltemperatuur.

Het zou wenselijk zijn om een streef temperatuur (eventueel lineair) te hebben op basis van instraling en gemeten CO₂ niveau. Bijvoorbeeld: per 100 Watt 1 graad toename boven de 18 graden. Strategisch gezien willen telers meer of minder koelen om de etmaaltemperatuur over meerdere dagen te beheersen in combinatie met de weersverwachting.

Telers zetten koeling meestal in om het CO₂ en het vochniveau niveau hoog te houden. De CO₂ verliezen naar buiten, zijn afhankelijk van de luchtuitwisseling. Deze wordt niet standaard berekend of wanneer deze wel berekend wordt is deze berekening geen onderdeel van de sturing. Het is een duidelijke wens dat de koeling op basis van een berekende luchtuitwisseling meden aangestuurd zou moeten worden.

De raamstand zou geregeld moeten worden op luchtuitwisseling. Bijvoorbeeld: koeling aan luchtuitwisseling naar bijvoorbeeld 5 m³/m²/uur of een ingestelde raamstand.

Soms kunnen de prioriteiten verlegd worden, van het verlagen van de temperatuur naar ontvochtigen, of juist het verhogen van de luchtvochtigheid. Dit is met de huidige generatie klimaatcomputers goed mogelijk.

Beveiliging:

Op basis van een storing moet de ventilatieregeling los gelaten kunnen worden wanneer de koeling uitvalt. Dit kan door een terugmelding op de bronpomp of de watertoevoer naar de koelers.

De versies die per 2008 en 2009 op de markt komen kunnen als volwassen systemen worden beschouwd waar geen hiaten meer in voorkomen ten aanzien van regelingen ten behoeve van koeling.

Een belangrijke trend is dat veel nieuw inzichten en nieuwe ontwikkelingen die samen hangen met geconditioneerd telen standaard worden geïntegreerd met de nieuwe generaties klimaatcomputers. Veel nieuwe mogelijkheden worden als integrale oplossing in de klimaatcomputer opgenomen zodat kwekers zonder koeling ook kunnen profiteren van beter en intelligente regelingen.

6 Resultaten enquête “geconditioneerde” teelt roos

In het kader van het project Optimalisatie Semi-gesloten Telen in Roos is een enquête gestuurd naar 138 rozentelers in Nederland. 16 Telers gaven een reactie wat overeen komt met 12% van het totale aantal rozentelers. De respons van de enquête “geconditioneerde” teelt roos bestond voornamelijk uit bedrijven behorende bij de top en bedrijven die geïnvesteerd hebben in meer dan een standaard uitrusting. Vragen en antwoorden van de enquête zijn hieronder opgesteld en geanalyseerd.

Antwoorden vragenlijst “geconditioneerde” teelt roos

Als antwoord bij de vragen 1 tot en met 8 zijn percentages vermeld. Deze percentages geven de fractie weer van het totale aantal telers dat gereageerd heeft.

1. Op welke manier wordt gekoeld/geconditioneerd?
 - 75% Dekberegening/dek bevoeiing
 - 75% Beweegbaar zonweringscherm binnen
 - 38% Fotoselectief “krijt”scherm (bijvoorbeeld Reduheat)
 - 19% Standaard krijt
 - 13% Adiabatische koeling (verneveling)
 - 13% Mechanische koeling
 - 6% Beweegbaar buitenscherm
 - Geen van het bovenstaande

2. Levert het bedrijf restwarmte aan derden?
 - 56% Nee
 - 44% Ja

3. In welke periode wordt de één van de bovenstaande maatregelen toegepast?

| Kwartaal | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Beweegbaar buitenscherm | 0% | 13% | 13% | 0% |
| Beweegbaar binnen scherm | 19% | 63% | 63% | 13% |
| Fotoselectief krijt | 0% | 38% | 31% | 0% |
| Standaard krijt | 6% | 19% | 13% | |
| Dekberegening | 25% | 69% | 56% | 6% |
| Verneveling | 6% | 13% | 13% | 6% |
| Mechanische koeling | 6% | 13% | 13% | 6% |

4. Wat zijn voor u **de belangrijkste 3 redenen** geweest om voor één of meerdere koelingmaatregelen te kiezen? Maximaal 3 antwoorden.
- 81% Product leveren van hogere kwaliteit (behoud van kopers)
 - 56% Bewezen werking
 - 38% Winstgevendheid of terugverdientijd
 - 31% Om het rendement de overige investeringen beter tot uiting te laten komen
 - 13% Het uitsparen van overige investeringen (bijv. krijt versus beweegbaar scherm)
 - 6% Duurzaamheid of milieubelang
 - 6% Beter benutting van warmteoverschot
5. Welke volgorde vindt u het belangrijkste gedurende het voorjaar en de zomer?:
- 31% VD, CO2, licht, temperatuur
 - 25% CO2, temperatuur, VD, Licht
 - 13% Licht, VD, CO2, temperatuur
 - 13% CO2, licht, temperatuur, VD
 - 13% VD, temperatuur, licht, CO2
 - 6% Licht, temperatuur, CO2, VD
 - 0% Temperatuur, VD, Licht, CO2
6. Waarop (parameters) stuurt u, indien van toepassing, de koelmaatregelen aan?
- 75% Straling
 - 69% RV/Temp
 - 6% VPD
 - 0% Anders.....
7. Welke prioriteiten stelt u in de teelt:
- 56% Knopgrootte, lengte, kilo's/m², stabiele kwaliteit
 - 31% Gewicht, stabiele kwaliteit, knopgrootte, lengte
 - 13% Lengte, kilo's/m², stabiele kwaliteit, knopgrootte
 - 0% kilo's/m², stabiele kwaliteit, knopgrootte, lengte
8. Aan welke neven effecten hecht u de meeste waarde?
Geef Uw weging door het omcirkelen van een getal op de schaal van 1 t/m 10.
Het gemiddelde van de waarden, ingevuld door de telers, is weergegeven.

| | |
|---|-----|
| Betere start van uw jonge aanplant | 7.8 |
| Goed klimaat voor uw biologische bestrijders | 7.8 |
| Verlenging van de teelttechnische levensduur van uw gewas | 7.7 |
| Minder invlieg van trips | 6.8 |

9. Hoe verloopt de procentuele verdeling van de jaarronde productie teelt?
De gemiddelde percentages in de bijbehorende periode zijn weergegeven.

| Kwartaal | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Tot. |
|-----------|-----|-----|-----|-----|------|
| Kilo's | 21% | 27% | 29% | 22% | 100% |
| Aantallen | 21% | 32% | 32% | 22% | 100% |
| Omzet | 30% | 25% | 21% | 24% | 100% |

10. Welke instrumenten of combinaties van instrumenten zou u nog meer in handen willen hebben in geval van nieuwbouw?

In de tabel staan onder "investeren" het percentage telers vermeld dat overweegt het bijbehorende instrument aan te schaffen. In "schatting terugverdientijd" is de gemiddelde waarde ingevuld.

| Instrument | Investeren | Schatting terugverdientijd 0 t/m 10 |
|--|------------|--|
| Dekberekening | 31% | 3 |
| Beweegbaar NIR scherm | 31% | 4 |
| Verneveling | 31% | 7 |
| Decentraal onderdoor koelen/verwarmen | 31% | 8 |
| Decentraal bovendoor koelen/verwarmen | 25% | 8 |
| Centraal bovendoor koelen/verwarmen | 6% | 6 |
| Centraal onderdoor koelen/verwarmen | 6% | 10 |
| Beweegbaar buitenscherm | 6% | 10 |
| Centraal onderdoor adiabatiscie koelen en ontvochtigen | 6% | 10 |
| Centraal mechanisch /koelen en ontvochtigen | 6% | 10 |

Conclusie

Uit de enquête blijkt dat 44% van de telers warmte levert aan derden. Voor deze groep is mechanisch koelen in principe sneller terug te verdienen.

Het overgrote deel van de telers, 75%, koelt door het gebruik van een beweegbaar zonweringscherm binnen en door middel van dekberekening/dekbevoeiing. Een wat kleiner percentage, 38%, gebruikt een fotoselectief "krijt"scherm. Deze manieren van koelen worden vooral in het tweede en derde kwartaal toegepast. In deze perioden wordt het binnenklimaat vooral gestuurd op achtereenvolgens vochtdeficiet, CO₂, licht en temperatuur.

De belangrijkste reden om voor een koelingmaatregel te kiezen is een product te leveren van hogere kwaliteit zodat kopers behouden blijven. De telers stellen de prioriteit vooral op knopgrootte en vervolgens op lengte, kilo's/m² en een stabiele kwaliteit.

Neven effecten als verlenging van de teelttechnische levensduur van het gewas evenals een beter klimaat voor de geïntegreerde bestrijding wordt zwaar gewogen.

19% Van de telers gebruikt standaard krijt typen, 38% gebruikt fotoselectieve producten. Het percentage van de telers dat beschikt over een vernevelinginstallatie is gelijk aan 13%. 75% van de telers koelt op straling en bij 69% wordt koeling geregeld op temperatuur en relatieve vochtigheid.

Uit het onderzoek blijkt dat de telers 56% van de kiloproductie behalen in het tweede en derde kwartaal. Dit vertegenwoordigt 64% van de totale productie aantallen. Dit betekent dat in de lente en zomer het takgewicht 28% lager is dan in de herfst- en wintermaanden. In termen van omzet komt 55% uit het eerste halfjaar en 45% uit het tweede halfjaar. Met koeling is vooral een omzetverhoging mogelijk in het tweede halfjaar.

Ongeveer een derde deel van de telers geeft aan te overwegen te investeren in dekberegening, een beweegbaar NIR scherm, verneveling of decentraal onderdoor koelen/verwarmen. Dekberegening en een beweegbaar NIR scherm zijn vooral interessant omdat hun terugverdientijd korter is dan die van de andere investeringen.

7 Discussie: plantfysiologische achtergrond

7.1 Balanceren met temperatuur en CO₂

Om de concurrentiepositie van de Nederlandse roos te versterken zijn nieuwe teeltconcepten noodzakelijk. Concepten die de productie verhogen en de kwaliteit verbeteren. Bij het balanceren tussen groei en ontwikkeling blijken licht, CO₂ en RV belangrijke factoren aan de source kant. Aan de sink zijde spelen m.n. temperatuur en plantbelasting en plantbalans een belangrijke rol.

Licht binnen en andere weersinvloeden buiten houden. Dat is de belangrijkste functie van de kas. Toch heeft, ondanks forse investeringen, het weer nog te veel invloed op de teelt van rozen onder glas. In de zomer loopt de temperatuur vaak nog te hoog op, met te kleine knoppen tot gevolg. In productiegebieden rond de evenaar verplaatsen bedrijven daarom hun productielocaties naar de hogere, koelere gebieden. Ook een ongelijkmatig aanvoerpatroon heeft negatieve gevolgen voor de kwaliteit. Een groot deel van de scheuten rijpt in een warme periode te snel af, wat leidt tot een piek in de productie. Na een dergelijk warmteperiode neemt de productie snel af. De snelle terugval van de wortelcapaciteit en het bladpakket resulteert in een negatieve terugkoppeling op de groei. Ook kan de kwaliteit van de knippunten te ver teruglopen. Dit is mede bepalend voor toekomstige productiecycli. Wanneer in de warme zomermaanden de temperatuur in de kas wordt verlaagd, kan de kwaliteit ook in dit geval omhoog

De voornaamste reden om in de zomer te koelen is echter nog steeds de efficiëntere CO₂-benutting en hogere fotosynthese, zoals blijkt uit de resultaten. Koelen betekent immers een lager CO₂-verbruik door minder verliezen uit de kas. Want wie meer warmte onttrekt heeft minder ventilatie nodig. Als gevolg hiervan nemen de CO₂-verliezen af waardoor hogere ppm-waarden haalbaar zijn. Dit heeft weer een betere benutting van het zonlicht tot gevolg omdat de plant minder fotonen nodig heeft voor het aanmaken van suikermoleculen. Bovendien daalt de verbrandingssnelheid van suikers zodat de netto fotosynthese stijgt.

Ergo: Een tuinder die de temperatuursontwikkeling nauwlettend in de gaten houdt, kan effectiever belichten, met behoud van CO₂-niveaus gedurende de belichte perioden. Gemiddeld bereikt hij uiteindelijk een hogere lichtbenuttingsefficiëntie uit zowel natuurlijk licht als assimilatielicht.

De groei en ontwikkeling van de plant vormen de basis van nieuwe teeltconcepten. De balans tussen groei en ontwikkeling is een balans tussen fotosynthese enerzijds en groei en knopvorming anderzijds. De fotosynthese is sterk afhankelijk van het licht en de CO₂. Bij de scheutuitgroei en de knopvorming zijn vooral de temperatuur en de lichtkleur van belang. Temperatuur is de belangrijkste factor om het evenwicht te bewaren tussen groei en ontwikkeling. Knopgrootte wordt overwegend bepaald door de scheutdichtheid en de etmaaltemperatuur, knopgrootte is gevoeliger op temperatuur dan takgewicht. De fotosynthese is bepalend voor de productiecapaciteit van een gewas: meer fotosynthese betekent meer productie. De efficiëntie waarmee licht wordt

omgezet in chemische energie bepaalt mede de fotosynthese. Ook de geleidbaarheid, ofwel de openingstoestand van de huidmondjes, speelt een belangrijke rol. Droogte of een te hoge planttemperatuur kunnen leiden tot het sluiten van de huidmondjes waardoor minder CO₂ opgenomen kan worden voor de fotosynthese.

Sommige gewassen zijn gevoelig voor een 'middagdip' waarbij de huidmondjes gedeeltelijk dicht gaan. Extra CO₂ toedienen of belichten in de avond en vroege nacht heeft dan minder effect. De roos lijkt soms afwijkend te reageren. Zodra het licht wordt gaan de huidmondjes open. Bij een aantal cultivars sluiten de huidmondjes niet meer als deze langdurig worden belicht. Zelfs niet meer in de donkerperiode. Rozen reageren sterk op CO₂. De geleidbaarheid is goed en het gewas went nauwelijks aan hoge CO₂-concentraties. Waar andere gewassen hun huidmondjes sluiten bij hoge CO₂-concentraties, reageert de roos hier veel minder op. Rozen beschikken over een hoge lichtefficiëntie. Om te voorkomen dat de gewasmassa en de bladindex teveel afnemen mag het PAR-lichtniveau niet langdurig onder een gemiddelde van 100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ komen. Vanaf ca. 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ neemt de lichtefficiëntie duidelijk af.

Fotosynthese is afhankelijk van licht, RV, CO₂, temperatuur en plantontwikkeling. Om het juiste teeltconcept te bepalen zal een tuinder rekening moeten houden met de effecten van alle teeltfactoren. Vervolgens kan hij bij elke teeltsituatie bepalen welke factor hij moet aanpassen om de efficiëntie te verbeteren. CO₂ en licht lijken voorsnog de meest bepalende factoren te zijn, wat middels dit onderzoek ook is gebleken.

Resultaten uit dit rapport geven een overzicht van de ervaringen met 3 jaar koelen in een rozengekas. Belangrijk bij dit (op klimaatgestuurd) onderzoek is wel dat de buitenomstandigheden elk jaar anders zijn. De vergelijkbaarheid tussen teeltjaren is hierdoor minder eenvoudig en het investeren in koeling zal daarom gepaard gaan met de benodigde kosten- en opbrengstberekeringen.

7.2 Plantfysiologische achtergrond

Om tot een technisch ontwerp te kunnen komen van een gekoelde kas is het van belang om de teelttechnische grenzen van een gewas of ras te definiëren of zo goed mogelijk in te schatten.

CO₂ is de belangrijkste bouwsteen van een gewas, de droge stof van roos bedraagt gemiddeld ca. 25%. Het aandeel pure voedingsmineralen in de droge stof bedraagt 6% tot 9%. Het aandeel pure koolstof bedraagt 40% tot 50% van de droge stof, welke wordt opgenomen via de huidmondjes. De opname van CO₂ via de huidmondjes is aanzienlijk meer dan het deel wat uiteindelijk vastgelegd wordt. De opname van CO₂ kan oplopen tot naar schatting ca. 60 kg/ha/uur vastgelegd in droge stof, omdat een deel van de vastgelegde koolstof in de vorm van suikers weer verloren gaat gedurende fotorespiratie en de groeirespiratie. Via de wortels worden er een deel koolstof afgegeven in de vorm van HCO₃ en andere wortellexudaten.

Het gewas levert zelf koelcapaciteit in de vorm van verdamping. De drijvende kracht achter de verdamping is de energietoevoer. Het gewas probeert een evenwicht te handhaven tussen energietoevoer en -afvoer waarbij de bladtemperatuur dicht bij de ruimtetemperatuur blijft. Het gewas reguleert daarbij de actief huidmondjes opening en het watertransport naar de actief verdampende delen.

Het patroon van de verdamping volgt een S curve. D.w.z. dat bij een lage energie input de verdamping per toegevoerde energie eenheid lager is. Onder de gangbare belichtingscapaciteiten wordt circa 50% van de stralingswarmte van de lampen omgezet in verdampingskoeling. Wanneer de totale gewashuidmondjesweerstand overbrugd zou worden (dit gebeurt bij ca. 200 Watt, of 400 micromol/m².sec⁻¹) zal de relatieve verdamping toenemen. Verder wordt van de stralingsenergie direct en een deel indirect gereflecteerd. Een derde methode waardoor het gewas warmte afvoert is door convectie, hierbij wordt er direct warmte overgedragen aan de omringende kaslucht. Deze laatste methode speelt een relatief kleine rol omdat de gewastemperatuur van roos in de praktijk dicht bij de kastemperatuur blijft. Verder zou een stijging van enkele graden van de bladtemperatuur, bij kastemperaturen hoger dan 25°C al snel leiden tot een te hoog dampdrukdeficit.

Een dampdrukdeficit (VPD) hoger dan 1,5 kPa kan in min of meerdere mate leiden tot een relatieve vernauwing van de huidmondjesopening. Hierdoor zal onder invloed van veel licht het CO₂ niveau in de huidmondjes holten sterk kunnen dalen t.o.v. de kaslucht. De fotosynthese zal in dat geval sterk afnemen. Een te hoge VPD kan leiden tot een stagnatie van het vochttransport waardoor bij een snelle toename van de energieflex de planttemperatuur hoog kan oplopen en er bladverbranding of verwelking kan optreden.

Onder invloed van een hoge RV is het gewas nog steeds in staat te verdampen, door een verdere opening van de huidmondjes en een toename van de gewastemperatuur. Hierdoor blijft er een dampdrukverschil bestaan tussen de lucht in de huidmondjesholten en de kaslucht. De dampdruk van de lucht binnen in het blad is altijd gelijk aan die van de verzadigde lucht bij dan heersende bladtemperatuur. Bij een sterk wisselende energieflex in combinatie met een hoge RV bestaat het gevaar dat het vochttransport min of meer stagneert. Dit kan tot gevolg hebben dat het gewas uiteindelijk toch de huidmondjes sluit en het gewas minder gaat verdampen. Deze situatie kan voorkomen bij wisselende stralingsniveaus of verkeerd gebruik van luchtbevochtiging.

Onder invloed van hoge instraling in combinatie met een hoge temperatuur zal de relatieve verdamping toenemen. De verdampingsmaat zal voor een volgroeit gewas liggen tussen de 1,5 tot ruim 2,5 gr/m² per joule/cm². Hieruit volgt dat ca 50% tot 70% van de toegevoerde energie kan worden omgezet in verdampingskoeling. Het warmteverlies door verdamping kan dus oplopen tot ruim 300 Watt bij een netto warmtetoever van 500 Watt. Het netto warmteoverschot bedraagt dan 200 Watt, dit moet in geval van koeling door mechanische koeling moet worden afgevoerd.

In de praktijk blijkt dat zeer hoge instraling, netto in de kas meer dan 500 à 600 Watt met of zonder koeling, zal leiden tot hoge planttemperaturen. In combinatie met een hoge RV zal dit zelden tot problemen leiden ten aanzien van de gewasgroei. De knopontwikkeling en de knop-steelverhouding zal hier op termijn toch door verslechteren. Met de huidige ervaring ten aanzien van koeling blijft enige vorm van zonafscherming wenselijk al was het alleen maar voor de kwaliteit van de knopontwikkeling.

De fotosynthese en productiecapaciteit wordt in de eerste plaats beïnvloed door de duur van de lichtperiode, het CO₂ niveau en de lichtintensiteit. De duur van de lichtperiode wordt door koeling niet beïnvloed. Het CO₂ niveau en indirect de lichtintensiteit (er kan meer licht worden toegelaten) worden wel beïnvloed door de koelcapaciteit. In termen van PAR licht wordt er in de praktijk niet meer licht toegelaten dan ca 1000 micromol. Bij 1000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{sec}^{-1}$ en 1000 ppm CO₂ is de netto (oogstbare) groeisnelheid ca. 6 tot 9 $\text{gr}_{\text{vers}}/\text{m}^2/\text{uur}$. Bij 100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}^{-1}$ (8000 lux) en 1000 ppm CO₂ is de netto groeisnelheid 0,75 tot 1,15 $\text{gr}/\text{m}^2/\text{uur}$. Wanneer de CO₂ waarden afnemen van 1000 ppm naar buitenwaarden daalt de fotosynthese snelheid met 25% tot 30% hierdoor wordt het beschikbare licht in mindere mate benut voor de groei. In de praktijk wordt het overgrote deel van de lichtsom geaccumuleerd in perioden met "warmteoverschot" in de kas. Hierdoor lopen kwekers met laag CO₂ midden op de dag potentieel veel groei mis. De lichtbenutting in gram per eenheid licht daalt. Bovendien daalt dan ook de optimum temperatuur enkele graden. Hierdoor komt de kwaliteit van de rozen, bij langdurige blootstelling aan laag CO₂, in termen van takgewicht, knopgrootte en grammen per cm steel bij laag CO₂ snel onder druk te staan.

Lichtverzaadiging

Tot nu toe zijn er geen aanwijzingen dat lichtintensiteiten hoger dan 1000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{sec}^{-1}$ de productie nog verder verhogen. Op bladfotosynthese niveau is er voor de meeste rassen geen of een marginale stijging van fotosynthese. Verder is ook onduidelijk hoelang het de fotosynthese bij dergelijke stralingsintensiteiten op een dergelijk hoog niveau kan blijven. Wel is duidelijk dat een klein deel van het licht kan worden uitgewisseld tegen hoger CO₂ niveau bij een gelijk blijvende of zelfs een hoger fotosynthese niveau. Hierbij moet worden aangemerkt dat in een traditionele kas zelfs met een extreem hoge CO₂ doseercapaciteit 1000 ppm niet haalbaar meer is bij hogere buitentemperaturen. Mogelijk komt hier in vervolgonderzoek meer duidelijkheid over.

Plantmorfologisch reageert een gewas bij hoog CO₂ door zwaardere kwaliteit en vooral dikkere rozen bij dezelfde temperatuur. Op termijn zal de scheutuitloop ook toenemen door een hogere source/sink verhouding. De scheutuitloop wordt verder gestimuleerd door een meestal hogere teelttemperatuur bij hoog CO₂.

Bij een hogere RV en een lagere etmaaltemperatuur zal het gewas makkelijker strekken. Echter, door de hoge fotosynthesesnelheid zal de "plantbelasting" of scheutdichtheid toenemen waardoor de strekkingsgroei op termijn weer wordt geremd.

Door relatief koel te telen zal het gewas meer energie overhouden waardoor grond-scheutontwikkeling sterker zal zijn. Hierdoor wordt steellengte en kwaliteit en productiecapaciteit op de lange termijn beter gewaarborgd.

Source/sink verhouding en assimilatenverdeling

Door met behulp van belichting en kaskoeling te streven naar een relatief hoge productie wordt een betere verhouding tussen groen blad en opgroeiende scheuten bereikt. Bij meer dan $100 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{sec}^{-1}$ kan voldoende bladoppervlak en scheutgroei in stand gehouden worden gedurende de winter om de snelle toename van de instraling in het voorjaar om te zetten in groei. Bij een te klein bladpakket en een te lage scheutdichtheid kan de source/sink verhouding in het voorjaar verstoort raken waardoor het gewas tijdelijk assimilaten overschotten heeft. Hierdoor kan de assimilatie en de groeicapaciteit van het gewas geremd worden. Omgekeerd kan na een zomer koelen de plantbelasting zo hoog zijn dat het najaar als het ware eerder intreedt. Het gewas heeft zoveel suikers nodig door de hoge plantbelasting dat er gedurende het najaar intensiever belicht moet worden en de plantbelasting sneller moet worden verlaagd voor "onderdoor knippen". De combinatie koeling en belichting kan elkaar dus versterken en leiden tot een beter teeltresultaat dan de twee technieken afzonderlijk.

7.3 Kasfysiologische achtergrond

Een kas is in feite een zonnecel die kortgolvlige straling door glas grotendeels doorlaat. Deze kortgolvlige straling wordt nadat deze in aanraking komt met de kasconstructie, het gewas en de grond voor een deel omgezet in langgolvlige straling die moeilijker door het kasdek naar buiten treedt. Hierdoor ontstaat er een "broeikas effect". In de meeste gevallen onderschept het gewas de meeste straling, waardoor deze opwamt en waardoor indirect de kasluchttemperatuur stijgt. De kas raakt vervolgens deze warme lucht kwijt via ventilatie-, transmissie- en convectie verliezen.

De dektemperatuur bevindt zich wanneer de instraling en uitstraling nul is, op de buitentemperatuur plus $1/3^{\text{de}}$ van het verschil tussen binnen- en buitentemperatuur. Wanneer de kastemperatuur 20°C en de buitentemperatuur 10°C zal de dektemperatuur ruim 13°C zijn. Het transmissie verlies (Q_t) bedraagt dan ca 11 Watt per graad temperatuurverschil tussen de kaslucht en de temperatuur van het dek. Hieruit volgt dat het transmissieverlies dan bijvoorbeeld ruim 70 Watt bedraagt. De ventilatiecomponent (Q_v) wordt bepaald door de $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{uur}$ luchtuitwisseling, deze wordt nooit gereduceerd tot nul zelfs niet bij gesloten ramen. Hieruit volgt dat de U waarde (warmtevraag per 1°C) van een standaard kas zonder schermdeuk ruim 8 Watt/graad bedraagt. Door stralingwarmte van de zon kan de dektemperatuur nog eens 1°C per 100 Watt verder doorstijgen. Hierdoor neemt ook het transmissieverlies van warmte af bij veel instraling. Gedurende de winter en het voorjaar kan het transmissiewarmteverlies wel oplopen tot ca 150 Watt.

Wanneer de temperatuur van het dek zich beneden het dauwpunt van de kas bevindt zal er condensatie optreden tegen het glas. Hierdoor is warmte af te

voeren via het condensatiewater. Dit is een methode van afvoer van warmte wat de ventilatiebehoefte vermindert en daarmee de CO₂ verliezen naar buiten vermindert. In geval van koeling leidt een koud dek tot verminderde condensatie in de koelers waardoor het koelvermogen op een wat hoger niveau blijft. Verder zal dekberekening leiden tot meer transmissieverliezen naar buiten wat ook de koellast binnen in de kas vermindert.

Wanneer de lichttransmissie van de kas 75% bedraagt, komt er van de 800 Watt netto 600 Watt binnen. 10% daarvan zou de kas al 4 tot 5°C kunnen laten stijgen. Hieruit blijkt dat de instraling het overgrote deel van het warmteoverschot veroorzaakt. Een klein verschil tussen de kastemperatuur en de buitentemperatuur leidt tot een afname van de transmissie verliezen waardoor de warmte uiteindelijk in zijn geheel via ventilatie moet worden afgevoerd.

Een beweegbaar scherm kan een scheiding aanbrengen tussen het te koelen deel van de kas en kan de afstand van de koudeworp verder helpen dragen wanneer er boven het gewas wordt gekoeld.

Uit het voorgaande blijkt dat een deel straling wren grote invloed heeft op de warmtebalans van de kas. Zo kan 25% krijtscherm bij 800 Watt 200 Watt aan warmte wren. In geval van een fotoselectief product zoals Reduheat wordt er zelfs 230 tot 240 Watt geweerd bij een 25% PAR scherming en 800 Watt.

Door een krijtscherm aan te brengen is de verdampingscapaciteit meer in overeenstemming te brengen met de energietoevoer. Hierdoor daalt het warmteoverschot en de benodigde m³ luchtuitwisseling. Dit effect kan nog versterkt worden door dekberekening toe te passen, wanneer het dauwpunt van de buitentemperatuur laag is (veel lager dan het dauwpunt van de kaslucht).

8 Conclusies en aanbevelingen

Ondanks de korte koelperiode kunnen de volgende conclusies getrokken worden uit de proefopstelling bij T. Saris in Venlo:

- Vanaf eind april is de koeling in bedrijf gesteld met uitsluitend terug gekoelde kaslucht. Gedurende de eerste weken werd een aanzienlijk hogere CO₂ waarden gerealiseerd t.o.v. de referentieafdeling.
- In de loop van 2007 is vastgesteld dat het luchtdebiet van <10 m³/uur in combinatie met een brontemperatuur van 14 °C i.p.v. de verwachte 12 °C leidde tot een reductie van de koelcapaciteit tot minder dan 150 Watt/m².
- Gedurende de maanden april/mei bleek deze koelcapaciteit min of meer toereikend, daarna moet er toch worden doorgeventileerd. In juli is de proef gestaakt door een terugloop van de kwaliteit en de geforceerde wijze van koelen.
- De meerproductie tot periode 7 was ca. 400 gr/m² totaal in de gekoelde afdeling. Dit komt overeen met de verwachte meerproductie op basis van de hogere CO₂ waarden.

De volgende conclusies kunnen worden getrokken uit een proefopstelling in een gekoeld kasconcept bij Van den Berg Roses in Delfgauw:

- Productietoename in 2007 van de gekoelde afdeling t.o.v. de berekende productie + 0,95 kg/m² en + 0,3 gr/m² t.o.v. 2006.
- Productietoename niet gekoelde afdeling +1,95 kg/m² t.o.v. 2006 a.g.v. OCAP. De referentieproductie in 2007 is precies gehaald.
- De productie die toegeschreven kan worden aan de belichting is ca. 14 gr/kW/h hieruit volgt dat de productie uit buitenlicht ca 10,4 m² kilo bedraagt. Een stijging van 1,95 kilo/m² ten gevolgen van kaskoeling of een hoog CO₂ niveau bewijst dat 19% productiestijging haalbaar is in de rozenteelt.
- Constanter productieverloop (betere arbeidsplanning).
- Betere knopgrootte, lengte, takgewicht en houdbaarheid.
- CO₂ behoefte van de gekoelde kas was gereduceerd naar 50 tot 100 Kg/ha per uur. Hierdoor kan de besparing in CO₂ verbruik de variabele meer kosten voor de koeling in veel gevallen dekken. In de niet gekoelde afdeling is het CO₂ verbruik geschat op ca. 200 kg/m² per jaar.
- Per geïnvesteerde kW/h via de koeling bedraagt productietoename gemiddeld ruim 40 gram. Dit is ruim het drievoudige van de toename per geïnvesteerde kW/h via de belichting. Anderzijds wordt belichting vooral toegepast in perioden waarin kg prijzen gemiddeld hoger zijn.
- De haalbaarheid van koeling hangt af van ondermeer:
 - De opbrengsten die in het tweede halfjaar gehaald kunnen worden.
 - De relatieve prijs, of prijs per kilo
 - De mate waarin er warmtelevering mogelijk is aan derden.
 - Geografische ligging van het bedrijf.
 - De beschikbaarheid van goede kwaliteit CO₂ en de prijs daarvan.
 - De geteelde cultivar, of het verloop van de relatieve prijs over de m.n. het tweede halfjaar.

Om tot deze resultaten te komen zijn een aantal kritische succesfactoren van belang. Een semi-gesloten teeltconcept dient te voldoen aan:

- 300-400 Watt koelvermogen per m². Hiermee is er voldoende koelvermogen om door het “dode punt” te koelen zodat de ramen min of meer gesloten kunnen blijven.
- Een beweegbaar zomerdoek met een transmissie van 60 à 70%. Hierbij speelt het diffuse karakter een belangrijke rol.
- Een goede regeling en sturing van koeling en ventilatie.
- Een continu hoog CO₂-niveau in de lichtperiode, hierbij is 50 tot 100 Kg CO₂ per ha/u toereikend, indien er gekoeld wordt.
- Het voorkomen van waterstress.

Economische haalbaarheid:

- Wanneer de warmte die geoogste wordt nuttig kan worden aangewend op het eigen bedrijf en de hoogwaardige door derden kan worden benut is semi-gesloten telen binnen een acceptabele termijn terug te verdienen.
- Wanneer er niet teruggeleverd kan worden kan kaskoeling een oplossing zijn.
- De bijdrage die koeling kan leveren in de lichte en warme perioden is aanzienlijk. Echter, in Nederland zijn de uren waarin de echt nuttig kan worden toegepast beperkt tot ca. 1200 tot 2000 uur. In landklimaten of meer zuidelijke regio's zal een investering in koeling veel sneller terug worden verdiend. Ter vergelijking belichten leidt tot veel hogere variabele kosten en een lagere bijdrage aan de groei per geïnvesteerde kW/h maar kan veel meer uren worden ingezet, dan een koelsysteem.

Fotosynthese metingen Avalanche

- De huidmondjesgeleidbaarheid volgt over de dag exact het verloop van de bladtemperatuur. Voor Avalanche lijkt het optimum bij 25-27 °C te liggen. Overigens bleek een bladtemperatuur van 32 °C niet zodanig stressvol te zijn dat de huidmondjes dusdanig sloten dat de fotosynthese daardoor sterk afnam.
- Er waren geen negatieve effecten van het bewegen van bladeren door luchtstroming.
- De temperatuur gradiënt van de bladeren over het gewas, tijdens het koelen, is verwaarloosbaar klein ten aanzien van de verwachte fysiologische effecten.
- De traagheid van de koeling van de bloem is misschien nog een factor die aandacht verdient.
- Schermen heeft bij hoge instraling praktisch evenveel effect als koelen. Het nadeel van schermen is de sterke afname van PAR. Met name in situaties dat veel CO₂ beschikbaar is zou de weggeschermd straling nog tot productieverhoging hebben geleid.

Toekomstige ontwikkelingen:

- NIR (near infra red) werende doeken of NIR werende eigenschappen in het kasdek kunnen de mechanische koellast voor een belangrijk deel verminderen waardoor mechanische koeling minder zwaar hoeft te worden uitgerust.
- Gerichte ventilatie en ontvochtiging kunnen een bijdrage leveren aan de energie efficiëntie door een verminderde inzet van de minimum buis. Verder is een betere scheiding mogelijk tussen het schermdoek en de te

koelen ruimte beneden het schermdoek. Mogelijk kan het schermdoek met een “dichte” structuur worden uitgevoerd i.p.v. open structuur.

- Koelen met een klein vermogen onderlangs lijkt mogelijk te zijn, in combinatie met koeling bovendoor. Hier is verder onderzoek voor nodig.

Bijlage 1. Instellingen semi gesloten teeltconcept bij Saris

```
-- AEM Computers Holland 15:31 ----- 16.00. Instellen koeling --

Koeling in boven stooktemp. . . . .(°C)  3.0
Temp. diff. koeling Aan=>Uit.....(°C)  1.5
Ingesteld setpoint koelwater.....(°C)  12.0
Basis aanpassingsduur koeling.....(MM)  5
Verlagen koeling boven koeltemp....(°C)  0.3
Verhogen koeling onder koeltemp....(°C)  0.3
Verlaging koeling per basisduur....(°C)  0.5
Verhoging koeling per basisduur....(°C)  0.5
Setpoint verschuiving 10V=X°C.....(°C)  10.0
Afd.RV voor ontvocht. met koeling... (%)  90
Ontvochtigen boven koeltemp.....(°C)  1.0
Verlaging koelwater onder dauwpunt.(°C)  1.0

W = Wijzigen  E = Einde.
```

In één afdeling is een koelmachine geïnstalleerd welke door de computer gestart en gestopt kan worden. De koelwatertemperatuur wordt als een Setpoint op de machine zelf ingesteld. Dit is tevens de laagst mogelijke koelwatertemperatuur. De computer kan deze koelwatertemperatuur middels een 0 tot 10 Volt signaal enkele graden verhogen.

Koeling in boven stooktemp. afd. 2.(°C)

Als de temperatuur in afdeling 2 boven deze waarde komt, wordt de koeling ingeschakeld. Dit bepaald de gewenste "Koeltemperatuur". Om condensatie op het koelblok te voorkomen wordt (indien mogelijk) de koelwatertemperatuur 0,5 graden boven de dauwpunttemperatuur gehouden.

Temp. diff. koeling Aan=>Uit.....(°C)

Als de afdelingstemperatuur deze waarde onder de "Koeltemperatuur" daalt, dan wordt de koeling weer uitgeschakeld.

Ingesteld setpoint koelwater.....(°C)

Dit is de ingestelde koelwatertemperatuur die op de koelmachine is ingesteld. Deze koelwatertemperatuur kan door de computer enkele graden verhoogd worden.

Basis aanpassingsduur koeling.....(MM)

Dit is de wachtduur na elke aanpassing van het koelwater. De computer bepaald als "startwaarde" voor de gewenste koeltemperatuur regeling, de momentele dauwpunttemperatuur (+0,5) van de afdeling.

Verlagen koeling boven koeltemp....(°C)

Als de afdelingstemperatuur de hier ingestelde waarde boven de koeltemperatuur stijgt, mag het koelwater verlaagd worden tot onder de dauwpunttemperatuur (Indien mogelijk)

Verhogen koeling onder koeltemp....(°C)

Als de afdelingstemperatuur de hier ingestelde waarde onder de koeltemperatuur stijgt, mag het koelwater verhoogd worden.

Verlaging koeling per basisduur....(°C)

Dit is de verlaging van de koelwatertemperatuur per aanpassing indien de afdelingstemperatuur te hoog blijft. Als de temperatuur in dalende lijn is wordt het koelwater niet verder verlaagd.

Verhoging koeling per basisduur....(°C)

Dit is de verhoging van de koelwatertemperatuur per aanpassing indien de afdelingstemperatuur te laag blijft. Als de temperatuur in stijgende lijn is wordt het koelwater niet verder verhoogd.

Setpoint verschuiving 10V=X°C.....(°C)

Dit is het aantal graden dat het koelwater door de computer maximaal verhoogd kan worden.
(Bepaald door de installateur op de koelmachine).

Afd.RV voor ontvocht. met koeling...(%)

Als de RV tijdens koelen boven deze waarde stijgt en de afdelingstemperatuur is boven de "Koeltemperatuur", dan kan de koelwatertemperatuur onder de dauwpunttemperatuur gebracht worden (indien het "setpoint" dit toelaat), zodat door condensatie op de koelelementen de RV zal teruglopen.

Ontvochtigen boven koeltemp.....(°C)

Deze RV regeling wordt alleen actief als de afdelingstemperatuur de hier ingestelde waarde boven de "koeltemperatuur" ligt.

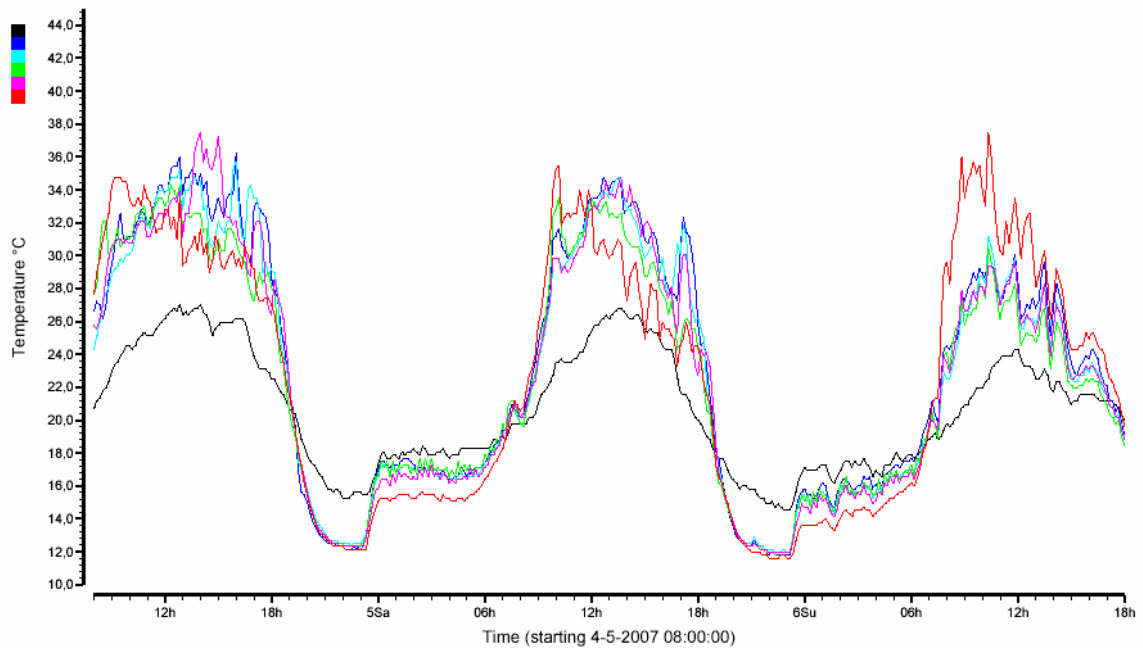
Verlaging koelwater onder dauwpunt.(°C)

Met deze instelling wordt de gewenste waarde van het koelwater onder de dauwpunttemperatuur gebracht tijdens ontvochtigen.
(Alleen als het setpoint dit toelaat, dus lager of gelijk is aan deze temperatuur).

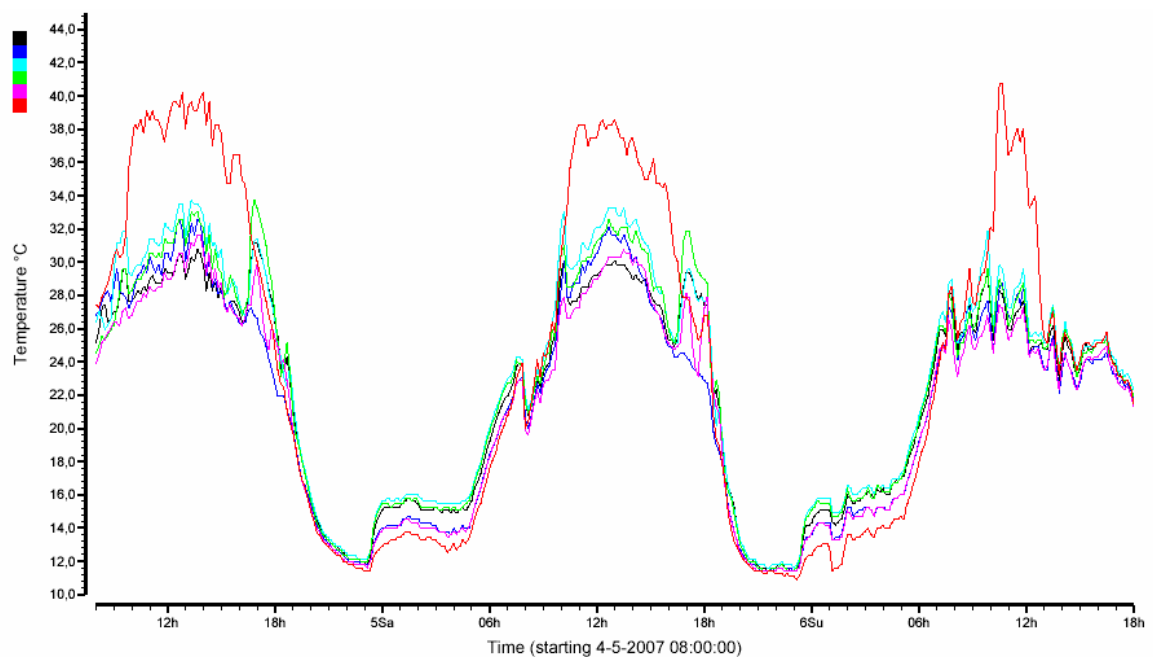
Bijlage 2. Temperatuurverdeling v.d. Berg

Midden in een kap (gekoelde en ongekoelde afdeling) zijn in de zomer van 2007 temperatuurmetingen uitgevoerd met 6 loggers op verschillende hoogtes:

| | |
|--|--|
| logger op 0,5 m van beneden zwart | logger op 1,5 m van beneden blauw |
| logger op 2,5 m van beneden lichtblauw | logger op 3,5 m van beneden lichtgroen |
| logger op 4,5 m van beneden roze | logger op 5,5 m van beneden rood |



Figuur ongekoelde afdeling

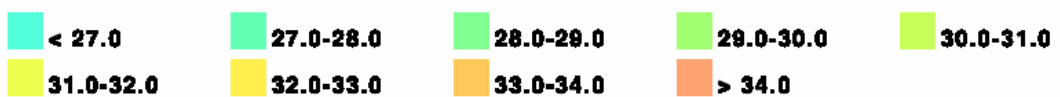
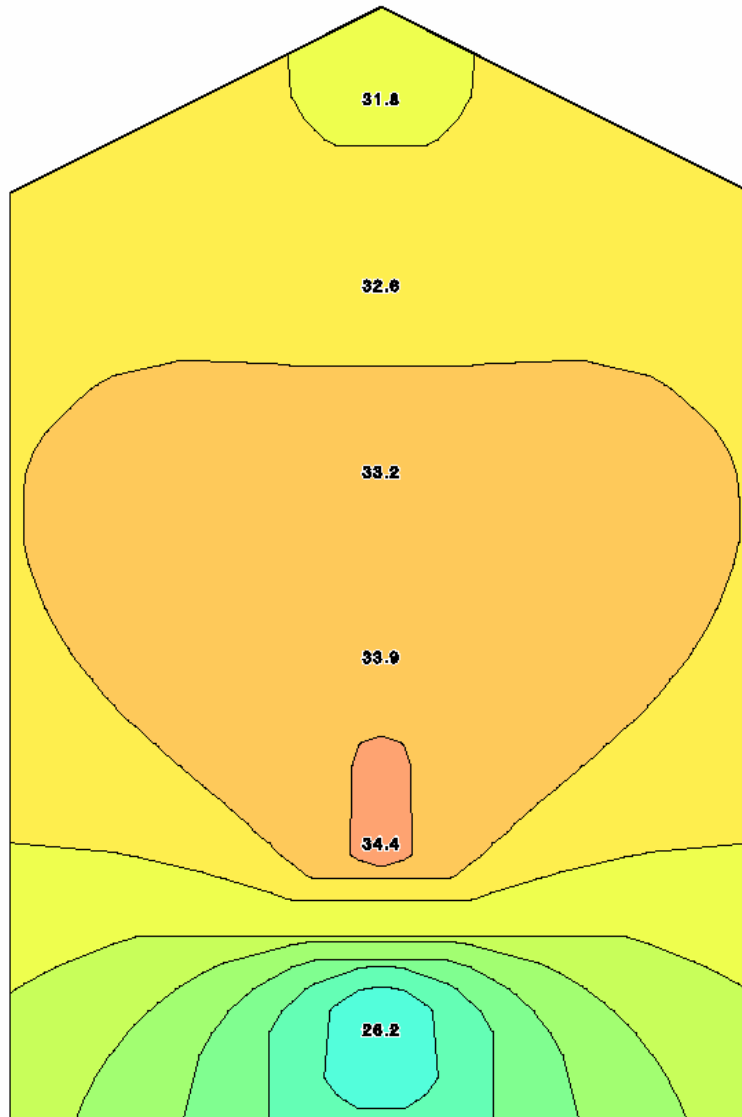


Figuur gekoelde afdeling

De volgende figuren geven de temperatuurverdeling van een gemiddelde van 2 uur (om de 10 minuten gemeten) van midden op de dag. Dit loopt vanaf 4-5-2007, van 11:00 tot 13:00 uur. 3 figuren per afdeling van exact 24 uur later dus van 5-5-2007 en van 6-5-2007. Van elke afdeling (ongekoeld en gekoeld) dus 3 plaatjes van de temperatuurverschillen van 3 dagen achter elkaar midden op de dag (11:00 tot 13:00 uur). In het plaatje staat op de plek van de logger de temperatuur die is gemeten. Met verschillende kleuren is zichtbaar waar het warmer en kouder is (van koud naar warm is blauw, groen, geel, rood, roze).

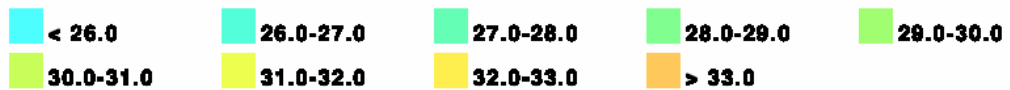
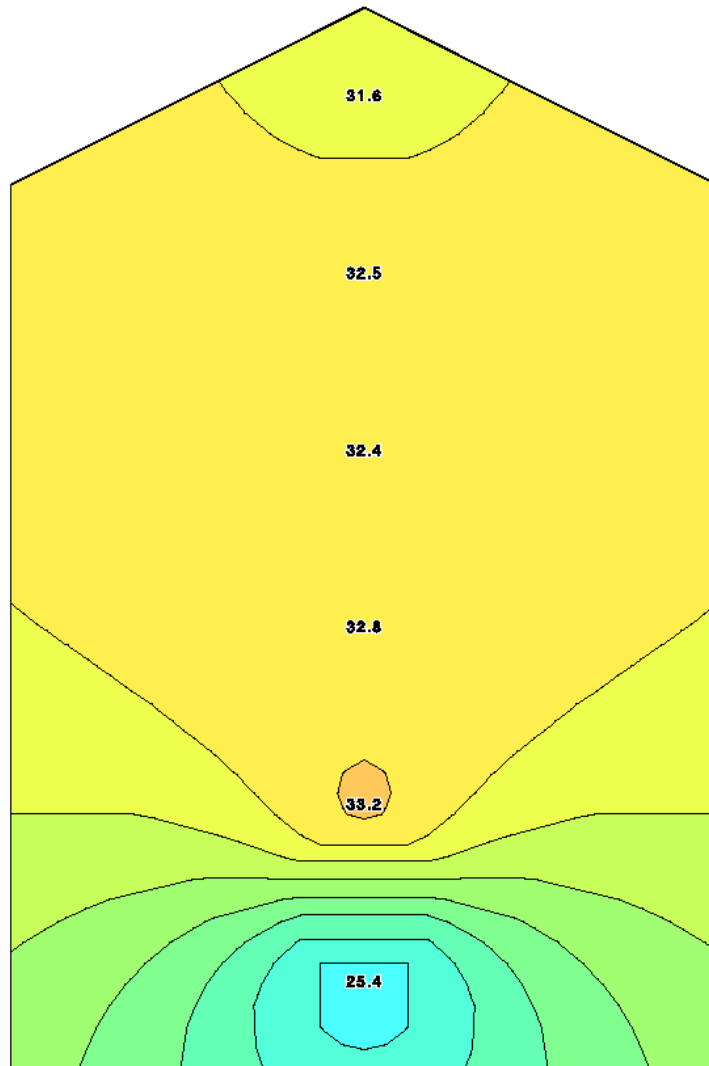
Ongekoelde afdeling:

Afdeling 1



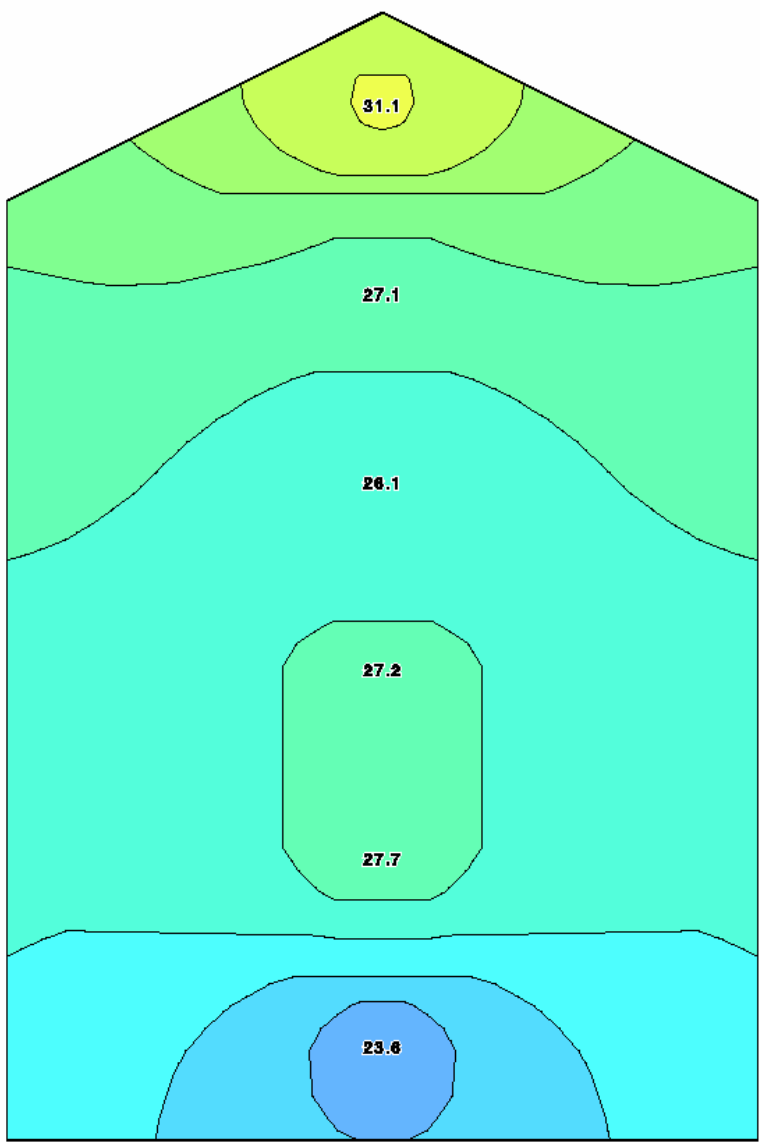
Horizontale temperatuurverdeling DLV Glastuinbouw. 002 04-05-2007.12:00

Afdeling 1



**Horizontale temperatuurverdeling DLV Glastuinbouw.
014 05-05-2007.12:00**

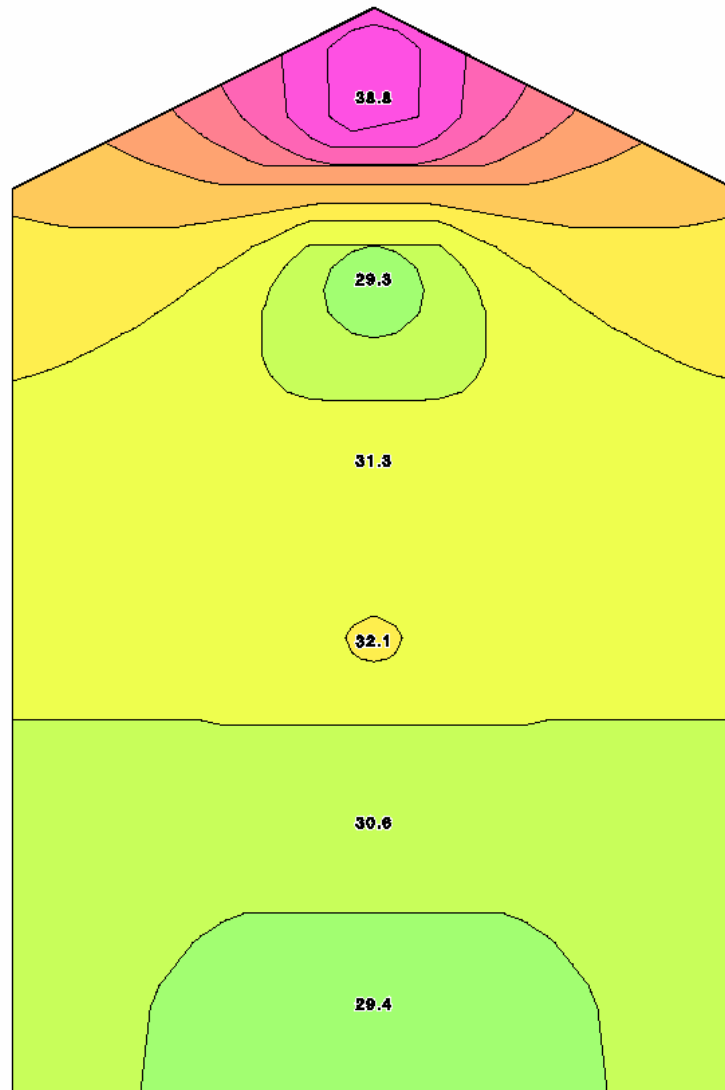
Afdeling 1



**Horizontale temperatuurverdeling DLV Glastuinbouw.
026 06-05-2007.12:00**

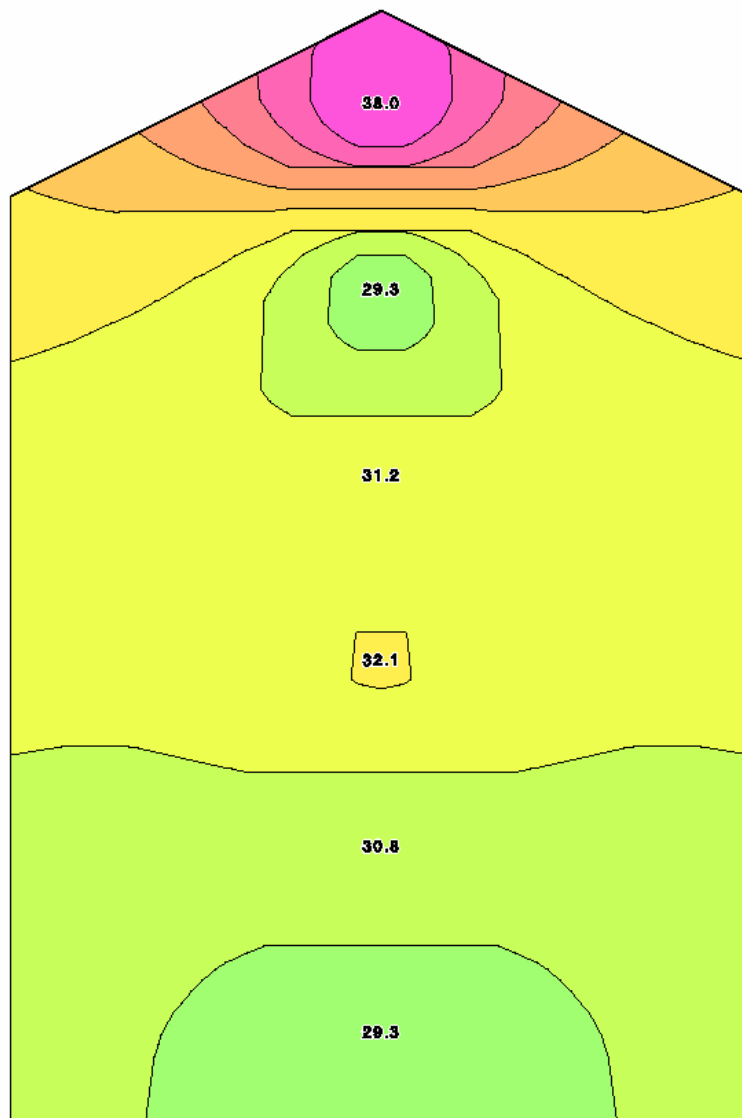
Gekoelde afdeling:

Afdeling 8



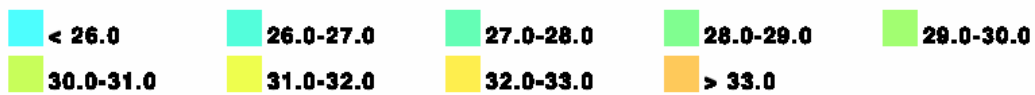
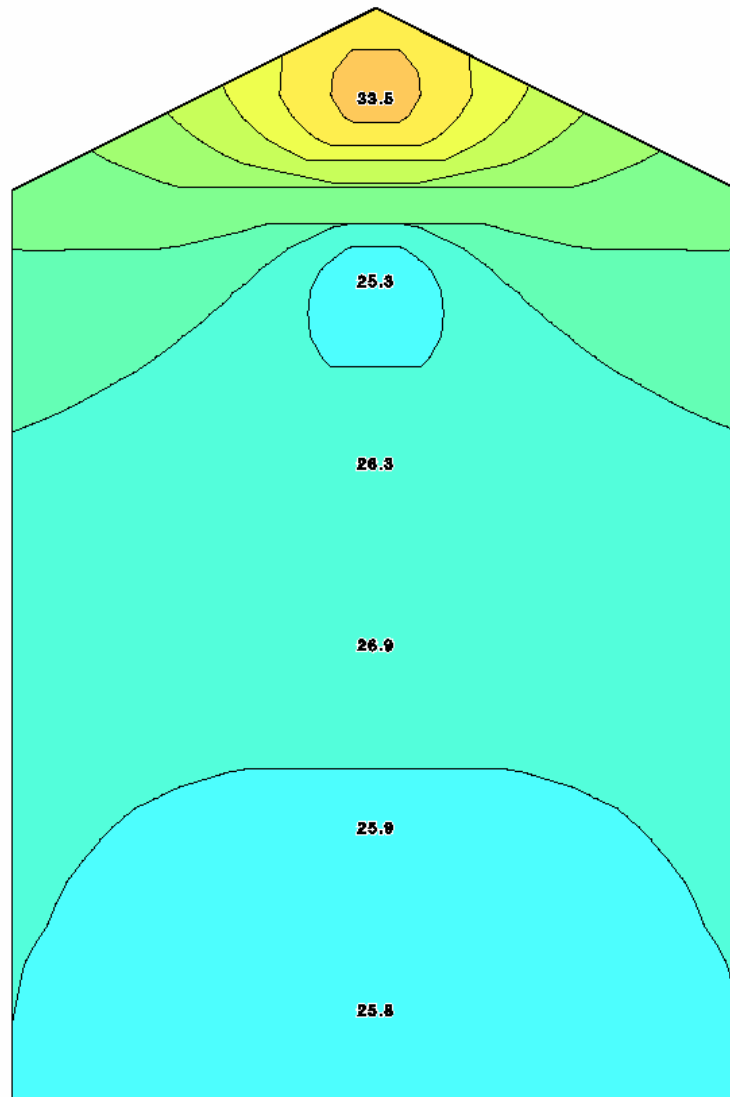
**Horizontale temperatuurverdeling DLV Glastuinbouw.
002 04-05-2007.12:00**

Afdeling 8



**Horizontale temperatuurverdeling DLV Glastuinbouw.
014 05-05-2007.12:00**

Afdeling 8



**Horizontale temperatuurverdeling DLV Glastuinbouw.
026 06-05-2007.12:00**

Bijlage 3. Fotosynthese metingen