

Schermtoepassing bij belichte teelten

Resultaten van fase 3

Auteurs:

Ernst van Rijssel, Nollie Marissen,
PPO Glastuinbouw

Cor Oostingh,
Proeftuin Zwaagdijk



Projectleiding:

Ton Kraakman,
LTO Noord Projecten B.V.



Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Proeftuin Zwaagdijk
LTO Noord Projecten B.V.

Linnaeuslaan 2a, 1431 JV Aalsmeer,
Tolweg 13, 1681 ND Zwaagdijk,
Postbus 649, 2003 RP Haarlem,

tel 0297 – 35 25 25
tel 0228 – 56 31 64
tel 023 – 516 22 99

augustus 2006

In samenwerking met:

Drie rozenbedrijven: Simon Bernhard, Luttelgeest; Lowie van den Burg, Stompvoren en Toon Saris, Venlo, met hun adviseurs

Eén tomatenbedrijf: Agrocare 1, Rilland

© 2006 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeleevoudigd, 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 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit onderzoek is gefinancierd door:



Met veel dank aan:

Vele personen hebben tijdens de loop van dit project bijgedragen aan dit project.

Vooraf de kwekers van de deelnemende bedrijven zijn we erkentelijk. Zonder hen was dit onderzoek niet mogelijk geweest:

Lowie van den Burg, rozenkweker te Stompatoren, Simon Bernhard, rozenkweker te Luttelgeest, Toon Saris, rozenkweker te Venlo, Philip van Antwerpen, Tomatenkwekerij Agrocare 1, Rilland.

Voor alle tijd en inzet, en voor stimulerende discussies willen we bedanken:

De Begeleidings Commissie Onderzoek Roos:

Lowie van den Burg, rozenkweker te Stompeloren, één van de deelnemende bedrijven;

Simon Bernhard, rozenkweker te Luttelgeest, één van de deelnemende bedrijven;

Toon Saris, rozenkweker te Venlo, één van de deelnemende bedrijven;

Matthijs Beelen, gewasmanager Roos LTO Groeiservice;

Leon Dukker, rozenkweker te Waddinxveen, namens de Landelijke LTO Commissie Roos;

Ben Hartog, DLV Plant BV, adviseur rozenteelt;

Edwin van der Knaap, DLV Plant BV, adviseur rozenteelt;

Stefan van Vuuren, DLV Plant BV, adviseur rozenteelt.

De Begeleidings Commissie Onderzoek Tomaat:

Philip van Antwerpen, Agrocare 1, Rilland, het deelnemende tomatenbedrijf

Leo van der Lans, tomatenteler te Rilland

André Zwinkels, adviseur tomatenteelt, GreenQ

Inhoudsopgave

pagina

| | | |
|--------|--|----|
| 1 | SAMENVATTING..... | 6 |
| 2 | INLEIDING | 11 |
| 2.1 | Belichting in de glastuinbouw | 11 |
| 2.2 | Lichthinder | 11 |
| 2.3 | Onderzoek in 1993 en 1994 | 11 |
| 2.4 | De mogelijkheden in 2003, inclusief de beschikbare schermdoeken..... | 12 |
| 2.5 | Verder onderzoek vanaf 2004 | 12 |
| 2.6 | Probleemstelling | 12 |
| 2.7 | Fase 1: Enquête onder 20 bedrijven in 2004..... | 13 |
| 2.8 | Fase 2: Onderzoek 1 ^e jaar (belichtingsseizoenen 2004-2005)..... | 13 |
| 2.9 | Fase 3: Onderzoek belichtingsseizoenen 2005-2006 | 14 |
| 2.10 | Organisatie van het project:..... | 15 |
| 3 | MATERIAAL EN METHODEN | 16 |
| 3.1 | Klimaatgegevens | 16 |
| 3.2 | Plantkundige gegevens..... | 17 |
| 3.3 | Beschrijving van de bedrijven..... | 17 |
| 3.4 | Verwerking van bovengenoemde gegevens..... | 18 |
| 3.5 | Verschillen tussen de kashelften | 18 |
| 3.6 | Economische analyse | 19 |
| 4 | RESULTATEN EN DISCUSSIE VAN FASE 3 | 20 |
| 4.1 | Rozenbedrijven..... | 20 |
| 4.1.1 | Overzicht realisatie belichte en geschermdde uren | 20 |
| 4.1.2 | Buitentemperatuur bepaalde de schermmogelijkheden..... | 22 |
| 4.1.3 | Verschillen in schermstand, werken met een kier | 24 |
| 4.1.4 | Effect schermen op de kastemperatuur | 25 |
| 4.1.5 | De warmtetransportmogelijkheden door het gesloten kasdek en het gesloten scherm..... | 28 |
| 4.1.6 | Verwachte en gerealiseerde warmte-input 2 ^e belichtingsseizoen | 29 |
| 4.1.7 | Effect schermsluiting op het warmtetransport door de schermkier | 31 |
| 4.1.8 | Kouval door de schermkier | 33 |
| 4.1.9 | Horizontale temperatuurverschillen (koude en warme plekken in de kas)..... | 34 |
| 4.1.10 | Effect schermen op de verdamping van het gewas en de RV..... | 37 |
| 4.1.11 | Kortdurende experimenten met schermsluiting | 38 |
| 4.1.12 | Praktijkvoorbeelden van effecten van schermen op het kasklimaat. | 40 |
| 4.1.13 | Het effect van de minimumbuis in combinatie met schermen | 42 |
| 4.1.14 | Het effect van schermen en belichten op de planttemperatuur | 44 |
| 4.1.15 | Het effect van schermen op het CO ₂ -niveau | 45 |
| 4.1.16 | Gewaskwaliteit | 47 |
| 4.2 | Tomatenbedrijf..... | 47 |
| 4.2.1 | Overzicht realisatie belichte en geschermdde uren tomatenbedrijf..... | 47 |
| 4.2.2 | Verschillen in schermstand, werken met een kier | 47 |
| 4.2.3 | Effect schermen op de kastemperatuur | 49 |
| 4.2.4 | Meting warmtetransport door het gesloten scherm. | 49 |
| 4.2.5 | Meting warmteproductie van de belichtingsinstallatie..... | 50 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.3 | Economische evaluatie op basis van de kengetallen uit dit project | 50 |
| 4.3.1 | Opzet van de evaluatie..... | 50 |
| 4.3.2 | Bepaling isolatiewaarde scherm, incl. schermkier en afschakelmoment lampen..... | 52 |
| 4.3.3 | Resultaten economische evaluatie..... | 53 |
| 4.3.4 | Saldoberekening..... | 56 |
| 5 | CONCLUSIES, AANBEVELINGEN EN ANTWOORDEN OP DE ONDERZOEKSVRAGEN | 58 |
| 5.1 | Conclusies | 58 |
| 5.2 | Aanbevelingen | 60 |
| 5.3 | Antwoorden op de onderzoeksvragen | 60 |
| 6 | ENKELE AANDACHTSPUNTEN | 64 |
| 6.1 | Kwaliteitsstreven..... | 64 |
| 6.2 | Klimaatregeling met assimilatiescherm..... | 64 |
| 6.3 | Geschikte schermdoeken en schermconstructies..... | 64 |
| 6.4 | Schermtypen:..... | 65 |
| 6.5 | Wat wordt verstaan onder 'Schermkier' | 65 |
| 6.6 | Geschiktheid verschillende kasdektypen voor bovenafscherming..... | 65 |
| 6.7 | Kasconstructie en kasinstallaties..... | 65 |
| 7 | LITERATUUROVERZICHT | 66 |

1 Samenvatting

In het hier beschreven project is onderzoek gedaan naar de gevolgen van bovenafscherming van assimilatielicht (=groeilicht) in de glastuinbouw. De nadruk is gelegd op het aangeven van de mogelijkheden en onmogelijkheden voor beperking van lichtuitstoot, vooral vanuit het teelttechnische en economische perspectief.

In de **eerste fase** van het project is een enquête gehouden onder bedrijven die recente ervaring hadden opgedaan met bovenafscherming bij assimilatielicht. Uit deze enquête werd o.a. geconcludeerd dat hoge belichtingsniveau's vooral voorkomen in de rozen- en tomatenteelt, en dat het scherm zelden vaker werd gebruikt dan om energie te besparen bij lage buitentemperaturen. Pas onder hoge druk van de omgeving werd voorzichtig meer gebruik gemaakt van het scherm om lichtuitstoot te verminderen. De ervaringen van de deelnemers aan de enquête wezen op mogelijkheden voor intensiever gebruik van bovenafscherming. De resultaten zijn verwoord in een intern verslag (zie lit. lijst).

In de **tweede fase** van het project zijn twee rozenbedrijven en één tomatenbedrijf geselecteerd die een lichtwerend doek hadden geïnstalleerd, of op eigen kosten wilden installeren, in één of meerdere kasafdelingen. Op deze bedrijven is in twee afdelingen extra meetapparatuur geïnstalleerd, zodat gegevens over kasklimaat, gebruik van het scherm, belichting, instellingen van ramen, verwarming etc konden worden verzameld. Rozenbedrijf 1 had een 85% lichtdicht scherm, Rozenbedrijf 2 een 95% lichtdicht scherm. In de ene afdeling (controle) werd geschermd zoals gangbaar bij energiebesparing, in de andere afdeling (behandeling) werd meer geschermd, om ook lichtuitstoot te verminderen, maar zonder dat er schade zou optreden in groei en kwaliteit van het gewas. Het tomatenbedrijf had geen scherm in de controleafdeling en een 85% scherm in de behandeling. De registratie heeft plaatsgevonden in de periode februari 2005 tot half mei 2005. De bevindingen voor deze bedrijven laten zich als volgt samenvatten:

- a. bij buitentemperaturen onder 0°C kon het schermdoek geheel worden gesloten.
- b. bij buitentemperaturen tussen 0 en 10 °C (8 °C zonder kier bij tomaat) kon de gewenste kasttemperatuur met een schermstand >90% gesloten worden gerealiseerd via ventilatie boven het scherm. Bij hogere buitentemperaturen zal de kasttemperatuur oplopen tot boven de gewenste waarde.

Bij de temperatuurgrenzen moet een zone van $\pm 2^\circ\text{C}$ worden aangehouden. Een zone waarin, afhankelijk van de windsnelheid, neerslag en bewolgingsgraad, de grens omhoog of omlaag gelegd moet worden.

- c. het vochtdeficit onder het geheel of grotendeels gesloten, vochtdoorlatend assimilatiendoek ligt gelijk of hoger dan in een situatie met open doek. Situaties met oplopende luchtvochtigheid hebben zich niet voorgedaan doordat er meestal met een schermkier werd gewerkt en er meer gelucht werd bij gebruik van het scherm.
- d. de telers hebben wel een aantal knelpunten ervaren; een onrustigere klimaatregeling en koude plekken in de kas bij gesloten scherm. Vooral bij gevoelige cultivars (o.a. Roos cv Passion en Grand Prix) zal dit tot forse gewasschade leiden.

Het grootste probleem dat door intensiever gebruik van de schermen werd veroorzaakt was dus het oplopen van de kasttemperatuur tot waarden die zouden kunnen leiden tot schade aan gewas en aan bloemkwaliteit en daarmee economische schade, als er geen kier getrokken zou kunnen worden. Deze bevindingen gelden voor de deelnemende bedrijven en kunnen veranderen bij een ander belichtingsniveau, voor een andere periode (najaar bijv), voor een ander type kas (hogere isolerende waarde), een andere verdeling van eigen elektriciteitopwekking versus inkoop elektriciteit. De resultaten zijn beschreven in een rapport (zie lit. lijst)

In de **derde fase** is verder gewerkt aan de vragen die in de tweede fase nog niet beantwoord waren. In het volgende belichtingsseizoen (2005 – 2006, in fase 3) zijn daarvoor meer en aanvullende data verzameld. Een derde Rozenbedrijf is toegevoegd aan het onderzoek: dit bedrijf beschikt over een bijna volledig lichtdicht doek, en teelt een rozencultivar (Grand Prix) die veeleisend is qua klimaatsbeheersing. Dit had het voordeel dat er nu voor het project beschikking was over gegevens van bedrijven met resp. een 85, 95 en 100% lichtdicht doek. Bij het tomatenbedrijf is in de zomer 2005 in de controleafdeling ook een scherm (85% lichtdicht, gelijk aan de behandeling) geïnstalleerd, op last van een uitspraak van de Raad van State. Verschillen in klimaat door

verschillen in schermgedrag moesten beperkt blijven tot de donkerperiode, omdat er tijdens de belichtingsuren geen kier getrokken mocht worden in het scherm.

In de derde fase is het gehele belichtingsseizoen (september 2005 tot mei 2006) gevolgd, dus ook de maanden met hoge nachttemperaturen (september, oktober en april).

Handhaving kasttemperatuur afhankelijk van buitentemperatuur

De conclusies uit de tweede fase werden in de derde fase bevestigd: het buitenklimaat is sterk bepalend voor de mogelijkheden om de schermen te sluiten. Werkelijke volledige reductie van de uitstraling tot 95% kon bij de rozenbedrijven zelfs niet vaak toegepast worden. Om gewasschade te voorkomen door kouval en horizontale temperatuurverschillen, is bijna altijd gewerkt met een kier van 5 tot 20% tijdens de belichtingsuren. Alleen bij zeer lage buitentemperaturen zijn de 85 en 95% schermen volledig gesloten geweest als de lampen aan waren. Met een 85% lichtdicht scherm, en een schermkier van 5% wordt de kasttemperatuur 6 à 7 graden hoger dan de buitentemperatuur. Dan kan een gewenste kasttemperatuur van bijvoorbeeld 18 °C alleen gehandhaafd worden bij buitentemperaturen beneden 11 à 12 °C. Met een 95% lichtdicht scherm, dat een hogere isolerende waarde heeft, wordt de kasttemperatuur minimaal 7 à 8 graden hoger dan de buitentemperatuur. Met een schermkier van 5% kan dan een kasttemperatuur van 18 °C gehandhaafd worden bij buitentemperaturen van 10 à 11 °C. Met 5% kier in het 100% lichtdicht doek wordt de kasttemperatuur minimaal 11 à 12 graden hoger dan de buitentemperatuur. Bij een gewenste kasttemperatuur van 18 °C kan het scherm dus pas gesloten (tot 95%) worden bij temperaturen beneden 6 à 7 °C buitentemperatuur, zie onderstaande tabel.

Tabel: berekening, op basis van op de rozenbedrijven gemeten waarden, van de maximum-buitemperaturen waarbij nog geschermd kan worden bij een gewenste kasttemperatuur van 19 of 17 °C. Weergegeven voor verschillende schermdoeken en verschillende kiergroottes.

| scherm- doek | grote schermkier | licht-uitstraling (licht-afscherming) | schermen mogelijk tot buitentemp van < .. °C | |
|-----------------|---------------------|--|--|------------|
| | | | T-kas 19oC | T-kas 17oC |
| 100% | 5% | 5% (95%) | 7.8 | 5.8 |
| | 10% | 10% (90%) | 10.9 | 8.9 |
| | 15% | 15% (85%) | 12.5 | 10.5 |
| 95% | 5% | 10% (90%) | 11.6 | 9.6 |
| | 10% | 15% (85%) | 13.0 | 11.0 |
| 85% | 0% | 15% (85%) | 11.4 | 9.4 |

Om in de winter te kunnen concurreren met importrozen met grote knoppen en hoge takgewichten, is het nodig om te kunnen telen bij een lagere kasttemperatuur dan 18 °C, bijvoorbeeld 15 °C. In de boven beschreven situatie van een 100% lichtdicht scherm, met 5% kier kan de kasttemperatuur dan alleen gehandhaafd worden bij buitentemperaturen van 3 à 4 °C. Bij hogere buitentemperaturen, en als de kier niet groter mag zijn dan 5%, zou de kasttemperatuur boven de 15 °C uitstijgen.

Bij het tomatenbedrijf is steeds met volledig gesloten scherm (85% lichtdicht) belicht, omdat geen kier getrokken mocht worden. De kasttemperatuur wordt minimaal 11 à 12 graden hoger dan de buitentemperatuur. Bij een gewenste kasttemperatuur van 19 °C kan het scherm dus pas gesloten worden bij buitentemperaturen beneden 7 à 8 °C. Op het deelnemende tomatenbedrijf heeft dit niet tot problemen geleid omdat er in de maanden met hoge nachttemperaturen (september, oktober en april) op dit tomatenbedrijf niet belicht is vanwege het planttijdstip (sept., okt.) en vanwege problemen met de balans tussen generatieve en vegetatieve ontwikkeling (april). De huidige situatie bij belichte tomaten is zo dat de donkerperiode 7-8 uur is, langer dan bij roos, dus dat het warmteoverschot in de kas minder groot is, en er een langere periode in de nacht beschikbaar is om de hoge kasttemperatuur (van de belichte en geschermden uren) te compenseren in de donkerperiode (lampen uit, scherm open). Dit geeft meer speelruimte in de belichte tomatenteelt.

Luchtvochtigheid

Op de deelnemende bedrijven zijn geen problemen geconstateerd met oplopende luchtvochtigheid, ook niet met teruglopende verdamping bij belichten onder scherm. Omdat er bijna altijd eerst een kier werd getrokken voordat werd gelucht, zijn te lage luchtvochtigheden niet voorgekomen. Ook niet bij tomaat waar wel werd gelucht boven het gesloten scherm.

Horizontale temperatuurverschillen

Sluiting van het scherm (volledig, of met een kier <5%) leidde tot versterking van de horizontale temperatuurverschillen in de kas. Vooral bij ingeschakelde lampen liepen de temperatuurverschillen op tot 8°C, terwijl incidenteel nog grotere afwijkingen zijn waargenomen. De plaats van de warme maar vooral koude plekken is niet steeds hetzelfde, waarschijnlijk is deze afhankelijk van raamstand, windrichting etc. De plaatsverschillen kunnen leiden tot kwaliteitsproblemen op de warme en koude plekken. Het gebruik van ventilatoren in de kas kan de verschillen halveren, maar ze verdwijnen niet.

Economische analyse

Om een economische analyse te kunnen maken (voor rozenbedrijven) van de gevolgen van afscherming van licht zijn een aantal kengetallen berekend uit de klimaatgetallen van de deelnemende bedrijven. De isolerende waarde van het kasdek, de isolerende waarde van het scherm (met en zonder kier), de energie- en warmte-input van de lampen, de energie-input van de verwarmingsbuizen etc. In de economische analyse wordt er van uit gegaan dat een bedrijf dat het assimilatielicht moet afschermen tot 95% bij een te hoog oplopende kastemperatuur de lampen moet uitschakelen. Dit leidt tot opbrengstverlies, omdat minder licht (zeker in de winter) direct leidt tot minder kilogram productie. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van een model, dat is ontwikkeld door DLV Plant BV.

Voor een 'referentiebedrijf' dat vergelijkbaar is met de deelnemende rozenbedrijven is de opbrengst doorgerekend met en zonder schermgebruik. Vervolgens is gevarieerd op o.a. belichtingsintensiteit, isolerende waarde van het scherm, meer of minder warmte-input via de verwarming, een lagere kastemperatuur etc. Voor deze variaties is berekend hoeveel uren de lampen afgeschakeld moeten worden om een warmteoverschot in de kas te vermijden. Daaruit is de opbrengstderving berekend.

De resultaten van de economische analyse laten zien dat bij een belichtingsintensiteit van 80 Watt/m²¹ (circa 120 umol/m².s, 10.000 Lux) er al een opbrengstderving van 2.10 €/m² optreedt bij een uitstralingsreductie van 90%. Wanneer de uitstraling met 95% moet worden beperkt loopt de opbrengstderving op tot € 10.00. Bij hogere belichtingsintensiteiten zullen de lampen nog vaker worden afgeschakeld; opbrengstderving kan oplopen tot € 33,00 bij belichting van 160 Watt/m².

Conclusies uit Fase 3:

De conclusies zijn gegroepeerd naar algemene, teelttechnische, technische en economische conclusies die uit dit project konden worden getrokken.

Algemene conclusies

1. Op de rozenbedrijven is er in de onderzoeksperiode van 1 september 2005 tot 1 mei 2006 in de uren tussen zonsondergang en zonsopkomst 6,5 tot 16 uur belicht. Dit betekent dat er met uitzondering van de voorgeschreven donkerperiode vrijwel continu is belicht. Op het tomatenbedrijf is alleen van november tot eind maart belicht en in de periode tussen zonsondergang en zonsopkomst ca. 5 uur korter dan op de rozenbedrijven;
2. In de maanden september en oktober is de reductie van de uitstraling op de rozenbedrijven nog beperkt geweest door de vele warme nachten. De reductie is lager geweest naarmate het scherm lichtdichter was;
3. In de maanden november tot en met april is de lichtuitstraling op de rozenbedrijven voor 55 tot 76% afgeschermd. Op het tomatenbedrijf tussen 76 en 85%. De mate van afscherming is toegenomen naarmate de buitentemperatuur lager was;

¹ Bij de huidige lampen is dit al 144 umol/m².s, ca. 10.800 Lux

4. Zodra de belichting wordt aangeschakeld loopt de kasttemperatuur iets op. Onder een (grotendeels) gesloten schermdoek loopt de kasttemperatuur verder op dan bij geopend scherm en wordt ook hoger naarmate het doek lichtdichter is (bij gelijke schermstand);
5. Vergroten van de schermkier om meer warmte naar de kasruimte boven het scherm te transporteren helpt vooral bij het vergroten van de schermkier tot 15%, om oplopen van de kasttemperatuur te voorkomen. Bij nog verdere vergroting van de schermkier is het effect relatief klein;
6. De gewastemperatuur ligt meestal ca. 0,5°C onder de kasttemperatuur. Bij sluiting of opening van het schermdoek wordt het verschil tussen de gewas- en kasttemperatuur niet groter of kleiner.

Teelttechnische conclusies

1. Bij reduceren van de lichtuitstraling is het trekken van een kier in het schermdoek essentieel om de kasttemperatuur te kunnen regelen. Op de rozenbedrijven is de kasttemperatuur niet onacceptabel hoog opgelopen omdat tijdens belichten de schermkier is aangepast als de kasttemperatuur dreigde op te lopen;
2. Toepassen van een 100% lichtdicht assimilatie-doek biedt de beste mogelijkheden om de lichtuitstraling te reduceren, mits er een schermkier (tot minimaal 15%) kan worden getrokken;
3. Reduceren van de lichtuitstraling met 95% zal leiden tot daling van het aantal belichtingsuren omdat de kasttemperatuur anders te hoog gaat oplopen. Deze daling zal vooral in de maanden september en oktober erg groot zijn en voor april kleiner, maar wel consequenties hebben;
4. Het streven naar lagere kasttemperaturen om de productkwaliteit bij roos te verbeteren wordt door een verplichte afscherming van 95% vrijwel onmogelijk gemaakt;
5. Bij regen, hagel en harde wind wordt het probleem dat er onvoldoende geventileerd kan worden om de kasttemperatuur naar het gewenste niveau te verlagen, groter door gebruik van assimilatiescherm;
6. Bij sluiting of opening van het scherm is geen meetbaar effect op de luchtvochtigheid, het dampdrukdeficit en de sapstroom gevonden;
7. De extra ventilatie boven een (grotendeels) gesloten schermdoek heeft tot gevolg dat het CO₂-gehalte van de kaslucht tot 200 ppm lager kan worden dan bij geopend schermdoek.

Technische conclusies

1. De mogelijkheden om de lichtuitstraling te reduceren worden vooral bepaald door het oppervlak aan ingeweven kiertjes, samen met de mogelijkheid om een kier te trekken. Hoe lichtdichter het schermdoek, hoe lager het warmtetransport via het schermdoek;
2. Bij een gelijke reductie van de lichtuitstraling is het effect van de verschillende assimilatie-doeken op het kasklimaat vrijwel gelijk;
3. Volledige sluiting van het assimilatie-doek leidt tot onacceptabel grote temperatuurverschillen in de kas. Met ventilatoren kunnen deze verschillen worden gehalveerd, maar ze blijven voor veel teelten onacceptabel groot;
4. Het trekken van een schermkier verkleint het verschil in luchttemperatuur in de kasruimte boven en onder het scherm en verkleint daarmee de horizontale temperatuurverschillen die door sluiting van het assimilatie-doek ontstaat;
5. De klimaatregeling via ventilatie boven een (vrijwel) gesloten assimilatie-doek leidt tot een onrustige beweging van ramen en eventueel schermkiergrootte.

Bedrijfseconomische conclusies

1. Afscherming van assimilatielicht om de lichtuitstoot met 95% te realiseren zal op de rozenbedrijven leiden tot grote opbrengst derving. Dit komt omdat het dan niet meer mogelijk is de noodzakelijke lange belichtingsduur, de hoge belichtingsintensiteit en het streven naar steeds betere productkwaliteit te realiseren, om de buitenlandse concurrentie het hoofd te kunnen bieden;
2. Er zijn ook positieve effecten van een scherm, namelijk een hoger lichtniveau door reflectie, beter gebruik van het dalurentarief en extra uren belichting in de donkerperiode. Deze wegen echter meestal niet op tegen de opbrengst derving;
3. Het grootste effect van schermsluiting op de opbrengst derving vindt plaats in de maanden september, oktober en april, maanden waarin de buitentemperatuur vaak te hoog is om onder (vrijwel) gesloten scherm te kunnen belichten;
4. Bij hogere belichtingsniveaus nemen de mogelijkheden om de lichtuitstraling tot 95% te kunnen reduceren snel af, de opbrengst derving neemt sterk toe, ook in de perioden met lagere nachttemperaturen;
5. De minimum buistemperatuur heeft een grote invloed op de mogelijkheden om onder (grotendeels) gesloten assimilatiescherm, zonder oplopende kastemperatuur, te kunnen belichten. De minimum buistemperatuur heeft echter ook een grote invloed op het ontstaan van warmte-overschotten bij eigen stroomopwekking;
6. Als er bij de eigen stroomopwekking meer warmte beschikbaar komt dan de ca. 60 Watt/m² die voor de op deze bedrijven ingestelde minimum buistemperatuur nodig is, en die niet in de warmtebuffer kan worden opgeslagen, dan zal dit leiden tot verdere reductie van de belichtingsmogelijkheden, zie min buis effect. Vervangen van de eigen stroomopwekking door stroominkoop of afschakelen van de lampen die op eigen stroom branden voorkomt het ontstaan van een warmte-overschot;
7. Afscherming van assimilatielicht om de lichtuitstoot met 85% te reduceren zal op de tomatenbedrijven pas leiden tot grote opbrengst derving wanneer het belichtingsseizoen al in september zal gaan beginnen in plaats van november, en langer doorgaat dan nu en er in de nacht langer belicht gaat worden.

2 Inleiding

2.1 Belichting in de glastuinbouw

In Nederland werd in 2003 van de 10.000 ha glastuinbouw circa 2300 ha belicht met assimilatielampen. Het gebruik van assimilatiebelichting in de winter is een onmisbare voorwaarde voor veel bedrijven om jaarrond goede kwaliteit te kunnen leveren. De kwaliteitseisen die aan de producten worden gesteld komen steeds hoger te liggen, en kunnen alleen worden bereikt met assimilatiebelichting. Het leveren van een goede winterkwaliteit is van levensbelang voor de continuïteit, en geen klanten te verliezen in de winterperiode. Toepassing van belichting zorgt ook voor een betere arbeidsverdeling over het jaar.

Binnen het areaal belichte teelten zijn er verschillen in intensiteit en belichtingsduur: voor uitgangsmateriaal worden lagere lichtintensiteiten gebruikt, terwijl voor bijvoorbeeld rozen en tomaten hoge lichtintensiteiten worden gebruikt gedurende lange (roos) of kortere (tomaat) perioden van het etmaal. Er is een trend dat er steeds grotere oppervlakten worden belicht, dat de intensiteit toeneemt, en dat de belichtingsduur toeneemt, tot soms 24 uur per etmaal.

De kosten die gemoeid zijn met de aansluiting en levering van elektra door de energiebedrijven hebben ertoe geleid dat een belangrijk deel van de glastuinbouw heeft gekozen voor toepassing van warmte-kracht koppeling (een 'eigen elektriciteitscentrale'), bij hogere belichtingsintensiteiten vaak gecombineerd met inkoop van elektriciteit. Dit is van grote invloed op de energie-efficiëntie in de glastuinbouw: de restwarmte wordt voor verwarming van de kas gebruikt en de vrijkomende CO₂ wordt vastgelegd in plantengroei. Het leveren van elektra aan de energiebedrijven in piekperioden heeft er bij een deel van de bedrijven voor gezorgd dat een energetisch en economisch rendabele opwekking van elektriciteit voor de belichting in de kas mogelijk is.

2.2 Lichthinder

Assimilatiebelichting wordt soms als hinderlijk ervaren. Zowel de verstoring van het natuurlijke duister als de teeltschade door strooilicht vanuit belichtende glastuinbouwbedrijven worden daarbij als hinderfactoren genoemd. Vertegenwoordigers van de glastuinbouw en van de maatschappelijke groeperingen (Stichting Natuur en Milieu) hebben het vraagstuk van lichthinder op de agenda geplaatst, en zijn op zoek naar mogelijkheden om deze lichthinder te verminderen en te reguleren. De voornemens zijn verwoord in het een convenant (zie bijlage 1: Maatschappelijke verantwoorde belichting en afscherming in de glastuinbouw, 5-10-2004, Stichting Natuur en Milieu en LTO Nederland).

2.3 Onderzoek in 1993 en 1994

In het kader van de toenmalige 'Meerjarenafspraken Energie' is in 1993 het eerste onderzoek gestart naar de ontwikkeling en toetsing van een scherminstallatie waarmee enerzijds de lichtuitstraling kan worden voorkomen en anderzijds het teeltproces minimaal wordt verstoord (E. van Rijssel e.a. 1995). De resultaten zijn niet meer vertaalbaar naar de huidige praktijk omdat gewerkt is met een naar huidige maatstaven laag belichtingsniveau van 30 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$. De ervaring uit dat onderzoek is gebruikt in later onderzoek naar afscherming van licht.

2.4 De mogelijkheden in 2003, inclusief de beschikbare schermdoeken

In opdracht van de provincies Noord- en Zuid-Holland is in 2003 onderzocht wat de economische perspectieven waren van bovenafscherming bij een belichtingsniveau van ca. 120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$. Hierbij moest ook gekeken worden naar de nieuwe technische mogelijkheden en veranderde prijzen.

In deze studie (E. van Rijssel, H. Leliveld, 2003), gebaseerd op berekeningen, is geconcludeerd dat er voor bedrijven zonder energiescherm economische perspectieven waren voor bovenafscherming met assimilatie-doeken, zeker als er gebruik werd gemaakt van de mogelijkheid om het aantal belichtingsuren (doorbelichten tijdens de donkerperiode) in sommige perioden van het jaar op te voeren.

Assimilatie-doeken zijn scherm-doeken die vochtdoorlatend zijn gemaakt, deels door open kiertjes (weggelaten schermstrookjes, bij 85 en 95 % lichtdichte doeken), deels door vochtdoorlatend weefsel, bij 100% lichtdicht doek. Het 85% lichtdichte assimilatie-doek is zodanig ontwikkeld dat het relatief veel licht tegenhoudt maar toch viel onder de toenmalige subsidieregeling voor energiedoeken.

2.5 Verder onderzoek vanaf 2004

De beleidsafdelingen van de provincies Noord- en Zuid-Holland, samen met de provincies Flevoland, Groningen/Friesland, Drenthe en Zeeland hebben de aanzet gegeven tot de opzet van een vervolgonderzoek naar bovenafscherming van belichte teelten. De uitvoering van dit project is mogelijk gemaakt met financiering door deze provincies, een forse bijdrage vanuit het 'Energiefonds' van PT/LNV en een bijdrage van VROM. Het project is uitgevoerd door LTO Noord Projecten samen met PPO Glastuinbouw van WUR en Proeftuin Zwaagdijk. Het project 'Schermtoepassing bij belichte teelten' omvat drie gedeelten die hieronder in het kort worden beschreven. Gedurende het project is regelmatig overlegd met de BegeleidingsCommissies Onderzoek, waarin de deelnemende telers, hun adviseurs (DLV Plant BV) en vertegenwoordigers van LTO Groeiservice zaten.

2.6 Probleemstelling

De doelstelling die de Stichting Natuur en Milieu (SNM) en LTO Nederland in het Convenant Lichthinder hebben omschreven, is een stappenplan voor 85% en 95% lichtafscherming. Aangegeven is, dat de 85% en 95% doelen worden doorgevoerd tenzij uit onderzoek is aangetoond dat dit (teelt)technisch of bedrijfseconomisch niet mogelijk is. Voor de situatie na 2008 zal bij het stellen van eisen voor nieuwbouwsituaties worden aangesloten bij de dan geldende stand der techniek, waarbij gestreefd zal worden naar een 100% afscherming.

Deze doelstelling leidt tot de probleemstelling: wat zijn de consequenties van 95% afscherming voor de diverse subgroepen binnen de glastuinbouw.

Binnen een praktijkproef is het onhaalbaar om het realiseren van 95% lichtreductie te onderzoeken. Bedrijven zijn alleen bereid om deel te nemen als het realiseren van een, voor dit bedrijf, normaal kwaliteits- en productieniveau niet wordt aangetast. De probleemstelling is daarom aangepast tot: waar liggen de grenzen en knelpunten bij gebruik van een assimilatiescherm tijdens de belichte uren in de maanden september t/m april.

De doelstelling daarbij is: welke reductie van uitstraling is haalbaar zonder consequenties voor productie en productkwaliteit. Dit aangevuld met: wat zijn de economische voor- en nadelen van schermgebruik met assimilatie-doeken t.o.v. geen scherm, een zonwerings- of energiedoek.

Bij de concrete uitwerking wordt dit vertaald in de volgende onderzoeksvragen:

1. *Wat zijn de weersomstandigheden waarbij de kasttemperatuur en de relatieve vochtigheid (RV) onder gesloten assimilatiescherm te hoog gaan oplopen? (Wanneer tot verlaging van de RV?)*
2. *Hoe reageert de planttemperatuur op schermsluiting?*
3. *Kan productieverlies worden voorkomen als er, via gewijzigde instelling van de setpoints, gelijke etmaalgemiddelden worden gerealiseerd en is terugdringen van de minimum buis (minder warmte-input) een optie?*
4. *Voldoen de schermen die 85 en 95% lichtdicht zijn aan de juiste technische eisen om warmte en vocht af te voeren? Zo niet, kan er dan gewerkt worden met een kierregeling of moet het oppervlak ingeweven kiertjes worden vergroot?*
5. *Veroorzaakt de sluiting van het scherm of het trekken van een kier temperatuursverschillen in de kas? Zo ja is inzet van ventilatoren voldoende om de temperatuurverdeling weer gelijk te krijgen?*
6. *Wat gebeurt er bij opening van het scherm en hoe speel je daarop in met de klimaatregeling?*
7. *Hoe kan worden voorkomen dat te hoog oplopende temperaturen en/of RV leiden tot verzwakking van het gewas, te slap, te zacht, zettingsproblemen? (Invloed van regelstrategie en planttemperatuur? Zie punt 2, 3)*
8. *Wat zijn de economische gevolgen voor roos van lichtafscherming bij verschillende bedrijfssituaties? Is een verlengde donkerperiode van 4 naar 6 uur een oplossing?*
9. *Wat is de omtrek van het schaduwpakket in verschillende bedrijfssituaties en hoe groot is de lichtwinst onder gesloten scherm?*

2.7 Fase 1: Enquête onder 20 bedrijven in 2004

Als eerste fase is een enquête gehouden onder 20 bedrijven met diverse teelten die recent ervaring hadden opgedaan met bovenafscherming, onder andere met de nieuw ontwikkelde, vochtdoorlatende assimilatieschermen. Het bleek dat de opkomst van de vrije energiemarkt en de contractuele inkoop van energie op vooruitstrevende bedrijven ertoe had geleid dat energieschermen algemeen werden toegepast op deze bedrijven om daarmee het maximum energie verbruik bij lage buitentemperaturen te beperken (E. van Rijssel, C. Oostingh 2004).

Uit de enquête werd geconcludeerd dat:

- a. het belichtingsniveau van ca. 120 tot soms 150 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ voorkomt bij de rozen- en tomatenteelt maar (nog) niet bij de overige teelten,
- b. pas onder hoge druk vanuit de omgeving is voorzichtig intensiever geschermd dan alleen voor energiebesparing of wetgeving noodzakelijk was. Doordat dit verschil tussen gangbaar en extra schermen niet groot was, heeft het niet geleid tot klimaatsproblemen of gewasschade.

De beperkte ervaringen met assimilatieendoeken wijzen op mogelijkheden voor een intensiever gebruik van deze doeken. Het schermgebruik had op vrijwel alle bedrijven tot doel energie te besparen en er werd bijna altijd gewerkt met een schermkier ter voorkoming van gewasschade door te hoge kasttemperaturen en/of luchtvochtigheid. De enquête heeft geleid tot de al eerder genoemde concrete vragen voor fase 2 van het onderzoek (zie boven: punt 1 t/m 8).

2.8 Fase 2: Onderzoek 1^e jaar (belichtingsseizoen 2004-2005)

In de 2^e fase van het project zijn twee rozenbedrijven en een tomatenbedrijf geselecteerd die al beschikten over een scherm met vochtdoorlatend assimilatieboek in één of meer afdelingen van het bedrijf of die dit boek voor eigen rekening wilden installeren. Onder begeleiding van PPO en Proeftuin Zwaagdijk zijn deze drie ondernemers begonnen om de mogelijkheden van het gebruik van de bovenafscherming via twee type assimilatieboek te verkennen.

De data die verzameld konden worden in de periode februari tot half mei 2005 hebben geleid tot de volgende bevindingen (E. van Rijssel e.a. 2005):

Deze bevindingen gelden voor de deelnemende bedrijven en kunnen veranderen bij een ander belichtingsniveau,

voor een andere periode (najaar bijv), voor een ander type kas (hogere isolerende werking), een andere verdeling van eigen elektriciteitsopwekking vs inkoop elektriciteit.

Bij de temperatuurgrenzen moet een zone van $\pm 2^{\circ}\text{C}$ worden aangehouden. Een zone waarin, afhankelijk van de windsnelheid, neerslag en bewolgingsgraad, de grens omhoog of omlaag gelegd moet worden.

- bij buitentemperaturen onder 0°C kon het schermdoek geheel worden gesloten;
- bij buitentemperaturen tussen 0 en 10°C (8°C zonder kier bij tomaat) kon de gewenste kastemperatuur met een schermstand $>90\%$ gesloten worden gerealiseerd via ventilatie boven het scherm. Bij hogere buitentemperaturen zal de kastemperatuur oplopen boven de gewenste waarde;
- het vochtdeficit onder het geheel of grotendeels gesloten vochtdoorlatend assimilatie-doek ligt gelijk of hoger dan in een situatie met open doek. Situaties met oplopende luchtvochtigheid hebben zich niet voorgedaan doordat er meestal met een schermkier werd gewerkt en er meer gelucht werd bij gebruik van scherm;
- de telers hebben wel een aantal knelpunten ervaren met een onrustigere klimaatregeling en met koude plekken in de kas bij gesloten scherm. Vooral bij gevoelige cultivars (o.a. Roos cv Passion, Avalanche en Grand Prix) zal dit tot forse gewasschade leiden.

Niet op alle vragen van het onderzoek kon nog antwoord worden gegeven. In het volgende belichtingsseizoen (2005 – 2006, in fase 3) zijn daarvoor meer en aanvullende data verzameld.

2.9 Fase 3: Onderzoek belichtingsseizoen 2005-2006

De resultaten en bevindingen uit de eerste en tweede fase zijn hierboven al besproken. Het nu voorliggende rapport behandelt in detail de gegevens uit de derde fase.

Op de twee rozenbedrijven die ook al in de tweede fase deelnamen is tussen september 2005 en mei 2006 doorgegaan met verzamelen en verwerken van gegevens. Deze bedrijven telen rozen-cultivars (Ilios! en First Red) die relatief tolerant zijn voor de gevolgen van lichtafscherming op het kasklimaat. Om ook gegevens te verkrijgen van een bedrijf met een veeleisender cultivar, is een derde Rozenbedrijf toegevoegd, met de cultivar 'Grand Prix'. Dit bedrijf heeft een 100% lichtdicht doek, wat een mooie aanvulling was op de bedrijven 1 en 2 met resp. 85 en 95% lichtdicht doek. Op alle drie de bedrijven werden twee afdelingen gebruikt voor het project. In één afdeling werd geschermd zoals gebruikelijk is voor energiebesparing, in de andere werd meer geschermd, maar alleen zodanig dat geen schade kon optreden in kwaliteit en productie van het gewas.

Op het tomatenbedrijf kon in de tweede fase een vergelijking gemaakt worden tussen een geschermd (85%) en een ongeschermd afdeling. In de derde fase is echter ook in die ongeschermd afdeling een 85% scherm geïnstalleerd, op last van een uitspraak van de Raad van State. De gegevens van dit bedrijf van het eerste seizoen waren al voldoende om temperatuurgrenzen voor afscherming te onderbouwen. In het seizoen 2005/2006 is vooral aandacht besteed aan het effect van een schermkier (lampen uit) op de warmte-uitwisseling van de lucht onder en de lucht boven het scherm.

Van alle bedrijven zijn continu gegevens over instellingen, kasklimaat, buitenklimaat etc verzameld. In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van het aantal uren dataverzameling, aantal uren belicht, aantal uren geschermd etc.

Tevens zijn er een aantal extra meetsessies geweest, om kengetallen te kunnen berekenen. Zo is de telers gevraagd om in bepaalde (korte) periodes meer te schermen, of bepaalde schermkieren te realiseren. Ook zijn er extra temperatuur- dataloggers geïnstalleerd om de (on-)gelijkmatigheid van de kastemperatuur onder invloed van schermen en belichten te beschrijven.

Uit de verzamelde gegevens zijn o.a. een aantal kengetallen berekend die gebruikt worden bij de economische evaluatie.

2.10 Organisatie van het project:

LTO Noord Projecten had de projectleiding en -organisatie in handen. PPO Glastuinbouw en Proeftuin Zwaagdijk waren belast met de uitvoering van dataverzameling en uitwerking.

Gedurende fase 2 en fase 3 (meetseizoenen 2004/2005 en 2005/2006) is regelmatig met de speciaal voor dit project samengestelde Begeleidings Commissie Onderzoek (BCO) overlegd over de verwerkte gegevens en de conclusies daaruit. De aanpak van extra onderzoekspunten werd ook met de BCO doorgesproken. Voor Roos en voor Tomaat waren verschillende BCO's gevormd.

De BCO Roos bestond uit de deelnemende telers (drie), hun adviseurs (twee), één rozenteler als vertegenwoordiger van de Landelijke Commissie Roos en de gewasmanager Roos van LTO Groeiservice. Deze commissie is ca 10 maal bijeen geweest. De adviseurs (DLV Plant BV) van de deelnemende rozenbedrijven hebben de bedrijven met een hogere frequentie bezocht en van elk bedrijfsbezoek een verslagje gemaakt.

De BCO Tomaat bestond uit de tomatenteler, één lid van de Landelijke LTO-commissie tomaat en een adviseur (GreenQ). Deze commissie is vijf maal bijeen geweest.

De conceptrapportages van de verschillende fases zijn met de BCO Roos doorgenomen. De BCO Tomaat heeft de eindversie geaccordeerd.

3 Materiaal en methoden

In het winterseizoen van 2004 – 2005 werden op twee rozenbedrijven en op één tomatenbedrijf gegevens verzameld, grotendeels vanuit de klimaatcomputer. In het winterseizoen 2005 – 2006 is nog een derde Rozenbedrijf toegevoegd.

Om de mogelijkheden en knelpunten van schermgebruik en belichting op het kasklimaat inzichtelijk te maken, vormden de vastlegging en verwerking van klimaatgegevens het belangrijkste gereedschap. Verder werden in het eerste belichtingsseizoen metingen gedaan aan opbrengst en kwaliteit van het geoogste product. Naast de registratie van de 'gewone' klimaatgegevens werden in kortere proefperioden gedetailleerde waarnemingen uitgevoerd aan het kasklimaat (kouval, horizontale temperatuurverschillen).

3.1 Klimaatgegevens

Door middel van de applicatie 'Klimlink' was het mogelijk om dagelijks de gewenste gegevens van alle bedrijven te importeren bij PPO. Op alle bedrijven was een kasafdeling aangewezen als 'behandeling' en een andere afdeling als 'controle'.

Per bedrijf werd van de weersituatie **buiten** vastgelegd:

Temperatuur en RV
Windsnelheid
Instraling

In **beide kasafdelingen** werd het gerealiseerde kasklimaat als volgt vastgelegd:

Temperatuur en RV boven het scherm (extra meetbox)
 op de gebruikelijke hoogte (meetbox van bedrijf)
 tussen het gewas (extra meetbox)

CO₂ op de gebruikelijke hoogte (meting van bedrijf)

In beide kasafdelingen werd de klimaatsturing in de kas als volgt vastgelegd:

Buistemperatuur de temperatuur van de verschillende verwarmingsnetten (buisrail, gewas)
 de minimum buis werd gerealiseerd in het buisrail-net

Raamstand de mate van opening van de ramen werd doorgegeven voor beide zijden van de nok,
aangegeven als luw- (hoog) of windzijde (laag) (0% is dicht, 100% is open)

Lampen de aan- of afschakeling van de afzonderlijk te schakelen belichtingsinstallaties.

Schermen de schermstand het assimilatie-doek van 0% (geheel open) tot 100% (geheel gesloten)

Watergift en drain

Samen met de gemeten klimaatgegevens werden gegevens over schermstand, lampen en verwarming via Klimlink doorgegeven.

In de eerste winter (fase 2) zijn van februari tot begin mei gegevens verzameld, in de tweede winter (fase 3) zijn gedurende de hele belichtingsperiode van september tot eind april gegevens verzameld.

3.2 Plantkundige gegevens

Om de reactie van het gewas op gebruik van scherm en lampen etc te kunnen waarnemen, zijn per kashelft een infrarood camera voor het meten van de bladtemperatuur, een sapstroommeter voor het meten van de verdamping, en een stengeldiameter sensor geïnstalleerd. Ook deze gegevens werden via Klimlink doorgegeven. De infrarood camera is op een hoogte van ca. 1,5 m boven het gewas gemonteerd, op het noorden gericht, met een hoek van 60 graden t.o.v. horizontaal, werd ca. 10 m² gewas gemeten.

De stengeldiameter sensoren en de sapstroommeters konden bij tomaat constant op dezelfde plek blijven zitten, maar moesten bij roos elke twee of drie weken op een andere steel worden overgezet. Deze stengeldiameter gaf geen consistente informatie, zodat ze na enkele maanden niet meer zijn meegenomen in de metingen. De sapstroommeters waren ook storingsgevoelig, en de sterkte van het signaal verschilde sterk van steel tot steel bij roos. Van deze data zullen voorbeelden gegeven worden, omdat de trends steeds hetzelfde waren.

Naast de sapstroom is, waar mogelijk, ook de watergift en de drain vastgelegd om de verdamping te meten. Doordat de watergift werd aangestuurd door een aantal instellingen gaf ze geen accuraat beeld van de momentane verdamping. Dit werd nog versterkt door naijling van de drain op de watergift. De verzamelde data zijn daarom niet verwerkt om effecten van schermsluiting en lampschakeling te bestuderen.

3.3 Beschrijving van de bedrijven

Rozenbedrijf 1: heeft voor het onderzoek een kas met twee afdelingen beschikbaar gesteld van ca. 8.000 m², waar het kasklimaat afzonderlijk kan worden geregeld. Venlo-kas 8m tralie, enkel glas, poothoogte ca. 5 m. De afdelingen liggen naast elkaar, gescheiden door het hoofd(transport)pad. In de kas wordt de cultivar First Red (rood) geteeld, geplant in 2001 en volgens plan gerooid in begin februari 2006. De rozen worden belicht met een geïnstalleerd lampvermogen van in totaal 75 Watt/m² (+7 Watt/m² VSA) dit is ca. 10.000 lux, verdeeld over drie installaties. Van dit vermogen wordt ca. 30% zelf opgewekt en de rest wordt ingekocht. De eigen opwekking produceert naast stroom ook warmte, een hoeveelheid van 41 Watt/m². De eigen WK levert ook de benodigde CO₂.

Beide afdelingen zijn voor dit onderzoek voorzien van een assimilatiescherm (LS85%).

Op het bedrijf wordt een minimum buistemperatuur toegepast in zowel het ondernet als in de gewasverwarming (condensornet). Er worden daarbij buistemperaturen aangehouden van 40-45°C in beide netten, met een gezamenlijke warmte input van ca. 65-85 Watt/m². In het tweede belichtingsseizoen is de warmte-input teruggebracht naar 60 Watt/m².

Rozenbedrijf 2: heeft voor het onderzoek 2 afdelingen beschikbaar gesteld van ca. 7.500 m². Venlo-kas 8m tralie, enkel glas, poothoogte ca. 4.5 m. De afdelingen liggen achter elkaar en het kasklimaat wordt via 2 groepen per afdeling geregeld, doch tussengevels ontbreken. In dit deel van de kas wordt de cultivar Ilios! (geel) geteeld, plantjaar 2002. De rozen worden belicht met een geïnstalleerd lampvermogen van 75 resp. 83,3 Watt/m² (ca. 10.000-11.000 lux), verdeeld over 2 installaties. De benodigde stroom, incl. de 8 Watt/m² voor de VSA, wordt voor 50% zelf opgewekt. De WK-installatie produceert daarbij ca. 71,5 Watt/m² aan koelwarmte, die tijdens de belichting voor een deel in de warmtebuffer wordt opgeslagen.

In alle afdelingen is voor dit onderzoek een assimilatiescherm aangebracht (Ph 95%). Het al aanwezige, transparante energiescherm is als tweede doek op hetzelfde dradenbed aanwezig.

De benodigde CO₂ komt uit de ketel. Als er geen warmtevraag is wordt zuiver CO₂ gedoseerd.

Op het bedrijf wordt een minimum buistemperatuur toegepast in zowel het ondernet als in de gewasverwarming (condensornet). Er werden daarbij buistemperaturen aangehouden van 40-43 resp. ca. 35°C, met een gezamenlijke warmte input van ca. 55-65 Watt/m².

Rozenbedrijf 3: heeft voor het onderzoek twee afdelingen beschikbaar gesteld van ca. 6.000 m², waar het kasklimaat afzonderlijk kan worden geregeld. Venlo-kas 8m tralie, enkel glas, poothoogte ca. 5 m. De proefafdelingen liggen naast elkaar gescheiden door het hoofd(transport)pad. In de kas wordt de cultivar Grand Prix (rood) geteeld, geplant in 2004. De rozen worden belicht met een geïnstalleerd lampvermogen van in totaal 100 Watt/m² (+10 Watt/m² VSA) (= bijna 13.000 Lux), verdeelt over twee installaties. Van dit vermogen wordt ca. 50% zelf opgewekt en de rest wordt ingekocht. De eigen opwekking produceert naast stroom ook warmte, een hoeveelheid van 80 Watt/m² die tijdens de belichte uren gedeeltelijk in de warmtebuffer kan worden opgeslagen.

De eigen WK levert ook de benodigde CO₂.

De gehele kas is voorzien van een assimilatiescherm (Ph 99%).

Op het bedrijf wordt een minimum buistemperatuur toegepast in het ondernet, met een buistemperatuur van 40-45°C, met een warmte input van ca. 53 Watt/m². Dit bedrijf is bij het onderzoek betrokken in het seizoen 2005/2006, omdat het ras 'Grand Prix' een gevoelig ras is voor de problemen die kunnen ontstaan bij intensief gebruik van scherm.

Het tomatenbedrijf heeft voor het onderzoek twee kassen beschikbaar gesteld met elk 4 afzonderlijk te regelen afdelingen, de kassen zijn ca. 50.000 m² groot. Venlo-kas 8m tralie, enkel glas, pothoogte 5.5 m. In elk van de twee kassen is 1 afdeling geselecteerd voor het verzamelen van de benodigde data. Het bedrijf teelt het ras Aranca, een trostomaat dat in oktober is geplant. De tomaten worden belicht met een geïnstalleerd lampvermogen van in totaal 75 Watt/m² (+7 Watt/m² VSA) (ca 10.000 lux), één installatie. In de aanvankelijk geschermdde kas wordt 50% van de benodigde stroom ingekocht, de rest wordt zelf opgewekt. Bij eigen stroomopwekking komt voor de geschermdde afdeling ca. 65 Watt/m² aan koelwarmte vrij. Voor een deel kan dit worden opgeslagen in een warmtebuffer voor verwarming in de onbelichte uren.

De benodigde CO₂ wordt betrokken uit de rookgassen van de eigen WK met rookgasreiniger.

De geschermdde kas was al voorzien van een assimilatiescherm (LS 85%), in oktober 2005 is dit zelfde doek ook in de andere kas geïnstalleerd.

De milieuvergunning schrijft voor dat in de geschermdde kas(zen) de uitstraling voor minimaal 85% moet worden teruggedrongen en er dus alleen belicht mag worden onder volledig gesloten scherm.

Op het bedrijf wordt een minimum buistemperatuur toegepast in zowel het ondernet als in de gewasverwarming. Er worden daarbij buistemperaturen aangehouden van resp. 40 en 45°C, met een gezamenlijke warmte input van ca. 60 Watt/m².

3.4 Verwerking van bovengenoemde gegevens

De verzamelde gegevens waren bedoeld om een beeld te krijgen van de invloed die het gebruik van het bovenscherm heeft op het kasklimaat en het gewas, bij de verschillende belichtingsniveaus. Aangezien de schermen bedoeld zijn voor afscherming van de uitstraling zijn vrijwel alleen de data gebruikt van de perioden dat het buiten donker was.

Voor het bestuderen van de algemene effecten van schermen en belichten bij verschillende niveaus is telkens gezocht naar perioden van minimaal een uur waarin de schermstand, belichting en temperatuur stabiel waren. De overgangperioden (dus bijvoorbeeld kort na het starten van de lampen, of het eerste halve uur na het sluiten van het scherm) zijn niet meegenomen in de analyses. Van de geselecteerde periodes werden gemiddelden berekend van de bovengenoemde klimaatfactoren (temp, RV etc) en afgeleiden ervan (bijv. het verschil van de kastemperatuur met de buitentemperatuur, verschil temperatuur boven en onder het scherm) en klimaatsfactoren daarbij (buistemperatuur, raamstand enz.). Deze gemiddelden werden gegroepeerd naar schermstand, lampstand etc. Op deze wijze zijn overzichten verkregen voor een aantal relevante combinaties van schermstand en belichting bij verschillende weersomstandigheden.

Op basis van de gegevens konden kengetallen worden berekend die gebruikt zijn voor het aangeven van grenzen van schermmogelijkheden, en voor de economische evaluatie.

3.5 Verschillen tussen de kashelften

Met de deelnemende bedrijven was vooraf afgesproken dat in de controle-kashelft het schermdoek gebruikt zou worden als energiedoek, dus zoals men voordien gewend was of zoveel meer als bleek dat zonder negatief effect mogelijk was. In de andere kashelft (behandeling) is het scherm een groter aantal uren gebruikt en verder gesloten, maar nooit meer dan door de teler vanuit gewaskundig oogpunt mogelijk werd geacht. De grenzen van de mogelijkheden om de uitstraling te beperken zijn op deze manier onderzocht. Dit was een harde afspraak aan het begin van het project, om gewasschade te vermijden en daarmee een onnodig negatief beeld ten aanzien van het schermgebruik. Het gevolg van deze afspraak was, dat de rozentelers vaak een kier in het scherm getrokken hebben, om een slecht kasklimaat en daarmee gewasschade te voorkomen.

Alleen voor het tomatenbedrijf gold een afwijkend gebruik, er mocht slechts belicht worden onder volledig gesloten scherm (85% lichtdicht). Dit gold aanvankelijk slechts voor 1 van de 2 afdelingen doch vanaf september 2005 voor beide afdelingen. Hier kon dus in het tweede seizoen slechts beperkt geëxperimenteerd worden.

3.6 Economische analyse

Voor de economische analyse is een door DLV Plant BV ontwikkeld pakket gebruikt (QMS-Roos), met enkele aanpassingen. Dit model berekent het overschot aan warmte, en op basis daarvan het aantal uren dat de lampen niet kunnen branden. Hieruit wordt het opbrengstverlies berekend voor een standaard rozengewas. Voor tomaat is een dergelijk model niet voorhanden.

4 Resultaten en discussie van Fase 3

4.1 Rozenbedrijven

4.1.1 Overzicht realisatie belichte en geschermdde uren

In tabel 1 is aangegeven op hoeveel dagen per maand gegevens zijn verzameld. Het betreft de maanden dat het tweede belichtingsseizoen van het onderzoek heeft plaatsgevonden, de periode van 1 september 2005 tot 30 april 2006. Bedrijf 1 heeft het gewas begin februari gerooit. Met behulp van de gegevens van alle meetdagen is een overzicht gemaakt van het aantal uren per etmaal dat belicht en geschermd is. In tabel 1 is per Rozenbedrijf per maand het gemiddelde aantal belichtingsuren per etmaal, gescheiden over de dag en de nacht, en het gemiddelde aantal uren dat geschermd is, weergegeven. De belichting werd voor beide onderzochte afdelingen gelijk ingesteld. Tijdens de belichte uren zijn veelal alle lampen aangeweest, de belichtingsintensiteit is op een beperkt aantal uren verlaagd omdat het anders te warm werd in de kas, vooral in de maanden september, oktober en april. Het totale aantal belichte uren in de nacht liep parallel met de duur van de nacht en was vooral hoog op Rozenbedrijf 2, omdat daar zeer geregeld ook in de donkerperiode werd doorbelicht.

Het aantal geschermdde uren is een afgeleide. Om inzicht te geven in de mate van lichtafscherming is uit de gemiddelde schermstand berekend hoeveel uren het scherm volledig dicht gelegen zou hebben, terwijl de werkelijke schermstand meestal lag tussen 80 en 98% dicht. Het totaal aantal geschermdde uren ligt hoger omdat uit oogpunt van optimaal klimaat in de winterperiode het scherm ook gedurende de donkerperiode (lampen uit) nogal eens gesloten werd.

De telers is gevraagd om verschillen aan te brengen in schermregime tussen de twee afdelingen voor zover dit teelttechnisch en economisch mogelijk was. De verschillen zijn bij bedrijf 1 het grootste, bij bedrijf 2 en 3 werd vooral in de winter een nagenoeg gelijk, hoog aantal uren geschermd (wel met kier) in beide afdelingen. Opvallend is dat er verschillen zijn in totaal aantal geschermdde uren tussen de bedrijven. Vooral in de maanden september en oktober is het verschil groot: bedrijf 3 schermt pas vanaf half oktober, bedrijf 1 en 2 schermen vanaf begin september een klein aantal uren. Dit kan niet in verband worden gebracht met de buitentemperatuur, want deze is vergelijkbaar. Het verschil moet gezocht worden in de isolerende waarde van het scherm: bedrijf 3 heeft een lichtdichter scherm, en de teler kon bij de hoge buitentemperaturen niet schermen i.v.m. verwachte problemen met temperatuur en vocht. Ophoping van vocht verhoogt bij de cultivar 'Grand Prix' de kans op kwaliteitsverlies (bruine knoppen), en dit wordt vermeden door minder te schermen. Met lagere buitentemperaturen bleek het na oktober vaak wel mogelijk langdurig te schermen, hoewel de telers een kier altijd nodig achtten.

In bijlage 2, tabel 1 is het overzicht aangevuld met gegevens over het weer tijdens de onderzoeksperiode en de gerealiseerde kastemperatuur per etmaal voor beide afdelingen.

Tabel 1: Overzicht van de buitentemperatuur en het gebruik van de belichtings- en scherminstallatie in de verschillende maanden van het onderzoek. Voor de belichte uren is aangegeven wanneer de helft (50%) of alle lampen (100%) brandden. Reductie van de uitstraling is uitgedrukt ten opzichte van het maximaal aantal uren 100% geschermd.

Data rozenbedrijf 1, 85% lichtdicht scherm

| Maand | geregistr. aantal dg | Buiten temp oC | Belichte uren beide afdelingen (gelijk ingesteld) | | | | totaal |
|----------|-------------------------|----------------------|---|------|--------|------|--------|
| | | | dag | | nacht | | |
| | | | 30/70% | 100% | 30/70% | 100% | |
| sept | 23 | 15.1 | 2.3 | 1.2 | 1.4 | 6.6 | 11.5 |
| okt | 18 | 13.8 | 2.5 | 3.0 | 0.5 | 10.2 | 16.2 |
| november | 12 | 9.1 | 0.7 | 5.0 | 0.4 | 11.7 | 17.8 |
| december | 12 | 3.6 | 1.3 | 5.2 | 0.4 | 14.5 | 21.4 |
| januari | 22 | 1.1 | 1.3 | 5.4 | 1.0 | 13.5 | 21.2 |
| februari | 5 | 0.8 | 2.2 | 5.1 | 1.2 | 11.7 | 20.2 |

| Scherm en lichtreductie controle | | behandeling | |
|-------------------------------------|----------|-------------|----------|
| uren | reductie | uren | reductie |
| 0.0 | 0% | 3.1 | 33% |
| 0.1 | 1% | 5.9 | 47% |
| 1.5 | 11% | 8.9 | 62% |
| 10.1 | 58% | 12.2 | 70% |
| 11.8 | 69% | 12.8 | 75% |

Data rozenbedrijf 2, 95% lichtdicht scherm

| Maand | geregistr. aantal dg | Buiten temp oC | Belichte uren beide afdelingen (gelijk ingesteld) | | | | totaal |
|----------|-------------------------|----------------------|---|------|-------|------|--------|
| | | | dag | | nacht | | |
| | | | 50% | 100% | 50% | 100% | |
| sept | 13 | 17.3 | 2.5 | 1.8 | 4.2 | 4.4 | 12.9 |
| okt | 27 | 12.9 | 3.8 | 3.0 | 4.4 | 6.8 | 17.9 |
| november | 6 | 7.3 | 3.2 | 4.8 | 3.5 | 10.9 | 22.4 |
| december | 30 | 4.7 | 0.2 | 6.8 | 2.2 | 14.0 | 23.2 |
| januari | 20 | 2.0 | 3.4 | 4.0 | 2.7 | 12.8 | 22.9 |
| februari | 27 | 2.6 | 5.7 | 2.4 | 1.7 | 12.4 | 22.3 |
| maart | 26 | 4.0 | 6.0 | 1.2 | 1.8 | 9.9 | 18.9 |
| april | 25 | 8.0 | 3.6 | 0.3 | 2.3 | 7.3 | 13.5 |

| Scherm en lichtreductie controle | | behandeling | |
|-------------------------------------|----------|-------------|----------|
| uren | reductie | uren | reductie |
| 0.0 | 0% | 1.2 | 13% |
| 3.3 | 28% | 4.3 | 37% |
| 7.9 | 52% | 8.4 | 55% |
| 11.0 | 65% | 11.0 | 65% |
| 10.5 | 65% | 10.6 | 65% |
| 9.9 | 66% | 10.0 | 67% |
| 8.2 | 67% | 8.3 | 67% |
| 4.3 | 43% | 5.8 | 57% |

Data rozenbedrijf 3, 99% lichtdicht scherm Tot 10 oktober geen onderscheid 50 en 100%

| Maand | geregistr. aantal dg | Buiten temp oC | Belichte uren beide afdelingen (gelijk ingesteld) | | | | totaal |
|-------------------|-------------------------|----------------------|---|------|-------|------|--------|
| | | | dag | | nacht | | |
| | | | 50% | 100% | 50% | 100% | |
| september | 30 | 15.6 | 1.2 | | 6.3 | | 7.5 |
| oktober t/m 10e | 10 | 14.4 | 2.9 | | 7.3 | | 10.2 |
| oktober vanaf 10e | 21 | 14.5 | 3.7 | 1.4 | 1.6 | 7.2 | 13.9 |
| november | 29 | 5.9 | 3.3 | 3.3 | 2.7 | 8.3 | 17.7 |
| december | 31 | 3.7 | 0.6 | 6.9 | 1.3 | 10.9 | 19.6 |
| januari | 31 | 2.8 | 2.0 | 5.8 | 0.8 | 10.9 | 19.6 |
| februari | 28 | 1.6 | 1.1 | 7.9 | 2.0 | 8.2 | 19.2 |
| maart | 31 | 4.7 | 3.0 | 3.6 | 1.5 | 6.8 | 14.8 |
| april | 30 | 10.5 | 1.8 | 1.1 | 1.4 | 4.8 | 9.0 |

| Scherm en lichtreductie controle | | behandeling | |
|-------------------------------------|----------|-------------|----------|
| uren | reductie | uren | reductie |
| 0.0 | 0% | 0.0 | 0% |
| 0.0 | 0% | 0.0 | 0% |
| 2.1 | 24% | 2.1 | 24% |
| 6.6 | 60% | 6.6 | 60% |
| 9.1 | 75% | 9.2 | 76% |
| 9.2 | 79% | 9.3 | 79% |
| 7.3 | 72% | 7.7 | 76% |
| 6.1 | 74% | 6.2 | 75% |
| 4.4 | 72% | 4.4 | 72% |

Data tomatenbedrijf, 85% lichtdicht scherm

| Maand | geregistr. aantal dg | Buiten temp oC | Belichte uren beide afdelingen | | | | | |
|----------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|-------|------------|-------|--------|-------|
| | | | afdeling 1 | | afdeling 2 | | totaal | |
| | | | dag | nacht | dag | nacht | afd 1 | afd 2 |
| november | 19 | 5.7 | 3.7 | 0.2 | 6.0 | 4.1 | 3.9 | 10.1 |
| december | 30 | 5.1 | 4.5 | 5.9 | 5.4 | 7.4 | 10.4 | 12.8 |
| januari | 30 | 3.6 | 6.0 | 6.3 | 5.7 | 6.8 | 12.3 | 12.5 |
| februari | 14 | 2.7 | 6.9 | 5.7 | 6.2 | 5.9 | 12.6 | 12.1 |
| maart | 30 | 5.5 | 4.6 | 3.2 | 3.6 | 3.2 | 7.9 | 6.8 |
| april | 29 | 10.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

| Scherm en lichtreductie afd 1 | | afd 2 | |
|----------------------------------|----------|-------|----------|
| uren | reductie | uren | reductie |
| 0.2 | 80% | 3.7 | 76% |
| 5.7 | 83% | 7.3 | 84% |
| 6.3 | 85% | 6.8 | 85% |
| 5.7 | 84% | 5.8 | 85% |
| 3.1 | 83% | 3.2 | 83% |
| 0.0 | | 0.0 | |

Zie ook bijlage 2, tabel 1: Overzicht van het gemiddelde weer, gebruik van de belichtings- en scherminstallatie en de kasttemperatuur in de verschillende maanden.

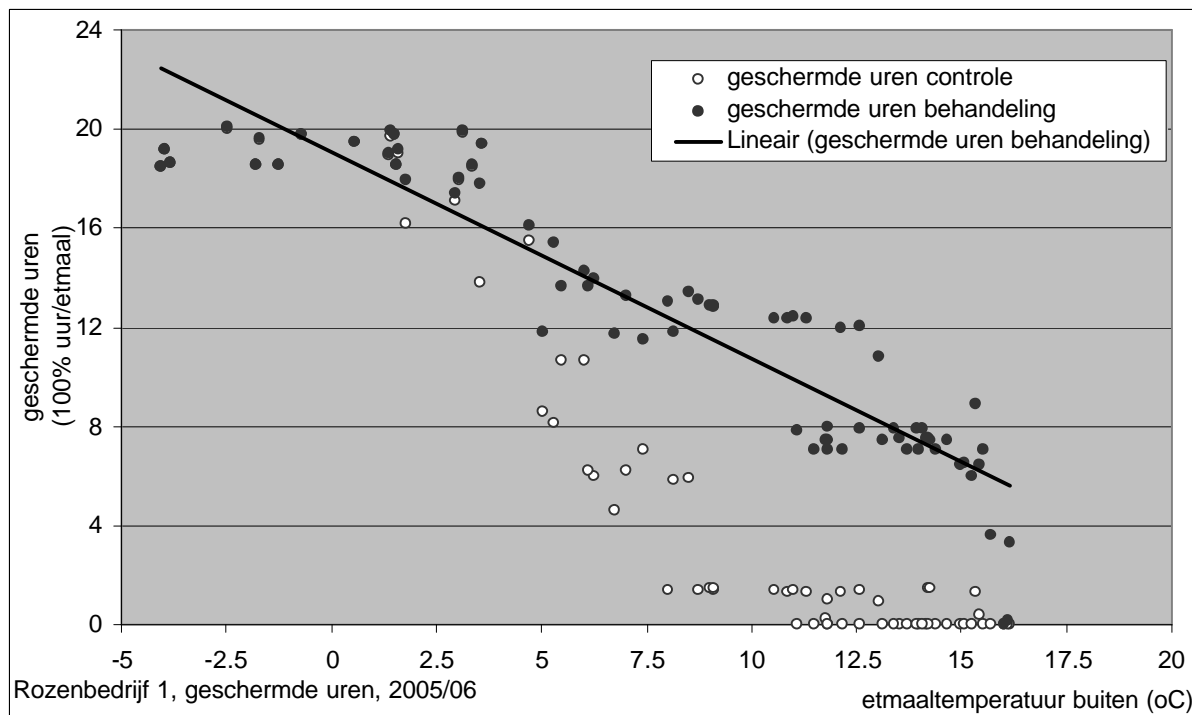
4.1.2 Buitentemperatuur bepaalde de schermmogelijkheden

Het aantal uren dat geschermd kon worden werd sterk bepaald door de buitentemperatuur, dit is geïllustreerd in figuur 1abc. Bij alle drie de rozenbedrijven is te zien dat naarmate de temperatuur buiten hoger is, het aantal uren dat geschermd kon worden lager werd.

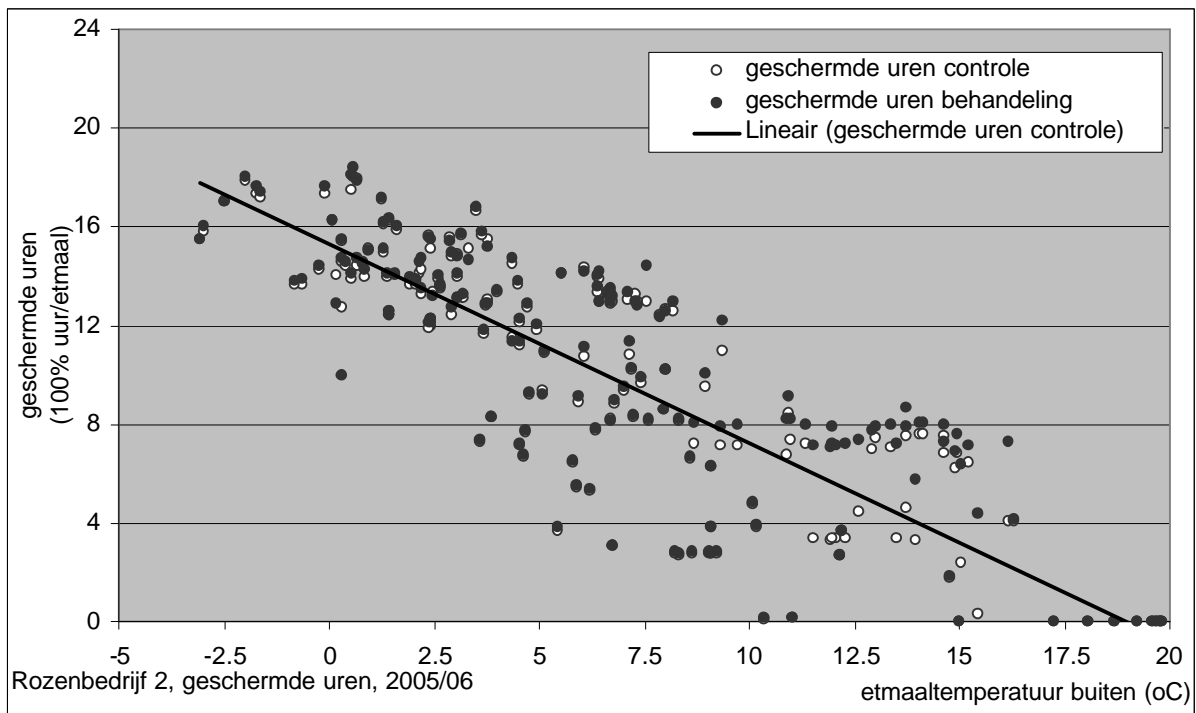
Bij bedrijf 1 is het scherm op de koudste dagen overdag ook gebruikt om energie te besparen. Het is op die dagen alleen midden op de dag een aantal uren geopend. Tevens is bij bedrijf 1 het grootste verschil te zien tussen de controleafdeling en de behandelingsafdeling. De correlatielijn heeft alleen betrekking op de behandeling. Het maximale aantal schermuren is 20 uur.

Bij bedrijf 2 werd minder geschermd, en nam het aantal geschermden uren lineair toe met afnemende buitentemperaturen. Bij buitentemperaturen van 5 °C en hoger is de teler meermalig voorzichtig geweest met schermen, vooral in de herfst- en voorjaarsperiode. Langer schermen dan de ca. 16 urige nachten in de winter is zelden gebeurd.

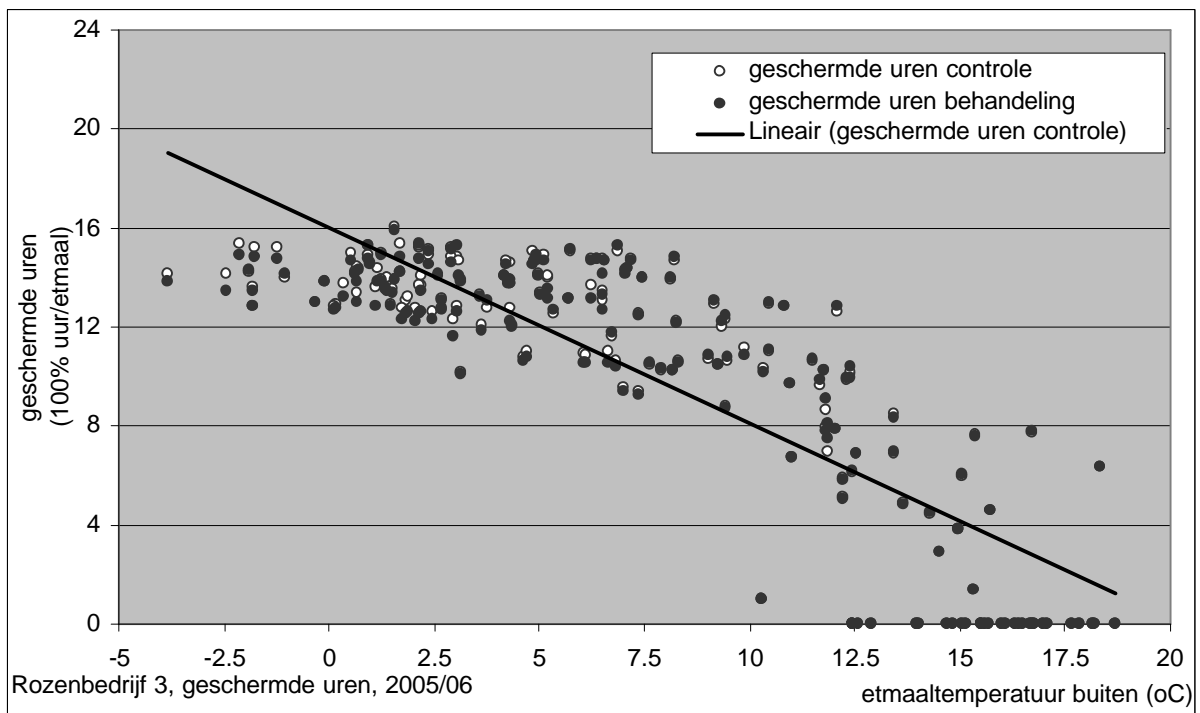
Op bedrijf 3 is bij buitentemperaturen onder de 5 °C langdurig geschermd. Bijna altijd met een behoorlijk grote kier zodat het totale aantal uren, teruggerekend naar 100% dicht, hier lager uitvalt. Bij buitentemperaturen hoger dan 5-7 °C werd het aantal geschermden uren lager. Bij de hogere buitentemperaturen in de herfst werd nog niet geschermd.



Figuur 1a: Effect van de etmaaltemperatuur buiten op het aantal uren dat het schermdoek gebruikt wordt op Rozenbedrijf 1



Figuur 1b: Effect van de etmaaltemperatuur buiten op het aantal uren dat het schermdoek gebruikt wordt op Rozenbedrijf 2



Figuur 1c: Effect van de etmaaltemperatuur buiten op het aantal uren dat het schermdoek gebruikt wordt op Rozenbedrijf 3

4.1.3 Verschillen in schermstand, werken met een kier

Consequenties voor de klimaatregeling

Op basis van de geregistreerde gegevens zijn per bedrijf, per nacht, wat kortere of langere perioden geselecteerd met een vrijwel stabiele schermstand en een gelijkblijvend belichtingsniveau, zie paragraaf 'materiaal en methoden'. Het overzicht met, per bedrijf, het gemiddelde kasklimaat over deze stabiele perioden in de nacht, is gebruikt om meer inzicht te krijgen in de gevolgen van bovenafscherming voor de klimaatbeheersing. Dit inzicht is van groot belang geweest bij de opzet en het uitvoeren van de economische analyse.

Beheersen van de kasttemperatuur door middel van verwarmen is heel nauwkeurig te regelen. De wisseling in kasttemperatuur blijft, bij een juiste instelling, beperkt tot ca. 1 °C. Beheersen van de kasttemperatuur door middel van ventileren (luchten) is minder eenvoudig. De ramen worden verder open gestuurd naarmate de kasttemperatuur verder uitstijgt boven de gewenste temperatuur. De kasttemperatuur wordt dus hoger naarmate het lastiger wordt om de overvloedige warmte af te voeren, en naarmate de buitentemperatuur hoger en/of de windsnelheid lager is. Ook bij storm, regen, hagel, sneeuw en vorst is het voldoende openen van de ramen niet goed mogelijk, en wordt de warmteafvoer beperkt. Om bovenstaande reden, en om een slecht kasklimaat te voorkomen hebben alle drie de rozentelers hebben er daarom voor gekozen om bij oplopende kasttemperaturen eerst het scherm op een kier te openen en pas daarna te gaan ventileren.

Overzicht vastgelegde meetperioden met diverse belichtingsintensiteiten en schermstanden

Per nacht is voor elk bedrijf bezien of er een periode van meer dan een uur was met een vaste belichtingsintensiteit en een stabiele schermstand. Per nacht konden dit meerdere perioden zijn met verschillende omstandigheden, bijvoorbeeld direct na zonsondergang 2 uur met 50% van de lampen aan en een schermstand van 80%, gevolgd door een donkerperiode met schermstand 0% en een belichte periode met 100% lampen aan en een schermstand van 90-95%.

In tabel 2 zijn de gemiddelden weergegeven van alle perioden die tussen september 2005 t/m/ maart 2006 zijn geconstateerd en die samen een overzicht geven van de effecten van schermen en belichten op het kasklimaat. De gegevens zijn gegroepeerd naar de verschillende combinaties van scherm en belichting.

In de eerste drie kolommen is, per afdeling, het aantal keren weergegeven dat een bepaalde combinatie van schermstand en belichting voorkwam. In de vierde kolom staat de gemiddelde tijdsduur van die perioden. In de volgende drie kolommen staan de combinaties van schermstanden en de belichtingsintensiteit. In de twee kolommen daarna staan de gemiddelden van de buitenomstandigheden (temperatuur en windsnelheid m/s) en in de kolom ernaast de gemiddelde kasttemperatuur. In de kolommen daarnaast zijn de temperatuurverschillen tussen de kas en buiten aangegeven en het temperatuurverschil onder en boven het scherm. In deze laatste kolom is te zien dat het temperatuurverschil boven en onder het scherm duidelijk aantoonbaar (groen) tot vrij groot (geel) worden als de schermen vrijwel of helemaal dicht zijn. Geheel sluiten van de doeken gebeurt alleen bij lage buitentemperaturen, tabel 2.

Tabel 2: Overzicht vastgelegde meetperioden met diverse belichtingsintensiteiten en schermstanden

Rozenbedrijf 1:

| beide kasafdelingen samen | | | Gemiddeld gemeten waarden | | | | | temperatuurverschil | | | |
|---------------------------|--------|--------|---------------------------|-------------|-----|--------|----------|---------------------|-------|----------|---------|
| aantal nachtperiode | | | duur | schermstand | | lampen | T-buiten | wind | T-kas | kas-buit | ond-bov |
| controle | behand | totaal | | min | max | % | | | | scherm | |
| 59 | 58 | 117 | 3.60 | 0 | 0 | 0 | 12.7 | 1.8 | 18.3 | 5.5 | 0.5 |
| 12 | 12 | 24 | 1.39 | 0 | 0 | 70 | 13.8 | 1.5 | 19.5 | 5.6 | 1.0 |
| 65 | 60 | 125 | 6.19 | 0 | 0 | 100 | 11.1 | 2.6 | 20.0 | 8.9 | 0.4 |
| 0 | 6 | 6 | 4.08 | 84 | 87 | 0 | 12.7 | 5.4 | 18.7 | 6.1 | 1.0 |
| 0 | 3 | 3 | 1.14 | 80 | 85 | 70 | 10.3 | 1.4 | 19.3 | 9.8 | 1.2 |
| 27 | 27 | 54 | 6.31 | 80 | 89 | 100 | 11.4 | 2.9 | 19.8 | 8.4 | 1.1 |
| 8 | 15 | 23 | 3.37 | 90 | 99 | 0 | 7.5 | 2.2 | 18.4 | 10.9 | 2.4 |
| 0 | 1 | 1 | 1.42 | 95 | 95 | 70 | 7.2 | 5.4 | 19.4 | 17.5 | - |
| 6 | 31 | 37 | 7.07 | 91 | 99 | 100 | 6.4 | 2.3 | 20.6 | 14.2 | 2.9 |
| 27 | 27 | 54 | 3.51 | 100 | 100 | 0 | 2.1 | 2.5 | 17.7 | 15.6 | 3.4 |
| 4 | 4 | 8 | 7.73 | 100 | 100 | 70 | 1.4 | 2.2 | 18.9 | 17.5 | 3.7 |
| 28 | 27 | 55 | 10.78 | 100 | 100 | 100 | 1.4 | 2.5 | 19.4 | 18.0 | 4.5 |

Rozenbedrijf 2:

| beide kasafdelingen samen | | | Gemiddeld gemeten waarden | | | | | temperatuurverschil | | | |
|---------------------------|--------|--------|---------------------------|-------------|-----|--------|----------|---------------------|-------|----------|---------|
| aantal nachtperiode | | | duur | schermstand | | lampen | T-buiten | wind | T-kas | kas-buit | ond-bov |
| controle | behand | totaal | | min | max | % | | | | scherm | |
| 52 | 52 | 104 | 2.81 | 0 | 0 | 0 | 12.5 | 2.3 | 18.1 | 5.5 | -0.3 |
| 33 | 33 | 66 | 3.17 | 0 | 0 | 50 | 12.8 | 1.7 | 19.4 | 6.6 | -0.1 |
| 71 | 73 | 144 | 5.01 | 0 | 0 | 100 | 10.0 | 2.7 | 19.2 | 9.2 | 0.1 |
| 11 | 10 | 21 | 1.81 | 90 | 95 | 0 | 7.2 | 2.2 | 17.4 | 10.1 | 2.1 |
| 29 | 28 | 57 | 3.09 | 90 | 95 | 50 | 5.5 | 2.1 | 18.3 | 12.9 | 2.0 |
| 67 | 55 | 122 | 7.10 | 90 | 95 | 100 | 2.5 | 2.8 | 19.1 | 16.7 | 3.3 |
| 21 | 21 | 42 | 2.20 | 96 | 99 | 0 | 2.4 | 1.2 | 17.1 | 14.7 | 3.0 |
| 10 | 13 | 24 | 3.30 | 96 | 99 | 50 | 1.9 | 3.2 | 18.3 | 16.4 | 3.4 |
| 48 | 62 | 110 | 7.44 | 96 | 99 | 100 | 1.2 | 3.7 | 17.8 | 16.6 | 5.0 |
| 10 | 10 | 20 | 2.60 | 100 | 100 | 0 | 0.7 | 3.9 | 16.3 | 15.6 | 4.6 |
| 28 | 40 | 68 | 2.49 | 100 | 100 | 50 | 7.7 | 2.2 | 18.5 | 10.8 | 4.8 |
| 10 | 9 | 19 | 5.11 | 100 | 100 | 100 | 3.1 | 1.8 | 18.3 | 15.2 | 7.0 |

Rozenbedrijf 3

| beide kasafdelingen samen | | | Gemiddeld gemeten waarden | | | | | temperatuurverschil | | | |
|---------------------------|--------|--------|---------------------------|-------------|-----|--------|----------|---------------------|-------|----------|---------|
| aantal nachtperiode | | | duur | schermstand | | lampen | T-buiten | wind | T-kas | kas-buit | ond-bov |
| controle | behand | totaal | | min | max | % | | | | scherm | |
| 36 | 36 | 72 | 3.72 | 0 | 0 | 0 | 12.4 | 2.1 | 16.4 | 4.0 | -0.1 |
| 22 | 22 | 44 | 1.90 | 0 | 0 | 50 | 12.3 | 2.3 | 18.5 | 6.1 | 0.2 |
| 26 | 26 | 52 | 4.65 | 0 | 0 | 100 | 10.3 | 2.9 | 19.4 | 9.0 | 0.4 |
| 6 | 6 | 12 | 2.28 | 85 | 90 | 0 | 9.0 | 0.6 | 17.0 | 8.0 | 2.6 |
| 18 | 12 | 30 | 2.63 | 85 | 90 | 50 | 7.6 | 2.8 | 17.7 | 10.1 | 2.9 |
| 37 | 35 | 72 | 5.86 | 85 | 89 | 100 | 7.2 | 2.8 | 19.1 | 12.0 | 3.5 |
| 17 | 18 | 35 | 3.33 | 91 | 95 | 0 | 8.2 | 2.5 | 16.8 | 8.5 | 4.2 |
| 19 | 17 | 36 | 2.33 | 90 | 95 | 50 | 4.7 | 2.1 | 18.5 | 13.8 | 5.2 |
| 38 | 34 | 72 | 7.43 | 90 | 96 | 100 | 3.8 | 1.8 | 18.8 | 15.0 | 5.1 |
| 130 | 136 | 266 | 3.81 | 96 | 100 | 0 | 3.7 | 1.8 | 16.9 | 13.2 | 7.8 |
| 16 | 29 | 45 | 2.44 | 96 | 100 | 50 | 1.8 | 1.6 | 17.9 | 16.1 | 8.6 |
| 22 | 47 | 69 | 7.19 | 96 | 99 | 100 | -0.2 | 1.7 | 18.2 | 18.4 | 9.3 |
| 1 | 1 | 2 | 10.00 | 100 | 100 | 100 | 0.9 | 7.5 | 18.7 | 17.7 | 13.6 |

4.1.4 Effect schermen op de kastemperatuur

Bij de belichte teelten wordt, als de lampen aan gaan, een behoorlijk grote hoeveelheid energie de kas ingevoerd in de vorm van elektriciteit voor de belichtingsinstallatie en buiswarmte voor een optimaal groeiklimaat. De energietoevoer naar de kas is regelmatig hoger geweest dan nodig voor het handhaven van de gewenste temperatuur, zodat de luchtramen open gaan om overtollige warmte en vocht af te voeren. Ook kan overtollige warmte op de deelnemende bedrijven worden opgeslagen in een buffer.

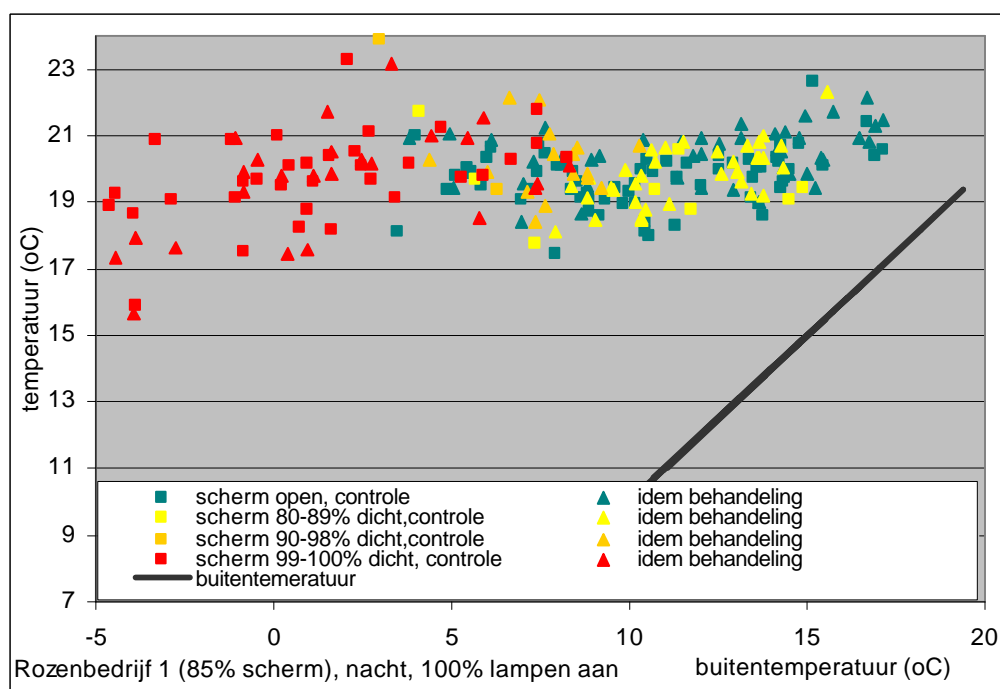
Bij sluiting van een scherm voor afscherming van de uitstraling van licht in de nacht loopt men het gevaar dat de kastemperatuur te ver zou oplopen, zeker bij hogere buitentemperaturen. In hoeverre de kastemperatuur oploopt afhankelijk van de buitentemperatuur en de schermstand is onderzocht en de resultaten worden weergegeven in de één na laatste kolom in tabel 2 (= 'kas - buit').

In figuur 2 abc is de kasttemperatuur (verticale as) uitgezet tegen de buitentemperatuur (horizontale as). De buitentemperatuur is ook aangegeven als een zwarte lijn om het verschil tussen kas- en buitentemperatuur duidelijk zichtbaar te maken. De figuren zijn gebaseerd op gemeten kasttemperaturen in perioden dat de lampen 100% branden, en het scherm in verschillende mate gesloten is (zie legenda). Uit de figuren is af te lezen dat de kasttemperatuur als de lampen aan zijn altijd minimaal 4-5 °C hoger ligt dan de buitentemperatuur.

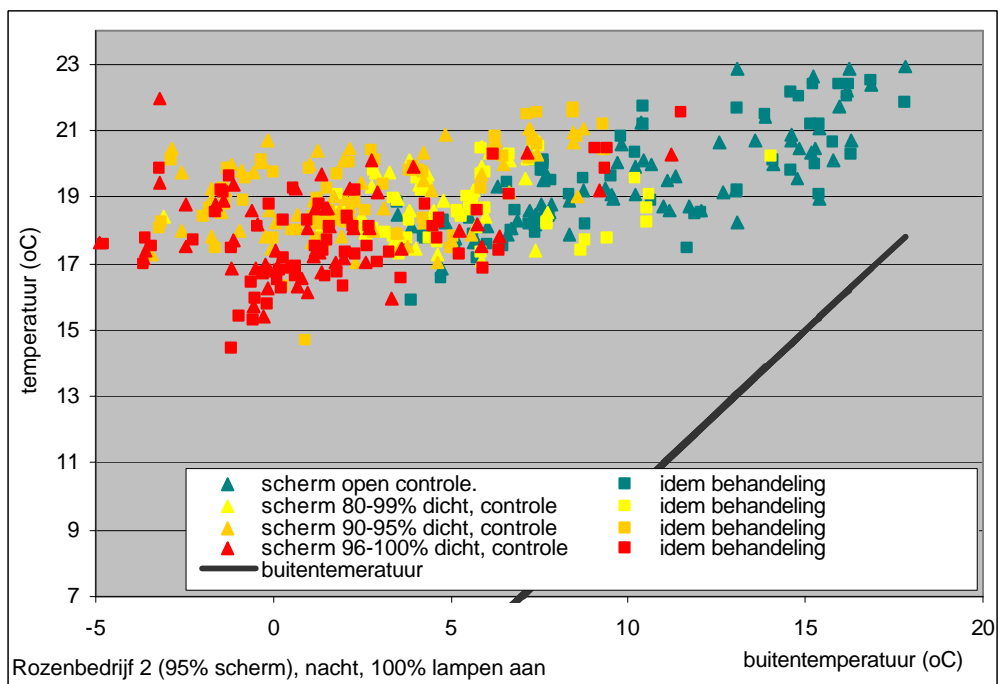
Aan de groene en gele stippen is te zien dat de gerealiseerde kasttemperatuur bij een schermsluiting van 80-89% bij Rozenbedrijf 1 en 2 hetzelfde is als bij een geopend scherm. Bedrijf 1 heeft er voor gekozen om met een 85% schermdoek al bij hogere buitentemperaturen het scherm te sluiten dan bedrijf 2 met een 95% schermdoek. Op bedrijf 3 kan de kasttemperatuur soms 2-4 °C hoger oplopen dan gewenst, maar dan zowel als het doek 80-89% gesloten wordt als met geheel open scherm. Dit bedrijf ligt duidelijk meer beschermt dan de andere twee, met lager gemeten windsnelheden. Aan de groene stippen is te zien dat er weersomstandigheden zijn (regen, windstil, lage bewolking) dat de telers ook bij buitentemperaturen tot ca. 5 °C het scherm niet konden sluiten.

Aan de oranje en rode stippen is te zien dat een schermsluiting van 90% of meer pas wordt gerealiseerd als de buitentemperatuur daalt onder de 10 °C. Niet alleen de buitentemperatuur maar ook de wind bepaalt dan of het schermdoek op een kier van kleiner dan 5% of op 5-10% gesloten wordt. Naarmate het scherm dichters is, is het schermdoek minder vaak bijna of geheel dicht geweest, zie figuren 2, verschil tussen bedrijf 1 en 3.

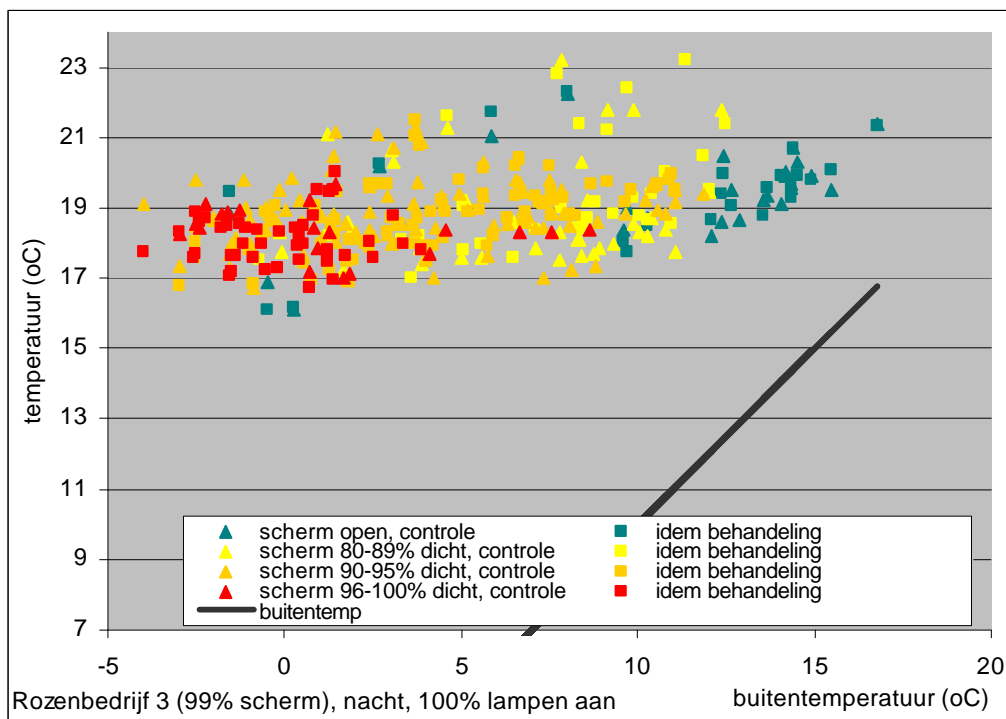
Door de instelling van een toenemende schermkier (soms tot 40%) bij oplopende kas- of buitentemperaturen is dus bij alle drie de rozenbedrijven voorkomen dat de kasttemperatuur onder grotendeels gesloten scherm duidelijk boven de gewenste temperatuur is komen te liggen.



Figuur 2a: Effect van de schermstand en de buitentemperatuur op de kasttemperatuur als de lampen aan zijn op Rozenbedrijf 1



Figuur 2b: Effect van de schermstand en de buitentemperatuur op de kasttemperatuur als de lampen aan zijn op Rozenbedrijf 2



Figuur 2c: Effect van de schermstand en de buitentemperatuur op de kasttemperatuur als de lampen aan zijn op Rozenbedrijf 3

In bijlage 2, figuur 1 is dezelfde relatie tussen buiten- en kasttemperatuur gegeven voor de situatie waar de lampen uit zijn. Dit zijn omstandigheden dat het scherm gesloten wordt om energie te besparen of een beter kasklimaat te krijgen. Omdat er in de donkerperiode geen energietoevoer is van de belichting is de kasttemperatuur lager, en wordt het scherm verder gesloten. Op alle drie de bedrijven wordt geschermd tot

buitentemperaturen van ca. 7 °C. Op bedrijf 3 wordt het scherm zelfs bij buitentemperaturen tot 12 °C gesloten omdat de geteelde rozencultivar bij te lage temperaturen, te hoge uitstraling, snel bruine knoppen krijgt.

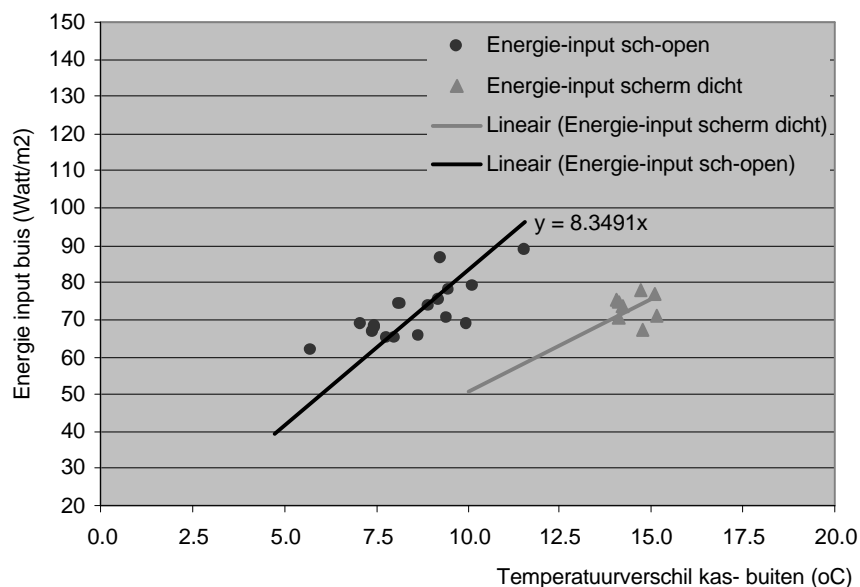
4.1.5 De warmtetransportmogelijkheden door het gesloten kasdek en het gesloten scherm

Meting warmtetransport via het gesloten kasdek

In de datareeksen van de bedrijven kunnen omstandigheden worden geselecteerd dat de belichting uit en de schermen open zijn. Als in deze reeks ook veel dagen voorkomen dat de buitentemperatuur laag is, dan moet de kas verwarmd worden. Met deze data kan worden bepaald hoeveel warmte nodig is om de kas met gesloten luchtramen op temperatuur te houden. In het belichtingsseizoen 2004/2005 bleek het mogelijk om het effect van de buitentemperatuur op de warmtebehoefte van de kassen met voldoende betrouwbaarheid vast te stellen, zie figuur 3.

In deze figuur is de energie input via het verwarmingssysteem uitgezet tegen het temperatuurverschil tussen de kas en buiten. De onderlinge relatie tussen het temperatuurverschil $T_{kas} - T_{buiten}$ en de warmte-input via de verwarmingsbuizen gaf aan dat de ongeschermdde kas een warmte-input nodig had van ca. 8,35 Watt/m² per °C. Deze warmtebehoefte, ook wel warmtetransport eigenschap, staat bekend onder de naam K-waarde en wordt zowel voor materialen als voor gebouwen gehanteerd. De hier gevonden K-waarde van 8.35 Watt/m². °C komt vrijwel overeen met de K-waarde van 8.5 Watt/m². °C die voor kassen in diverse energiemodellen wordt gehanteerd. Voor de drie rozenbedrijven en het tomatenbedrijf zijn de kassen vrijwel gelijk (zelfde kastype, vergelijkbaar bouwjaar), zodat ervan wordt uitgegaan dat de gevonden K-waarde representatief is voor alle bij dit onderzoek betrokken kassen.

Het vaststellen van de warmtebehoefte van de kas met gesloten ramen en gesloten scherm bleek lastiger. Pas bij behoorlijk lage buitentemperaturen kwam de buistemperatuur boven de 'minimum buis' en vaak werd er dan nog iets geventileerd. Omdat het onder andere voor de economische evaluatie nodig was om deze K-waarde te kennen is een alternatieve methode gehanteerd, die hieronder is beschreven.



Rozenbedr 1 2005,
onbelichte nachtperiode, raam,stand <2,5%

Figuur 3: Het effect van de buitentemperatuur op de warmtebehoefte van de kas
(File N/transfer/klimlink/data per schermseizoen 1^e seizoen; blad figuren, AQ1 – AW 66)

Meting warmtetransport via het gesloten scherm

In tabel 3 is onder andere het temperatuurverschil boven en onder het scherm aangegeven voor de drie schermtypen die op de rozenbedrijven waren geïnstalleerd. Ph 100% (bedrijf 3) laat het grootste verschil zien. Met Ph 95% doek is het verschil kleiner, en met LS 85% doek is het verschil zelfs minder dan de helft van Ph 100% scherm. Dit komt door de verschillen in warmtetransport door de schermen. De warmtetransport-eigenschap, K waarde, van de het scherm is te berekenen op basis van de bovengenoemde temperatuurverschillen en de energietoevoer (verwarming en lampen) onder het scherm. De K-waarden van de schermdoeken liepen terug van 27.9 Watt/m² per °C voor het 85% scherm, via 16.3 Watt/m² per °C voor het 95% naar 7.6 Watt/m² per °C voor het 99% schermdoek, tabel 2.

Door het temperatuurverschil van de kaslucht met lampen aan of lampen uit te bepalen kan de warmteproductie van de lampen worden berekend, ten minste de warmteproductie van de lamp ten opzichte van de warmteproductie van de verwarmingsbuizen onder in de kas. Deze getallen zijn van belang om inzicht te krijgen in de energiestromen in de kas, welke verwerkt worden in de economische analyse.

Tabel 3: Berekening K-waarden kas en scherm en warmteproductie van de lampen

| Schermtypen | Ph 100% | Ph 95% | LS 85% | tomaat LS 85% | kas 1 |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------|
| Temp.verschil onder - boven scherm (lampen uit) | 8.0 °C | 5.0 °C | 3.5 °C | 3.9 °C | |
| Warmte-input buis (lampen uit) | 60.2 Watt/m ² | 81.8 Watt/m ² | 97.7 Watt/m ² | 89.5 Watt/m ² | |
| K-waarde scherm | 7.55 Watt/m ² .°C | 16.29 Watt/m ² .°C | 27.89 Watt/m ² .°C | 23.02 Watt/m ² .°C | |
| K-waarde kas (gemeten 2004/05) | 8.35 Watt/m ² .°C | 8.35 Watt/m ² .°C | 8.35 Watt/m ² .°C | 8.35 Watt/m ² .°C | |
| Berekende K-waarde kas+scherm (besparing scherm =) | 3.96 Watt/m ² .°C 53% | 5.52 Watt/m ² .°C 34% | 6.43 Watt/m ² .°C 23% | 6.13 Watt/m ² .°C 27% | |
| Lampvermogen | 107 Watt/m ² | 83 Watt/m ² | 80 Watt/m ² | 80 Watt/m ² | |
| Warmte-input buis (lampen aan) | 53.9 Watt/m ² | 72.4 Watt/m ² | 81.7 Watt/m ² | 70.2 Watt/m ² | |
| Temp.verschil onder - boven scherm (lampen 100% aan) | 13.1 °C | 6.9 °C | 4.1 °C | 5.7 °C | |
| Temp.verschil lampen aan - lampen uit (scherm dicht) | 5.9 °C | 2.4 °C | 1.2 °C | 2.7 °C | |
| Warmteprod lampen (=K-waarde x temp.verschil) | 45 Watt/m ² | 39 Watt/m ² | 34 Watt/m ² | 62 Watt/m ² | |
| Idem in % lampvermogen | 42.1% | 47.2% | 42.0% | 76.9% | |

Combinatie van gesloten kas met gesloten scherm

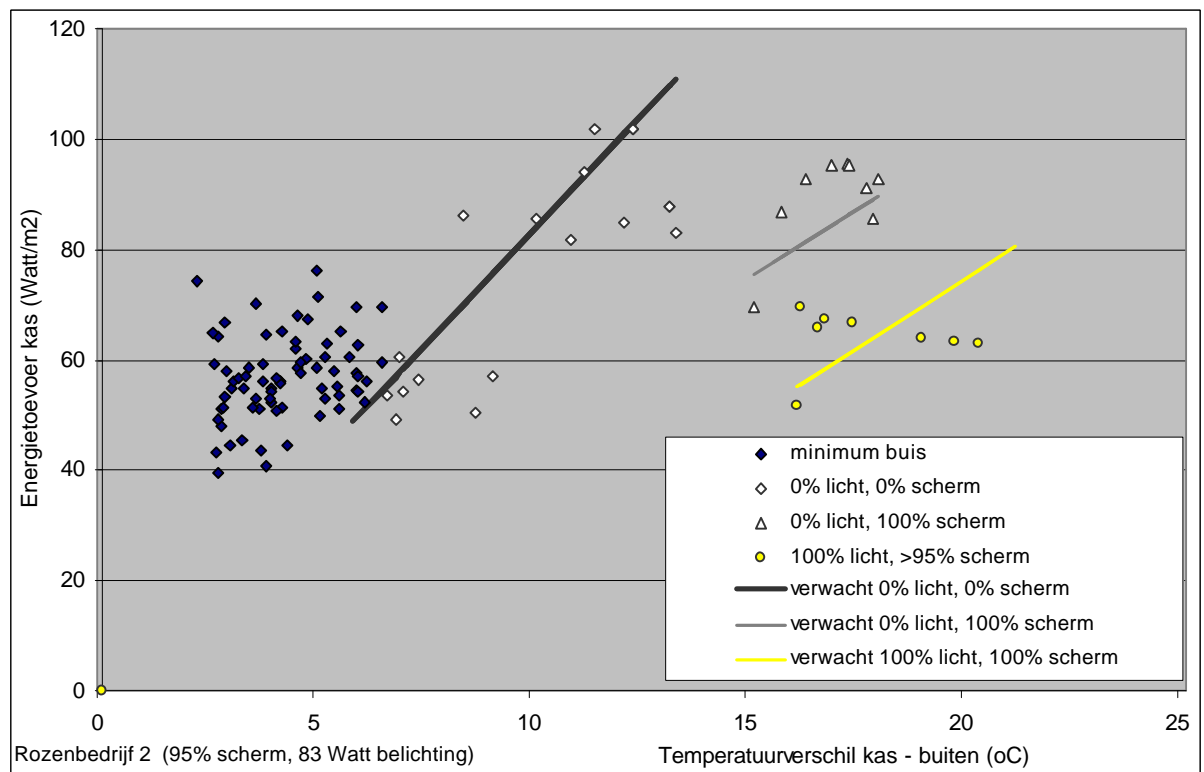
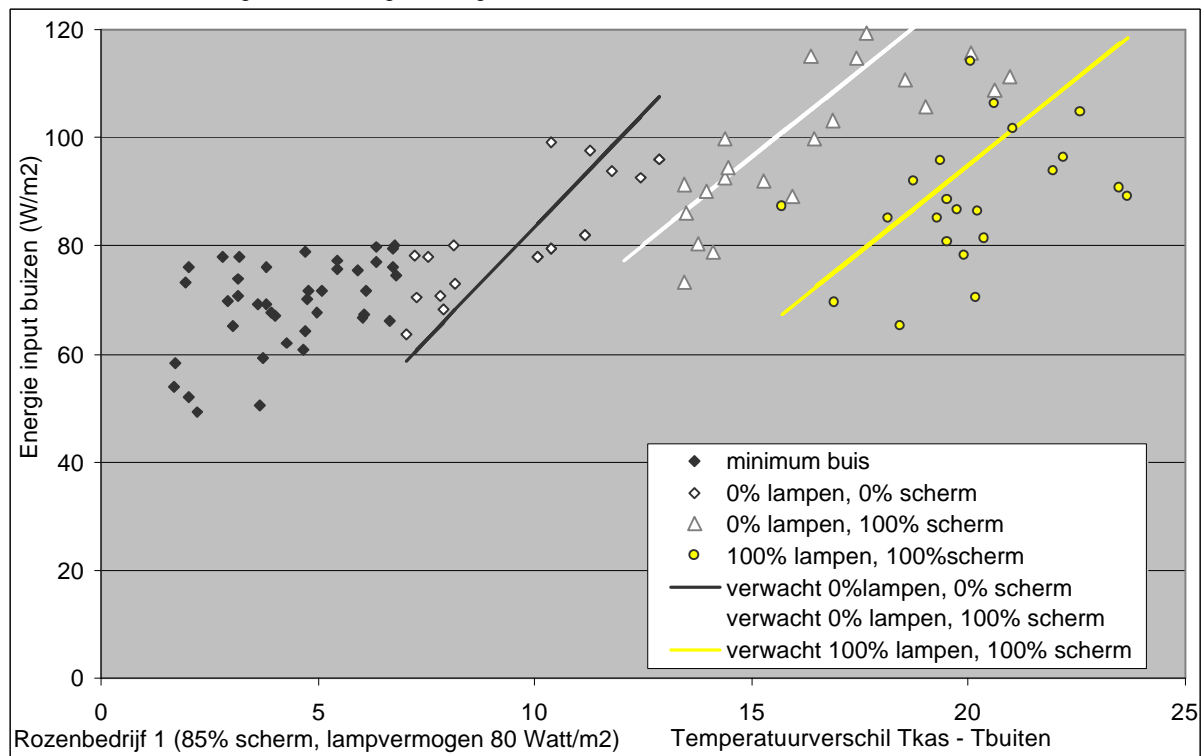
Uit de K-waarden van de kas en de K-waarde van het schermdoek kan de K-waarde voor de combinatie kas + scherm worden berekend. Hiervoor wordt de formule gehanteerd: $1/K_{kas+scherm} = 1/K_{kas} + 1/K_{scherm}$

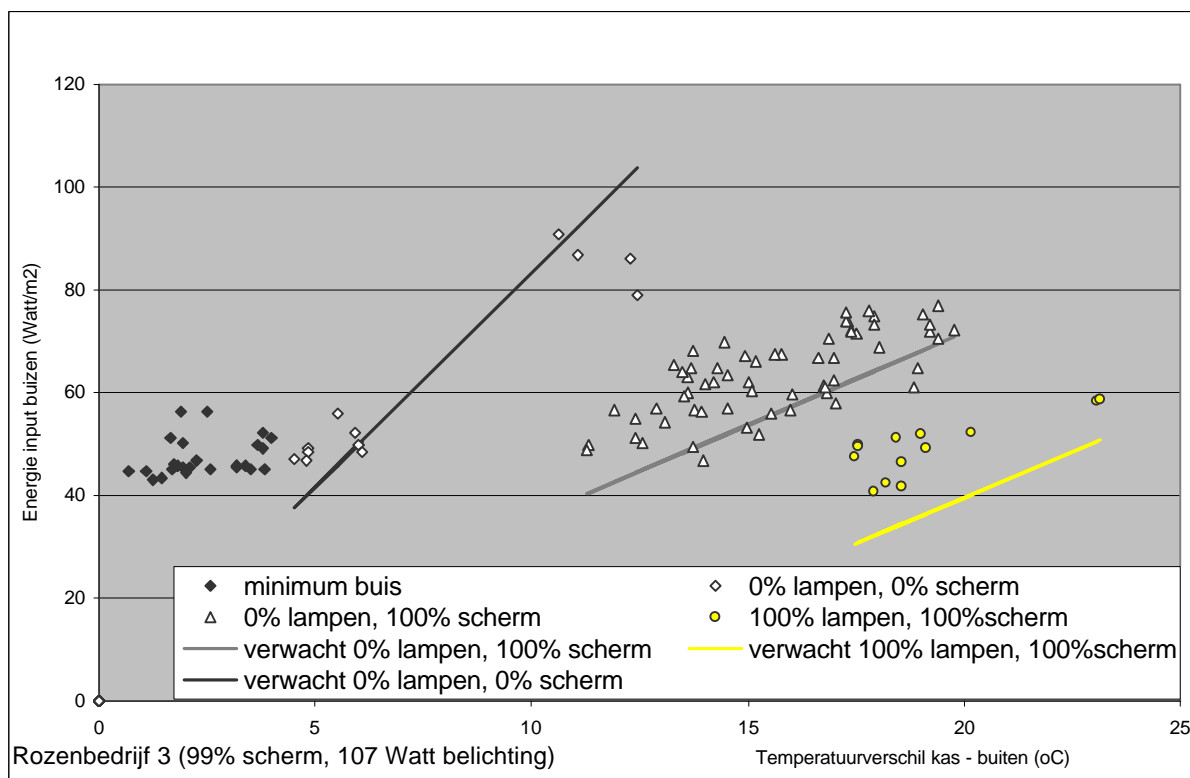
4.1.6 Verwachte en gerealiseerde warmte-input 2^e belichtingsseizoen

De ervaring opgedaan in het 1^e belichtingsseizoen samen met de hogere energieprijzen hebben ertoe geleid dat er in het 2^e belichtingsseizoen duidelijk meer gebruik is gemaakt van de scherminstallatie dan in het 1^e seizoen. Ook is in het 2^e seizoen voor de verzameling van extra gegevens voor het onderzoek gedurende korte perioden meer geschermd dan in feite zou kunnen. Een situatie met gesloten luchtramen boven een volledig gesloten schermdoek kwam echter niet vaak voor, zodat vooral gekeken kan worden in hoeverre er meer gestookt werd dan strikt noodzakelijk.

In figuur 4 abc is voor het 2^e belichtingsseizoen de energie input via het verwarmingssysteem uitgezet tegen het temperatuurverschil tussen de kas en buiten. Waarden die links op de horizontale as liggen zijn afkomstig van periodes dat de buitentemperatuur niet veel lager was dan de kastemperatuur (zwarte symbolen). De hoogte van de energie-input is bij bedrijf 1 ca 70 Watt/m², en bij bedrijf 3 ca 50 W/m². Dit is de energie die via de minimumbuis in de kas wordt gebracht. De witte symbolen geven de energie-input aan wanneer ook andere verwarmingssystemen worden gebruikt en de schermen toch nog open zijn (van bedrijf 3 zijn slechts enkele punten beschikbaar, omdat deze situatie daar niet vaak voorkwam). De witte driehoeken geven de energie input aan waarbij het scherm nagenoeg dicht ligt, maar de lampen niet branden. De gele punten geven aan hoeveel energie in de kas wordt gebracht wanneer het scherm dicht ligt, en de lampen aan zijn. De lijnen geven de verwachte energie-input aan, op basis van de vastgestelde K-waarden van de kas en de warmteproductie van de

lampen. Uit deze figuren kan worden geconcludeerd dat de energie input van de verwarming in de kas varieert rondom de verwachting en soms nog iets hoger is.

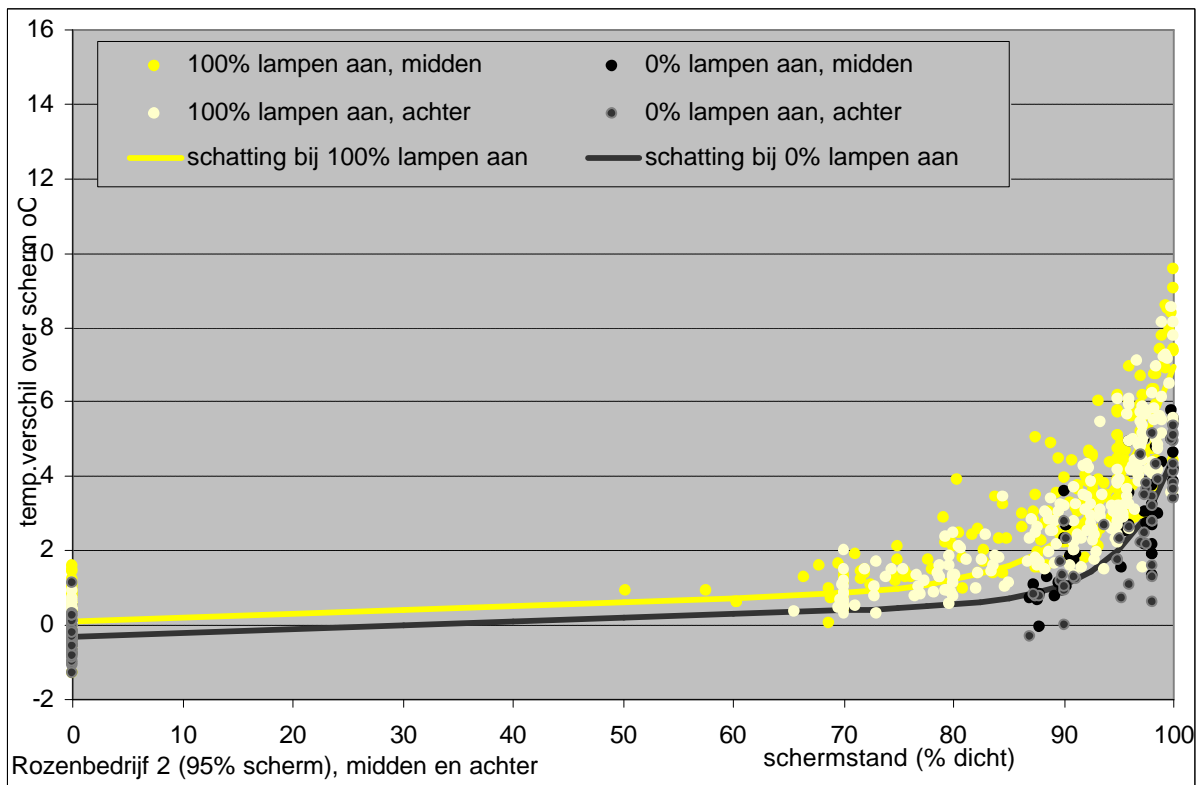
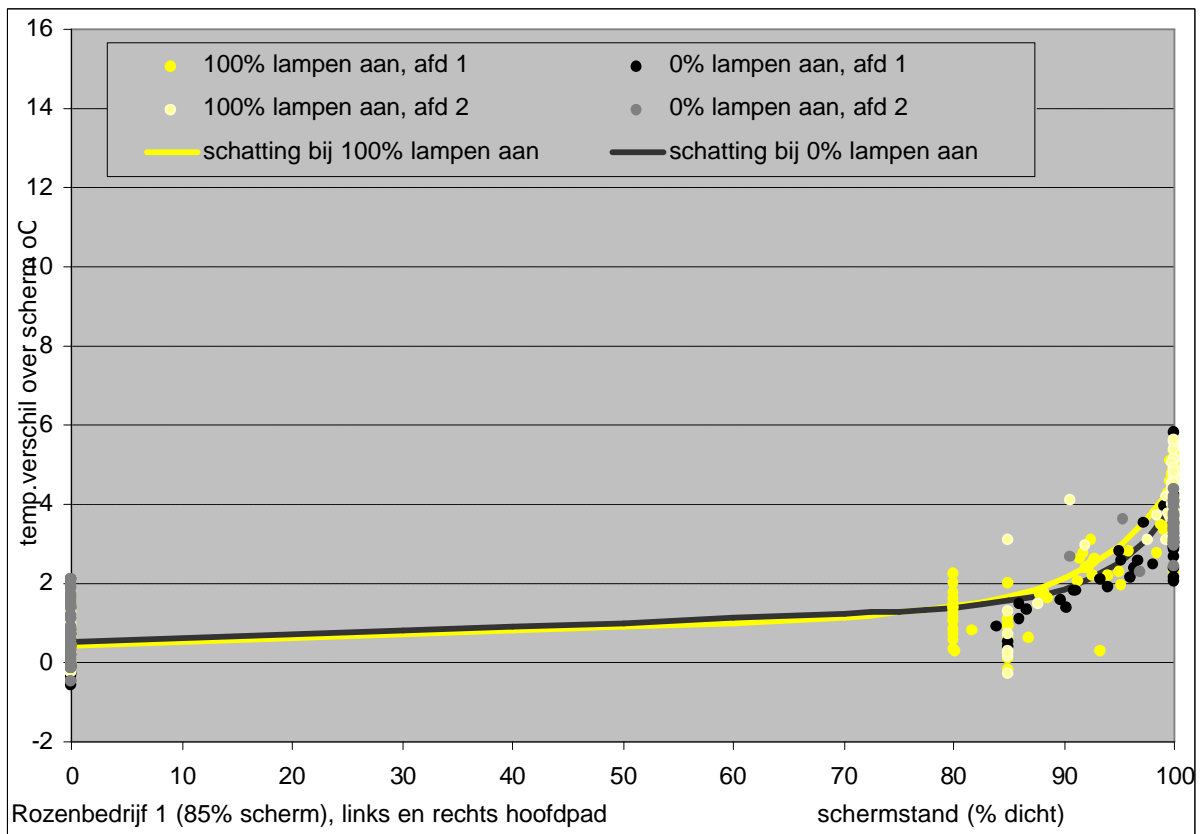


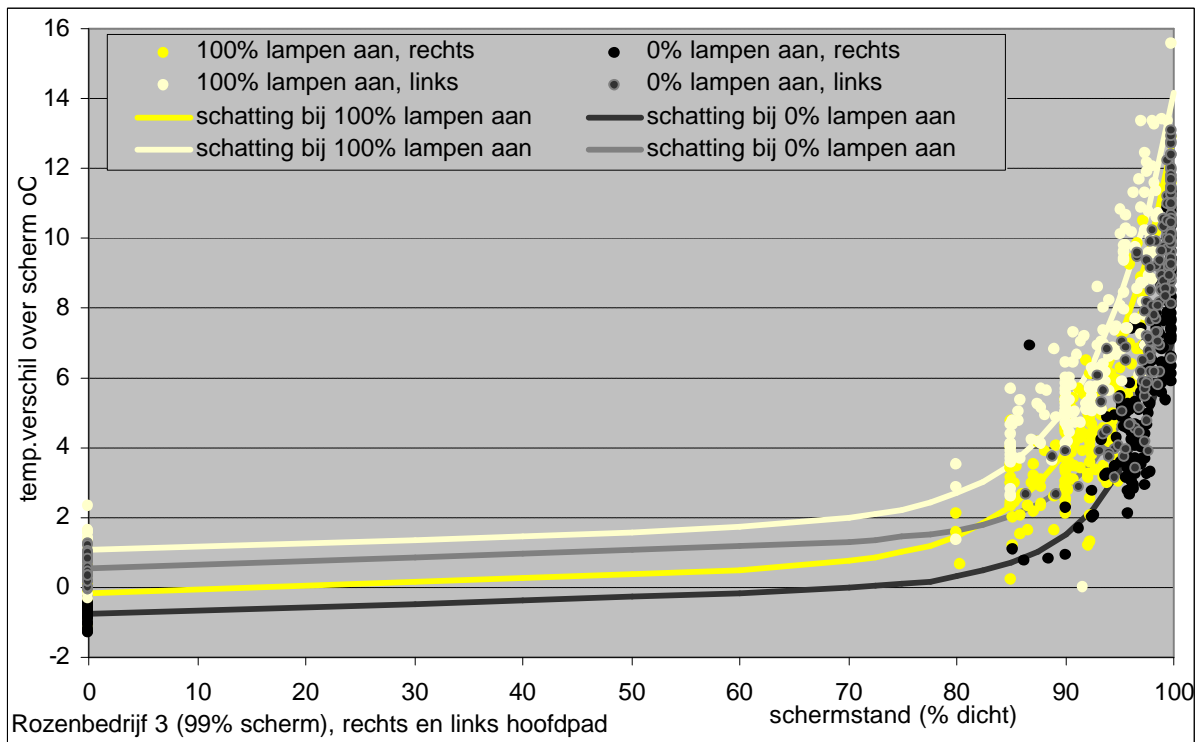


Figuur 4 abc: De verwachte en gerealiseerde energie-input, afhankelijk van het verschil tussen kas- en buitentemperatuur

4.1.7 Effect schermsluiting op het warmtetransport door de schermkier

In figuur 5 abc is het temperatuurverschil boven en onder het scherm uitgezet tegen de stand van het scherm, zowel met de lampen 100% aan als lampen uit. De lijn door de punten is een berekende schatting, volgens de formule: $\text{temperatuurverschil} = a + b \cdot X + c \cdot e^{d \cdot (X-f)}$, waarbij X de schermstand is. Opvallend is dat bij alle drie de bedrijven het temperatuurverschil boven en onder het scherm vrijwel verdwijnt als het scherm nog 75% gesloten is. Dat wil zeggen dat de isolerende waarde van het scherm vrijwel verdwijnt bij een kier van 20 à 25%. Dat wil dus ook zeggen dat de warmte uitwisseling tussen de kaslucht onder het scherm en de lucht erboven niet meer belemmerd wordt wanneer het scherm voor een kwart geopend is. Naarmate de kier kleiner wordt, loopt het verschil op. Bij bedrijf 1 is het verschil als volop belicht wordt maximaal 4.1 °C, bij bedrijf 2 maximaal 6.9 °C en bij bedrijf 3 maximaal 13.1 °C. Wanneer de lampen uit zijn, en dus de warmtetoevoer onder het doek kleiner, zijn de temperatuurverschillen over het scherm kleiner. Bij bedrijf 1 en 2 is er geen verschil tussen de beide afdelingen, bij bedrijf 3 wel. Aangezien de berekende lijnen bij dit bedrijf consequent (dus bij de verschillende kiergroottes, en ook bij lampen aan en lampen uit, van elkaar afwijken, moet dit komen door een afwijking in één van de meetboxen.





Figuur 5 abc: Effect schermstand (breedte schermkier) op de afkoeling boven het scherm

Uit de temperatuurverschillen die gemeten zijn boven en onder het scherm kon een gemiddelde worden berekend voor de situatie met geopend en volledig gesloten scherm. Voor de waarden tussen 0 en 100% schermsluiting kan op basis van de geschatte lijn het verwachte temperatuurverschil worden berekend. Een schatting van het temperatuurverschil, en daarmee van het warmtetransport door de schermkier, is van belang bij de economische analyse. De rekenformule en de daaruit berekende waarden zijn opgenomen in bijlage 2, tabel 2.

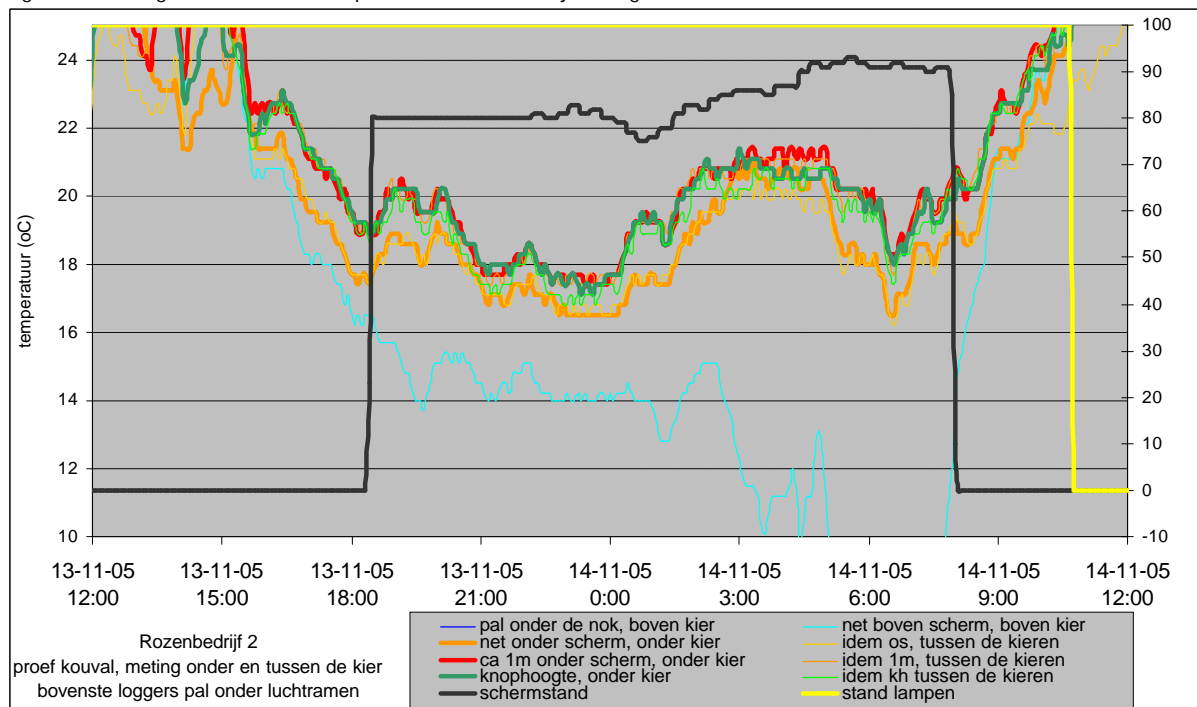
4.1.8 Kouval door de schermkier

Op de vier bedrijven uit het onderzoek wordt het trekken van een kier in het scherm verschillend benaderd. In de rozenbedrijven wordt vrijwel altijd met een kier gewerkt. Bij het tomatenbedrijf is het trekken van een kier een uitzondering. Enerzijds omdat men verwacht dat er schade kan ontstaan door de stroom koude lucht die door de kier naar beneden valt, anderzijds omdat de afgegeven milieuvergunning dit niet toestaat.

Om kwantitatief onderbouwing aan te geven aan de door de telers waargenomen kouval zijn op alle drie de rozenbedrijven temperatuursensoren geplaatst vlak boven en onder de schermkier en op enkele plaatsen in de buurt van de kier. In figuur 6 is van Rozenbedrijf 2 de temperatuur gedurende een aantal etmalen weergegeven. De hoog oplopende temperaturen overdag moeten worden genegeerd, omdat deze gemeten zijn met niet-geventileerde sensoren, die bij hoge instraling warm worden en dan een temperatuur aangeven beduidend boven de luchttemperatuur. In de koude nachten van 10 en 14 november is de temperatuur boven het scherm laag (ca 10 °C) bij een buitentemperatuur die terugliep van 8.5 naar 4-5 °C. Wanneer er koude lucht door de kier naar beneden valt moet dat te zien zijn bij de sensoren die net onder het scherm en ca 1 meter onder het scherm zijn geplaatst.

De sensor die onder het scherm, net onder de kier hangt geeft op de gevolgde data tot ca 2 graden lagere temperatuur aan dan die op knophoogte. De sensor die net onder het scherm, tussen de kieren hangt geeft dit echter ook aan zodat de lagere temperatuur direct onder het scherm eerder aan het koude schermdoek dan aan kouval door de schermkier moet worden toegeschreven. De sensoren die een meter onder het scherm hangen geven dezelfde temperaturen als die bij de knoppen. De nacht van 14 november is de koudste van de meetperiode met de kleinste schermkier en toch is daar met een kier van nog geen 10% geen sprake van een lagere temperatuur direct onder de kier; de temperatuurlijnen liggen allen zeer dicht bij elkaar.

Figuur 6: Geen grotere verticale temperatuurverschillen bij sluiting van het scherm



Uit deze metingen kan geconcludeerd worden dat een schermkier niet automatisch leidt tot een stroom van koude lucht door elke kier. Als de kou niet direct door elke schermkier naar beneden komt is het waarschijnlijk dat de kou zich horizontaal boven het scherm verplaatst en slechts plaatselijk naar beneden komt, wat daar koude plekken veroorzaakt.

4.1.9 Horizontale temperatuurverschillen (koude en warme plekken in de kas)

De door de telers waargenomen koude en warme plekken kunnen plaatselijk optreden. Gebruik van een scherm zou daarmee horizontale temperatuurverschillen kunnen veroorzaken of versterken. Om dit vermoeden te bevestigen zijn op twee bedrijven gedurende een aantal weken verspreid over de kashelften temperatuursensoren geplaatst.

Uit de analyse van de gegevens blijkt dat er inderdaad grotere verschillen optreden wanneer de schermen gesloten worden. Wanneer de lampen aan gaan worden de verschillen nog groter. De temperatuurverschillen zijn vooral toe te schrijven aan koude plekken, vooral bij de gevels. Bij bedrijf 2 zijn de verschillen tussen de koudste en de warmste plek in de kas soms erg groot. Bij bedrijf 3 zijn ze iets minder groot. Bij bedrijf 2 zijn geen ventilatoren gebruikt, bij bedrijf 3 wel. Om na te gaan of ventilatoren in staat zijn om horizontale verschillen in temperatuur te verkleinen of zelfs weg te werken zijn in de meetperiode op bedrijf 3 de ventilatoren af en toe uit gezet. Vergelijking van de verschillen laat zien dat ventilatoren de verschillen niet kunnen wegwerken, maar wel kunnen halveren.

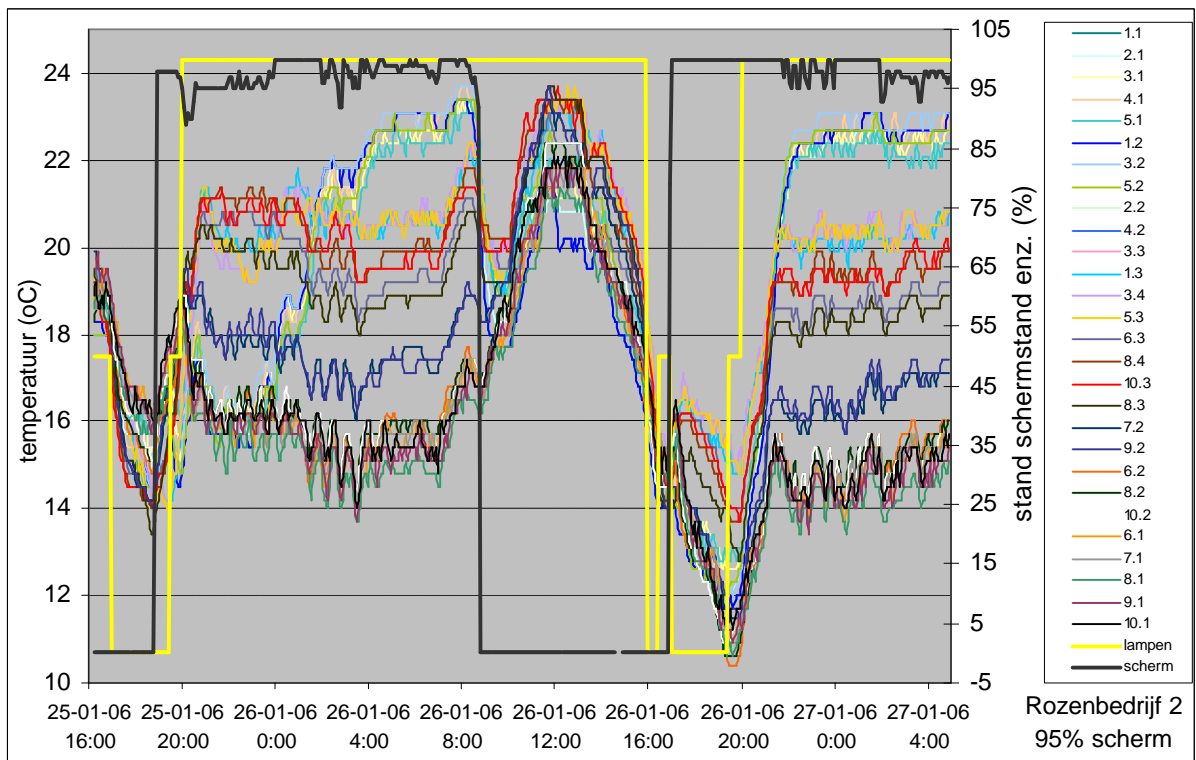
In tabel 4 ab zijn voor een aantal verschillende combinaties van schermstand en lampstand de gemiddelde temperatuur en de grootte van de verschillen aangegeven. In figuur 7 ab is het temperatuurverloop gedurende een aantal nachten weergegeven. Duidelijk is te zien dat de lijnen clusteren op verschillende niveaus.

Tabel 4a: Effect schermsluiting op de horizontale temperatuurverschillen op Rozenbedrijf 2

| aantal periodes | scherm % dicht | lampen % aan | gem. max T-verschil | gevel links | | aantal periodes gevel rechts | | beide | |
|-----------------|----------------|--------------|---------------------|-------------|------|---------------------------------|------|-------|------|
| | | | | koud | warm | koud | warm | koud | warm |
| 20 | 100 | 100 | 5.8 | 10% | 5% | 40% | 10% | 35% | |
| 6 | 97 | 100 | 6.7 | | | 67% | | 33% | |
| 16 | 95 | 100 | 4.7 | 25% | | | 13% | 44% | 19% |
| 10 | 90 | 100 | 4.8 | 10% | | 30% | | 50% | 10% |
| 5 | 97 | 50 | 4.2 | | | | | 80% | 20% |
| 7 | 98 | 0 | 4.4 | 29% | | | 29% | 43% | |
| 6 | 0 | 100 | 2.5 | | | | | | |
| 2 | 0 | 50 | 1.6 | | | | | | |
| 5 | 0 | 0 | 2.7 | | | | | | |

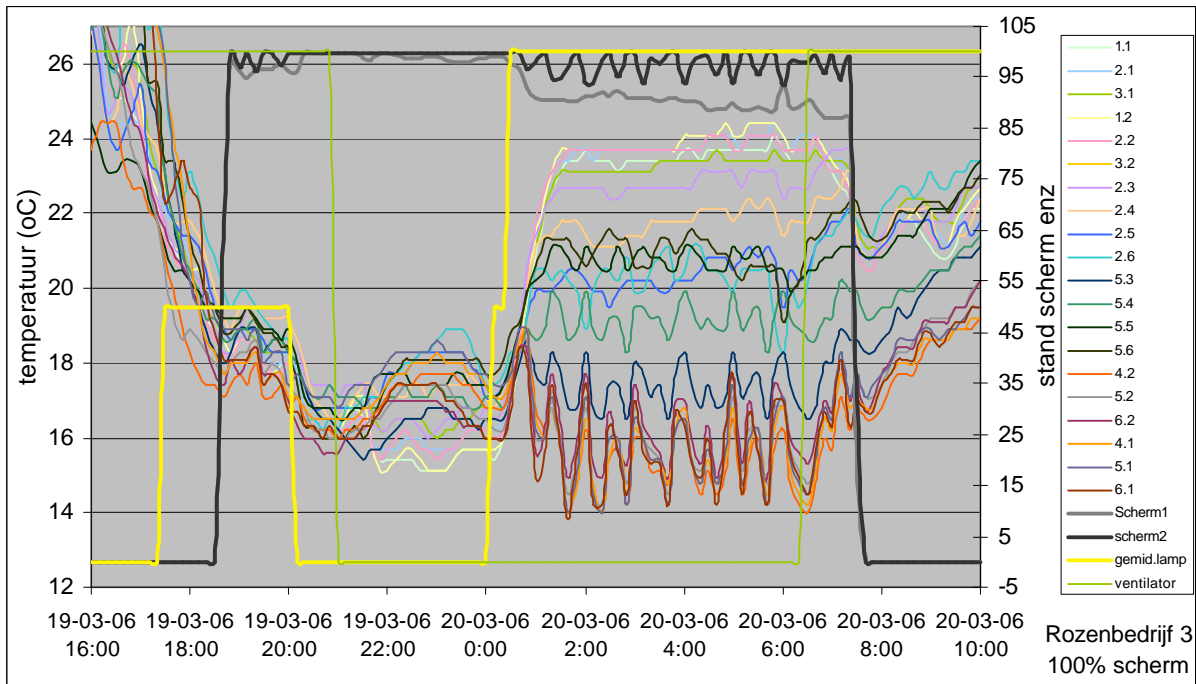
Tabel 4b: Effect schermsluiting op de horizontale temperatuurverschillen op Rozenbedrijf 3

| aantal periodes | scherm | | lampen % aan | ventilator % aan | gem. max T-verschil | gevel links | | aantal periodes gevel rechts | | beide | |
|-----------------|--------|--------|--------------|------------------|---------------------|-------------|------|---------------------------------|------|-------|------|
| | links | rechts | | | | koud | warm | koud | warm | koud | warm |
| 1 | 97% | 98% | 100% | 0% | 7.1 | | | | | | 100% |
| 3 | 91% | 98% | 100% | 0% | 7.9 | | 67% | 100% | | | |
| 1 | 97% | 100% | 50% | 0% | 5.7 | | 100% | 100% | | | |
| 7 | 95% | 95% | 100% | 100% | 4.4 | 43% | | 14% | 29% | 29% | |
| 15 | 92% | 93% | 100% | 100% | 3.6 | 13% | | 27% | 27% | | |
| 1 | 0% | 0% | 100% | 100% | 2.8 | | | | | | |
| 7 | 96% | 99% | 50% | 100% | 2.7 | | | 43% | | | |
| 1 | 94% | 99% | 50% | 100% | 3.2 | | | 100% | | | |
| 4 | 100% | 100% | 0% | 100% | 1.4 | | | | | | |
| 7 | 98% | 100% | 0% | 100% | 3.0 | | | 14% | 29% | 14% | |
| 10 | 97% | 97% | 0% | 100% | 1.7 | | | | | | |
| 5 | 0% | 0% | 0% | 100% | 1.7 | | | | | | |



Positie van de geplaatste dataloggers op rozenbedrijf 2. Plaatsing over de gehele kasbreedte over 5 kappen van elk 8 m

| | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|---|------|-----|-----|------|-----|
| 1.1 | 1.2 | | | 1.3 | | 6.3 | | | 6.2 | 6.1 |
| 2.1 | | 2.2 | | | p | | 7.2 | | | 7.1 |
| 3.1 | 3.2 | box | 3.3 | 3.4 | a | 8.4 | 8.3 | box | 8.2 | 8.1 |
| 4.1 | | 4.2 | | | d | | | | 9.2 | 9.1 |
| 5.1 | 5.2 | | | 5.3 | | 10.3 | | | 10.2 | 10 |



Positie van de geplaatste dataloggers op rozenbedrijf 3.

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1.1 | 1.2 | | | | | | p | | | | | 4.2 | 4.1 |
| 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 2.5 | 2.6 | | a | 5.6 | 5.5 | 5.4 | 5.3 | 5.2 | 5.1 |
| 3.1 | 3.2 | | | | | | d | | | | | 6.2 | 6.1 |

Figuur 7ab: Voorbeeld effect schermsluiting op ontstaan horizontale temperatuursverschillen

4.1.10 Effect schermen op de verdamping van het gewas en de RV

Verwacht werd dat er bij het sluiten van het scherm, vooral met de lampen aan, een ophoping van vocht onder de schermen zou optreden. Dit zou leiden tot een hogere relatieve vochtigheid (RV) (wat gelijk is aan een lager dampdruk deficit), en dat zou de verdamping van het gewas remmen en het optreden van (schimmel)ziekten bevorderen. Om na te gaan of gebruik van het scherm invloed heeft op de verdamping van het gewas zijn een aantal sapstroommeters geïnstalleerd. Om na te gaan of de RV oploopt bij schermsluiting is ook dieper tussen het gewas een meetbox geplaatst.

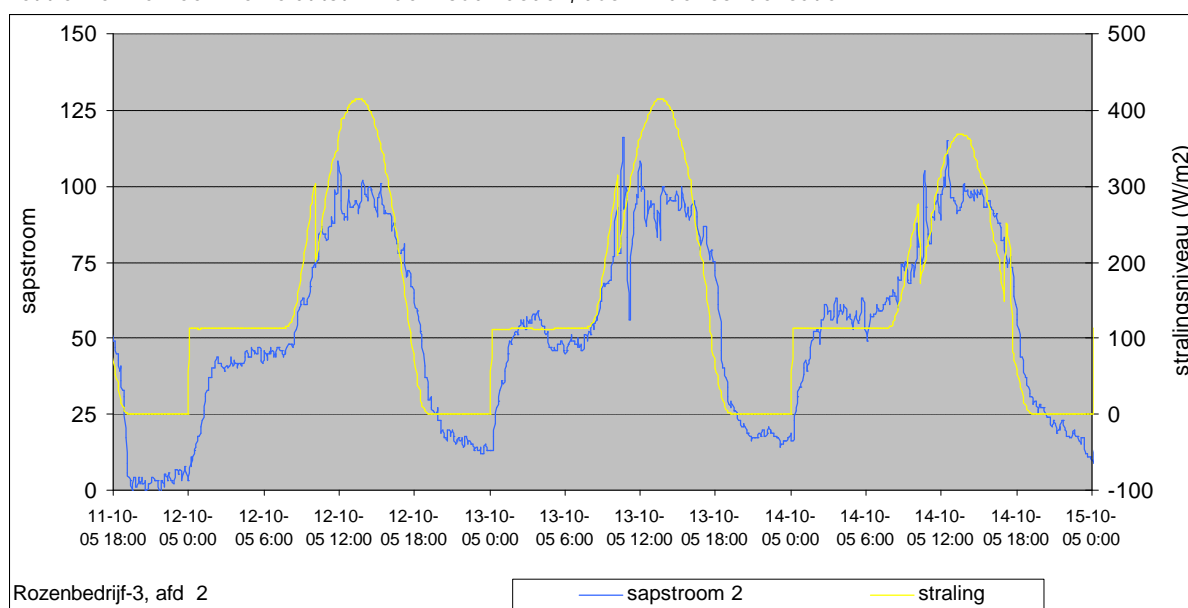
Meting van de verdamping via sapstroommeters is mogelijk, hoewel de hoogte van het signaal van tak tot tak blijkt te verschillen. Vergelijkingen voor verschillen in verdamping kunnen daarom alleen worden gemaakt binnen de periode dat de sapstroommeter aan dezelfde tak zat. Vergelijken tussen kashelften is niet mogelijk (de sapstroom meters zitten aan verschillende takken).

In figuur 8 a en b is de sapstroom van één van de meters bij bedrijf 3 weergegeven, gelijk met de instraling (a) of met het dampdruk deficit (b). In figuur 8 a is te zien dat de sapstroom sterk correleert met de instraling (heldere dag met hoge lichtintensiteit), en dat de sapstroom nauwelijks najilt met de instraling. In figuur 8 b is te zien dat de sapstroom 'voorloopt' op het vochtdeficit. Het verschil tussen de twee figuren wil zeggen dat de drijvende kracht achter de sapstroom (= verdamping) niet het vochtdeficit is, maar de instraling.

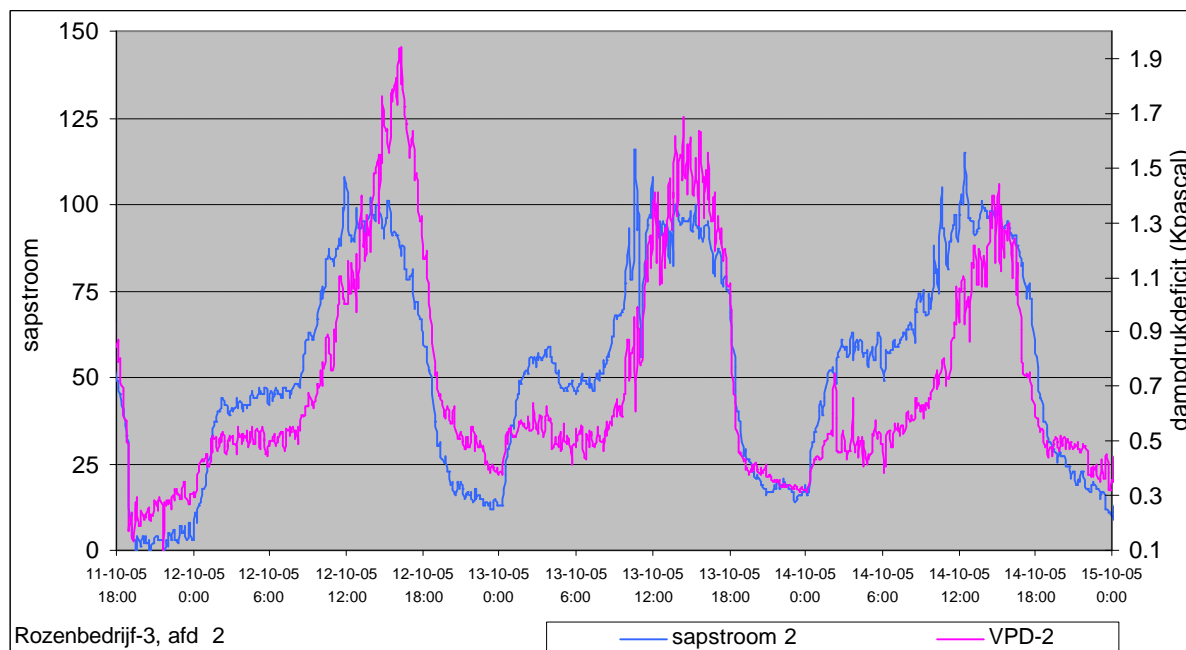
Tussen de stralingsintensiteit en het vochtdeficit blijken wel sterke samenhang te bestaan. In figuur 2 van bijlage 2 is het verloop van instraling en vochtdeficit voor deze periode in één figuur bij elkaar gezet.

De vrees dat het gebruik van schermen tijdens belichting zal leiden tot een daling van de verdamping en daarmee tot een ophoping van vocht is dus waarschijnlijk niet terecht: het dampdeficit is niet de sturende factor voor verdamping. Deze wordt meer bepaald door de aan het blad toegevoerde energie in de vorm van straling en minimumbuis.

De luchtvochtigheid van de kaslucht bleek bij de deelnemende bedrijven bij gesloten scherm eerder te dalen dan te stijgen. Dit kan komen doordat het kasdek en de lucht boven het scherm sterk kunnen afkoelen (bij lage buitentemperatuur) en zo zorgen voor een condensatievlak en de afvoer van vocht via het kasdek en de ramen. Het trekken van een kier leidt tot minder koud kasdek, dus minder condensatie.



Figuur 8 a: Samenhang tussen verloop straling met de sapstroom



Figuur 8 b: Samenhang tussen verloop vochtdeficit met de sapstroom

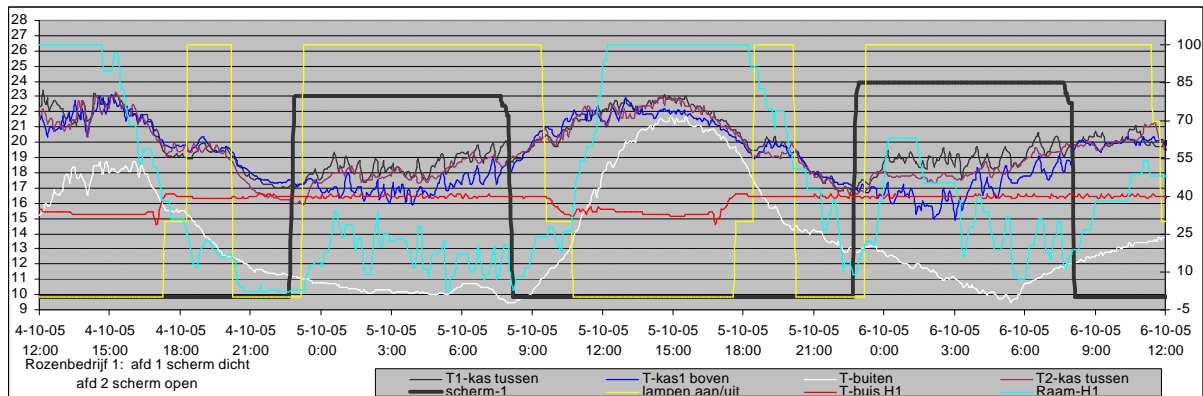
4.1.11 Kortdurende experimenten met schermsluiting

Bij aanvang van het belichtingsseizoen 2005/06 waren de deelnemende telers nog erg voorzichtig met het schermgebruik. Om de effecten van schermsluiting te onderzoeken is er op de rozenbedrijven 1 en 2 geëxperimenteerd met schermsluiting, soms gedurende enkele uren per nacht.

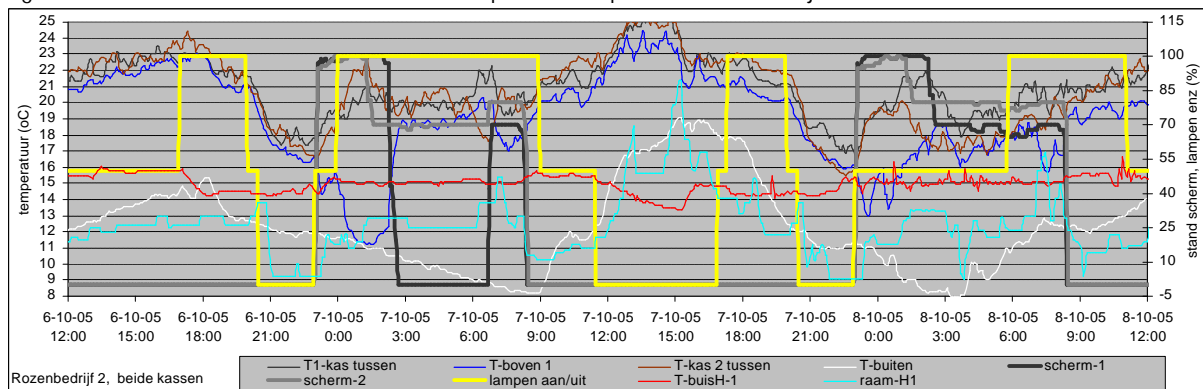
Effecten schermsluiting op de kasttemperatuur

Op Rozenbedrijf 1 is in de controle afdeling niet geschermd en liep de kasttemperatuur na inschakelen van de belichtingsinstallatie op tot 18°C. In de behandelingsafdeling is het 85% scherm voor 85% gesloten en kwam de kasttemperatuur uit op 18.5 à 19°C na inschakelen van de belichtingsinstallatie, waarbij wel ruimer is geventileerd. De temperatuur boven het scherm daalde tot enkele graden onder de kasttemperatuur, vooral als de ramen verder open gingen, zie figuur 9. Wat ook opviel was dat als het scherm gesloten of geopend werd er nauwelijks een directe reactie van de kasttemperatuur op volgde. De teler concludeerde dat schermsluiting geen ingrijpende gevolgen had voor de kasttemperatuur en verder sluiten van het scherm mogelijk leek, maar tegelijk dat het kasklimaat minder goed aanvoelde, koude tocht.

Op Rozenbedrijf 2 werd het 95% doek bij inschakelen van de belichtingsinstallatie gedurende 3 uur geheel gesloten en daarna weer geheel of voor 20-30% geopend. Geheel sluiten van het schermdoek zorgde direct voor een sterke daling van de temperatuur boven het scherm. Omdat het scherm sloot tegelijk met het aanschakelen van de belichtingsinstallatie kon het effect van het scherm pas bij openen van het scherm worden bekeken (figuur 9b). Direct na het openen van het geheel gesloten schermdoek of het trekken van een kier daalde de kasttemperatuur. Dit gebeurde niet als het schermdoek eerst met kier en pas daarna geheel werd geopend. Verder viel op dat er soms temperatuurverschillen optreden tussen de kashelften rechts en links van het pad, vooral wanneer het scherm 100% dicht lag. Uit de analyse is geconcludeerd dat 100% schermsluiting leidt tot erg grote temperatuurverschillen over het scherm en kasttemperaturen van ca. 10°C boven de buitentemperatuur. Wellicht leiden de grote temperatuurverschillen over het scherm tot grotere temperatuurverschillen in de kas. Met een schermkier wordt het temperatuurverschil over het scherm snel kleiner. Sluiting van meer dan 80% lijkt wel mogelijk maar 100% sluiting alleen bij lagere buitentemperaturen dan de ca. 10°C tijdens deze experimenten (bij een gewenste kasttemperatuur van 18 °C).



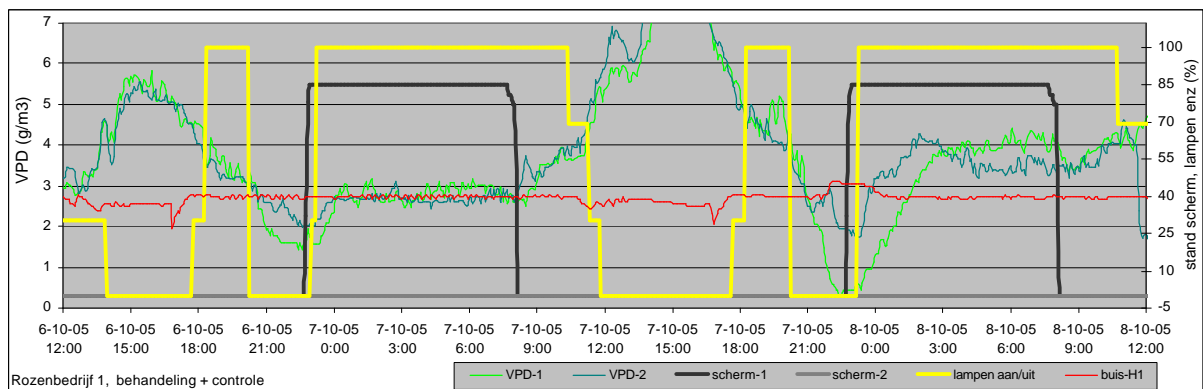
Figuur 9 a Effect van het sluiten van het scherm op de kasttemperatuur Rozenbedrijf 1.

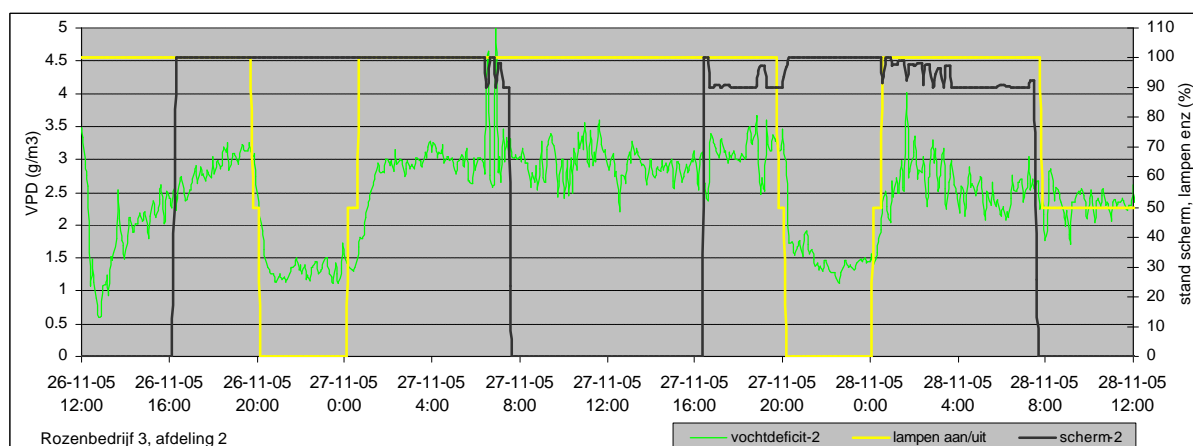


Figuur 9 b Effect van het sluiten van het scherm op de kasttemperatuur Rozenbedrijf 2.

Effecten schermsluiting op het vochtdeficit in de kas

De luchtvochtigheid is in overleg met de bedrijfsadviseurs omgerekend van RV naar vochtdeficit in g/m^3 kaslucht. (Een laag vochtdeficit correspondeert met een hoge RV, en omgekeerd) Op beide bedrijven werd het laagste vochtdeficit aangetroffen in de nachturen dat de belichting uit was, bij lage kasttemperaturen op bedrijf 1 tot onder de gevarengrens van 1.5 g/m^3 . Zodra de belichting aan ging liep het vochtdeficit op. Op bedrijf 1 was het vochtdeficit bij een schermsluiting van 85% dicht niet lager maar eerder wat hoger dan in de controle afdeling waar het scherm open bleef. Op bedrijf 2 werd geen verhoging van het vochtdeficit gezien als het scherm na 100% sluiting geheel of op een kier werd geopend. Het vochtdeficit bleef tijdens de belichte uren ook ver boven de gevarengrens van 1.5 g/m^3 , zie figuur 10. Er is geconcludeerd dat sluiting van deze, vochtdoorlatende doeken geen belemmering vormen voor de vochtafvoer naar het kasdek.





Figuur 10a,b Geen negatief effect van schermsluiting op het vochtdeficit

4.1.12 Praktijkvoorbeelden van effecten van schermen op het kasklimaat.

In voorgaande paragraaf is geëxperimenteerd met scherminstellingen. In deze paragraaf worden situaties geïllustreerd hoe er na verloop van tijd door de telers mee werd omgegaan.

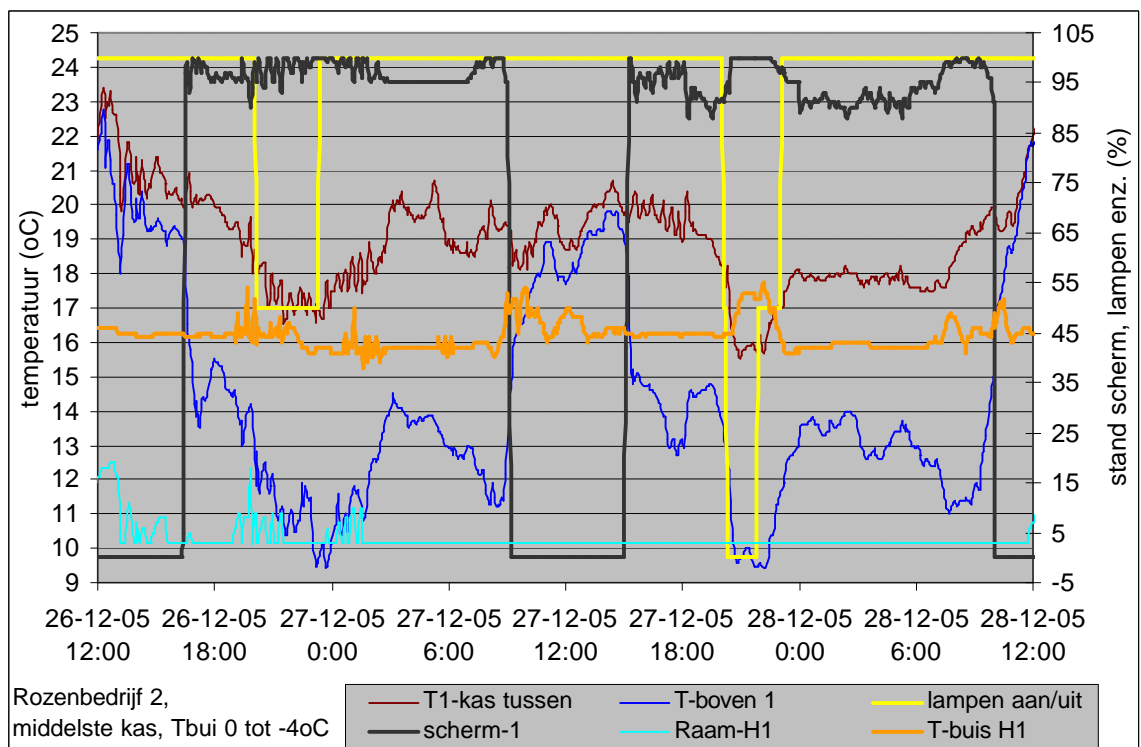
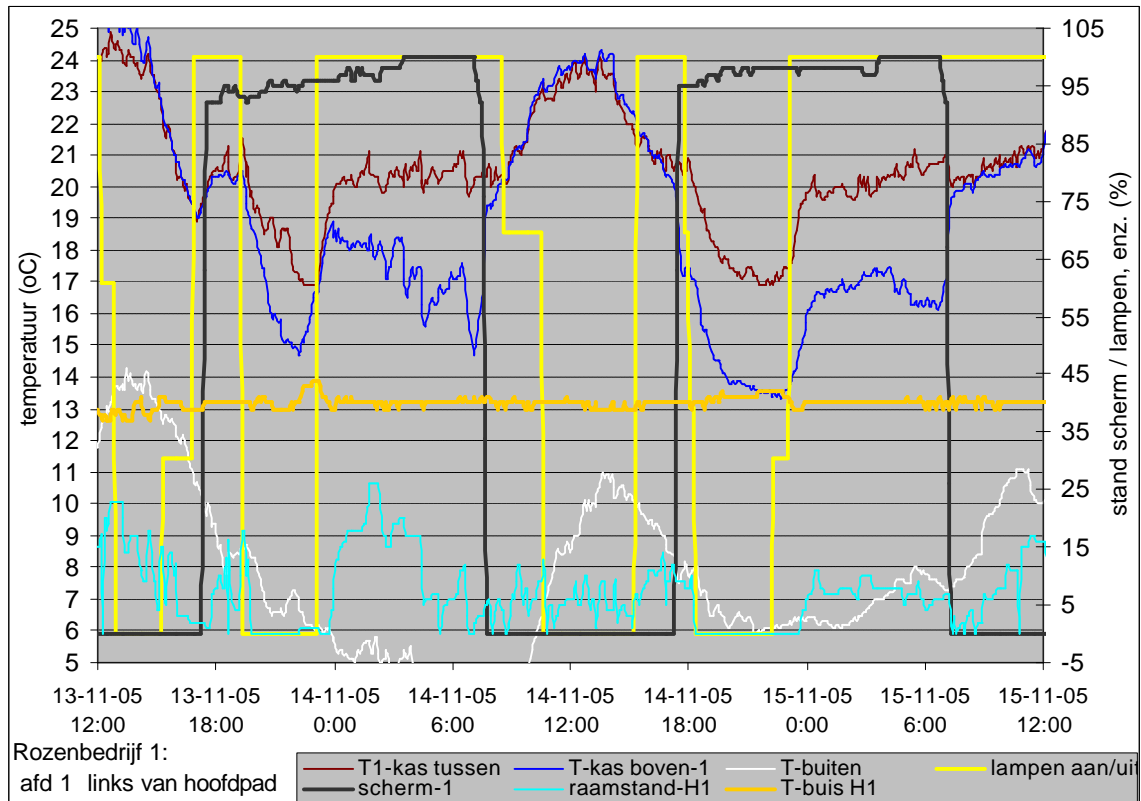
In figuur 11a is een illustratie gegeven van het verloop van een aantal parameters gedurende twee etmalen in november 2005 bij Bedrijf 1. Dit bedrijf heeft een 85% lichtdicht scherm met een niet zo hoge isolerende waarde. Omdat het gewas na de winter van 2005 / 2006 gerooid zou worden is een ca. 2°C hogere teelttemperatuur getolereerd dan in het voorgaande teeltjaar. De kastemperatuur loopt gedurende de dag hoog op en mag 's nachts zakken tot 17 °C. Wanneer het scherm geheel gesloten wordt is het temperatuurverschil over het scherm heen ca 3 °C. Wanneer de lampen aan gaan bij 95% gesloten scherm stijgt de kastemperatuur 3 °C, en de temperatuur boven het schermdoek ook.

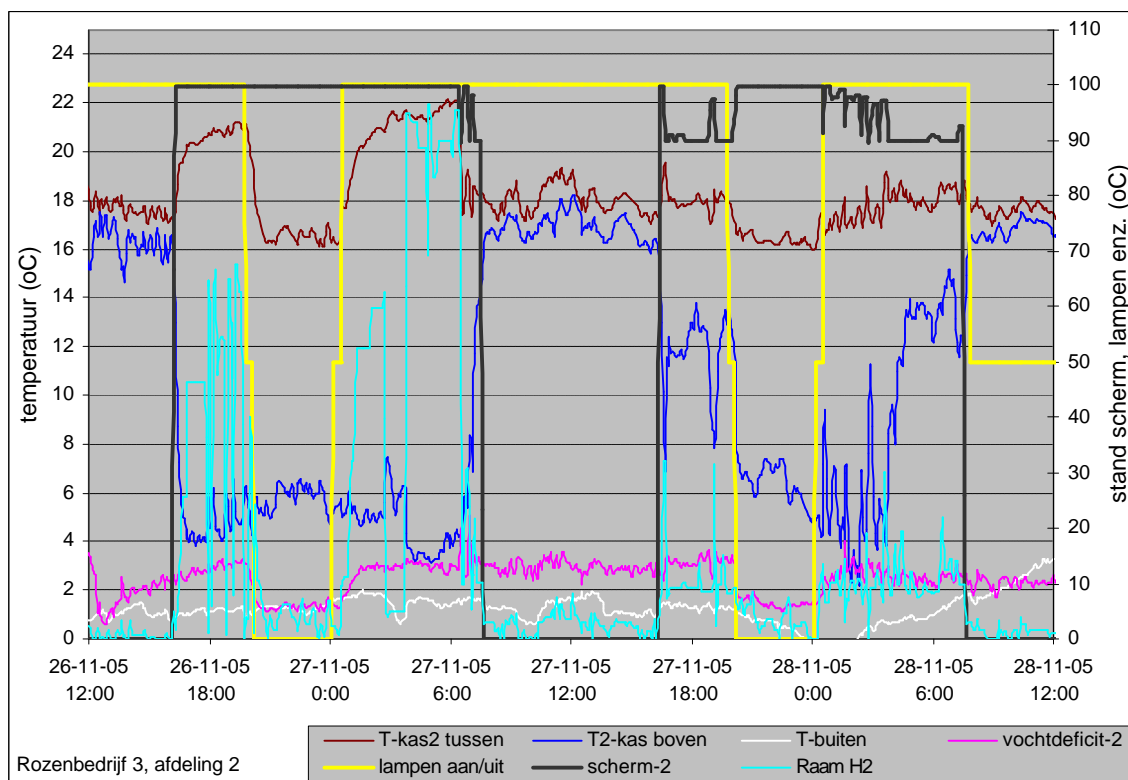
In figuur 11b is voor bedrijf 2 een voorbeeld gegeven van het verloop van een aantal parameters gedurende twee etmalen in december 2005. In deze periode lag de buitentemperaturen 's nachts tussen 0 en -5°C, en werd er om energie te besparen veel geschermd. Dit bedrijf heeft een 95% lichtdicht doek geïnstalleerd. De lampen zijn alleen 's avonds een paar uren uit geweest. Het scherm is tussen 9 en 15 uur overdag open geweest. De temperatuur boven het gesloten doek is in beide nachten 5 tot 7 graden lager dan de kastemperatuur. Wanneer de lampen uit gaan zakt de temperatuur boven het scherm en in de kas met 2 graden (2^e nacht), maar niet wanneer de lampen nog op half vermogen blijven branden (1^e nacht). Blijkbaar is de energie die de kas in wordt gebracht bij 50% vermogen van de belichting nog voldoende om de temperatuur te handhaven.

In figuur 11c is voor bedrijf 3 het verloop van een aantal parameters gedurende twee nachten in november weergegeven. De gele lijn geeft de belichting aan: de lampen zijn lang aan geweest, op maximaal vermogen. Alleen in de uren tussen 20 en 24 uur zijn ze uit geweest. Het scherm is in de eerste nacht geheel gesloten, de buitentemperatuur was dan ook laag: ca 1 °C. Duidelijk is, dat de temperatuur boven het scherm zeer veel lager is dan er onder. Dit komt doordat het kasdek koud is, en doordat de ramen open staan. De kastemperatuur (onder het scherm) wordt duidelijk ook beïnvloed door schermsluiting: wanneer op 26 november om ca 16 uur de schermen geheel dicht gaan loopt de temperatuur ca 2 graden op. Wanneer de lampen uit gaan daalt de temperatuur, en gaan de ramen bijna geheel dicht. Wanneer de lampen om middernacht weer aan gaan gebeurt het omgekeerde. De stijging van de kastemperatuur onder geheel gesloten scherm kon niet worden voorkomen door het openen van de luchtramen.

In de tweede nacht is het scherm regelmatig voor 90% gesloten, dus met 10% kier. De temperatuur boven het scherm is dan ook minder laag dan in de nacht ervoor, terwijl de buitentemperatuur even laag is. De kastemperatuur loopt bij het dichttrekken van het scherm (zeer kort 100%, daarna direct 90%) niet op, dit in tegenstelling op de dag ervoor onder 100% gesloten scherm. Een opvallend verschijnsel dat optreedt in de nacht van 27 op 28 november is de onrustige raam- en schermbewegingen. Deze worden veroorzaakt doordat de temperatuurregeling gedaan wordt via de meetbox onder het scherm. Aangezien de ramen boven het scherm zitten reageert de meetbox te traag op deze veranderingen in temperatuur. Dit leidt er toe dat ook het scherm gaat 'pendelen'. Dit is een knelpunt dat voor een deel opgelost kan worden door de tijd tot verstellen van de

raamstand te vergroten en de zg P-band te verbreden, d.w.z. de timing en de mate van de reactie van de ramen op een verandering te vertragen. Dit blijkt echter nog niet voldoende te zijn. Een volledige oplossing zal moeten komen van leveranciers van klimaatregelprogramma's.



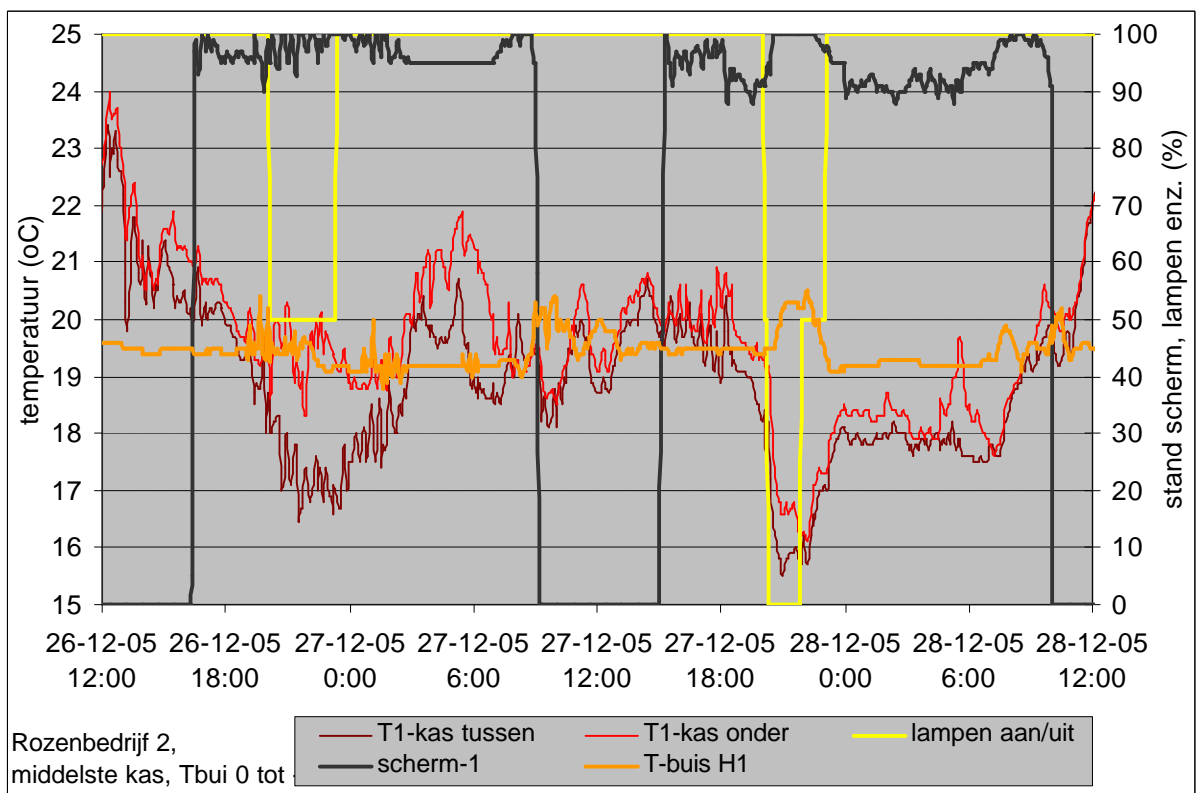
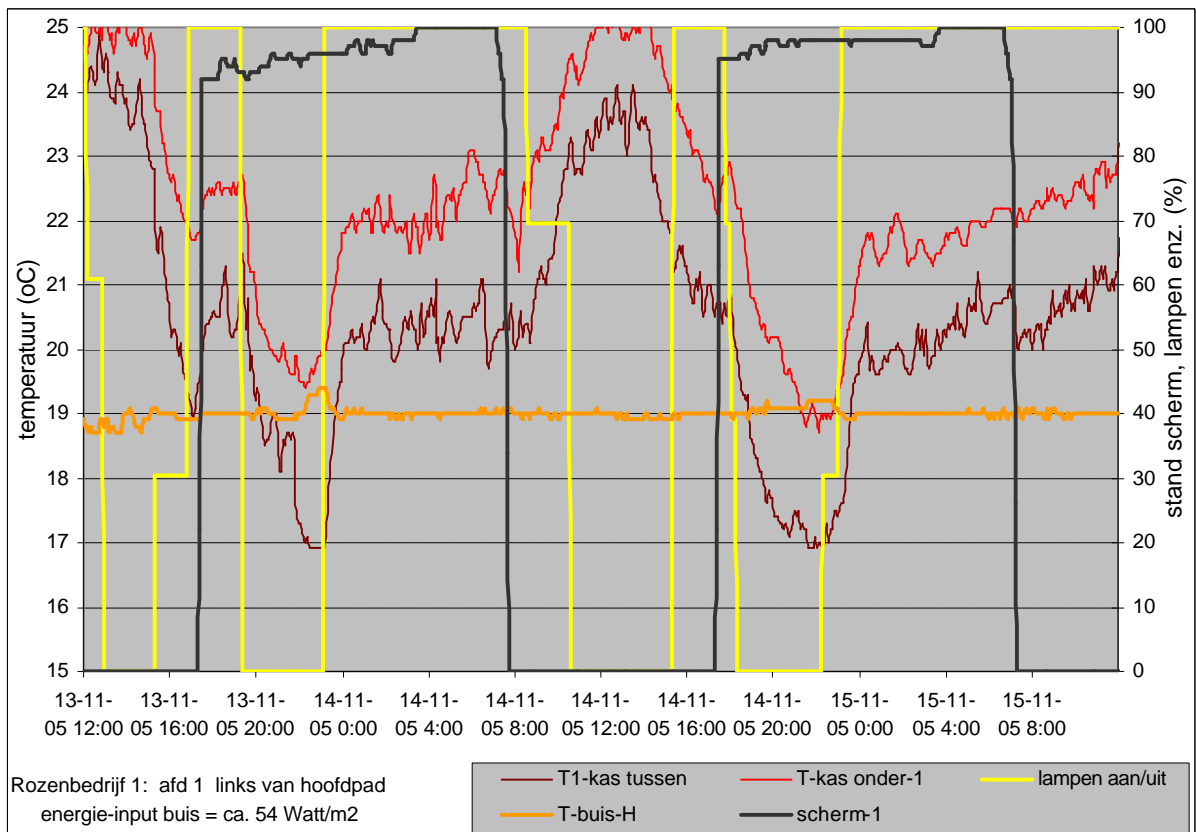


Figuur 11 abc Voorbeelden van effecten schermsluiting op de kastemperatuur

4.1.13 Het effect van de minimumbuis in combinatie met schermen

De minimumbuis (een verwarmingsbuis direct onder het gewas, die altijd een bepaalde minimumtemperatuur heeft) wordt door veel rozentelers beschouwd als onmisbaar voor de activering van het gewas en ter voorkoming van schimmelziekten en fysiogene afwijkingen aan bloemen. Wanneer de toevoer van warme lucht onder het gewas zou stoppen nemen de aantasting door schimmels en bladkleurproblemen sterk toe bij een aantal rozenrassen.

De door deze buizen toegevoerde warmte zorgt echter ook voor een toename van de temperatuur in de kas. Bij een dicht gewas blijkt dat een deel van de warmte onder het gewas blijft hangen: In figuur 12a is te zien dat de temperatuur van een speciaal hiervoor onderin het gewas aangebrachte sensor 1 à 2 graden hoger aan geeft dan de kastemperatuur (sensor tussen de knoppen). Bij bedrijf 2 is het gewas veel opener van opbouw, figuur 12b, en hier zijn de temperatuurverschillen tussen de onder- en bovenkant van het gewas kleiner, terwijl de minimum buistemperatuur iets hoger is dan bij Rozenbedrijf 1. Het openen of sluiten van het scherm heeft op deze temperatuurverschillen geen invloed.



Figuur 12ab Hogere temperatuur onderin het gewas dan op knophoogte per bedrijf verschillend

Effect lampaanschakeling op de kasttemperatuur

Bij het aanschakelen van de lampen wordt het temperatuurverschil tussen de kaslucht boven en onder het scherm groter. Dit is te zien in tabel 2, doch daarbij zijn de buitentemperaturen, buistemperaturen en raamstanden niet gelijk. Om toch een goed inzicht te geven in het effect van aanschakelen van de belichtingsinstallatie op de kasttemperatuur is een calculatie gemaakt voor diverse schermstanden. Hierbij zijn de buistemperatuur gelijk gehouden en is gerekend met gesloten ramen, tabel 5.

De verwachte stijging wordt op geen van de bedrijven gerealiseerd omdat men bij aanschakelen van de lampen, waar mogelijk, de buistemperatuur laat zakken, de schermkier vergroot en de ramen verder opent. Daar waar de buistemperatuur niet verder kan dalen wordt wel altijd een stijging van de kasttemperatuur gemeten. Deze is duidelijk minder groot dan bij gesloten luchtramen en gelijkblijvende schermstand. Maar wel steeds groter naarmate het scherm dicht is, tabel 5.

Tabel 5: Verwachte stijging van de kasttemperatuur bij diverse schermstanden (luchtramen dicht)

| Schermtyp | Ph 100% | Ph 95% | LS 85% |
|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| K-waarde kas bij geopend scherm | 8.4 Watt/m ² .oC | 8.4 Watt/m ² .oC | 8.4 Watt/m ² .oC |
| K-waarde scherm met 5% kier | 5.0 Watt/m ² .oC | 5.2 Watt/m ² .oC | 5.7 Watt/m ² .oC |
| K-waarde scherm bij scherm dicht | 4.2 Watt/m ² .oC | 4.3 Watt/m ² .oC | 4.9 Watt/m ² .oC |
| Extra warmte-input lampen | 48.0 Watt/m ² | 37.4 Watt/m ² | 36.0 Watt/m ² |
| verwachte temperatuurstijging | | | |
| bij scherm open | 5.8 oC | 4.5 oC | 4.3 oC |
| bij 5% schermkier | 9.6 oC | 7.2 oC | 6.3 oC |
| bij 95 (of 85%) reductie uitstr. | 11.5 oC | 8.7 oC | 7.4 oC |
| <i>Gemeten bij scherm dicht</i> | 5.9 oC | 2.4 oC | 1.2 oC |

4.1.14 Het effect van schermen en belichten op de planttemperatuur

Onder planttemperatuur wordt hier verstaan: de gemeten gewastemperatuur ten opzichte van de gemeten kasttemperatuur. De planttemperatuur ligt meestal iets onder de kasttemperatuur. Dit is toe te schrijven aan de verdamping, het onttrekken van verdampingswarmte aan het blad en aan de uitstraling.

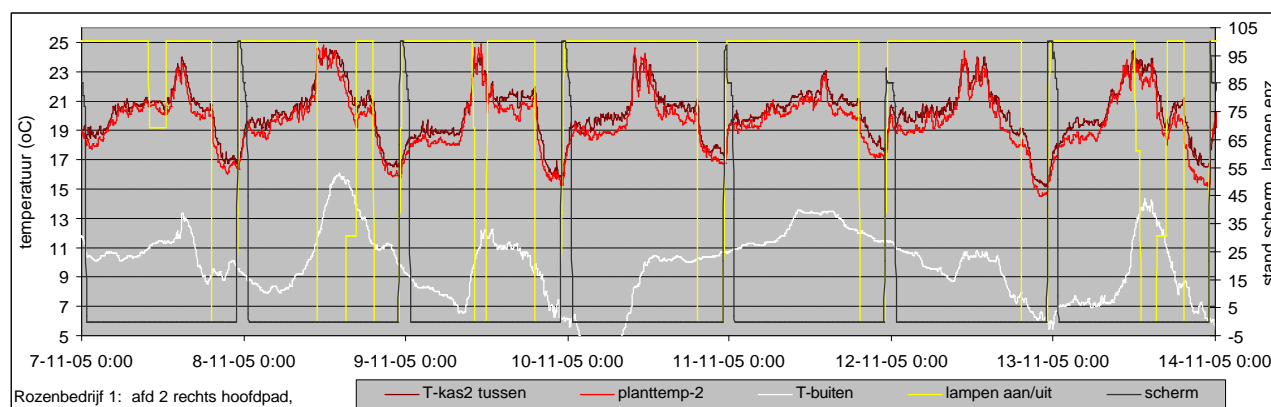
Het extra toevoegen van (stralings)warmte aan het blad via de belichtingsinstallatie doet de verdamping sterk toenemen, maar blijkt nauwelijks invloed te hebben op de bladtemperatuur t.o.v. de kasttemperatuur, zie tabel 6. Het stralingsniveau van de lampen is laag ten opzichte van het stralingsniveau overdag zodat het gewas geen enkele moeite zal hebben met de watervoorziening.

Reduceren van de uitstraling door het sluiten van het scherm doet de planttemperatuur eveneens nauwelijks toenemen, tabel 5. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat het scherm vooral open is geweest bij hogere buitentemperaturen en gesloten bij lagere buitentemperaturen. Het effect van de buitentemperatuur op de planttemperatuur, de hoogte van de planttemperatuur ten opzichte van de kasttemperatuur, is echter zodanig dat de planttemperatuur bij lagere buitentemperaturen eerder hoger dan lager is, figuur 13. Het is kennelijk niet alleen de uitstraling naar het koudere kasdek maar ook het hogere ventilatievoud, de luchtbeweging, bij hogere buitentemperaturen die via de verdamping invloed heeft op de planttemperatuur.

Zoals in tabel 5 is beschreven, veroorzaakt de combinatie van belichting en schermen wel een hogere kasttemperatuur (tot 5.9 oC bij Ph 100% scherm). Aangezien de planttemperatuur daar van afhankelijk is, is dus een absolute verhoging van de planttemperatuur te verwachten door belichting onder scherm.

Tabel 6. Effect schermsluiting op de gewastemperatuur t.o.v. de kasttemperatuur, uitgedrukt in °C t.o.v. de kasttemperatuur.

| | | % lampen aan | | | Scherm-effect |
|--------------------------|----------------|--------------|-------------|-------------|---------------|
| | | 0% | 50/70% | 100% | |
| Scherm open | | | | | |
| | Rozenbedrijf 1 | -1.2 | -1.3 | -0.8 | |
| | Rozenbedrijf 2 | -0.6 | -0.4 | -0.4 | |
| | Rozenbedrijf 3 | -0.4 | -0.6 | -0.6 | -0.7 |
| Scherm 90 tot 99% dicht | | | | | |
| | Rozenbedrijf 1 | -0.7 | -0.4 | -0.5 | |
| | Rozenbedrijf 2 | -1.1 | -0.4 | -0.3 | |
| | Rozenbedrijf 3 | -1.0 | -1.0 | -0.8 | -0.7 |
| Scherm 100% dicht | | | | | |
| | Rozenbedrijf 1 | -0.5 | -0.7 | -0.5 | |
| | Rozenbedrijf 2 | -0.5 | -0.4 | -0.3 | |
| | Rozenbedrijf 3 | -0.6 | -0.2 | -0.1 | -0.4 |
| Belichtingseffect | | -0.7 | -0.6 | -0.5 | |



Figuur 13: Effect van de buitentemperatuur op de planttemperatuur (T_{plant} tov T_{kas})

4.1.15 Het effect van schermen op het CO₂-niveau

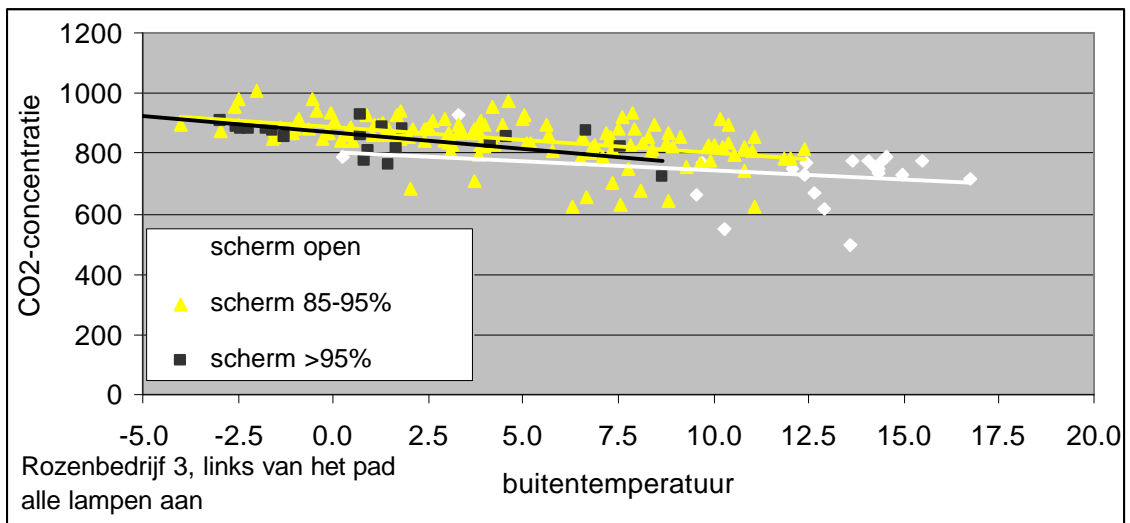
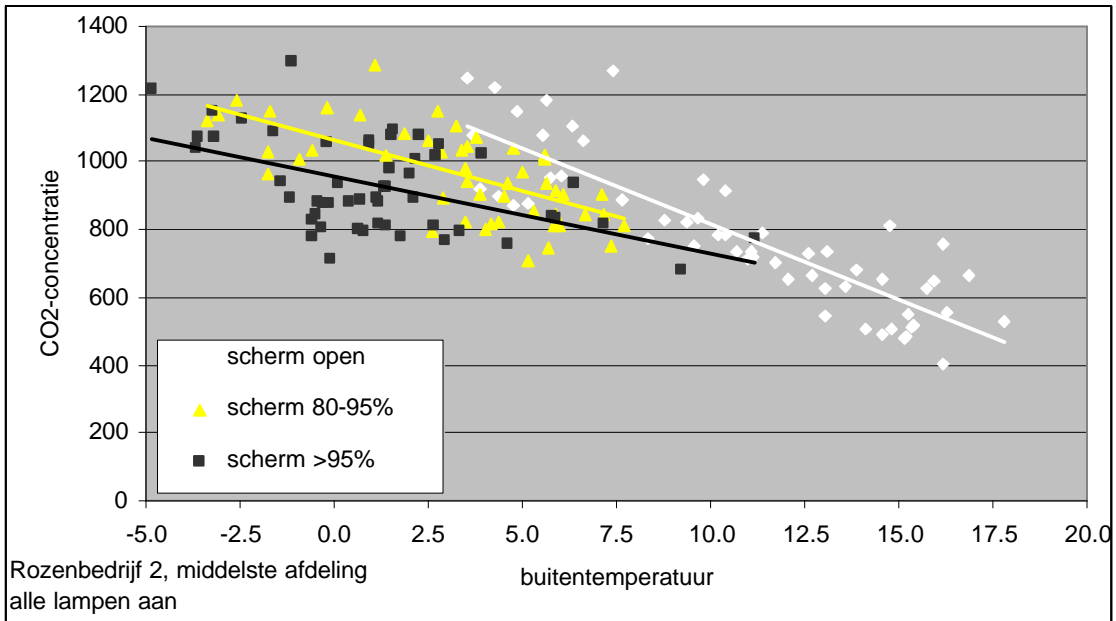
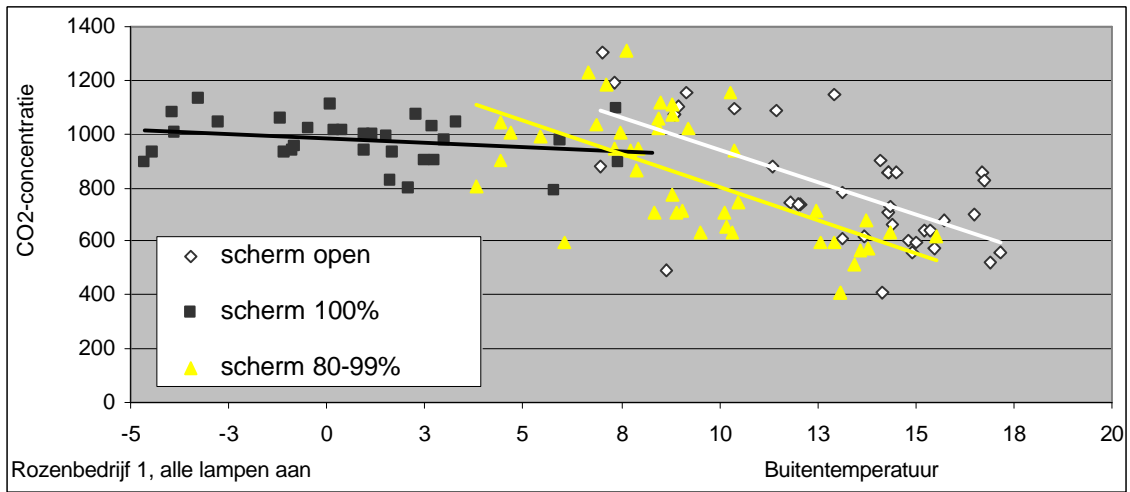
Bij sluiting van het scherm koelt de kas minder snel af en zal er boven het scherm meer gelucht gaan worden. De vraag was of dit niet zou leiden tot een lagere CO₂-concentratie in de kas. Het is dus zaak om een vergelijking te maken van de CO₂-concentratie bij eenzelfde buitentemperatuur met verschillende schermstanden.

In Fig14 abc is de CO₂ concentratie in de kas uitgezet tegen de buitentemperatuur voor drie situaties: scherm open, gesloten (95% tot 100%) of met een kier (80% tot 95%). Alleen gegevens met de lampen aan zijn gebruikt. De algemene trend uit de gegevens is, dat het CO₂ gehalte iets daalt naarmate de buitentemperatuur hoger is. Dit komt doordat de ramen dan verder open gaan, waardoor CO₂ ontwijkt.

Bij bedrijf 1 en 2 is te zien dat er, bij eenzelfde buitentemperatuur, een verschil is tussen de CO₂-concentratie bij scherm open en scherm dicht, een daling van ca. 1000 naar ca. 800 ppm. Bij bedrijf 3 ligt de CO₂-concentratie iets lager, maar is er geen verschil te zien in CO₂-gehalte tussen open en dicht scherm.

Door extra ventilatie boven het grotendeels gesloten schermdoek moet extra worden gedoseerd om de gewenste CO₂-concentratie op peil te houden. Dit is geen probleem zolang er voldoende CO₂ beschikbaar is. Bij het doseren van zuiver CO₂ betekent het wel een extra kostenpost.

Effect van onvoldoende CO₂ is in de economische evaluatie meegenomen bij de schatting van de opbrengst. Bij de saldoberekening konden eventuele extra kosten voor zuiver CO₂ niet worden meegenomen omdat gegevens over benodigde extra CO₂ ontbraken.



Figuur 14abc Meestal iets verlaagd CO₂-gehalte bij gesloten scherm

4.1.16 Gewaskwaliteit

Omdat het uitgangspunt was dat het schermregime de gewaskwaliteit niet mocht beïnvloeden is er ook niet veel verschil gevonden. Bij Rozenbedrijf 1 is echter in het winterseizoen 2005/2006 meer risico genomen. De kasttemperatuur was met 19 °C circa 2 graden hoger dan in het seizoen 2004/2005. In september t/m november 2005 is in de behandelde afdeling bovendien veel geschermd, en in de controleafdeling nauwelijks, zie tabel 1. De kasttemperatuur was in de behandelde afdeling daardoor circa 0.3 graad hoger.

Het effect van de 2 graden hogere temperatuur was dat het takgewicht (gemiddelde van januari) daalde van 45 à 50 gram in 2005 naar 30 à 32 gram in januari 2006. In de behandelde afdeling werden meer takken waargenomen die lichte vlekken vertonen (zie foto in bijlage 2). Hiervan is geen telling gedaan, maar het verschil is op het oog waargenomen. In januari 2005 werden de zwaarste takken waargenomen in de behandelde afdeling, in januari 2006 waren de takken in de controleafdeling zwaarder.

4.2 Tomatenbedrijf

4.2.1 Overzicht realisatie belichte en geschermden uren tomatenbedrijf

Op het tomaten bedrijf is het oude gewas in de laatste maanden van de teelt niet belicht. Pas nadat eind oktober (2005) het nieuwe gewas in de kas stond, is gestart met de belichting. In maart liep het aantal belichte uren per etmaal terug en in april is helemaal gestopt met belichten. Dit betekent dat er bij dit bedrijf geen problemen zijn geweest met afscherming in de lastigste maanden van het jaar, september, oktober en april.

Het aantal belichtingsuren is op het tomaten bedrijf beperkt gebleven tot ruim 12 uur per etmaal (tabel 1). Dit in tegenstelling tot de roos waar 20 uur of langer is belicht. De donkerperiode was bij tomaat geen 4 maar 7 tot 8 uur per nacht. De kortere belichtingsduur bij tomaat is toe te schrijven aan problemen die men heeft met de balans tussen vegetatieve en generatieve groei. Tijdens de belichte nachturen is het 85% schermdoek vrijwel altijd geheel gesloten geweest.

Het gebruik van het scherm tijdens de belichte uren is voor dit bedrijf verplicht en vloeit voort uit de hinderwetvergunning in het gebied waar dit bedrijf gelegen is.

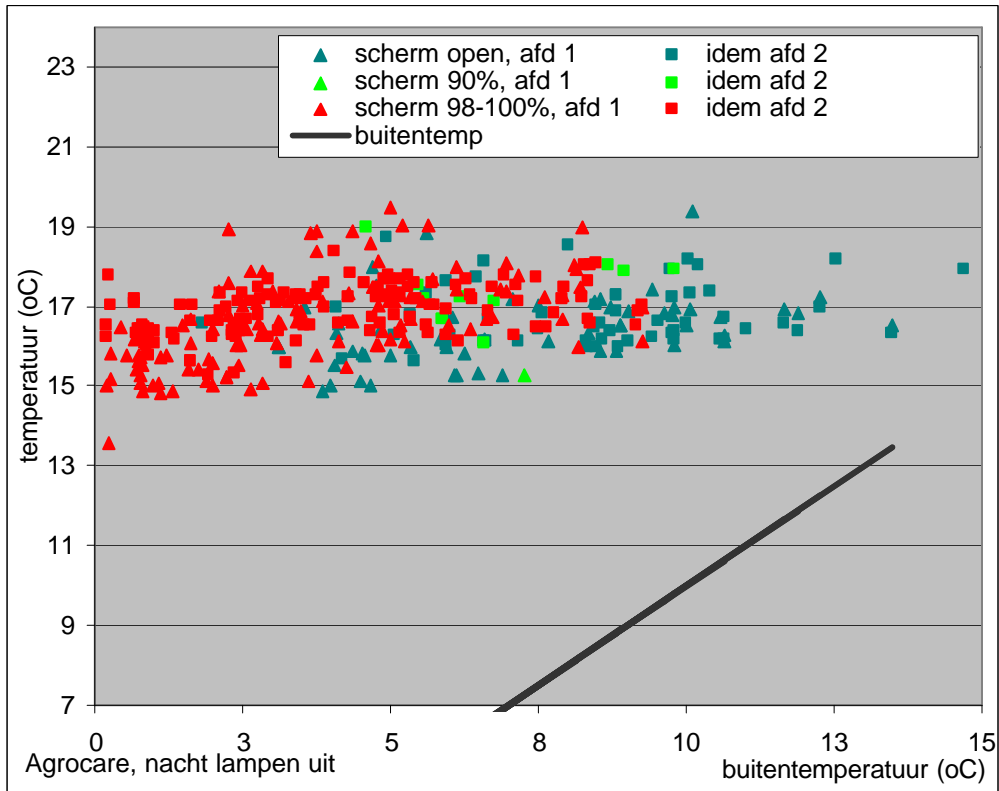
4.2.2 Verschillen in schermstand, werken met een kier

Het scherm wordt in de donkerperiode gebruikt om het energieverbruik te beperken. Bij buitentemperaturen beneden 8-9 °C werd het schermdoek geregeld gesloten en dit gebeurde vaker naarmate de buitentemperatuur lager was, figuur 15. Bij buitentemperaturen boven de 9 °C bleef het scherm open. De gerealiseerde kasttemperatuur lag dan op 15-17 °C, oplopend naar 16-18 °C als de buitentemperatuur boven de 5 °C steeg. Om te kunnen vaststellen wat het effect zou zijn als gewerkt mocht worden met een schermkier is in de donkerperiode het scherm proefsgewijs op een kier geopend. Ook hier bleek dat het trekken van een schermkier het temperatuurverschil tussen de kasruimte boven en onder het scherm verkleint. Er wordt dus een duidelijk warmtetransport via de schermkier waargenomen, tabel 7. De noodzaak om bij hogere buitentemperaturen met een kier te kunnen werken is aangetoond uit de waarneming dat het temperatuurverschil over het gesloten scherm oploopt van 4,8 naar 7,2 °C als de lampen aangaan, zie figuur 16.

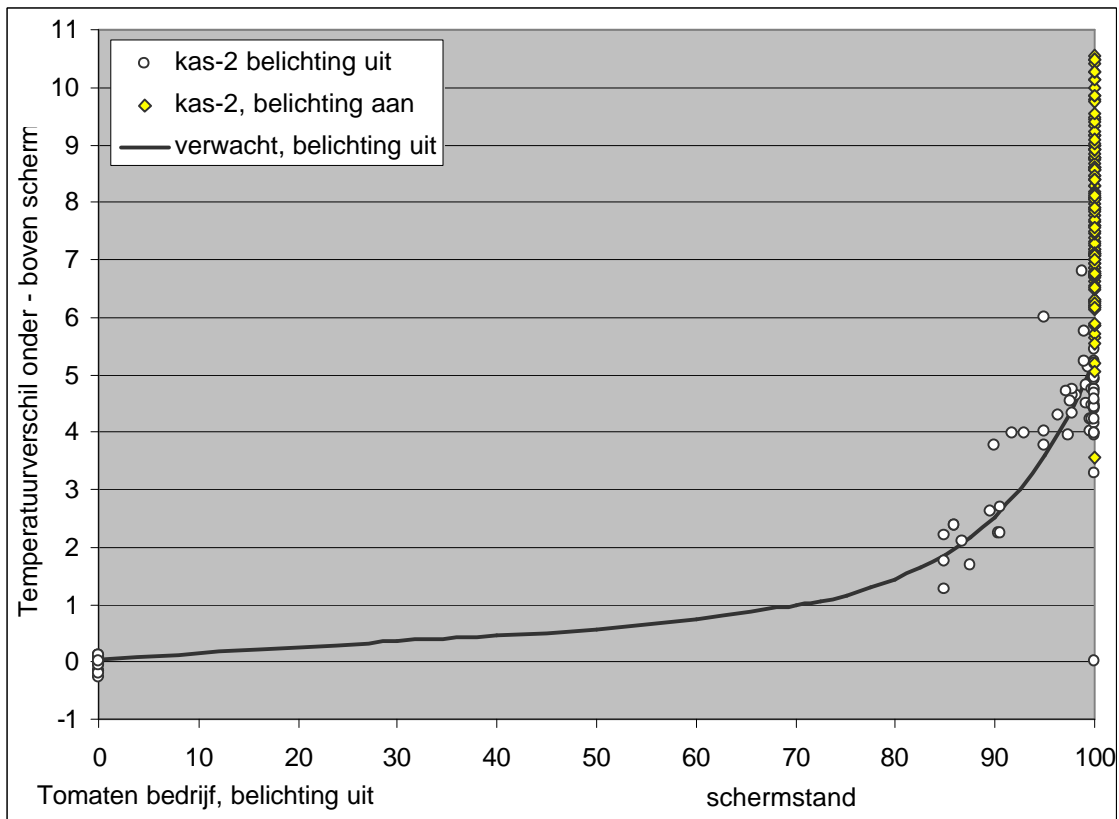
Tabel 7: Overzicht van de situaties waarin het assimilatiescherm is gebruikt.

Tomatenbedrijf Agrocare

| beide kassen samen | | | Gemiddeld gemeten waarden | | | | | | | | |
|--------------------|--------|--------|---------------------------|-----|--------|----------|------|---------------------------|---------|------|-----|
| aantal | | duur | schermstand | | lampen | T-buiten | wind | T-kas temperatuurverschil | | | |
| controle | behand | totaal | min | max | % | | | kas-buit | ond-bov | | |
| 59 | 57 | 116 | 7.14 | 0 | 0 | 0 | 7.8 | 1.7 | 16.6 | 8.7 | 0.3 |
| 1 | 11 | 12 | 3.16 | 85 | 90 | 0 | 6.8 | 1.5 | 17.2 | 10.4 | 2.2 |
| 11 | 21 | 32 | 7.22 | 91 | 99 | 0 | 5.4 | 2.0 | 17.0 | 11.6 | 4.5 |
| 104 | 110 | 214 | 8.67 | 100 | 100 | 0 | 3.6 | 1.8 | 16.7 | 13.1 | 4.8 |
| 89 | 118 | 207 | 5.47 | 100 | 100 | 100 | 3.4 | 1.7 | 18.1 | 14.8 | 7.2 |



Figuur 15. Schermgebruik om energie te besparen als de lampen uit zijn



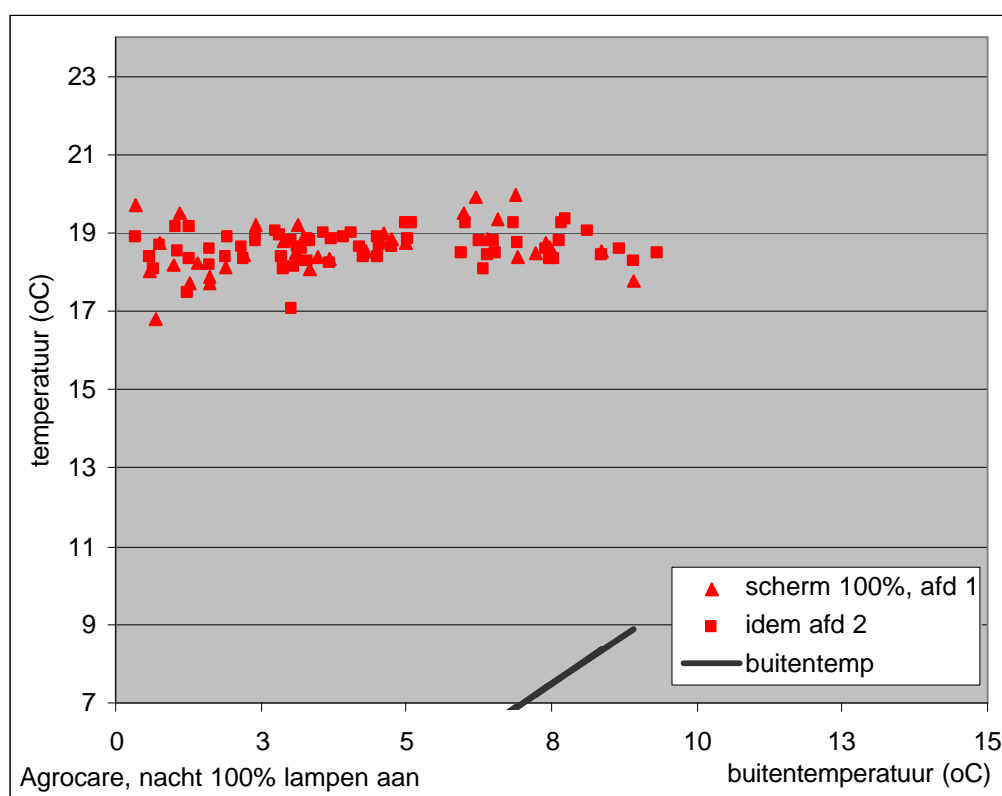
Figuur 16: Effect van de schermkier op het temperatuurverschil onder en boven het schermdoek.

Het vinden van de balans tussen de vegetatieve en generatieve ontwikkeling via andere teeltmaatregelen zal volgens vooruitstrevende tomatentelers zeker gaan gebeuren. Op dat moment zal de wens om het aantal belichtingsuren en de belichtingsperiode bij tomaten op te voeren zeker ontstaan. Daarmee zal dan ook het afschermen van de lichtuitstraling even problematisch worden als bij roos.

4.2.3 Effect schermen op de kasttemperatuur

De hoeveelheid energie die de kas in gevoerd wordt is bij tomaten zeker even groot als bij roos. De optimale belichtingsintensiteit is bij tomaten nog niet geheel duidelijk, maar komt op dit tomatenbedrijf met een capaciteit van 80 Watt/m² overeen met de belichtingsintensiteit bij roos. Over de gewenste minimum buisenergie bestaat minder discussie en deze komt met ca. 40 °C vrijwel overeen met de behoefte bij roos. De energie-input is op dit tomatenbedrijf met ca. 70 Watt/m² wat hoger dan bij de rozenbedrijven.

De gerealiseerde kasttemperatuur bij belichten onder scherm kon worden gehandhaafd op 18-19 °C met een enkele uitschieter naar 20 °C. Tijdens het belichten varieerde de buitentemperatuur tussen 0 en 9 °C en bij die temperaturen bleek de kasttemperatuur niet op te lopen boven de 20 °C, figuur 17.



Figuur 17: Effect van de buitentemperatuur op de kasttemperatuur tijdens het belichten onder gesloten scherm.

4.2.4 Meting warmtetransport door het gesloten scherm.

Het warmtetransport door het scherm is berekend vanuit het gemeten verschil in temperatuur in de kasruimten boven en onder het scherm en de warmte-input in de kas. Het warmtetransport kwam uit op 23 Watt/m².°C, iets lager dan het 85% scherm op één van de rozenbedrijven (28 Watt/m²). Bij een kas met een warmtetransport via het kasdek van 8,35 Watt/m² geeft dit een isolatiewaarde van 27%, tabel 3.

4.2.5 Meting warmteproductie van de belichtingsinstallatie.

Als de lampen aan waren was het temperatuurverschil tussen de lucht boven en onder het scherm 5,7 °C, dus 1,8 °C hoger dan wanneer de lampen uit waren. Als rekening werd gehouden met de lagere buistemperaturen als de lampen aan waren dan moet geen 1,8 maar 2,7 °C van het temperatuurverschil boven en onder het scherm worden toegeschreven aan de lampen. Dit betekent dat de warmteproductie van de lampen overeen komt met $2,7 \times 23 = 62 \text{ Watt/m}^2$ buiswarmte. Dat is 77% van toegevoerde elektrisch vermogen aan de belichtingsinstallatie. De warmteproductie van de belichtingsinstallatie is op dit tomatenbedrijf veel hoger dan op de rozenbedrijven. Nu is het bekend dat de lichtonderschepping van lamplicht bij een tomatengewas lager is dan bij roos. Het lijkt echter voorbarig om dit verschil geheel hieraan toe te schrijven. Nader onderzoek is gewenst.

4.3 Economische evaluatie op basis van de kengetallen uit dit project

Zoals in de projectbeschrijving is aangegeven, is er een economische evaluatie uitgevoerd. Niet alleen de gevolgen van bovenafscherming voor de deelnemende bedrijven is aangegeven, maar het project is zo ingericht dat met de resultaten ook de gevolgen in beeld gebracht worden voor bedrijven met een andere bedrijfsuitrusting zoals: hoger of lager lichtniveau, andere kasttemperaturen, meer of minder inkoop van elektriciteit enz.

4.3.1 Opzet van de evaluatie

Bij de evaluatie is gebruik gemaakt van een calculatiemodel waarmee voor diverse bedrijfstypen en bedrijfssituaties het aantal belichtingsuren, de realiseerbare CO₂-concentratie en de daarbij behorende opbrengst berekend kan worden. Er is gekozen voor het calculatiemodel 'OMS Roos' van DLV-Plant BV, waarbij gerekend is met belichten van 17.00 tot 07.00 uur (zonder donkerperiode). Dit model rekent op uurbasis uit of de belichting aan kan, hoe hoog de CO₂-concentratie kan worden enz. De gegevens over de buitenomstandigheden zijn afkomstig van een zogenaamd standaardjaar (SEL-jaar). Op basis van deze data wordt dan de productie en de opbrengst berekend.

Het referentiebedrijf is gedefinieerd als het gemiddelde van de onderzochte rozenbedrijven. Dit zijn bedrijven die zich in het seizoen 2005/2006 meer op productie dan op kwaliteit hebben gericht.

De drie schermtypen zoals die op de bedrijven voorkwamen zijn op hun effect op de kasttemperatuur bekeken, in relatie hun effect op de reductie van de uitstraling bij diverse kierbreedtes. Bij vergelijking bleek dat het verschil tussen de drie typen assimilatiehoek, bij eenzelfde reductie van de uitstraling, onderling weinig te verschillen, zie 5.1.2.

Het door te rekenen **referentiebedrijf** is gedefinieerd met de volgende bedrijfskenmerken:

- afkoeling kasdek 8,5 Watt/m² °C
- kasttemperatuur 19 °C (etmaaltemperatuur)
- belichtingscapaciteit 80 Watt/m², incl. VSA (= ca. 120 umol/m².s, ca. 10.000 lux)
- warmteproductie lampen 36 Watt/m² (=45% van de belichtingscapaciteit)
- CO₂-concentratie 800 ppm streefwaarde (dosereren met gereinigde rookgassen WK)
- minimum buistemperatuur een buiswarmte van ca. 60 Watt/m² (ca. 40°C met 1,5 m buis/m² kas)
- stroomvoorziening 50% eigen opwekking (WK) en 50% inkoop
- warmtebuffer 100 m³/ha
- opbrengstniveau ca. € 100,- /m² per jaar bij belichtingsniveau van 120 umol/m².s
- afschakeling belichting (bij open doek) bij meer dan 35 Watt/m² warmteoverschot (ca. 1,5 °C verhoogde kasttemperatuur)
- schermhoek energiebesparingsdoek: transparant

Voor dit referentiebedrijf wordt een **geschermd optie** meegenomen:

- tweede schermdoekassimilatiedoek: vochtdoorlatend, 100% lichtdicht
- energiebesparing 37% energiebesparing bij 5% kier
- afschakeling belichting bij meer dan 11 Watt/m² warmteoverschot (ca. 1,5 °C verhoogde kasttemperatuur)
(onder gesloten doek

Het referentiebedrijf belicht de gehele nacht, dus vanwege de uitgangssituatie in het evaluatiemodel, ook tijdens de donkerperiode. Bij oplopende kasttemperatuur gaan de ramen open om toch de gewenste kasttemperatuur te realiseren. Als de kasttemperatuur meer dan 1.5°C oploopt boven de ingestelde kasttemperatuur worden de lampen uitgeschakeld. In de praktijk wordt dan eerst een deel van de lampen uitgeschakeld en pas in uiterste noodzaak alle lampen. In het rekenmodel bestaat deze mogelijkheid niet en worden alle lampen ineens uitgeschakeld.

In de geschermd optie wordt het assimilatiescherm op een kier na gesloten zodra de lampen aan gaan. De kiergrootte wordt kleiner naarmate de buitentemperatuur lager wordt. Het scherm gaat pas geheel dicht bij buitentemperaturen waarbij niet gelucht hoeft te worden. Bij oplopende kasttemperatuur gaan de ramen open om toch de gewenste kasttemperatuur te realiseren. Als dit onvoldoende effect heeft gaat het scherm verder open tot de ingestelde maximale lichtuitstraling van 5%. Als de kasttemperatuur dan nog meer dan 1.5°C oploopt boven de ingestelde kasttemperatuur wordt de belichting uitgeschakeld.

De in te voeren uitgangspunten voor de evaluatie zijn vrijwel allemaal afgeleid uit de data die verzameld zijn op de onderzoeksbedrijven. De wijze waarop deze verkregen of berekend zijn, staat beschreven in het hoofdstuk 'Resultaten en discussie'. Vergelijking van de berekeningen met en zonder assimilatiescherm geeft aan hoe groot het verwachte opbrengstverlies is, wanneer alleen belicht mag worden bij 95% reductie van de lichtuitstraling. Hierbij kon het effect op verliezen door lagere prijzen vanwege kwaliteitsdaling (lager takgewicht en/of meer bloem-/bladbeschadiging), niet worden meegenomen. De grootte van de effecten konden in het project niet worden ingeschat.

De doorgerekende alternatieve scenario's zijn:

Voor het standaardbedrijf zonder **en met** assimilatioedoek:

- a. verhoging lichtuitstraling van 5% naar 10% of 20%.
- b. gewijzigd belichtingsniveau van 80 Watt/m² naar 40 of naar 120 of 160 Watt/m²
- c. gewijzigde kasttemperatuur van 19 °C naar 15 of 17 °C
- d. gewijzigde energievoorziening van 50% eigen stroomopwekking naar 100% (bij 40 of 80 Watt belichting) of naar 25% (bij 120 en 160 Watt/m² belichting)
- e. verbeterde lichtefficiëntie lichtopbrengst installatie verhoogd van 1,5 naar 1,8 umol/Watt (aanwezige belichtingsinstallaties tegenover de nu verkrijgbare installaties)
- f. gewijzigde min buis verlaging naar 20 Watt/m² of verhoging naar 90 Watt/m²
- g. verlengde donkerperiode referentiesituatie zonder scherm met een donkerperiode van 6 uur

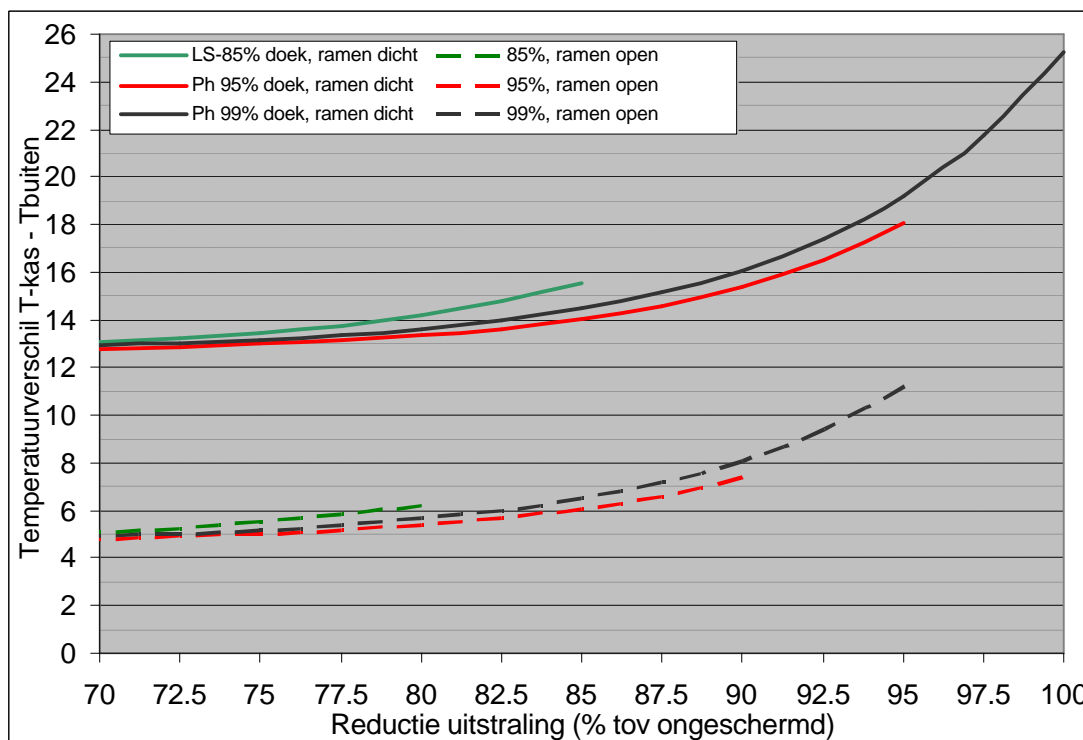
Op nadrukkelijk verzoek van DLV zijn ook varianten doorgerekend met een verhoogde warmteproductie van de lampen. Hun ervaringen met berekening van het energieverbruik op bedrijven wijzen uit dat het resultaat in dit onderzoek niet representatief zou zijn voor de rozenbedrijven in Nederland. (Het calculatiemodel 'OMS Roos' Van DLV rekent met een vast aandeel energie dat gebruikt wordt voor verdamping van gewassen voor zowel buiswarmte, lampwarmte als instraling van de zon).

- h. gewijzigde lampwarmte warmteproductie van de lamp verhoogd van 45% naar 65% van de opgenomen energie).

4.3.2 Bepaling isolatiewaarde scherm, incl. schermkier en afschakelmoment lampen

In dit onderzoek is bepaald wat de invloed is van schermsluiting op het temperatuurverschil tussen de kasruimten boven en onder het schermdoek. In een situatie met de belichting volop aan wordt daarbij ca. 100 Watt/m² aan warmte de kas ingevoerd. In een situatie zonder scherm zou dat leiden tot een temperatuurverschil tussen kas en buiten van $100/8,35 = 12$ °C. Met volop ventilatie om de temperatuur niet te laten oplopen daalt dit temperatuurverschil tot ca. 4 °C.

In een situatie met een (deels) gesloten scherm wordt het temperatuurverschil tussen kas en buitenlucht, afhankelijk van het type schermdoek en de schermstand nog een aantal graden hoger. Hoe groot het temperatuurverschil tussen de kas en de buitenlucht wordt voor een kas met gesloten en met geopende luchtramen afhankelijk van de reductie aan lichtuitstraling is in figuur 18 aangegeven. Hierbij is ervan uit gegaan dat de ramen pas open kunnen bij minimaal 5% kier.



Figuur 18: Temperatuurverschil tussen kas en buiten bij een toenemende reductie van de uitstraling, bij gesloten of geopende ramen om de gewenste ventilatie te bereiken.

De figuur maakt duidelijk dat de verschillen tussen de doektypen klein zijn. Het temperatuurverschil tussen de kas en de buitenlucht ligt bij een bepaalde reductie van de uitstraling voor de verschillende doeken dicht bij elkaar. De besparing van het schermdoek bij een bepaalde reductie van de lichtuitstraling is te berekenen met de volgende formule:

$$\text{Besparing} = (1 - K_{\text{kas} + \text{scherm}} / K_{\text{kas}}) \times 100\% = (1 - 12 / (T_{\text{kas}} - T_{\text{buiten}})) \times 100\%$$

$T_{\text{kas}} - T_{\text{buiten}}$ is uit Fig 18 af te lezen voor de verschillende schermersituaties.

Voor een reductie van de uitstraling van 95, 90 en 80% komt dit uit op een isolatiewaarde van het scherm+kier van 37, 25 en 11% ten opzichte van een kas zonder scherm. We gaan er van uit dat de lampen moeten worden afgeschakeld als de kastemperatuur meer dan 1,5 °C boven de gewenste waarde uit dreigt te komen. Dat is in een ongeschermd kas bij $100/4 \times 1,5 = \text{ca. } 35$ Watt/m² aan warmteoverschot. Bij een reductie van de uitstraling met 95, 90 en 80% wordt de 1.5 graden toelaatbare temperatuurverhoging eerder bereikt, en moet er al

afgeschakeld worden bij een warmteoverschot van resp. 11, 17.5 en 25.5 Watt/m².

Dit zijn de waarden die als isolatiewaarde voor het schermdoek en afschakelmoment voor de belichtingsinstallatie in het model zijn ingevoerd.

4.3.3 Resultaten economische evaluatie

De opbrengstderving als gevolg van minder belichte uren zoals deze berekend wordt in het model is alleen berekend op basis van het aantal minder geproduceerde kilogrammen. Wat niet in het model tot uiting komt is het verlies aan kwaliteit (bijvoorbeeld door de 1.5 °C hogere teelttemperatuur) door schermgebruik en een ongunstiger licht/temperatuur verhouding. Dit leidt niet tot een dalende productie in kg/m² maar wel tot een lager takgewicht en maakt de opbrengst derving waarschijnlijk nog groter dan hier berekend.

Referentiebedrijf roos, (on-)mogelijkheden om 95% af te schermen

Op het referentiebedrijf roos zonder scherm loopt de kasttemperatuur, bij een belichtingsniveau van 80 Watt/m², in de herfstmaanden gedurende 143 uur meer dan 1,5°C hoger op dan gewenst. In deze maanden kan dus maar beperkt belicht worden. In het model wordt de belichting dan afgeschakeld en dat leidt dan tot een productie en opbrengstderving van € 1,26/m² per jaar. Dit is de opbrengstderving ten opzichte van onbeperkt belichten, zonder donkerperiode.

Als het 100% scherm 's avonds om 17.00 uur voor 95% of meer dicht moet zodra de lampen aan gaan en dan dicht moet blijven tot 07.00 uur dan loopt het aantal uren dan de belichtingsinstallatie moet worden afgeschakeld vanwege oplopende kasttemperatuur op tot 1304 uren. De opbrengstderving loopt dan op tot € 11,14, dat betekent een opbrengstderving van 10% per jaar. Omdat op economisch gezonde bedrijven de productiekosten niet navenant dalen, zal het inkomen van de teler aanzienlijk meer dan 10% dalen en dat betekent, gezien de moeilijke economische situatie in de gehele glastuinbouw, dat de toekomst voor het bedrijf op het spel komt te staan.

Wanneer wel met een donkerperiode van 4 uur gerekend zou zijn komt de opbrengstderving lager uit, naar schatting op $(11,14 - 1,26) \times 10/14$ uur = ca. € 7,06/m² in plaats van 11,14 - 1,26 = € 9,88.

a. Verhoging lichtuitstraling, mogelijkheden bij het toestaan van een grotere schermkier

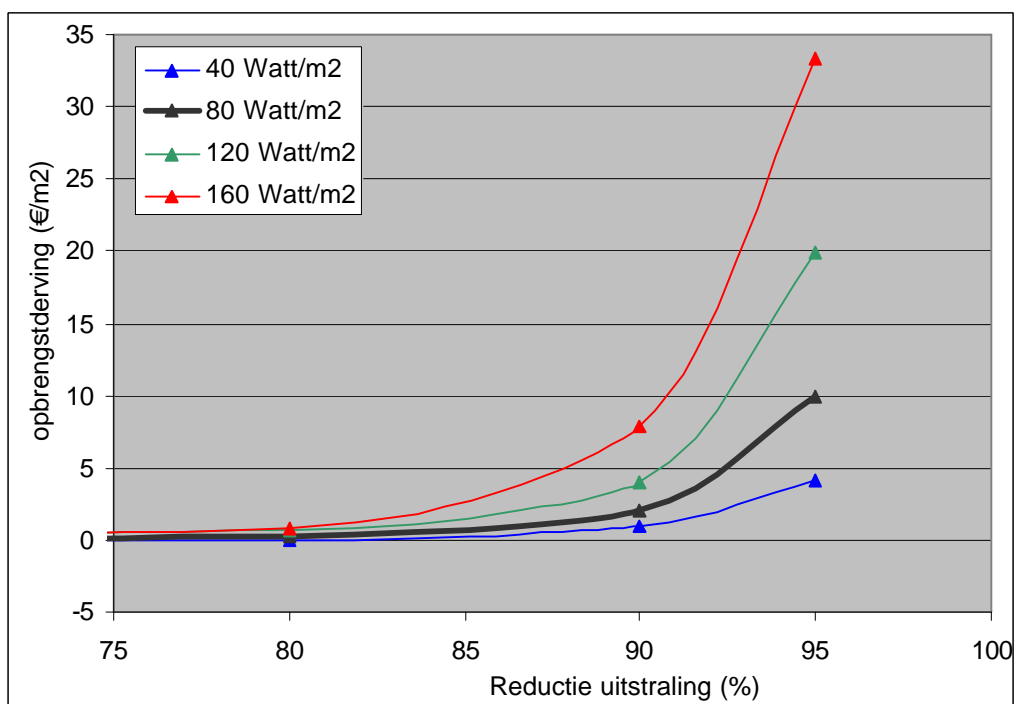
Vergroting van de schermkier van 5 naar 10 of 20% biedt de mogelijkheid om meer warmte naar de kasruimte boven het scherm te transporteren en via de luchtramen af te voeren. De opbrengstderving loopt dan snel terug van €11,14 naar respectievelijk € 3,37 en € 1,48 per m² kas per jaar, zie figuur 19 Dit effect treedt niet alleen op bij een belichtingsniveau van 80 Watt/m² maar ook bij een gewijzigd niveau van belichting.

b. Gewijzigd belichtingsniveau, effect van een hoger of lager belichtingsniveau

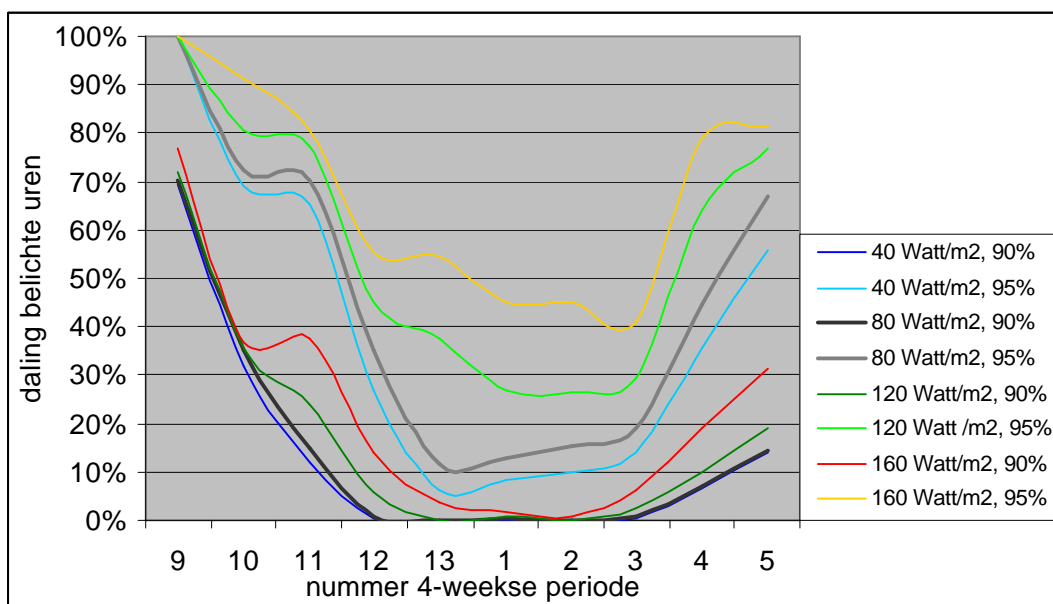
Bij een hoger belichtingsniveau van 120 of 160 Watt/m² wordt het effect van reductie van de uitstraling alleen maar groter en dus problematischer. Bij een lager (maar in de rozenteelt niet veel meer gebruikt) belichtingsniveau van 40 Watt/m² wordt het probleem minder groot, zie figuur 19

Reduceren van de lichtuitstraling tot 80% heeft nog geen grote gevolgen maar tot 90% treden al forse opbrengstdalingen op, zeker bij belichtingsniveaus van 120 Watt/m² en hoger.

De daling van het aantal belichtingsuren vindt vooral plaats in de perioden 10, 11 en 4. Dat zijn de perioden dat er zonder scherm veel kan worden belicht maar met scherm de buitentemperaturen te hoog zijn om te kunnen belichten. In de tussen perioden kan er bij de lichtintensiteiten tot 80 Watt/m² wat meer worden geschermd, zie figuur 20.



Figuur 19 Effect van het belichtingsniveau en het vergroten van de schermkier op de opbrengstderving bij reduceren van de lichtuitstraling met assimilatiehoeke (zonder donkerperiode).



Figuur 20 Daling van het aantal belichtingsuren in de verschillende periodes

c. Gewijzigde kasttemperatuur, andere teeltwijze, cultivars

De toenemende concurrentie uit Afrika en Zuid Amerika heeft in Nederland tot gevolg dat de telers zich steeds sterker moeten richten op een kwaliteitsproduct, zware takken met grote knoppen. Dit kan alleen bij de combinatie van een hoog belichtingsniveau met lagere kasttemperaturen. Het effect van een lagere kasttemperatuur op de mogelijkheden om 95% of meer van de lichtuitstraling af te schermen is groot, zie tabel 8. Een verwachte verlaging van de kasttemperatuur met ca. 2°C maakt het dus een stuk moeilijker om de gewenste reductie van de lichtuitstraling te realiseren.

Tabel 8 Effect lagere kasttemperatuur op opbrengstreductie bij afscherming

| | Reductie uitstraling | | effect scherm |
|-----------------------|----------------------|---------|---------------|
| | 0% | 95% | |
| kasttemperatuur 15 oC | € 3,07 | € 21,55 | € 18,48 |
| kasttemperatuur 17 oC | € 2,30 | € 18,08 | € 15,78 |
| kasttemperatuur 19 oC | € 1,26 | € 11,14 | € 9,88 |
| kasttemperatuur 21 oC | € 0,49 | € 5,76 | € 5,27 |

d. gewijzigde energievoorziening, effect meer of minder inkoop van stroom

Een gewijzigde verhouding van eigen opwekking (WK) en inkoop van stroom heeft in het rekenmodel geen effect op het aantal afgeschakelde uren, maar wel op het overschot aan warmte. Het warmteoverschot is hier de opgewekte warmte die over is nadat de buizen op temperatuur zijn gebracht en de warmtebuffer is gevuld. Het rekenmodel van DLV berekent het overschot voor de situatie dat de belichting volop aan is en corrigeert niet voor het afschakelen van de belichting bij te hoog oplopende kasttemperatuur. Het te hoog ingeschatte warmteoverschot is daarom gecorrigeerd voor de lampwarmte die wel is berekend maar niet is gerealiseerd op de afgeschakelde uren. Het gecorrigeerde warmteoverschot geeft aan dat 100% eigen opwekking al bij een belichtingsniveau van 80 Watt/m² leidt tot fors warmte-overschot. Terugbrengen van de eigen stroomopwekking tot 25% voorkomt dat bij belichtingsniveaus van 120 en 160 Watt/m² een warmteoverschot ontstaat, tabel 9. Wegwerken van een warmte-overschot kan alleen door extra te ventileren met een verhoogde buistemperatuur, door het overschot buiten de kas te vernietigen of de warmte te leveren aan derden met een warmte-tekort. De eerste optie is moeilijk te realiseren, de tweede is duur en de derde is slechts op een beperkt aantal bedrijven te realiseren. Voor de meeste bedrijven betekent het ontstaan van een warmteoverschot dus dat de eigen stroomopwekking moet worden verminderd of gestaakt. Dit zal het aantal uren dat niet of slechts beperkt belicht kan worden nog verder doen oplopen, zie ook alternatief f.

Tabel 9. Warmte-overschot afhankelijk van de stroominkoop (MJ/m²)

| Reductie uitstraling belichtingsniveau | 0% | 80% | 90% | 95% |
|---|-----|-----|-----|-----|
| Eigen stroomopwekking 100% | | | | |
| 40 Watt/m ² | 0 | | | 0 |
| 80 Watt/m ² | 201 | | | 483 |
| Eigen stroomopwekking 50% | | | | |
| 40 Watt/m ² | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 Watt/m ² | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 120 Watt/m ² | 81 | 147 | 232 | 93 |
| 160 Watt/m ² | 434 | 580 | 657 | 349 |
| Eigen stroomopwekking 25% | | | | |
| 120 Watt/m ² | 0 | | | 0 |
| 160 Watt/m ² | 0 | | | 0 |

e. Verbeterde lichtefficiëntie, effect verhoogde efficiëntie belichtingsinstallatie

Bij de steeds groter wordende markt voor assimilatielampen zijn de lampfabrikanten zich gaan richten op een hogere lichtoutput in umol/Watt. Korte tijd daarna zijn ook de 400 Volt systemen op de markt gekomen en heeft de overschakeling van de elektromagnetische naar de elektronische voorschakelapparatuur plaatsgevonden. Dit alles heeft geleid tot een duidelijke verbetering van de lichtopbrengst per Watt elektrisch vermogen van de belichtingsinstallaties. In het referentiebedrijf is nog gerekend met de oude lichtefficiëntie zoals die op de meeste bedrijven nog aanwezig is. Als wordt omgeschakeld naar een nieuwe installatie zal eenzelfde elektrisch vermogen worden geïnstalleerd om de capaciteit van de WK-installatie en de kabelaan sluiting volledig te benutten. De verhoogde lichtoutput zal zich dus uiten in een verhoogde productie en opbrengst en daarmee tot een hogere opbrengstderving bij reduceren van de lichtuitstraling. Het effect is echter klein in vergelijking met de hiervoor beschreven effecten en is bij een belichtingsniveau van 80 Watt/m² berekend op € 0,52 per m².

f. Gewijzigde min buis, mogelijkheden en alternatieven voor warmte-input via minimum buis

De minimum buistemperatuur zorgt voor een behoorlijke energiestroom naar de kas. Bij een hogere buitentemperatuur moet die warmte via ventilatie worden afgevoerd. Een verhoogde warmtestroom van 60 naar 90 Watt/m² via de minimum buistemperatuur leidt bij schermsluiting direct tot een verhoogd aantal uren dat niet belicht kan worden. Bij een belichtingsniveau van 80 Watt/m² bedraagt dat ruim 2700 uur met een opbrengstderving tot gevolg van € 23,97. Het terugvallen van de warmte-input van 60 naar 20 Watt/m² beperkt juist de terugloop in aantal belichtingsuren van 1160 naar 140 uur en beperkt daarmee dus de opbrengstderving tot € 1,08. Terugbrengen van de warmte-input van de minimum buis kan echter alleen zolang er geen warmteoverschot ontstaat en als er een werkbaar alternatief is voor het minimum buis effect, bijvoorbeeld ingeblazen lucht onder in het gewas. Een ander alternatief is om de ingevoerde (buis)warmte weer via een kaskoelingsysteem af te voeren. Gezien de grote invloed van de minimum buis- (en lamp)warmte op de noodzaak om de belichting af te schakelen vanwege oplopende kastemperaturen onder het scherm zijn dit alternatieven die zeker op hun haalbaarheid onderzocht moeten worden.

g. verlengde donkerperiode, verlenging van de donkerperiode van 4 naar 6 uur, zonder afscherming

Een verlengde donkerperiode gedurende 34 weken betekent een vermindering van het aantal belichtingsuren met 476 uur. Dit leidt tot een opbrengstderving van € 4,35 per m² per jaar.

h. gewijzigde lampwarmte, effect bij verminderde compensatie door verdamping

Assimilatielampen geven een groot deel van het opgenomen vermogen af via straling, zichtbaar licht en warmtestraling naar het gewas. Dit in tegenstelling tot de verwarmingsbuizen onder het gewas dat ca. 25% van het opgenomen vermogen via uitstraling naar het gewas kwijt raakt, 25% via uitstraling naar de ondergrond en 50% voor warmteafgifte aan de kaslucht. Door DLV wordt de afgegeven lampwarmte ingeschat op 1°C opwarming van de kas per 1000 lux (=13.5 Watt elektrisch vermogen). Dit betekent dat ca. 65% van het opgenomen vermogen als warmte vrijkomt en de rest, 35%, verloren gaat via een verhoogde verdamping door het gewas. Ook voor zonlicht wordt deze regel toegepast. De ervaring met het rekenmodel voor inschatting van het energieverbruik levert volgens DLV een onderbouwing van deze uitgangspunten.

Toepassing van deze ervaringsregel leidt tot een toename van de warmtestroom naar de kas en een verdere, forse vergroting van het probleem dat de lampen uit moeten omdat de toegevoerde warmte via de lampen niet via extra ventilatie kan worden afgevoerd.

4.3.4 Saldoberekening

Naast de schatting van de opbrengst-effecten bij gebruik van assimilatiendoeken is ook een saldoberekening gemaakt. Hierin zijn de kosten en baten voor gebruik van een assimilatiendoek op een rijtje gezet, tabel 10. Uit de saldoberekening blijken twee zaken van groot belang te zijn: ten eerste dat het berekende saldo altijd negatief is, dus dat het reduceren van de lichtuitstraling de telers altijd geld kost, ten tweede dat de opbrengstderving door vermindering van het aantal belichtingsuren sterk bepaalt hoe negatief het saldo zal uitvallen. Het is dus van groot economisch belang voor de telers dat het aantal uren dat belicht kan worden zonder dat de kastemperatuur oploopt niet of nauwelijks terugloopt.

Ten slotte blijkt dat het saldo minder negatief zal uitvallen als de mogelijkheid benut kan worden om in de huidige donkerperiode te belichten. De telers met stroominkoop kunnen dan profiteren van het dal tarief in de stroomkosten dat al om 23.00 uur ingaat. Verder is het vaak mogelijk om voor belangrijke feestdagen of zelfs alle nachten met goedkope stroom door te belichten. Het aantal uren dat extra wordt belicht is hier ingeschat op gemiddeld 1 uur per dag. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de houdbaarheid van de rozen goed in de gaten gehouden moet worden omdat een continue belichting van 24 uur per etmaal heel funest uitwerkt op de houdbaarheid van de meeste rozencultivars.

Tabel 10: Saldoberekening reductie uitstraling, kosten / baten per m² per jaar

| Investering (KWIN 2003/04) | reductie lichtuitstraling rente, afschr. + onderhoud | 95% | 90% | 80% |
|----------------------------|--|-----------------|----------------|----------------|
| | | jaar-kosten | | |
| Scherminstallatie | € 5.91 24% | € 1.42 | € 1.42 | € 1.42 |
| Schermdoek | € 3.70 30% | € 1.11 | € 1.11 | € 1.11 |
| Kasaanpassing | | PM | PM | PM |
| Besparing energiekosten | over omzet | mutatie | | |
| energiebesparing | P.M. | 0.0% | € - | € - |
| benutting dalurentarief | | € 0.95- | € 0.95- | € 0.95- |
| Opbrengstreductie | | | | |
| schaduw doek | € 56.75 3.7% | € 2.10 | € 2.10 | € 2.10 |
| minder bel.uren | € 43.25 n.v.t. | € 9.88 | € 2.11 | € 0.22 |
| Extra opbrengst | | | | |
| reflectie schermdoek | € 43.25 2.0% | € 0.82- | € 0.78- | € 0.69- |
| <u>Saldo</u> | | <u>€ 12.73-</u> | <u>€ 5.01-</u> | <u>€ 3.20-</u> |
| 238 extra bel.uren | € 43.25 n.v.t. | € 2.57 | € 2.57 | € 2.57 |
| <u>Saldo</u> | | <u>€ 10.16-</u> | <u>€ 2.43-</u> | <u>€ 0.63-</u> |

5 Conclusies, aanbevelingen en antwoorden op de onderzoeksvragen

5.1 Conclusies

De conclusies zijn gegroepeerd naar algemene, teelttechnische, technische en economische conclusies die uit dit project konden worden getrokken.

Algemene conclusies

1. Op de rozenbedrijven is er in de onderzoeksperiode van 1 september 2005 tot 1 mei 2006 in de uren tussen zonsondergang en zonsopkomst 6,5 tot 16 uur belicht. Dit betekent dat er met uitzondering van de voorgeschreven donkerperiode vrijwel continu is belicht. Op het tomatenbedrijf is alleen van november tot eind maart belicht en in de periode tussen zonsondergang en zonsopkomst ca. 5 uur korter dan op de rozenbedrijven;
2. In de maanden september en oktober is de reductie van de uitstraling op de rozenbedrijven nog beperkt geweest door de vele warme nachten. De reductie is lager geweest naarmate het scherm lichtdichter was;
3. In de maanden november tot en met april is de lichtuitstraling op de rozenbedrijven voor 55 tot 76% afgeschermd. Op het tomatenbedrijf tussen 76 en 85%. De mate van afscherming is toegenomen naarmate de buitentemperatuur lager was;
4. Zodra de belichting wordt aangeschakeld loopt de kasttemperatuur iets op. Onder een (grotendeels) gesloten schermdoek loopt de kasttemperatuur verder op dan bij geopend scherm en wordt ook hoger naarmate het doek lichtdichter is (bij gelijke schermstand);
5. Vergroten van de schermkier om meer warmte naar de kasruimte boven het scherm te transporteren helpt vooral bij het vergroten van de schermkier tot 15%, om oplopen van de kasttemperatuur te voorkomen. Bij nog verdere vergroting van de schermkier is het effect relatief klein;
6. De gewastemperatuur ligt meestal ca. 0,5°C onder de kasttemperatuur. Bij sluiting of opening van het schermdoek wordt het verschil tussen de gewas- en kasttemperatuur niet groter of kleiner.

Teelttechnische conclusies

1. Bij reduceren van de lichtuitstraling is het trekken van een kier in het schermdoek essentieel om de kasttemperatuur te kunnen regelen. Op de rozenbedrijven is de kasttemperatuur niet onacceptabel hoog opgelopen omdat tijdens belichten de schermkier is aangepast als de kasttemperatuur dreigde op te lopen.
2. Toepassen van een 100% lichtdicht assimilatie-doek biedt de beste mogelijkheden om de lichtuitstraling te reduceren, mits er een schermkier (tot minimaal 15%) kan worden getrokken.
3. Reduceren van de lichtuitstraling met 95% zal leiden tot daling van het aantal belichtingsuren omdat de kasttemperatuur anders te hoog gaat oplopen. Deze daling zal vooral in de maanden september en oktober erg groot zijn en voor april kleiner, maar wel consequenties hebben.
4. Het streven naar lagere kasttemperaturen om de productkwaliteit bij roos te verbeteren wordt door een verplichte afscherming van 95% vrijwel onmogelijk gemaakt.
5. Bij regen, hagel en harde wind wordt het probleem dat er onvoldoende geventileerd kan worden om de kasttemperatuur naar het gewenste niveau te verlagen, groter door gebruik van assimilatiescherm.
6. Bij sluiting of opening van het scherm is geen meetbaar effect op de luchtvochtigheid, het dampdrukdeficit en de sapstroom gevonden;
7. De extra ventilatie boven een (grotendeels) gesloten schermdoek heeft tot gevolg dat het CO₂-gehalte van de kaslucht tot 200 p.p.m. lager kan worden dan bij geopend schermdoek.

Technische conclusies

1. De mogelijkheden om de lichtuitstraling te reduceren worden vooral bepaald door het oppervlak aan ingeweven kiertjes, samen met de mogelijkheid om een kier te trekken. Hoe lichtdichter het schermdoek, hoe lager het warmtetransport via het schermdoek;
2. Bij een gelijke reductie van de lichtuitstraling is het effect van de verschillende assimilatie-doeken op het kasklimaat vrijwel gelijk;
3. Volledige sluiting van het assimilatie-doek leidt tot onacceptabel grote temperatuurverschillen in de kas. Met ventilatoren kunnen deze verschillen worden gehalveerd, maar ze blijven voor veel teelten onacceptabel groot;
4. Het trekken van een schermkier verkleint het verschil in luchttemperatuur in de kasruimte boven en onder het scherm en verkleint daarmee de horizontale temperatuurverschillen die door sluiting van het assimilatie-doek ontstaat;
5. De klimaatregeling via ventilatie boven een (vrijwel) gesloten assimilatie-doek leidt tot een onrustige beweging van ramen en eventueel schermkiergrootte.

Bedrijfseconomische conclusies

1. Afscherming van assimilatielicht om de lichtuitstoot met 95% te realiseren zal op de rozenbedrijven leiden tot grote opbrengst derving. Dit komt omdat het dan niet meer mogelijk is de noodzakelijke lange belichtingsduur, de hoge belichtingsintensiteit en het streven naar steeds betere productkwaliteit te realiseren, om de buitenlandse concurrentie het hoofd te kunnen bieden;
2. Er zijn ook positieve effecten van een scherm, namelijk een hoger lichtniveau door reflectie, beter gebruik van het dalurentarief en extra uren belichting in de donkerperiode. Deze wegen echter meestal niet op tegen de opbrengst derving;
3. Het grootste effect van scherm-sluiting op de opbrengst derving vindt plaats in de maanden september, oktober en april, maanden waarin de buitentemperatuur vaak te hoog is om onder (vrijwel) gesloten scherm te kunnen belichten;
4. Bij hogere belichtingsniveaus nemen de mogelijkheden om de lichtuitstraling tot 95% te kunnen reduceren snel af, de opbrengst derving neemt sterk toe, ook in de perioden met lagere nachttemperaturen;
5. De minimum buistemperatuur heeft een grote invloed op de mogelijkheden om onder (grotendeels) gesloten assimilatiescherm, zonder oplopende kastemperatuur, te kunnen belichten. De minimum buistemperatuur heeft echter ook een grote invloed op het ontstaan van warmte-overschotten bij eigen stroomopwekking;
6. Als er bij de eigen stroomopwekking meer warmte beschikbaar komt dan de ca. 60 Watt/m² die voor de op deze bedrijven ingestelde minimum buistemperatuur nodig is, en die niet in de warmtebuffer kan worden opgeslagen, dan zal dit leiden tot verdere reductie van de belichtingsmogelijkheden, zie min buis effect. Vervangen van de eigen stroomopwekking door stroominkoop of afschakelen van de lampen die op eigen stroom branden voorkomt het ontstaan van een warmte-overschot;
7. Afscherming van assimilatielicht om de lichtuitstoot met 85% te reduceren zal op de tomatenbedrijven pas leiden tot grote opbrengst derving wanneer het belichtingsseizoen al in september zal gaan beginnen in plaats van november, en langer doorgaat dan nu en er in de nacht langer belicht gaat worden.

5.2 Aanbevelingen

Voor oplossing van de problemen op **korte en middellange termijn** zien we de volgende oplossingsrichtingen:

1. Aanpassing van de klimaatregeling onder een gesloten scherm. De leveranciers van klimaatregelingsprogramma's zullen rekening moeten gaan houden dat luchten boven een (deels) gesloten scherm anders reageert dan in een kas zonder scherm. De schermstand zal invloed moeten krijgen op de reactie van de luchtramen;
2. Aanpassing van de scherminstallatie, zodat lichtuitstoot (via de kier) wordt verminderd. Schermfabrikanten en installateurs proberen andere doeken en constructies te maken die warmte-uitwisseling los koppelen van lichtuitstoot;
3. Verminderen energie-input via de minimumbuis. Verlaging van de minimumbuis kan niet zonder risico op ziekten, fysiogene afwijkingen en kwaliteitsverlies. Een andere methode om de vochtafvoer uit het gewas te stimuleren zal gevonden moeten worden;
4. Koeling van de kas. Een deel van het warmteoverschot zou weggekoeld kunnen worden.

Voor de **lange termijn** zouden oplossingsrichtingen gezocht moeten worden op de volgende gebieden:

- a. Assimilatiebelichting die minder warmte produceert;
- b. Cultivars die ook goede kwaliteit leveren bij een hoge teelttemperatuur;
- c. Andere teeltsystemen.

Dergelijke oplossingsrichtingen zullen uit strategische onderzoeksgelden moeten worden onderzocht.

5.3 Antwoorden op de onderzoeksvragen

In de inleiding zijn een aantal onderzoeksvragen geformuleerd die voortkwamen uit de enquête. Op basis van de resultaten kunnen op deze vragen de volgende antwoorden worden gegeven:

1. *Wat zijn de weersomstandigheden waarbij de kastemperatuur en de RV onder gesloten assimilatiescherm te hoog gaan oplopen? (Wanneer tot verlaging van de RV?)*

Roos:

Bovenstaande vraag is niet rechtstreeks te beantwoorden, omdat de telers voordat ze gaan luchten eerst een schermkier willen trekken. Dit in verband met het optreden van koude plekken bij belichting onder gesloten scherm. Onderstaande verdere conclusies gelden voor omstandigheden waarbij er voldoende en effectief gelucht kan worden boven het scherm. Bij storm, regen, hagel en vorst kunnen de ramen niet of beperkt open, en in situaties met windstil weer is zelfs maximaal luchten niet effectief genoeg.

- Met 5% kier in het 85% schermdoek wordt de kastemperatuur minimaal 6 à 7 graden hoger dan de buitentemperatuur. Als bijvoorbeeld de gewenste kastemperatuur 18 °C is, kan het scherm dus pas gesloten (tot 95% dicht) worden bij temperaturen beneden 11 tot 12 °C;
- Met 5 % kier in het 95% schermdoek wordt de kastemperatuur minimaal 7 à 8 graden hoger dan de buitentemperatuur;
- Met 5% kier in het 100% doek wordt de kastemperatuur minimaal 11 à 12 graden hoger dan de buitentemperatuur. Bij een gewenste kastemperatuur van 18 °C kan het scherm dus pas gesloten (tot 95%) worden bij temperaturen beneden 6 à 7 °C buitentemperatuur;
- In praktijk bleken de telers ter voorkoming van schade een marge van 2 tot 3 graden lagere buitentemperatuur te hanteren;
- In praktijkexperimenten bleek dat onder volledig gesloten 85, 95 en 100% lichtdichte assimilatie-doeken de kastemperatuur minimaal 8 à 9, 11 à 12 en 17 à 18 graden hoger waren dan de buitentemperatuur;
- Reduceren van de lichtuitstraling met 95% is alleen haalbaar bij toepassing van een 100% lichtdicht assimilatie-doek, bij buitentemperaturen die minimaal 11 à 12 graden liggen onder de kastemperatuur en

bij weersomstandigheden waarbij naar behoefte gelucht kan worden. Een verplichte reductie van de lichtuitstraling met minimaal 95% van september tot en met april is onmogelijk omdat het zal leiden tot een groot verlies aan productie en productkwaliteit.

Op de deelnemende bedrijven zijn geen problemen geconstateerd met oplopende luchtvochtigheid, ook niet met teruglopende verdamping bij belichten onder scherm. Omdat er bijna altijd eerst een kier werd getrokken voordat werd gelucht, zijn te lage luchtvochtigheden niet voorgekomen.

Tomaat:

- Bij tomaat is steeds met volledig gesloten scherm (85 % lichtdicht) belicht, omdat er geen kier getrokken mocht worden.
- De kasttemperatuur wordt minimaal 11 à 12 graden hoger dan de buitentemperatuur. Bij een gewenste kasttemperatuur van 19 °C kan het scherm dus pas gesloten worden bij buitentemperaturen beneden 7 à 8 °C.
- Op dit tomatenbedrijf heeft dit niet tot problemen geleid omdat er in de maanden met hoge nachttemperaturen (september, oktober en april) op dit tomatenbedrijf niet belicht is vanwege het planttijdstip (sept, okt) en vanwege problemen met de balans tussen generatieve en vegetatieve ontwikkeling (april).

Op het deelnemende bedrijf zijn wat betreft de RV geen problemen gemeten. De laagste gemeten RV was 69 % onder geheel gesloten scherm met de lampen aan.

2. Hoe reageert de planttemperatuur op schermsluiting?

De planttemperatuur volgt heel direct de kasttemperatuur, beide stijgen en dalen bij toe- of afname van de belichtingsintensiteit. De planttemperatuur ligt gemiddeld 0.6 °C lager dan de kasttemperatuur. Dit verschil tussen planttemperatuur en kasttemperatuur reageert nauwelijks op schermsluiting of op het aan of uit zijn van de lampen. De planttemperatuur is het gevolg van meerdere factoren: instraling, uitstraling, luchtbeweging, en eventueel vochtdeficit en verdampingscapaciteit van het gewas. Tijdens de belichte uren van de nacht zijn afwijkingen van de planttemperatuur ten opzichte van de kasttemperatuur waargenomen tot maximaal 2 °C. Een enkelvoudig verband tussen wel of niet schermen en planttemperatuur is op deze bedrijven niet gevonden.

3. Kan productieverlies worden voorkomen als er, via gewijzigde instelling van de setpoints, gelijke etmaal-gemiddelden worden gerealiseerd en is terugdringen van de minimum buis (minder warmte-input) een optie?

- Bij Rozenbedrijf 1, waar in de maanden september tot en met november in de behandeling extra veel is geschermd, en een iets hogere kasttemperatuur werd gemeten, is een vermindering van productie en productkwaliteit (gram per tak en oogstbaar aantal stuks) gevonden. Het gewas vertoonde ook lichter blad, bladvlekken en 'openflappende bloemen';
- Op de andere rozenbedrijven is geen productieverlies waargenomen, maar daar is in de problematische maanden minder geschermd en er zijn nauwelijks verschillen geweest in scherminstelling tussen controle- en behandelings-afdeling;
- Compenseren van te hoog oplopende kasttemperaturen onder gesloten scherm is niet mogelijk. Verlagen van de dagtemperatuur in de maanden september tot en met november is nauwelijks mogelijk en leidt ook direct tot nog lagere CO₂-gehalten in de kaslucht. De donkerperiode is zo kort (roos) en de kasttemperaturen zijn dan al zo laag dat verdere verlaging nauwelijks mogelijk is.

4. *Voldoen de schermen met 5 of 7% ingeweven kiertjes aan de juiste warmtetechnische eisen om warmte en vocht af te voeren? Zo niet, kan er dan gewerkt worden met een kierregeling of moet dan het oppervlak ingeweven kiertjes worden vergroot?*

Een betere vraagstelling zou nu zijn:

Voldoen de schermen die 85 of 95% lichtdicht zijn aan de juiste warmtetechnische eisen om warmte en vocht af te voeren? Zo niet, kan er dan gewerkt worden met een kierregeling of moet dan het oppervlak ingeweven kiertjes worden vergroot?

Nee, omdat men vrijwel altijd kiest om met een schermkier te werken voldoet het 100% doek duidelijk beter dan de 85 en 95% doeken.

5. *Veroorzaakt de sluiting van het scherm of het trekken van een kier temperatuurverschillen in de kas? Zo ja is inzet van ventilatoren voldoende om de temperatuurverdeling weer gelijk te krijgen?*

Ja, onder gesloten scherm zijn de temperatuurverschillen aanmerkelijk groter dan bij (deels) geopend scherm. Vooral wanneer de lampen aan zijn kunnen er temperatuurverschillen tot 8 °C optreden. Ventilatoren verkleinen de verschillen wel, tot ongeveer de helft. Bij dergelijke grote verschillen zijn ventilatoren dus niet afdoende. Koude plekken zijn het grootste probleem, maar ook warme plekken leiden tot problemen. De tak- en bloemkwaliteit en de gezondheid van het gewas reageren negatief op zowel te koude als te warme plekken.

6. *Wat gebeurt er bij opening van het scherm en hoe speel je daarop in met de klimaatregeling?*

Wanneer in een gesloten scherm een kier wordt getrokken, wordt geen duidelijke daling van de kasttemperatuur waargenomen. Wanneer een dicht scherm geheel wordt geopend (vaak aan het begin van de dag) kan de temperatuurdaling beperkt worden tot ca 1 °C. Dit komt omdat de telers vooraf kunnen inspelen op deze temperatuurdaling.

7. *Hoe kan worden voorkomen dat te hoog oplopende temperaturen en/of RV leiden tot verzwakking van het gewas, te slap, te zacht, zettingsproblemen? (Invloed van regelstrategie en planttemperatuur? Zie punt 2, 3)*

Alleen door te voorkomen dat de kasttemperatuur te hoog oploopt, Dit kan door te werken met een kier in het scherm. Ook kan gereageerd worden met sterker luchten boven het scherm met kier, zodra de kasttemperatuur oploopt. Dit kan wel leiden tot een onrustige raamstand. Een deeloplossing voor onrustige raamstanden bij luchten boven een gesloten scherm is het instellen van een vertraging en het aanpassen van de P-regeling aan de temperatuur boven het scherm wanneer het doek is gesloten. (meet- en regelboxen boven het scherm worden nu nog niet gebruikt.

8. *Wat zijn de economische gevolgen (bij roos) van lichtafscherming bij verschillende bedrijfssituaties? Is een verlengde donkerperiode van 4 naar 6 uur een oplossing?*

De opbrengstderving bij een verplichte reductie van 95% is afhankelijk van het belichtingsniveau en loopt, (zonder donkerperiode) op van € 4.18 bij 40 Watt/m² naar € 33.33 bij 160 Watt/m². Hierbij is er van uit gegaan dat er zo veel stroom wordt ingekocht dat er geen warmte-overschot ontstaat bij gebruik van een buffer van 100 m³/ha. De opbrengstderving bij een verplichte reductie van de uitstraling van 85% is veel kleiner, tabel 11. De opbrengstderving ten gevolge van een verlengde donkerperiode komt bijna 2 tot 4 euro hoger uit dan een reductie van de uitstraling van 85%.

Tabel 11: Opbrengstderving bij diverse scenario's voor reductie uitstraling

| Reductie uitstraling | 95% | 85% | 6 uur donker |
|-------------------------|---------|--------|--------------|
| 40 Watt/m ² | € 4.18 | € 0.49 | € 2.09 |
| 80 Watt/m ² | € 9.88 | € 1.17 | € 4.17 |
| 120 Watt/m ² | € 19.98 | € 2.32 | € 6.17 |
| 160 Watt/m ² | € 33.33 | € 4.33 | € 8.08 |

De opbrengstderving is berekend voor een minimum buistemperatuur van 60 Watt/m². De hoogte van de minimum buistemperatuur heeft grote invloed op het aantal uren dat de lampen vanwege oplopende kasttemperatuur uit moeten, maar ook op het ontstaan van warmte-overschotten bij eigen stroomopwekking door het bedrijf.

Het aantal af te schakelen uren loopt verder op wanneer er door eigen stroomopwekking meer warmte beschikbaar komt dan nodig is voor de ingestelde minimum buistemperatuur. Een warmte-buffer biedt enige ruimte, maar anders moet de warmte aan derden worden geleverd of moet de eigen stroomopwekking worden gestaakt (geheel of deels uitschakelen van de belichting).

9. *Wat is de omtrek van het schaduwpakket in verschillende bedrijfssituaties en hoe groot is de lichtwinst onder gesloten scherm?*

De omtrek van het scherm pakket in opgevouwen toestand bedraagt 18-22 cm en leidt tot 3.6 – 4.4% minder zonlicht en daarmee tot een opbrengstderving van 2.00 tot 2.50 euro/m².

De lichtwinst onder een gesloten schermdoek met een witte onderkant bedraagt op langere termijn 2% en verhoogt daarmee de productie met ca. € 0.80 bij een belichtingsintensiteit van 80 Watt/m².

6 Enkele aandachtspunten

6.1 Kwaliteitsstreven.

Om te kunnen overleven zullen de rozentelers in de toekomst nog meer dan voorheen moeten mikken op bovengemiddeld goede kwaliteit. Twee zaken die daarmee samenhangen is 1. De lichtintensiteit: hoe meer licht, hoe meer kilo's productie. 2. De teelttemperatuur: hoe lager de temperatuur, hoe zwaarder de takken en hoe groter de knoppen. Ook 'pokken' (aantasting met Botrytis) zijn een bedreiging van de kwaliteit. Een hogere RV in de kas (op de koude plekken) verhoogt de kans op pokkenvorming. Open bloemen: hoge nachttemperatuur leidt tot 'openflappende bloemen', die bij de afnemers niet worden gewaardeerd.

Om de concurrentie met de importrozen te kunnen volhouden zullen er in de toekomst steeds meer rozen worden geteeld met zware stelen en grote knoppen. Dit is alleen te bereiken met een lage teelttemperatuur en een hoog lichtniveau. De trend zal dus zijn dat de teelttemperatuur af neemt en het belichtingsniveau toeneemt.

Een slechte temperatuurverdeling in de kas leidt tot koude en warme plekken. Op deze plekken kunnen kwaliteitsproblemen optreden, afhankelijk of het er te koud (verkleurde knoppen) of te warm is (openspringende knoppen). Gebruik van bovenscherm, zeker in combinatie met de lampen, vergroot de plaatselijke afwijkingen van de temperatuur en daarmee dus ook de kwaliteitsproblemen.

Bij tomaten is het belichtingsseizoen momenteel korter dan bij roos: een maximumdaglengte van 16 uur wordt gehanteerd vanaf planten in september/oktober tot eind maart. Bij een langere daglengte neemt de productie relatief (gram productie per input lichteenheid) sterk af. Hierdoor komen de tomatentelers minder in de knel bij regelgeving van lichtuitstoot. Het is echter goed denkbaar dat op termijn een teeltkundige oplossing wordt gevonden om de nadelen van lange belichting om te zetten in voordelen. Op dat moment moet er ook voor de tomatentelers een oplossing zijn voor het beheersen van de kastemperatuur bij afscherming van de lichtuitstoot.

6.2 Klimaatregeling met assimilatiescherm.

De klimaatregelings programma's zijn nog niet toegesneden op telen met een assimilatiescherm. Eén van de problemen die op kunnen treden bij luchten boven een gesloten scherm is een onrustige stand van de ramen. Dit komt omdat de klimaatregeling reageert op de meet- en regelbox onder het scherm, en de regeling de ramen boven het scherm aanstuurt. In de huidige klimaatcomputers kan de onrust in de regeling deels verholpen worden door de een vertraging in te stellen en de opening (P-band) voor de ramen aan te passen.

Bij één van de rozenbedrijven heeft de leverancier van de klimaatcomputer aanpassingen aangebracht in de programmatuur, zodat luchten boven een (gesloten) scherm een minder onrustig beeld geeft in raambeweging, schermbeweging en daarmee kastemperatuur. Het probleem van een onrustige regeling is echter nog niet geheel opgelost. Een extra meet- en regelbox boven het scherm is mogelijk ook een oplossingsrichting.

6.3 Geschikte schermdoeken en schermconstructies

Overleg met één van de schermfabrikanten maakt duidelijk dat ook zij worden geconfronteerd met de knelpunten die in dit project naar voren komen: zoveel mogelijk beperking van de lichtuitstoot, gecombineerd met voldoende warmteafvoer. Schermleveranciers zijn bezig om hiervoor technische oplossingen te zoeken. Eén van deze oplossingen wordt al toegepast in de vorm van een volledig dicht scherm in de drie banen langs de gevels. Dit beperkt de koude zones langs de gevels.

6.4 Schermtypen:

Energiebesparingsdoeken vs 'assimilatie-doeken'. Energiebesparingsdoeken zijn vaak transparant, en daarom niet geschikt om lichtuitstoot te verminderen: ze houden weliswaar een deel van het licht tegen, maar zijn slecht lucht- en vochtdoorlatend, zodat ze veel sterker dan de assimilatie-doeken zullen leiden tot een verhoging van de temperatuur en RV bij gebruik in gesloten toestand of met een beperkte kier.

De opbouw van een assimilatiescherm is als volgt:

Een 85% lichtdicht scherm bestaat voor het grootste deel uit licht(en dus ook lucht-)dichte bandjes. Daarnaast bevat het 7% smalle open kiertjes en nog 7% doorzichtige (dus lichtdicht maar niet lichtdichte) bandjes.

Een 95% lichtdicht scherm bestaat uit lichtdichte bandjes, met op elke 14 bandjes één open kiertje.

Een 100% lichtdicht scherm bestaat uit lichtdichte bandjes met stroken vochtdoorlatend weefsel.

6.5 Wat wordt verstaan onder 'Schermkier'

Een schermdoek kan geheel geopend of gesloten worden, maar ook gedeeltelijk geopend. Dat wil zeggen dat elke schermstrook van 4 á 5 meter (afhankelijk van pootafstand) niet helemaal dicht loopt. Een kier van 10% in een scherm van 4 meter wil dus zeggen: een open strook van 40 cm.

Daarnaast zijn een aantal schermdoeken voorzien van kleine ingeweven open kiertjes. Dit bepaalt de lucht- en lichtdoorlatendheid van een doek. Deze open kiertjes kunnen tot 7% van de oppervlakte beslaan. Wanneer bijvoorbeeld een 95% lichtdicht scherm geheel gesloten wordt is er nog 5% lichtuitstoot. Met een kier van 10% is er dus ca 15% lichtuitstoot.

Een zg. 100% lichtdicht scherm bevat nog vochtdoorlatend weefsel, daardoor is het scherm meer dan 99% lichtdicht.

6.6 Geschiktheid verschillende kasdektypen voor bovenafscherming.

In het beschreven onderzoek is een bepaald type kas (Venlo met enkel glas) betrokken. In de praktijk zijn er nog vele andere typen kas die andere perspectieven hebben voor bovenafscherming. De isolerende waarde van het kasdek materiaal (Stegdoppel, Hortiplus, dubbel glas) is hoger dan dat van de in dit onderzoek deelnemende bedrijven. Dit heeft bij gesloten ramen invloed op het temperatuurverschil tussen de kas en buiten, deze wordt nog groter. Dus als onvoldoende geventileerd kan worden (weersomstandigheden) zal de temperatuur in de kas nog verder oplopen dan op de onderzoeksbedrijven. In figuur 18 zouden de drie bovenste lijnen (ramen gesloten) dan een hoger startpunt hebben.

Zodra de ramen open gaan is isolerende waarde van elk kasdek minder relevant voor de te realiseren kastemperatuur. Dan is het type luchting en grootte van de luchtramen meer van invloed. In figuur 18 zouden de drie onderste lijnen (ramen geopend) ongeveer hetzelfde startpunt behouden.

6.7 Kasconstructie en kasinstallaties

De hoogte van de kas (en daarmee de afstand van de lampen tot het gewas), de ligging t.o.v. de heersende windrichting, en t.o.v. omringende bebouwing, maken allemaal verschil voor de mogelijkheden om via ventilatie warmte en vocht af te voeren.

Ook de plaatsing van het energiebesparende doek en van de lampen kan bepalend zijn voor de (on-) mogelijkheden om nog een extra assimilatie-doek te installeren. Er is een minimale afstand tussen doek en lamp voorschreven door de (brand-)verzekering.

Een extra scherminstallatie geeft ook extra krachten in de kas. In sommige kassen is het niet mogelijk om er een extra scherm te installeren, omdat de kasconstructie niet sterk genoeg is.

Insectengaas in de ramen belemmert de ventilatie, en dus ook de mogelijkheid warmte af te voeren boven het (geheel of gedeeltelijk gesloten) assimilatiescherm. Waarschijnlijk wordt hierdoor eerder de maximale raamopening bereikt, en daarmee is de mogelijkheid om warmte af te voeren kleiner.

7 Literatuuroverzicht

Rijssel E. van, Vogelesang J., Leeuwen G. van, Wiel, A. van der, Weel P. van, 1995. Belichten onder gesloten bovenscherm. Effect schermtoepassing op kasklimaat, productie, kwaliteit en bedrijfsresultaat bij roos. Proefstation voor de Bloemisterij en Glasgroenten, rapport 4, 38 pg.

Rijssel E. van, Leliveld H. 2004. Perspectief bovenafscherming bij belichting. Toepassing bovenafscherming bij roos om uitstraling van assimilatielicht te voorkomen. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving Glastuinbouw, intern rapport.

Rijssel E. van, Oostingh C., 2004. Vragen rond bovenafscherming belichte teelten. Enquête naar ervaring met scherm op bedrijven met assimilatiebelichting bij diverse teelten Praktijkonderzoek Plant en Omgeving Glastuinbouw, intern rapport fase 1.

Rijssel E. van, Marissen N., Oostingh C., Koning P. de, 2005. Belichten onder gesloten bovenscherm. Tussentijdse rapportage, fase 2.

Westerman A.D., Benninga, j., van Uffelen, R.L., Nienhuis, J. en Reijnders, C. 2005. Lichtemissiereductiescherm en fiscale stimulerings; Onderbouwing aanvraag voor MIA en EIA. Rapport Project 4018200 LEI-DLO.

Bijlage 1

Om inzicht te bieden in de tekst van het convenant is de tekst ervan hieronder weergegeven.

Gezamenlijke verklaring plan van aanpak Maatschappelijke belichting en afscherming in de glastuinbouw

Partijen:

LTO Nederland, als vertegenwoordiger van de glastuinders streeft naar een maatschappelijk verantwoorde en economische rendabele glastuinbouw in Nederland.

De Stichting Natuur en Milieu, als particuliere organisatie die de bescherming van natuur en milieu tot doelstelling heeft in samenwerking met Platform Lichthinder het volgende in aanmerking nemende:

Het gebruik van groeilicht is van belang voor de glastuinbouw in Nederland. Door het toenemende gebruik van groeilicht, de toename van de lichtsterkte, en de spreiding en uitbreiding van de glastuinbouw naar nieuwe locaties de hinder ten gevolge van de emissie van het groeilicht is toegenomen. Hierdoor is het vraagstuk van de lichtemissie en vooral dat van de lichthinder hoog op de 'maatschappelijke' agenda geplaatst.

Deze ontwikkelingen vragen van de glastuinbouwsector en de overheid handelend optreden. Zijn het volgende plan van aanpak overeengekomen:

Maatschappelijk verantwoorde belichting en afscherming in de glastuinbouw

1. Inleiding

Het toenemende gebruik van groeilicht, de toename van de lichtsterkte, en de spreiding en uitbreiding van de glastuinbouw naar nieuwe locaties hebben het vraagstuk van de lichtemissie en vooral dat van de lichthinder hoog op de 'maatschappelijke' agenda geplaatst en vragen van het bedrijfsleven zowel als de overheid handelend optreden.

LTO Nederland, als vertegenwoordiger van de glastuinbouwsector en de Stichting Natuur en Milieu (SNM), in samenwerking met het Platform Lichthinder, zijn om deze reden een dialoog gestart om te komen tot een plan van aanpak over de lichtemissie en nader te stellen eisen. Op verzoek van beide partijen faciliteert het projectbureau Glastuinbouw en Milieu dit overleg.

Deze notitie heeft als doel aan te geven:

- Tot welk niveau de lichtemissie van de glastuinbouw moet c.q. kan worden gereduceerd;
- Op welke wijze en met welke middelen / instrumenten deze doelstelling kan worden gerealiseerd;
- Het tijdstraject waarbinnen het vereiste niveau van lichtemissiereductie zou moeten worden bereikt.

Bovengenoemd doel is uitgewerkt voor situaties, waarin hinder voor omwonenden het prevalerende probleem is, en heeft drie toespitsingen te weten:

- De huidige wetgeving (inclusief het realiseren van quick wins);
- De aanpak van het traject in nieuwbouwsituaties;
- De aanpak van het traject in bestaande situaties;

Voordat deze toespitsingen meer uitvoerig worden toegelicht zijn er op voorhand nog een aantal opmerkingen te plaatsen.

LTO en SNM realiseren zich dat er nog de nodige kennishiaten zijn. Het gaat daarbij onder meer om de (on)mogelijkheden van teelten bij een bepaald niveau van afscherming. Er zijn nog de nodige vragen over klimaatbeheersing, energiehuishouding en hinderbeleving. Het ontbreken van deze kennis heeft partijen er echter niet van weerhouden een ambitieus plan van aanpak op te stellen, waarin niveaus van afscherming specifiek worden benoemd. Hiermee wordt om de volgende redenen geen onverantwoord risico genomen:

- Er wordt op korte termijn een onderzoeksprogramma gestart. Prioriteit wordt daarbij gegeven aan de (volgens verwachting) meest wezenlijke knelpunten. Hierbij kan onder meer worden gedacht aan het schermen in de vooravond (bij hogere temperaturen).
- Partijen hebben afgesproken dat aanpassing van het plan van aanpak noodzakelijk is, indien uit resultaten van het onderzoeksprogramma wordt vastgesteld dat het ambitieniveau niet haalbaar is.

- Het is de bedoeling om verschillende elementen uit dit plan van aanpak, waaronder de niveaus van afscherming, op te laten nemen in het Besluit Glastuinbouw. De ervaring leert dat dit een langdurig proces is. De formele juridische bekrachtiging van het plan van aanpak zal in dit kader naar verwachting tot begin 2007 op zich laten wachten. Aanpassing of aanscherping van de voorschriften en de daarbij behorende normeringen zijn gebaseerd op een solide onderbouwing. Wel beschikken lagere overheden (provincies en gemeenten) in het kader van de Wet Milieubeheer en de Wet Ruimtelijke Ordening over mogelijkheden om delen van dit plan van aanpak voordien te implementeren.

2. Onderzoeksvragen

LTO Nederland en SNM hebben geconstateerd dat de haalbaarheid van hun ambities in belangrijke mate bepaald wordt door de stand van de techniek, een tijdige opvulling van kennislücken en effecten daarvan op de bedrijfsvoering van de bedrijven. Het is van groot belang dat een aanpassing of aanscherping van de voorschriften en de daarbij behorende normeringen gebaseerd zijn op een solide onderbouwing. Dit is niet alleen van belang voor het verwerven van draagvlak in de sector en voor de handhaafbaarheid van te stellen regels, maar ook om de gekozen route en middelen naar de samenleving te kunnen verantwoorden.

Een inventarisatie van verricht onderzoek en de praktijkervaringen van (teelt)technische mogelijkheden van 85-95% reductie van de lichtemissie is van groot belang. De beschikbare informatie moet vervolgens vertaald worden naar de bruikbaarheid voor (overige) belichte gewassen. Mocht blijken dat de benodigde (teelt)technische kennis c.q. ervaring niet of onvoldoende aanwezig is, dan zal een onderzoeksprogramma moeten worden opgestart.

Voor 1 december 2004 zullen LTO Nederland en SNM een notitie opstellen waarin een inventarisatie van de onderzoeksvragen is gemaakt en de financieringswijze van het noodzakelijke onderzoek is aangegeven.

Inventarisatie onderzoeks- en ontwikkelingsvragen

- Praktijkonderzoek naar de (teelt)technische mogelijkheden van een afscherming op een niveau van 85-95% voor teelten en rassen waarbij op dit punt problemen worden verwacht. In het onderzoek moeten teelttechnische aspecten (zoals temperatuur, vocht en gewasbescherming), bedrijfseconomische aspecten (kosten, opbrengsten, productieplanning en kwaliteit) en optimalisering van de energiehuishouding en klimaatbeheersing (inclusief ontwikkeling van software) worden bekeken;
- Is het mogelijk een normeringssysteem voor lichtemissie en hinder op te zetten? Doel is te komen tot een heldere en bruikbare regeling over toegestane emissieniveaus en daaraan gerelateerde hinder;
- Wat is de hinderbeleving bij de burger? Gestreefd wordt naar een emissiereductie van 95%. Wat is de extra milieuwinst of afname van de hinderbeleving indien de emissie van 85% wordt teruggedrongen naar 95%?
- Wat is het effect op de bedrijfsvoering (teelttechnische en bedrijfseconomisch) van het gebruik van meerdere schermtypen ten behoeve van het reduceren van de lichtemissie?
- Wat is het effect van een donkerteperiode/licht uit-periode en het wegschermen van de lichtkegel gedurende de rest van de nacht, op de bedrijfsvoering (teelttechnische en bedrijfseconomisch) en wat zijn de gevolgen voor de hinderbeleving van de omgeving?
- Wat is het beste tijdstip voor deze donkerteperiode/licht uit-periode in relatie tot de bedrijfsvoering (teelttechnische en bedrijfseconomisch) en de hinderbeleving van de omgeving?
- Wordt de lichthinder weggenomen als een maximum percentage licht van de uitstraling wordt toegestaan of is een maximum niveau van lichtuitstraling relevant?
- Wat zijn de mogelijkheden om te veredelen op lichtefficiënte rassen?
- Wat zijn de 'brandhaarden' waar spanningen zijn tussen belichtende tuinders en omwonenden/maatschappelijke organisaties over lichthinder, en wat zijn in die situaties handreikingen voor vermindering van de lichthinder?

3. De huidige wetgeving plus het realiseren van quick wins

De quick wins (de vrij eenvoudig te nemen maatregelen) die nu al kunnen worden genomen om de lichtemissie en –hinder terug te brengen zijn:

- het voorkomen van lichtkegelvorming door zoveel mogelijk de al aanwezige (energie)schermen geheel of gedeeltelijk te sluiten;
- het daadwerkelijk naleven van de wet- en regelgeving ten aanzien van de zijgevelafscherming ter voorkoming van lichtuitstraling en de donkerteperiode.

a. Wegschermen 'lichtkegel'

Wanneer de gevelafscherming op orde is, vormt de 'lichtkegel' de grootste bron van lichthinder. Op korte termijn kan de lichthinder al voor een groot deel worden teruggedrongen, door buiten de verplichte donkerteperiode, zoveel mogelijk de al aanwezige (energie)schermen te sluiten.

b. Naleving en handhaving huidige regelgeving

Voorschriften

Het huidige Besluit glastuinbouw kent ten aanzien van het gebruik van groeilicht de volgende voorschriften:

- *Gevelafscherming. Van zonsondergang tot het tijdstip van zonsopgang moet gevelafscherming de lichtuitstraling op een afstand van 10 meter tenminste met 95% reduceren. (Overgangperiode van 3 jaar (tot 1 april 2005) voor bestaande kassen waarvan binnen 10 m een object of voorziening er voor zorgt dat de lichtuitstraling met 95% wordt gereduceerd;*
- *Van 1 september tot 1 mei is toepassing van groeilicht van 20.00-24.00 uur niet toegestaan, tenzij de lichtuitstraling aan de bovenzijde van de kas met 95% wordt gereduceerd.(= de zogenaamde donkerperiode).*

Deze voorschriften impliceren dat de tuinder gehouden is aan een 'donkerperiode' van 20.00 tot 24 uur, tenzij hij de emissie van het groeilicht in die periode met tenminste 95% weet te reduceren. Buiten deze periode is het gebruik van groeilicht niet aan voorschriften onderworpen. Per april 2005 vervalt de in het huidig Besluit glastuinbouw opgenomen overgangsregeling voor zijgevelafscherming en moeten in alle kassen een gevelschem zijn aangebracht, dat op een afstand van 10 m de lichtuitstraling met tenminste 95% reduceert.

Naleving

De naleving van de huidige regelgeving ten aanzien van het gebruik van groeilicht wordt door een deel van de glastuinbouwbedrijven stelselmatig overtreden. LTO Nederland zal een dringend beroep doen op de tuinders om de huidige en de toekomstige regelgeving te respecteren LTO Nederland en SNM vinden dat het voor de Wet Milieubeheer bevoegd gezag, uitzonderingen daar gelaten, nog steeds onvoldoende toezicht houdt op de naleving van de huidige voorschriften en deze bij overtreding niet of onvoldoende handhaaft. Beide organisaties vinden dit niet aanvaardbaar. LTO Nederland en SNM willen bevorderen, dat:

- Landelijk gedurende enkele jaren een prioriteit wordt toegekend aan het toezicht op de naleving en de handhaving van de belichtingsvoorschriften respectievelijk de registratie- en rapportageverplichting op dit onderdeel van het Besluit glastuinbouw. LTO Nederland en de stichting Natuur en Milieu zullen de Staatssecretaris Milieubeheer verzoeken in het BLOM-overleg deze prioriteit vast te stellen en hen verzoeken zijn Inspectie Milieubeheer op de uitvoering van de voorschriften te laten toezien;
- De Inspectie Milieubeheer jaarlijks het toezicht op de naleving en de handhaving van de voorschriften door het Wm bevoegd gezag monitort. Deze rapportage zal aan LTO Nederland en de stichting Natuur en Milieu worden aangeboden;
- De mate van naleving van de voorschriften door de glastuinbouwbedrijven jaarlijks wordt gemonitord. Voor dit toezicht kan het Wm bevoegd gezag op grond van meet- en rapportageverplichting van het Besluit glastuinbouw jaarlijks een geactualiseerd overzicht krijgen van alle belichtende tuinders. Het LIM-Infomil (Landelijk Informatiepunt Milieuhandhaving) wordt voorts verzocht hierover jaarlijks te rapporteren aan LTO Nederland en de stichting Natuur en Milieu.

4. De aanpak van het traject in nieuwbouwsituaties

a. Definitie

Onder een nieuwbouwsituatie wordt verstaan:

- Een nieuw te bouwen kas waarin groeilicht wordt aangebracht. Hierbij is het uitgangspunt dat, ongeacht de teelt, maatregelen mogelijk zijn om de lichtemissie terug te brengen. Bijvoorbeeld door het aanbrengen van een bovenscherm;
- Een bestaande kas waarin groeilicht wordt aangebracht. Hierbij is het uitgangspunt dat op het moment dat het groeilicht wordt aangebracht, de bestaande kas tevens geschikt wordt gemaakt om, ongeacht de teelt, maatregelen te nemen om de lichtemissie terug te brengen. Bijvoorbeeld door het aanbrengen van een bovenscherm.

b. Stappenplan

In de onderstaande tabel is het stappenplan weergegeven voor nieuwbouwsituaties.

Datum (vanaf) Minimumniveau van bovenafscherming:

- 1 januari 2005 - De huidige wetgeving plus het wegschermen van de lichtkegel of
 - o 85% afschermen, waarmee donkerteperiode niet van toepassing is; afschrijvingstijd scherm: 7 jaar
 - o Kiest men voor wegschermen van de lichtkegel, dan is de verdere route als voor bestaande situaties, zie hoofdstuk 5
- 1 januari 2006 - Direct 85% afschermen, waarmee donkerteperiode niet van toepassing is; afschrijvingstijd scherm 6 jaar
- 1 januari 2007 - Direct 85% afschermen, waarmee donkerteperiode niet van toepassing is; afschrijvingstijd scherm 5 jaar
- 1 januari 2008 – Direct 95% afschermen (donkerteperiode vervalt)

Toelichting: Het plan van aanpak is er op gericht om (stapsgewijs) te komen tot 95% afscherming op 1 januari 2008. In eerder jaren kan men nog een lager niveau van afscherming aanbrengen. Om kapitaalvernietiging te voorkomen en rekening houdend met de geldende afschrijvingstermijnen krijgt de tuinder vijf tot zeven jaar de tijd om het 85% scherm te vervangen door een 95% scherm. Na het aanbrengen van een 85% scherm vervalt de donkerteperiode. De 85% en 95% doelen worden doorgevoerd tenzij uit onderzoek is aangetoond dat dit (teelt)technisch of bedrijfseconomisch niet mogelijk is. Voor de situatie na 2008 zal bij het stellen van eisen voor nieuwbouwsituaties worden aangesloten bij de dan geldende stand der techniek, waarbij gestreefd zal worden naar een 100% afscherming.

5. Het traject in bestaande situaties

a. Definitie

Een bestaande situatie is een glastuinbouwbedrijf dat voor 1 januari 2005 reeds groeilicht toepaste. Hierbij moet onderscheid gemaakt worden in bedrijven waar een bovenscherm kan worden aangebracht en bedrijven waarin géén bovenscherm kan worden aangebracht. De laatste categorie betreft bedrijven met een poothoogte kleiner dan 3,5 meter.

b. Stappenplan

In de onderstaande tabel is het stappenplan weergegeven voor bestaande situaties.

Datum (vanaf) Minimumniveau van bovenafscherming

- 1 januari 2005 Het wegschermen van de lichtkegel door het sluiten van de energieschermen. Indien een scherm wordt aangebracht 85% afschermen, waarmee de donkerteperiode niet van toepassing is. Afschrijvingsperiode voor dit scherm 7 jaar.
- 1 januari 2006 Voor bedrijven die een scherm installeren (poothoogte > 3,5 m.): 85% afschermen, de donkerteperiode is niet van toepassing. Afschrijvingsperiode voor dit scherm 6 jaar, wanneer geïnstalleerd in 2006 en 5 jaar, wanneer geïnstalleerd in 2007.
- 1 september 2006 Bedrijven die geen scherm kunnen installeren (poothoogte < 3,5 m) krijgen een donkerteperiode van zes uur.

- 1 januari 2008 Voor bedrijven die een scherm kunnen installeren direct 95% afschermen. De donkerteperiode vervalt.
- 1 januari 2008 Voor bedrijven die geen scherm kunnen installeren valt er alleen nog te belichten na een vrijstelling door het bevoegd gezag.

Toelichting: Het plan van aanpak is er op gericht om (stapsgewijs) te komen tot 95% afscherming op 1 januari 2008. In eerder jaren kan men nog een lager niveau van afscherming aanbrengen. In de overgangperiode van 2005-2008 dienen tot het moment van installatie van een 85% scherm de reeds aanwezige (energie)schermen bij gebruik van groeilicht in de periode van zonsondergang tot zonsopgang te zijn gesloten.

Om kapitaalvernietiging te voorkomen en rekening houdend met de geldende afschrijvingstermijnen krijgt de tuinder vijf tot zeven jaar de tijd om het 85% scherm te vervangen door een 95% scherm.

Tuinders die niet kunnen schermen, dienen in principe het gebruik van groeilicht 1 januari 2008 te beëindigen, tenzij zij beschikken over een door het voor de Wet Milieubeheer bevoegd gezag verstrekte (tijdelijke)vrijstelling. De 85% en 95% doelen worden doorgevoerd tenzij uit onderzoek is aangetoond dat dit (teelt)technisch of bedrijfseconomisch niet mogelijk is. Voor de situatie na 2008 zal bij het stellen van eisen voor nieuwbouwsituaties worden aangesloten bij de dan geldende stand der techniek, waarbij gestreefd zal worden naar een 100% afscherming.

6. Overige afspraken

Voor het stappen plan en de te nemen acties voor alle bedrijven gelden de volgende overige afspraken:

- Daar het niveau van de lichtemissie is gerelateerd aan de lichtintensiteit, wordt de toe te passen lichtsterkte bij de eerstvolgende wijziging van het Besluit glastuinbouw gebonden aan een maximum van 15.000 Lux/m², tenzij de lichtemissie met 100% wordt gereduceerd.
- Bij extreem koude nachten (kouder dan -10 °C) kunnen bedrijven die geen scherm hebben onder nader op te nemen voorwaarden (w.o. in ieder geval een meldingsplicht vooraf aan het bevoegd gezag) tot 1 september 2008 afwijken van de donkerteperiode.
- Het minimumniveau van bovenafscherming kan ook gerealiseerd worden met meerdere schermen.

Bovenstaande afspraken zijn gemaakt voor situaties waar het probleem van hinder voor mensen prevaleert. Er zijn echter ook gebieden waar de belangen van de natuur prevaleren. Daarbij kan worden gedacht aan gebieden die vallen onder de Habitat richtlijn van de Europese Unie. De beide organisaties menen dat in deze gebieden de toepassing van groeilicht niet gewenst is, tenzij dit voor 100% is afgeschermd. Nieuwe kassen gebieden dienen elders te worden gerealiseerd. Voorzover er belichtende kassen in zulke gebieden zijn, verdient verwijdering in het kader van de ruimte voor ruimte regeling aanbeveling.

Aldus overeengekomen:

Den Haag
5 oktober 2004

F.H. Hoogervorst
Voorzitter LTO Glastuinbouw

A. van den Biggelaar
Directeur Stichting Natuur en Milieu,
voor deze, L. Reijnders
Stichting Natuur en Milieu

5-10-2004 Maatschappelijk verantwoorde belichting en afscherming in de glastuinbouw 5-10-2004
LGBR.04.1208/6
06.04.08

Bijlage 2

Tabel 1

Dit is de uitgebreide versie van tabel 1 in de tekst. Het buitenklimaat en de gerealiseerde kasttemperatuur zijn in deze tabel ook weergegeven.

Data rozenbedrijf 1, 85% lichtdicht scherm

| Maand | Buitenklimaat, etmaalgemiddelde | | | | belichte uren |
|----------|---------------------------------|---------|----------|--------------|---------------|
| | geregistr. aantal dg | temp oC | wind m/s | strasom J/m2 | |
| sept | 23 | 15.1 | 1.8 | 1047 | 11.5 |
| okt | 18 | 13.8 | 2.5 | 673 | 16.2 |
| november | 12 | 9.1 | 4.3 | 325 | 17.8 |
| december | 12 | 3.6 | 2.5 | 173 | 21.4 |
| januari | 22 | 1.1 | 2.8 | 196 | 21.2 |
| februari | 5 | 0.8 | 0.6 | 141 | 20.2 |

| Belichte uren beide afdelingen (gelijk ingesteld) | | | |
|---|------|--------|------|
| dag | | nacht | |
| 30/70% | 100% | 30/70% | 100% |
| 2.3 | 1.2 | 1.4 | 6.6 |
| 2.5 | 3.0 | 0.5 | 10.2 |
| 0.7 | 5.0 | 0.4 | 11.7 |
| 1.3 | 5.2 | 0.4 | 14.5 |
| 1.3 | 5.4 | 1.0 | 13.5 |
| 2.2 | 5.1 | 1.2 | 11.7 |

Geschermden uren, belichte nacht berekend naar 100%

| controle | | behand. | |
|----------|------|---------|------|
| 30/70% | 100% | 30/70% | in % |
| 0.0 | 0.0 | 0.1 | 3.1 |
| 0.1 | 0.1 | 0.2 | 5.9 |
| 0.2 | 1.5 | 0.3 | 8.9 |
| 0.3 | 10.1 | 0.3 | 12.2 |
| 1.1 | 11.8 | 1.1 | 12.8 |
| 1.5 | 10.5 | 1.5 | 10.5 |

Kasttemperatuur controle +behand.

| controle | | behand. | |
|----------|-------|---------|-------|
| rechts | links | rechts | links |
| 21.1 | 21.0 | 20.3 | 20.0 |
| 20.5 | 20.1 | 19.4 | 19.7 |
| 19.4 | 19.8 | 20.2 | 21.3 |

Data rozenbedrijf 2, 95% lichtdicht scherm

| Maand | Buitenklimaat, etmaalgemiddelde | | | | belichte uren | |
|----------|---------------------------------|---------|----------|--------------|---------------|---------|
| | geregistr. aantal dg | temp oC | wind m/s | strasom J/m2 | controle | behand. |
| sept | 13 | 17.3 | 2.2 | 1274 | 12.9 | 12.9 |
| okt | 27 | 12.9 | 2.5 | 750 | 17.9 | 17.9 |
| november | 6 | 7.3 | 2.5 | 405 | 22.4 | 22.4 |
| december | 30 | 4.7 | 2.8 | 211 | 23.2 | 23.2 |
| januari | 20 | 2.0 | 3.6 | 198 | 22.9 | 22.9 |
| februari | 27 | 2.6 | 3.9 | 389 | 22.3 | 22.3 |
| maart | 26 | 4.0 | 3.6 | 926 | 18.9 | 18.9 |
| april | 25 | 8.0 | 3.0 | 1418 | 13.5 | 13.5 |

| Belichte uren beide afdelingen (gelijk ingesteld) | | | |
|---|------|-------|------|
| dag | | nacht | |
| 50% | 100% | 50% | 100% |
| 2.5 | 1.8 | 4.2 | 4.4 |
| 3.8 | 3.0 | 4.4 | 6.8 |
| 3.2 | 4.8 | 3.5 | 10.9 |
| 0.2 | 6.8 | 2.2 | 14.0 |
| 3.4 | 4.0 | 2.7 | 12.8 |
| 5.7 | 2.4 | 1.7 | 12.4 |
| 6.0 | 1.2 | 1.8 | 9.9 |
| 3.6 | 0.3 | 2.3 | 7.3 |

Geschermden uren, belichte nacht berekend naar 100%

| controle | | behand. | |
|----------|------|---------|------|
| 50% | 100% | 50% | 100% |
| 0.9 | 0.0 | 1.1 | 1.2 |
| 2.5 | 3.3 | 2.8 | 4.3 |
| 2.7 | 7.9 | 3.0 | 8.4 |
| 1.9 | 11.0 | 1.9 | 11.0 |
| 2.1 | 10.5 | 2.1 | 10.6 |
| 1.4 | 9.9 | 1.4 | 10.0 |
| 1.2 | 8.2 | 1.2 | 8.3 |
| 1.8 | 4.3 | 1.7 | 5.8 |

Kasttemperatuur controle +behandeling

| controle | | behandeling | |
|----------|-------|-------------|-------|
| rechts | links | rechts | links |
| 22.2 | 22.4 | 22.2 | 22.9 |
| 20.5 | 21.2 | 20.4 | 21.7 |
| 19.1 | 19.2 | 18.7 | 19.0 |
| 19.2 | 19.5 | 19.2 | 19.8 |
| 18.5 | 19.6 | 18.3 | 19.9 |
| 19.4 | 19.9 | 19.0 | 20.0 |
| 20.9 | 21.2 | 20.7 | 21.0 |
| 21.6 | 21.4 | 21.3 | 21.5 |

Data rozenbedrijf 3, 99% lichtdicht scherm

| Maand | Buitenklimaat, etmaalgemiddelde | | | | belichte uren |
|-------------------|---------------------------------|---------|----------|--------------|---------------|
| | geregistr. aantal dg | temp oC | wind m/s | strasom J/m2 | |
| september | 30 | 15.6 | 2.8 | 886 | 7.5 |
| oktober t/m 10e | 10 | 14.4 | 1.7 | 767 | 10.2 |
| oktober vanaf 10e | 21 | 14.5 | 2.9 | 626 | 13.9 |
| november | 29 | 5.9 | 2.7 | 272 | 17.7 |
| december | 31 | 3.7 | 2.7 | 166 | 19.6 |
| januari | 31 | 2.8 | 1.5 | 258 | 19.6 |
| februari | 28 | 1.6 | 2.6 | 304 | 19.2 |
| maart | 31 | 4.7 | 2.7 | 774 | 14.8 |
| april | 30 | 10.5 | 1.9 | 1090 | 9.0 |

| Belichte uren beide afdelingen (gelijk ingesteld) | | | |
|---|------|-------|------|
| dag | | nacht | |
| 50% | 100% | 50% | 100% |
| 1.2 | | 6.3 | |
| 2.9 | | 7.3 | |
| 3.7 | 1.4 | 1.6 | 7.2 |
| 3.3 | 3.3 | 2.7 | 8.3 |
| 0.6 | 6.9 | 1.3 | 10.9 |
| 2.0 | 5.8 | 0.8 | 10.9 |
| 1.1 | 7.9 | 2.0 | 8.2 |
| 3.0 | 3.6 | 1.5 | 6.8 |
| 1.8 | 1.1 | 1.4 | 4.8 |

Geschermden uren, belichte nacht berekend naar 100%

| controle | | behand. | |
|----------|------|---------|------|
| 50% | 100% | 50% | 100% |
| 0.4 | | 3.5 | |
| 0.7 | | 0.6 | |
| 0.3 | 2.1 | 0.3 | 2.1 |
| 2.0 | 6.6 | 2.0 | 6.6 |
| 1.2 | 9.1 | 1.2 | 9.2 |
| 0.8 | 9.2 | 0.8 | 9.3 |
| 1.6 | 7.3 | 1.7 | 7.7 |
| 1.3 | 6.1 | 1.3 | 6.2 |
| 1.2 | 4.4 | 1.2 | 4.4 |

Kasttemperatuur controle +behandeling

| controle | | behandeling | |
|----------|--------|-------------|--------|
| voor | achter | voor | achter |
| 20.1 | 19.5 | 20.1 | 19.2 |
| 20.3 | 20.3 | 20.3 | 20.1 |
| 20.3 | 20.2 | 20.3 | 20.4 |
| 18.6 | 18.4 | 18.4 | 18.6 |
| 18.6 | 18.4 | 18.2 | 18.3 |
| 18.9 | 19.1 | 18.6 | 18.8 |
| 20.1 | 20.1 | 18.7 | 19.2 |
| 20.2 | 19.9 | 19.6 | 19.7 |
| 20.3 | 20.1 | 20.0 | 20.0 |

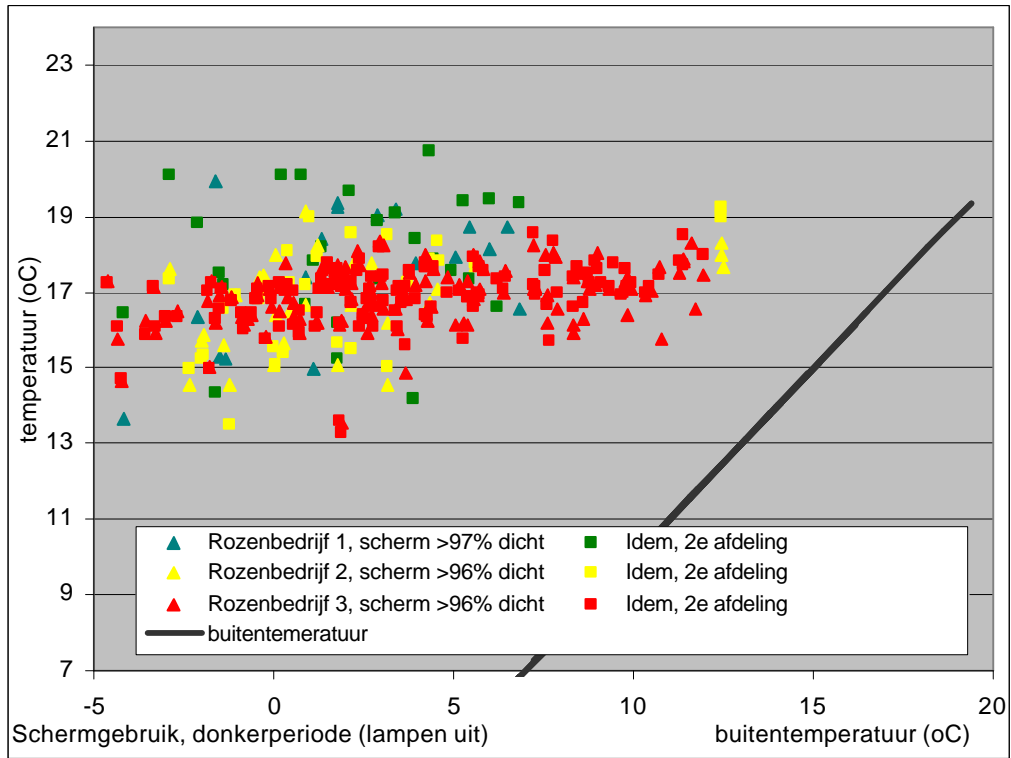
Data tomatenbedrijf, 85% lichtdicht scherm

| Maand | Buitenklimaat, etmaalgemiddelde | | | | Belichte uren beide afdelingen | | |
|----------|---------------------------------|---------|----------|--------------|--------------------------------|------------|------------|
| | geregistr. aantal dg | temp oC | wind m/s | strasom J/m2 | afdeling 1 | afdeling 2 | afdeling 2 |
| november | 19 | 5.7 | 1.7 | 31.3 | 3.9 | 10.1 | 4.1 |
| december | 30 | 5.1 | 1.8 | 22.6 | 10.4 | 12.8 | 7.4 |
| januari | 30 | 3.6 | 1.8 | 37.8 | 12.3 | 12.5 | 6.8 |
| februari | 14 | 2.7 | 2.0 | 38.6 | 12.6 | 12.1 | 5.9 |
| maart | 30 | 5.5 | 2.5 | 109.3 | 7.9 | 6.8 | 3.2 |
| april | 29 | 10.2 | 1.9 | 177.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

| Belichte uren beide afdelingen | | | |
|--------------------------------|-------|------------|-------|
| afdeling 1 | | afdeling 2 | |
| dag | nacht | dag | nacht |
| 3.7 | 0.2 | 6.0 | 4.1 |
| 4.5 | 5.9 | 5.4 | 7.4 |
| 6.0 | 6.3 | 5.7 | 6.8 |
| 6.9 | 5.7 | 6.2 | 5.9 |
| 4.6 | 3.2 | 3.6 | 3.2 |
| 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

Geschermden uren berekend naar 100%

| controle | | behand. | |
|----------|-----------|---------|-----------|
| belicht | onbelicht | belicht | onbelicht |
| 0.2 | 13.0 | 3.7 | 14.4 |
| 5.7 | 17.4 | 7.3 | 17.8 |
| 6.3 | 16.6 | 6.8 | 16.6 |
| 5.7 | 15.1 | 5.8 | 15.2 |
| 3.1 | 8.4 | 3.2 | 9.7 |
| 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.4 |



Figuur 1: Effect van de buitentemperatuur op de aangehouden kastemperaturen in de donkerperiode (belichting uitgeschakeld)

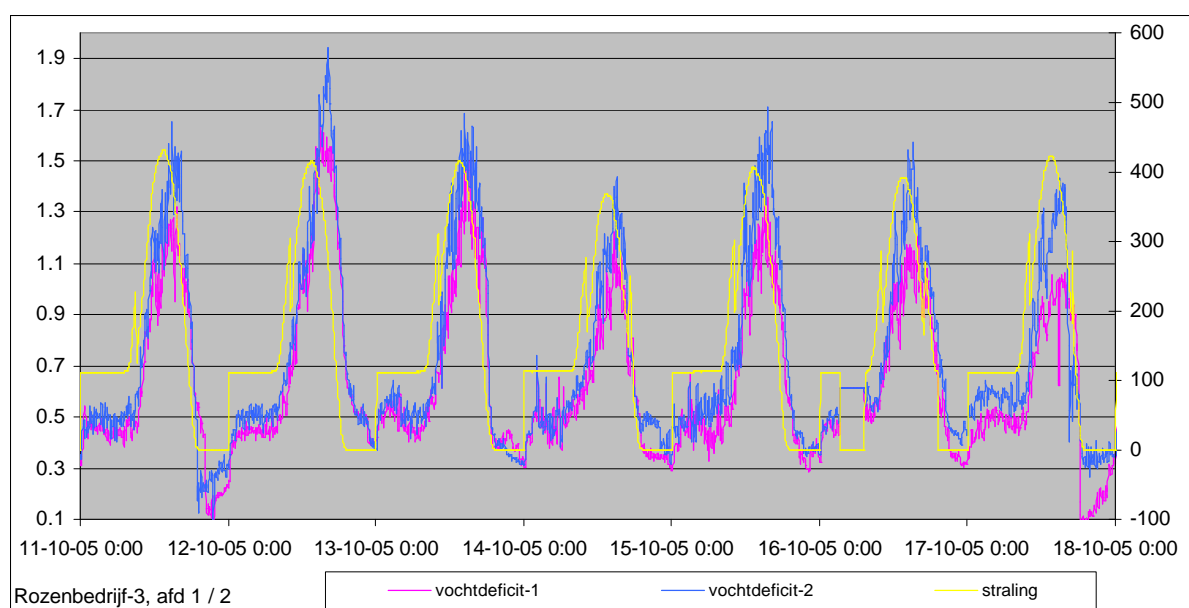
Tabel 2. Schatting van het effect van de schermkier op het temperatuurverschil tussen de lucht boven- en onder het scherm.

| Schermtype Lampstand (% aan) | Tomatenbedr. | | Rozenbedrijf 1 | | Rozenbedrijf 2 | | Rozenbedrijf 3 | |
|---|--------------|--------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|--|
| | LS 85% | LS 85% | 100% | Ph 95% | 100% | Ph 99% | 100% | |
| | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | |
| a. constante (T-verschil scherm open) = | 0.0410 | 0.5201 | 0.4090 | -0.2984 | 0.0954 | -0.1058 | 0.4535 | |
| b. richt.coeff, lin verhoging = | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | |
| c. richt.coeff, exp verhoging = | 0.0010 | 0.0010 | 0.0010 | 0.0010 | 0.0010 | 0.0010 | 0.0010 | |
| d. exponent = | 0.0835 | 0.0783 | 0.0805 | 0.0830 | 0.0868 | 0.0885 | 0.0940 | |
| f. startpunt exp. Verhoging (schermstand) = | 15 | 55 | 40 | 60 | 40 | 45 | 30 | |

X = Stand van het schermdoek in %

| schermst | T-versch | T-versch | T-versch | T-versch | T-versch | T-versch | T-versch |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 100.0% | 5.3 | 4.0 | 4.1 | 4.7 | 6.9 | 7.9 | 13.1 |
| 97.5% | 4.3 | 3.1 | 3.2 | 3.1 | 5.1 | 5.5 | 9.6 |
| 95.0% | 3.6 | 2.5 | 2.6 | 2.1 | 3.8 | 4.0 | 7.1 |
| 92.5% | 3.0 | 2.1 | 2.1 | 1.5 | 2.9 | 2.9 | 5.3 |
| 90.0% | 2.5 | 1.9 | 1.7 | 1.1 | 2.3 | 2.2 | 4.1 |
| 87.5% | 2.2 | 1.7 | 1.5 | 0.9 | 1.8 | 1.7 | 3.1 |
| 85.0% | 1.9 | 1.6 | 1.3 | 0.7 | 1.5 | 1.4 | 2.5 |
| 82.5% | 1.6 | 1.5 | 1.1 | 0.6 | 1.3 | 1.1 | 2.0 |
| 80.0% | 1.4 | 1.4 | 1.0 | 0.6 | 1.1 | 1.0 | 1.6 |
| 77.5% | 1.3 | 1.3 | 0.9 | 0.5 | 1.0 | 0.9 | 1.4 |
| 75.0% | 1.2 | 1.3 | 0.9 | 0.5 | 0.9 | 0.8 | 1.2 |
| 72.5% | 1.0 | 1.3 | 0.8 | 0.4 | 0.8 | 0.7 | 1.0 |
| 70.0% | 1.0 | 1.2 | 0.8 | 0.4 | 0.8 | 0.7 | 0.9 |
| 60.0% | 0.7 | 1.1 | 0.6 | 0.3 | 0.6 | 0.5 | 0.7 |
| 50.0% | 0.6 | 1.0 | 0.5 | 0.2 | 0.5 | 0.4 | 0.5 |
| 40.0% | 0.5 | 0.9 | 0.4 | 0.1 | 0.4 | 0.3 | 0.4 |
| 30.0% | 0.3 | 0.8 | 0.3 | 0.0 | 0.3 | 0.2 | 0.3 |
| 0.0% | 0.0 | 0.5 | 0.0 | -0.3 | 0.0 | -0.1 | 0.0 |

Figuur 2: De samenhang tussen de instraling en het vochtdeficit.





Figuur 3. Bladschade in de behandelde afdeling van bedrijf 1