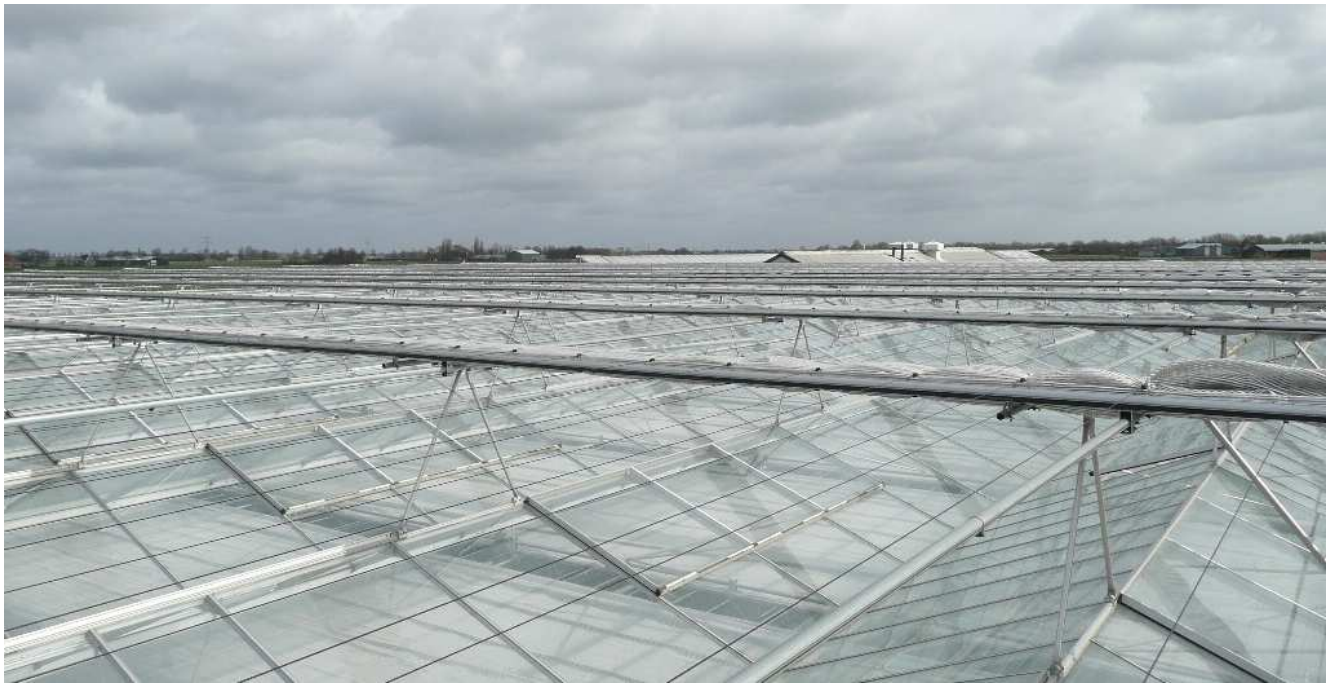
# Buitenscherming voor zwaar geschermde teelten

H.F. de Zwart



Productschap Tuinbouw

Kas als Energiebron

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit

PTnummer 13733

Wageningen UR Glastuinbouw

Rapport GTB-1004

© 2010 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Wageningen UR Glastuinbouw

**Wageningen UR Glastuinbouw**

| | | |
|---|---|---|
| Adres | : | Droevendaalsesteeg 1, 6708 PB Wageningen |
| | : | Postbus 16, 6700 AA Wageningen |
| Tel. | : | 0317 - 48 60 01 |
| Fax | : | 0317 - 41 80 94 |
| E-mail | : | glastuinbouw@wur.nl |
| Internet | : | www.glastuinbouw.wur.nl |

# Inhoudsopgave


| | | Pagina |
|---|---|---|
| Samenvatting | | 1 |
| 1 | Inleiding | 3 |
| 2 | Lichtintensiteitregeling met schaduwschermen | 4 |
| 3 | Effect van buitenscherm op koeling en verwarming | 8 |
| 3.1 | Warmtewering door schaduwschermen en krijt | 8 |
| 3.2 | De koellast in geschermde teelten | 9 |
| 3.3 | Energiegebruikeffect van schaduwschermsystemen | 12 |
| 3.4 | Conclusies inzake het energiegebruik | 14 |
| 4 | PV-cellen op de schermconstructie | 15 |
| 5 | Conclusies | 17 |

# Samenvatting

In veel sierteelten vereist een uitgebalanceerde groei dat er op een zomerse dag het meeste zonlicht uit de kas gehouden wordt terwijl er in de winter te weinig licht in de kas komt. Daarom wordt er in de potplantenteelt vaak in de zomer zwaar geschermd en in de winter bijbelicht.
Een belangrijk probleem van de toepassing van zware scherming in de zomer is dat dan weliswaar de lichtintensiteit goed in de hand gehouden kan worden, maar de kas gauw warm wordt. Dit komt omdat een deel van het weggeschermde licht wordt geabsorbeerd en in de vorm van warmte in de kas komt.
Om de warmtelast te verlichten wordt vaak gebruik gemaakt van krijt. Krijt reflecteert sterk, en bovendien wordt de warmte die aan het krijtoppervlak door de onvermijdelijke absorptie vrijkomt effectief afgevoerd naar de buitenlucht.
In dit rapport wordt berekend dat de toepassing van krijt in een kas die 18 °C gehouden moet worden en een lichtsom van 6 mol/m² per dag nastreeft bijna 20 kWh/m² per jaar aan elektriciteit voor de koeling bespaart ten opzichte van een kas zonder krijt, maar met een zwaar schaduwscherm binnen in de kas. In het simulatieprogramma, dat samen met dit rapport ontwikkeld is, kunnen dergelijke effecten en vergelijkingen voor willekeurige situaties worden gemaakt. Er blijkt dan bijvoorbeeld dat wanneer diezelfde vergelijking wordt gemaakt voor een kas die 28 °C mag worden het energiebesparingseffect van krijt terugloopt naar 10 kWh/m² per jaar. Dit simulatieprogramma is te verkrijgen door een e-mail te sturen naar Feije.deZwart@wur.nl.
Het nadeel van krijt in het voor- en najaar is evenwel dat er in die periode dagen zijn waarop het krijt zijn vruchten afwerpt, en dagen waarop het krijt teveel licht wegneemt en er moet worden bijbelicht. Uitgaande van datzelfde gewenste niveau van 6 mol/m² per dag gaat 6 kWh van die 20 kWh/m² weer verloren via de extra belichting.

Een systeem dat het voordeel van krijt, namelijk de effectievere blokkering van ongewenste warmte, combineert met de goede regelbaarheid van de lichttransmissie van een scherm is het gebruik van een buitenscherm. Voor een kas die op 18 °C gehouden moet worden betekent dit dat een buitenscherm het elektriciteitsverbruik voor koeling met 41 kWh per m² per jaar verlaagt ten opzichte van een vergelijkbare situatie met een binnenscherm en met 21 kWh/m² per jaar verlaagt ten opzichte van een gekrijte kas. Deze laatste referentie, de gekrijte kas, is feitelijk de meest relevante referentie, zeker voor kassen met een nagestreefde lichtsom rond 6 mol/m² dag.
Uiteraard nemen de besparingen op koelbehoefte belangrijk af naarmate de maximaal geaccepteerde temperatuur in de kas oploopt. Wordt de kas op 28 °C gehouden dan geeft het buitenscherm 20 kWh per m² per jaar besparing op de elektriciteit voor koeling ten opzichte van een binnenscherm en 8 kWh besparing ten opzichte van een gekrijte kas.

Vergeleken met krijt geeft een buitenscherm nagenoeg geen voordeel op het elektraverbruik voor de belichting. De besparing is slechts 2 kWh per m² per jaar. Tegenover de verbeterde lichttransmissie van een kas met een buitenscherm in het voorjaar staat namelijk de verlaagde overall lichttransmissie ten gevolge van de constructie buiten de kas.
Naast de genoemde effecten op belichting en koeling heeft een buitenscherm ook nog enig effect op de behoefte aan verwarming. Het effect hangt af van de vraag of het buitenscherm het tweede of het derde scherm van de kas is. Net als het effect op de belichting is het effect van het buitenscherm op de verwarming klein in vergelijking met het effect op koeling (rond de 1 m³/m² per jaar).

Wanneer alle effecten van het buitenscherm (de effecten op belichtingsbehoefte, koelbehoefte en verwarmingsbehoefte) samen worden genomen, waarbij elektriciteitverbuikseffecten via het gemiddelde centralerendement van het Nederlands elektriciteitsproductiepark worden uitgedrukt in gasverbruikeffecten, zien we het volgende resultaat.

- Voor een koele teelt (18 °C) geeft het buitenscherm een overall besparing van 5.5 $m^3$ a.e. per $m^2$ kas per jaar ten opzichte van de meest relevante referentie, en dat is een gekrijte kas.
- voor een warme teelt (28 °C) is die besparing 3.5 $m^3$ a.e. per $m^2$ kas per jaar.
- wanneer als referentie niet een gekrijte kas, maar een kas met een zwaar binnenscherm wordt gebruikt dan neemt het besparingseffect van een buitenscherm toe naar 8.5 $m^3/(m^2$ jaar) voor een teelt die op 18 °C gehouden wordt en naar 5 $m^3/(m^2$ jaar) voor een warme teelt (28 °C).

Omdat het effect van het buitenscherm vooral via het elektriciteitsverbruik voor de koeling werkt zijn de effecten in niet gekoelde kassen veel kleiner. In een laag gestookte teelt (18 °C) is de besparing dan het kleinst, namelijk 1 $m^3/(m^2$ jaar) en die loopt dan op naar 4 $m^3/(m^2$ jaar) voor een warme teelt (28 °C).

De voordelen die hierboven genoemd zijn gelden voor buitenschermen in het algemeen.
De buitenschermconstructie van Van der Valk Systemen, het Green-Top systeem, biedt hier bovenop nog additionele mogelijkheden. Naast de gemakkelijke montage en onderhoud (de montage op de nok houdt de goot beschikbaar voor service-voertuigen) en de lage lichtonderschepping van een geopend scherm, biedt het Green-Top systeem de mogelijkheid om op de constructie langwerpige PV-panelen te monteren.

In dit rapport wordt op grond van de dimensies van de installatie en de kentallen voor de omzettingsefficientie van de zonnecellen becijfert dat PV-cellen die op het Green-Top buitenscherm worden gemonteerd op jaarbasis 4 kWh/$m^2$ kas aan groene stroom produceren.
Dit is veel en veel minder dan het elektriciteitsverbruik van een modern potplantenbedrijf en ook op uurbasis zal de kas vrijwel nooit netto stroom exporteren.
Qua economie wordt in dit rapport voorgerekend dat onder de huidige algemene subsidieregels voor duurzame energie (2010) en met de huidige kostprijs van zonnecellen het PV-systeem in 13 jaar kan worden terugverdiend.

In het kader van de wens tot vergroening van de stroomproductie biedt het oppervlak van het Green-Top systeem goede mogelijkheden. Het voldoet aan de voorwaarde dat het oppervlak goed bereikbaar is en dat het geen andere economische activiteiten in de weg staat. Ook is het oppervlak zodanig groot dat er bij de benutting ervan schaalvoordelen te behalen zijn.

# 1 Inleiding

Bij veel sierteeltgewassen (orchideeën, rozen, fresia) wordt in de zomer geschermd om de kas koel te kunnen houden en/of omdat de gewenste gewasontwikkeling bij hoge lichtintensiteiten gehinderd wordt. Hiervoor worden in de regel scherminstallaties in de kas geplaatst en wordt het resterende warmte-overschot via kasluchtkoeling of grondkoeling afgevoerd.
Het gebruik van een binnenscherm is relatief eenvoudig, maar heeft als belangrijkste nadeel dat bij gebruik de ventilatiecapaciteit van de kas wordt beperkt en een deel van het weggeschermde licht in de kas wordt omgezet in warmte. Hierdoor wordt het effect van het gebruik van het scherm beperkt en leidt het zonlicht tot een grotere temperatuurtoename dan nodig, wat in de huidige doeken gecompenseerd wordt door een hoger schermingspercentage.
Daarnaast hebben tuinders vaak moeite om hun binnenschermen op een goede wijze aan te sturen wat tot allerlei schoksgewijze veranderingen in het binnenklimaat leidt die niet bevorderlijk zijn voor de gewasontwikkeling.

Een andere veel gebruikte maatregel waarmee de lichtintensiteit en warmtelast buiten de kas gehouden wordt is het gebruik van krijt op het dek. Dit krijt werkt goed als warmte- en lichtwering, maar heeft een alles of niets karakter. Dit betekent dat bij een gekrijte kas de lichtintensiteit op dagen met weinig licht erg laag is. De kas zal hierdoor wat vaker gestookt moeten worden, maar als het tekort aan natuurlijk licht wordt aangevuld met assimilatiebelichting zal er ook meer belicht worden. Met name dit gebruik van belichting heeft belangrijke consequenties voor het energieverbruik.

Teneinde een verbetering aan te brengen in deze problematiek maken veel kassen voor schaduwminnende teelten gebruik van een buitenscherm. Een buitenscherm is duurder in aanschaf en onderhoud dan een binnenscherm (ongeveer € 15 per m² voor een buitenscherm in plaats van € 7 per m² voor een binnenscherm), maar daar staan verschillende voordelen tegenover die voor sommige teelten, en zeker in nieuwbouwsituaties tot een goed perspectief voor een buitenscherm leiden.
In hoofdstuk 2 wordt het voordeel van een buitenscherm op de regeling van de lichtintensiteit besproken en in hoofdstuk 3 wordt ingegaan op het effect van zo'n scherm op koeling en verwarming.

In het afgelopen jaar is het perspectief voor buitenschermen verder verbeterd doordat Van der Valk Systemen® een belangrijke ontwikkeling heeft ingezet rond de montage van het scherm. In plaats van de gangbare montage op de goot, heeft van der Valk een installatie ontworpen die gemonteerd kan worden op de nok van de kas. Hierdoor is de onderhoudbaarheid van de installatie sterk verbeterd (je kunt met de gebruikelijke servicewagens door de goot rijden) en is ook het bouwproces sterk vereenvoudigd (er kan van de standaard gootprofielen gebruik worden gemaakt en de plaatsing van het scherm interfereert nauwelijks met de rest van het bouwproces).

Van der Valk Systemen heeft nog een extra functionaliteit aan het buitenscherm toegevoegd, namelijk een montagemogelijkheid voor langwerpige zonnepanelen. Ter bescherming van het schermdoek wanneer het 'op pakket is' (dus opgevouwen is) heeft de constructie namelijk een afdekkapje van 20 cm breed wat altijd in het volle licht staat. Omdat dit afdekkapje sowieso licht onderschept concurreert de vervanging van dit afdekkapje door een paneel met PV-cellen niet met licht in de kas en vormt dit oppervlak dus een uitgelezen plek voor PV op kassen.
De uitvoeringsvorm en verwachte opbrengst hiervan wordt besproken in hoofdstuk 4.

# 2 Lichtintensiteitregeling met schaduwschermen

Teelten zoals phalaenopsis en fresia worden zwaar geschermd. In de eerste plaats omdat de betreffende gewassen schaduwplanten zijn en in de tweede plaats om een voorspelbare groeisnelheid te verkrijgen. De redenatie is dat wanneer de dagelijkse hoeveelheid licht die de kas in komt constant is, de groeisnelheid eveneens constant is waardoor de arbeidsinzet en afzet goed planbaar worden. Hoewel er op dit gebied ontwikkelingen plaatsvinden die aangeven dat er veel meer gebruik gemaakt zou kunnen worden van 'lichtintegratie' (in analogie met temperatuur-integratie) en hogere lichtintensiteiten (van Noort, 2010) worden deze ideeën nog maar nauwelijks toegepast.
Het overgrote deel van de schermen dat in de praktijk wordt toegepast werkt volgens een alles of niets principe. Heeft de kas een lichttransmissie van 70% en een schermdoek met een schaduwpercentage van bijvoorbeeld 40% dan wordt de lichtintensiteit binnen de kas 70% van de buitenwaarde als het scherm pen is of 70*0.6 = 42% als het scherm dicht is. Er is nog een kleine marge door het scherm niet helemaal te sluiten maar vaak blijft het dan beperkt tot een kier om warmte af te kunnen voeren. Het trekken van een grote kier geeft namelijk afwisselend zonrijke en zonarme banen in het gewas en daardoor plaatselijk te hoge intensiteiten.
Om een grotere regelbaarheid te verkrijgen worden in de schaduwminnende teelten in de regel twee of drie schermen toegepast. Als er een scherm met een schaduwfactor van 30% en een schaduwfactor van 50% dan kan de lichttransmissie met een factor 0.30, een factor 0.50 of een factor 0.65 worden verlaagd. Die laatste beschaduwing wordt verkregen door beide schermen dicht te trekken. Als er ook nog een derde scherm aanwezig is dan is dat meestal een verduisteringsscherm dat als tweede scherm op één van de twee dradenbedden kan lopen. Er zou zelfs nog een vierde, transparant energiescherm over het andere dradenbed kunnen meelopen.

*Figuur 1. Een scherminstallatie met drie schermen over twee dradenbedden*

De nieuwste ontwikkeling op het gebied van schaduwschermen is de toepassing van een diafragmascherm. Dit is een schermsysteem dat uit twee vlak boven elkaar gelegen schermen bestaat die ten opzichte van elkaar verschoven kunnen worden. Beslaan de schaduwbanen 30% van het schermoppervlak dan wordt een traploos regelbare scherming tussen 45 en 85% mogelijk. Bij 45% liggen de beschaduwende banen van het scherm precies boven elkaar en bij 85%

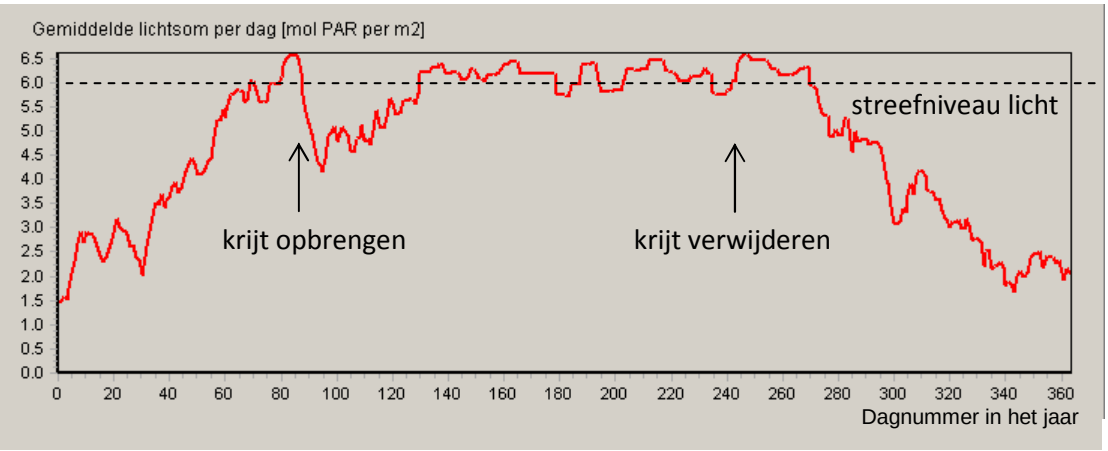
beschaduwing liggen de banen uit elkaar. De laagste waarde is 45% omdat de opend stroken tussen de schaduwbanen lang geen 100% licht doorlaten.

*Figuur 2. Een diafragmascherm in de 45% schaduwstand.*

Een belangrijk nadeel van schermen binnen in de kas is dat het licht wel uit de kas wordt weggehouden, maar dat de warmte voor een deel in de kas achterblijft. Idealiter reflecteert een schaduwscherm het overtollige licht, maar doordat de reflectie niet 100% is en schermdoeken onderhevig zijn aan vervuiling wordt er ook een deel van de straling geabsorbeerd. Het schermdoek wordt daardoor warm en omdat deze warmte moeilijk naar buiten kan worden afgevoerd (dat geldt zeker voor het onderste scherm) wordt de warmtelast op de kas verhoogd. In teelten die gekoeld worden (zoals de koude fase van de phalaenopsis) leidt deze warmte-ophoping tot een grote koellast.
Teneinde de koellast te beperken en/of het binnenklimaat qua temperatuur en luchtvochtigheid te verbeteren maken veel potplantentelers gebruik van krijt. Op enig moment wordt dit krijt opgebracht en dan blijft het gedurende een half jaar zitten. Vooral het feit dat het overtollige licht in een zo vroeg mogelijk stadium, dus al buiten de kas, wordt weerkaatst doet de warmtelast verlagen. In hoofdstuk 3 wordt verder op deze warmtelast ingegaan.

Een markant gevolg van het aanbrengen van krijt op het kasdek is dat vanaf het moment dat het krijt wordt aangebracht de minimale transmissie van de kas beperkt is en er dus op sombere dagen weinig licht binnen komt. Dit effect is getoond in Figuur 3 waar op 1 april (dat is dagnummer 91) krijt wordt aangebracht met een lichttransmissie van 40%. Op 1 september (dagnummer 243) wordt het dek weer schoongemaakt. In dit voorbeeld streeft de tuinder naar een dagelijkse lichtsom van 6 mol per m², maar wil de intensiteit niet boven de 200 µmol/(m² s) hebben. Een intensiteit van 200 µmol/(m² s) betekent op zomerse dagen dat de lichtdoorlatendheid van de kas+krijt+schermen niet meer dan 10% mag zijn.
Figuur 3 laat zien dat in de periode vlak voor het krijten en vlak na de verwijdering van het krijt de lichtsom vaak te hoog is. Voor die dagen had het krijt er eigenlijk eerder in het jaar en langer op de kas moeten zitten. In de dagen na het krijten en voor het verwijderen van het krijt komt het echter vaak voor dat de transmissie van de kas te laag is om die 6 mol per m² per dag binnen te kunnen krijgen. Met name in de periode tot mei leidt het aanbrengen van het krijt op veel dagen tot een lichttekort. In dit voorbeeld komt de tuinder door het aanbrengen van het krijt ongeveer 35 mol tekort. Tuinders zullen dit tekort vaak aanvullen met extra belichtingsuren.

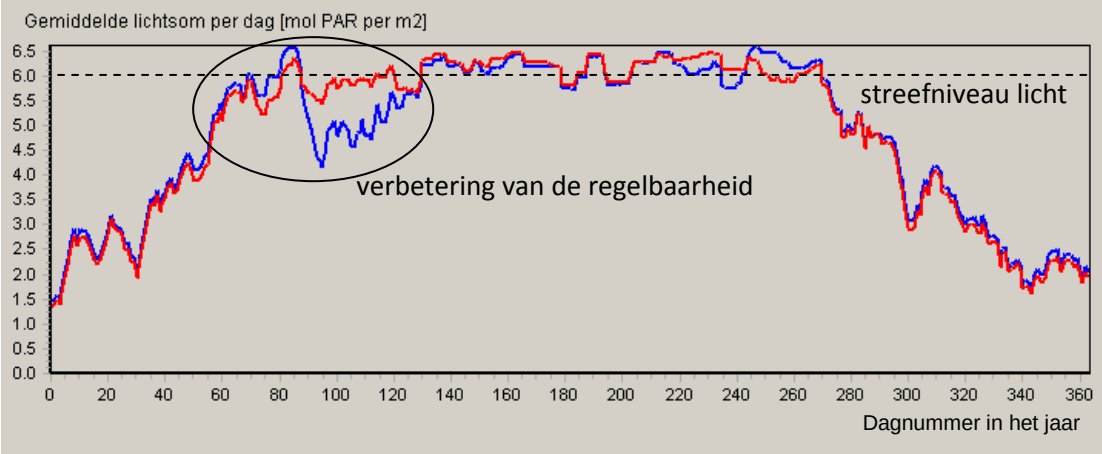
Gegeven de huidige omzettingsefficientie van de SON-T belichting betekent elke mol groeilicht 0.17 kWh elektriciteit zodat 35 mol bijbelichten een extra elektriciteitsverbruik van 6 kWh per m² per jaar oplevert.




*Figuur 3. Lichtsom per dag in een kas waar gebruik wordt gemaakt van krijt.*

Overigens is het hier getoonde verloop het resultaat dat bereikt kan worden met een kasklimaatcomputer met de nieuwste schermregelingprogrammatuur. Deze nieuwe programmatuur maakt het mogelijk dat de computer zelf, op grond van stralingsverwachting over de dag en de gegeven beperkingen van schermen (wat is de maximale en minimale schaduwfractie) berekent op welke momenten schermen open of dicht moeten worden gezet. Deze programmatuur houdt er rekening mee dat de maximale momentane intensiteit niet wordt overschreden (in dit geval 200 µmol/(m² s)) en dat ook de maximale lichtsom over het etmaal zo goed mogelijk gerealiseerd wordt. Dit betekent dat op lichtrijke dagen het scherm eerder wordt dichtgetrokken dan op licht-arme dagen. Zonder deze programmatuur is het verloop van de gerealiseerde lichtsom van dag tot dag veel grilliger. Met name na de abrupte overgangen van het toevoegen of verwijderen van krijt heeft een tuinder zonder deze schermregelingsprogrammatuur al gauw twee weken nodig om de instellingen weer zodanig te krijgen dat zowel aan het maximale intensiteitscriterium als aan het dagsom criterium wordt voldaan.

Het verloop van het lichtaanbod in een kas kan duidelijk worden verbeterd door gebruik te maken van een extra scherm in plaats van het vaste krijt. Het resultaat dat getoond wordt in Figuur 4 is gerealiseerd met zo'n extra scherm. Met name in het voorjaar wordt de regelbaarheid van de lichtsom door het beweegbare scherm verbeterd.




*Figuur 4. Verloop van de lichtsom in een kas waar het krijt vervangen is door een extra scherm (met dezelfde schaduwfactor als het krijt) (rode lijn). De blauwe lijn is een kopie van de vorige figuur.*

Tegenover het voorjaar waarin het beweegbare scherm een duidelijk voordeel heeft ten opzichte van het vaste krijt, staat het najaar en de winterperiode, waar een kas met zo'n extra scherm een kleine hoeveelheid licht minder krijgt. Dit komt doordat een extra scherminstallatie, zeker wanneer die als buitenscherm wordt geplaatst tot een lagere basistransmissie van de kas leidt. In de berekeningen van Figuur 4 is uitgegaan van een extra lichtonderschepping van 5%.
Desalniettemin is de toename van het aantal gewenste molen licht in het voorjaar groter dan het verlies van lichttransmissie in de winter. Indien het tekort aan licht met assimilatiebelichting wordt aangevuld tot de beoogde 6 mol per m² per dag levert een kas met een regelbaar schaduwscherm daardoor toch nog een vermindering van het elektriciteitsverbruik voor assimilatiebelichting van 2 kWh/(m² jaar) .

In het voorgaande is geen onderscheid gemaakt tussen de uitvoering van een extra scherm als buitenscherm of als binnenscherm. Voor wat betreft het lichtregime in de kas is er namelijk in principe geen verschil in de positie van het schermen (zolang schermsystemen met vergelijkbare schaduwmogelijkheden worden gebruikt).
Het verschil tussen een buitenscherm of een binnenscherm zit vooral in het effect daarvan op de warmtehuishouding van een kas en dus op een verschil in de hoeveelheid energie die nodig is voor de koeling.
Hierover handelt het volgende hoofdstuk.

# 3 Effect van buitenscherm op koeling en verwarming

De temperatuur van de kaslucht in de zomer wordt bepaald door de buitentemperatuur en door het gemak waarmee binnenkomende zonne-energie kan worden afgevoerd. Wanneer er veel zonstraling de kas binnenkomt en de warmteafvoer beperkt is stijgt de kasluchttemperatuur gemakkelijk naar hoge waarden. Voor veel teelten is zo'n hoge temperatuur ongewenst en tuinders zetten in de zomer dan ook een aantal maatregelen in om de warmte-afvoer te verhogen. De belangrijkste maatregel is het openen van de ramen en de effectiviteit daarvan kan sterk worden verhoogd door in de kas te vernevelen. Dit geldt met name voor kassen waarin planten met een lage eigen verdampingscapaciteit worden geteeld.
Het effect van deze maatregelen is evenwel sterk afhankelijk van de buitenluchtcondities en er zullen dus regelmatig situaties optreden waarin ventileren niet afdoende is om de temperatuur in een kas voldoende laag te houden. Als het voorkomen van deze hoge temperaturen belangrijk genoeg is kan er op die momenten gebruik worden gemaakt van mechanische koeling. De mechanische koeling zal dan het energie-overschot dat via het zonlicht in de kas binnenkomt moeten afvoeren en daarmee is een grote hoeveelheid elektriciteit gemoeid.
In geval de gewenste gewasgroei belang heeft bij lage lichtintensiteiten zullen reflecterende schaduwschermen en/of krijt goed kunnen helpen om het energie-overschot in de kas te beperken en zodoende de behoefte aan koeling en het daarbij behorende elektriciteitsverbruik verminderen.
De vraag die in dit hoofdstuk wordt behandeld is wat het verschil is tussen het ene of het andere schermsysteem op die warmtelast. Daarvoor wordt eerst geanalyseerd wat de invloed van een schaduwscherm op de energie-input naar de kas is in afhankelijkheid van het soort scherm (binnenscherm, buitenscherm of krijt). Daarna wordt doorgerekend wat het effect van zo'n scherm op de koellast is, waarbij wordt aangegeven op welke wijze de gekozen teelttemperatuur hierop een invloed heeft. Tenslotte wordt aangegeven wat het overall effect op de energiebehoefte van de kas is.

## 3.1 Warmtewering door schaduwschermen en krijt

Een kas waarin een schaduwminnend gewas wordt geteeld gebruikt schaduwschermen en/of krijt waarmee het licht in een bepaalde mate uit de kas wordt gehouden en waarmee meestal tegelijkertijd warmte uit de kas wordt gehouden.
In een theoretisch geval waar de lichtonderscheppende delen van een schermsysteem 100% van het licht reflecteren loopt de beperking van de lichttransmissie 1 op 1 met de beperking van de warmte-input. In de praktijk zal de reflectie van de lichtonderscheppende delen echter geen 100% zijn. Een binnenscherm dat gebaseerd is op aluminium bandjes laat een bepaald deel van het licht door, reflecteert een bepaald deel, maar absorbeert ook nog een bepaald deel. Dit geldt zeker ook voor krijt en dan met name wanneer het in de tijd langzaam vuil wordt.
Welk deel van het licht dat niet wordt doorgelaten omgezet wordt in warmte is niet in zijn algemeenheid te zeggen omdat het sterk van de vervuiling van de lichtonderscheppende delen afhangt. Bij een splinternieuw schermdoek zal het niet doorgelaten deel voornamelijk gereflecteerd worden, maar bij een wat ouder geworden doek zal de reflectie van dit niet doorgelaten deel afgenomen zijn naar zo'n 60%. De overige 40% van het niet doorgelaten licht wordt dan dus warmte. Een scherm dat 80% schaduw geeft zou dan de warmtelast op de kas niet met 80% maar met 48% verlagen (namelijk 20% via licht en daarbij nog 32%, zijnde 40% helft van het onderschepte licht. Dat is samen 52% procent doorlaat en dus 48% reductie). En scherm dat 60% schaduw geeft zou de warmtelast dan met 36% verlagen.

Voor krijt geldt een vergelijkbare redenering maar omdat krijt aan het dekoppervlak zit en het dek de warmte makkelijk aan de buitenlucht afstaat, zal krijt bij een vergelijkbare schaduwwerking een grotere vermindering van de warmtelast geven.
Daarom wordt er in de berekeningen van uitgegaan dat bij krijt slechts 25% van het niet doorgelaten licht alsnog in de vorm van warmte aan de kas wordt afgegeven. Dit betekent dat krijt dat 60% beschaduwt de warmtelast met 45% verlaagt. Dit volgt uit de volgende berekening. Als het krijt 60% van het licht blokkeert dan wordt 40% doorgelaten. Van de geblokkeerde 60% wordt een kwart alsnog in warmte omgezet en dat is dus 15%. Samen komt er dan dus 55% binnen en dat betekent een reductie van 45% ten opzichte van geen krijt.
Indien er een buitenscherm wordt gebruikt dan zit dit een stukje boven de nok. De wind heeft hier vrij spel zodat aangenomen mag worden dat de absorptie van licht door het buitenscherm geen bijdrage aan de koellast van de kas geeft.

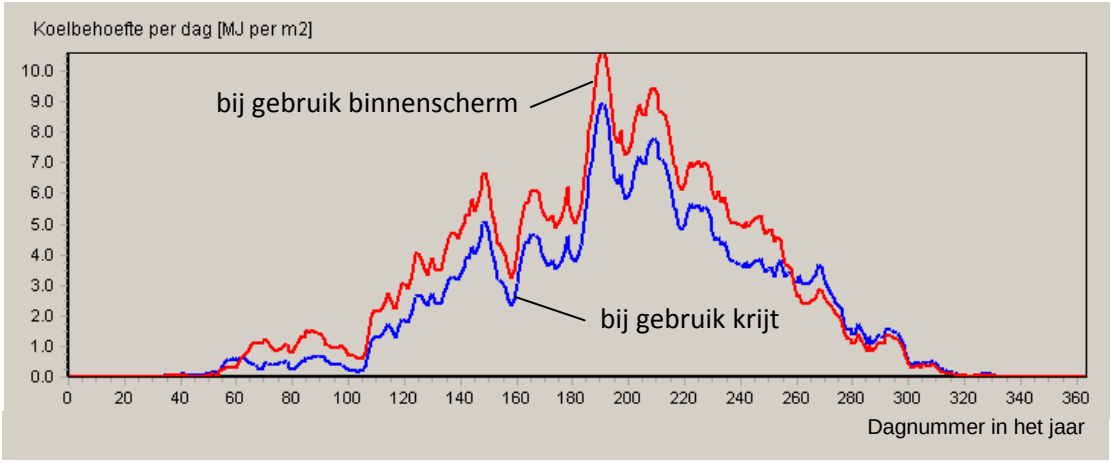
## 3.2 De koellast in geschermde teelten

Voor een aantal potplantenteelten waarin zwaar geschermd wordt is niet alleen de regeling van de lichtintensiteit van groot belang, maar ook het beperken van de temperatuur in de kas. Zoals in de vorige paragraaf is beschreven wordt met het wegnemen van licht uit de kas ook warmte uit de kas weggehouden. Wanneer de kas warmer is dan de buitenlucht verliest de kas warmte via het kasdek, en kan er daarnaast een geregelde warmte-afvoer plaatsvinden via ventilatie. Vooral in geval de kas voorzien is van verneveling kan er op deze manier veel overtollige warmte worden afgevoerd.
Als het buiten warmer is dan binnen werkt ventileren averechts op de behoefte om de kas koel te houden. Er zijn dan nog slechts twee opties over. Dit zijn (a) de ramen toch maximaal openen en accepteren dat de kasluchttemperatuur oploopt en (b) de kas mechanisch koelen. In het laatste geval moeten de ramen gesloten worden omdat er anders via de ventilatie alleen maar meer warmte de kas in wordt gebracht.
Schermsystemen hebben vooral effect op het energieverbruik wanneer volgens optie (b) te werk wordt gegaan. Bij krijt en buitenschermen wordt een grotere hoeveelheid warmte buiten de kas houden dan bij gebruik van een binnenschermen (bij vergelijkbare beschaduwing) en daardoor zal bij toepassing van een van deze twee laatsten de koellast van de kas verminderen ten opzichte van het gebruik van een binnenscherm. Uiteraard heeft van deze twee het buitenscherm een groter effect dan het krijt.
Er is in principe ook een energieverbruikeffect als er niet wordt gekoeld (dus als er volgens optie (a) wordt gewerkt) wanneer een vergelijking wordt gemaakt tussen krijt en een beweegbaar scherm. Op sombere koude dagen zal een gekrijte kas namelijk meer warmte verbruiken dan een kas zonder krijt die op die dagen meer zonnewarmte binnen krijgt. Hierop wordt in de volgende paragraaf nader ingegaan.
Bij het bepalen van de koelingbehoefte van een kas speelt behalve de gewenste lichtintensiteit (hoe meer licht in de kas, hoe meer warmteproductie door het gewas en hoe meer koelbehoefte op warme dagen) ook de gewenste kasluchttemperatuur een belangrijke rol. Hoe lager deze temperatuur wordt gekozen, hoe eerder het punt wordt bereikt dat de rol van de buitenlucht als koelmedium is uitgespeeld.

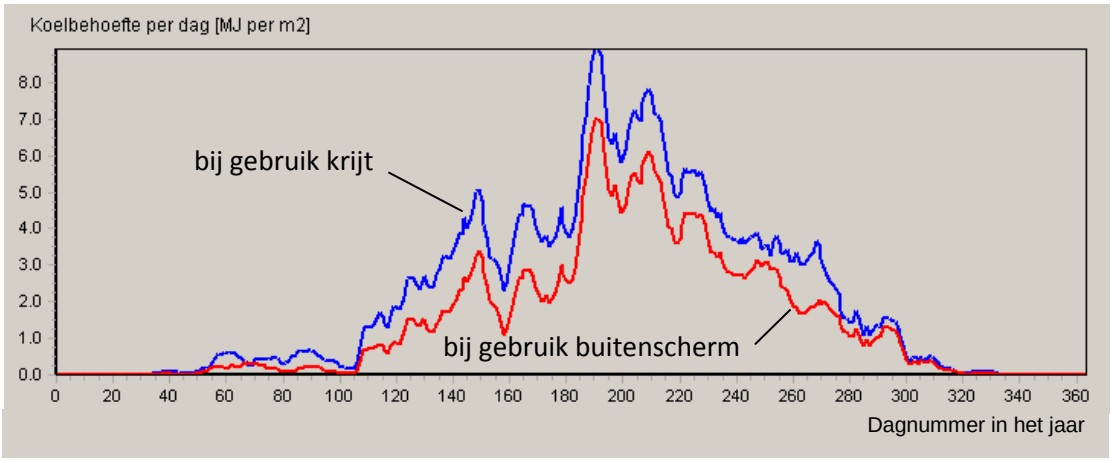
Teneinde het effect van de verschillende schaduwsystemen op de koelbehoefte the kunnen kwantificeren is het rekenmodel waarmee de grafieken van Figuur 3 en Figuur 4 zijn gemaakt uitgebreid met rekenregels die de warmtelast op de kas bepalen. Hiervoor zijn de uitgangspunten ten aanzien van de warmtewerking van schaduwschermen gehanteerd die in paragraaf 3.1 zijn beschreven. Bovendien is aangenomen dat er gebruik gemaakt wordt van verneveling, waardoor

het moment dat de warmte-afvoer niet langer via ventilatie kan plaatsvinden zo lang mogelijk wordt uitgesteld. De verneveling brengt de luchtvochtigheid in de kas op maximaal 85% RV.

Uitgaande van een gewenste lichtsom van 6 mol m² per dag en een maximale lichtintensiteit van 200 µmol/(m² s)) berekent het rekenmodel het in Figuur 5 en Figuur 6 getoonde effect van een geregeld scherm ten opzichte van krijt op de benodigde koeling in geval de kas op 18 °C wordt gehouden.




*Figuur 5. Effect van de toepassing van een regelbaar binnenscherm in plaats van krijt op de koellast van een op 6 mol per m² per dag geschermde teelt op de benodigde koelenergie per dag bij een teelt die op 18 °C wordt gehouden. Het gebruik van een regelbaar binnenscherm leidt tot 200 MJ per m² per jaar extra koelbehoefte ten opzicht van het gebruik van krijt (maar geeft 5% meer licht per jaar voor de plantengroei).*

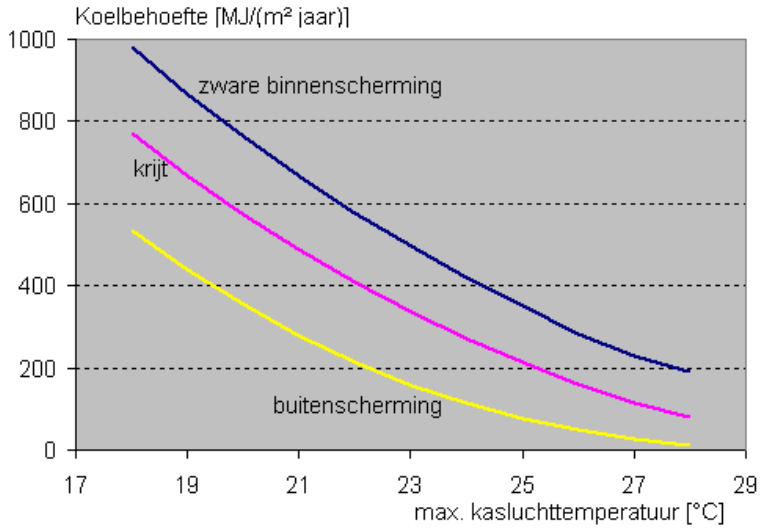



*Figuur 6. Effect van de toepassing van een regelbaar buitenscherm in plaats van krijt op de koellast van een op 6 mol per m² per dag geschermde teelt op de benodigde koelenergie per dag bij een teelt die op 18 °C wordt gehouden. Het gebruik van een regelbaar buitenscherm leidt tot een daling van de koelbehoefte met 240 MJ per m² per jaar ten opzicht van het gebruik van krijt. De hoeveelheid natuurlijk licht die voor de plantengroei kan worden benut stijgt met 2.5% ten opzichte van de situatie met krijt.*

Behalve grafieken zoals hierboven getoond geeft het rekenmodel ook de jaartotalen voor de benodigde koeling. In geval de gewenste kastemperatuur 18 °C bedraagt komt de koelbehoefte bij gebruik van uitsluitend binnenscherming op 975 MJ/m² per jaar. Om te kunnen voldoen aan de eis dat er niet meer dan 6 mol per m² per dag en niet meer dan 200 µmol per m² per seconde de kas binnen mag komen moet zo'n scherminstallatie tot 85% kunnen wegschermen. Bij gebruik van krijt dat 40% van het licht doorlaat, aangevuld met een lichtere binnenscherminstallatie die tot

65% kan blokkeren zakt de koellast naar 775 MJ/m² per jaar. De winst op de koellast komt doordat het krijt de warmte beter uit de kas houdt, maar ook omdat er in het algemeen wat minder licht in de kas komt. Met het teruglopen van de koellast loopt de hoeveelheid natuurlijk licht voor de plantengroei met 100 mol per m² per jaar terug en dat is een vermindering van 5% van de hoeveelheid natuurlijk licht die in dit soort zwaar geschermde teelten binnenkomt.
Als er een buitenscherm wordt geplaatst wordt de hoeveelheid warmte nog effectiever uit de kas gehouden zodat de koellast daalt naar 535 MJ/m² per jaar. De regelbaarheid van de lichtintensiteit in de kas is bij gebruik van een buitenscherm beter dan bij gebruik van krijt, maar door de forse lichtonderscheppende delen die boven de kas moeten worden aangebracht is de basistransmissie van de kas wat lager dan bij een kas met een binnenscherm. De hoeveelheid natuurlijk licht die in een kas met een buitenscherm kan worden binnengelaten is dus lager dan bij een kas met een zwaar binnenscherm, maar hoger dan bij een gekrijte kas. Ten opzichte van krijten geeft een buitenscherm een toename van de hoeveelheid natuurlijk licht van 50 mol per m² per jaar en dat is ongeveer 2.5% van de jaarlijkse hoeveelheid natuurlijk licht die in de kas toetreedt.

Zoals in de inleiding op deze paragraaf al werd aangegeven hangt de hoeveelheid benodigde koeling per jaar sterk af van de gewenste temperatuur in de kas. Dit wordt getoond in Figuur 7. Ofschoon het absolute niveau tussen de drie lijnen erg afhangt van de maximaal geaccepteerde temperatuur blijft het verschil tussen de lijnen vrij constant. Bij de toepassing van krijt in plaats van een binnenscherm zakt de koelbehoefte met gemiddeld 170 MJ/m² per jaar en bij gebruik van een buitenscherm in plaats van krijt zakt de koelbehoefte iets sterker, gemiddeld 185 MJ/m² per jaar.

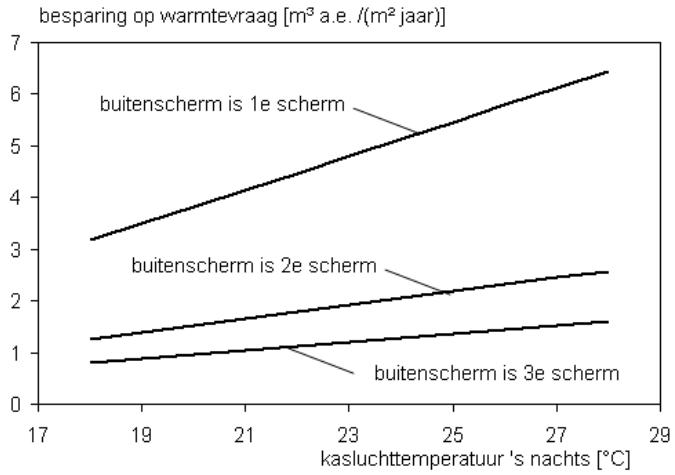



*Figuur 7. Relatie tussen de maximaal geaccepteerde kasluchttemperatuur en de jaarlijkse koelbehoefte bij drie verschillende schaduwsystemen. Bij gebruik van krijt en een buitenscherm worden er naast die basis schaduw-voorzieningen nog lichte schaduwschermen in de kas gebruikt voor de fine-tuning van de intensiteit en de dagsom.*

## 3.3 Energiegebruikeffect van schaduwschermsystemen

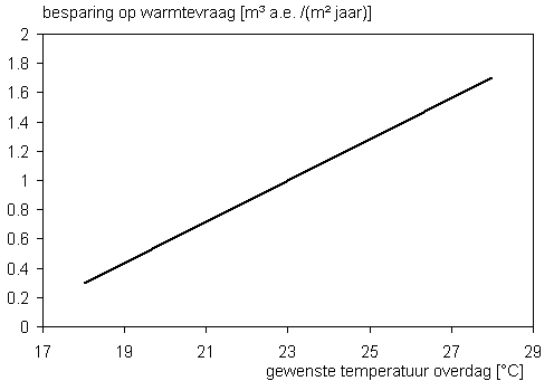
In de voorgaande paragrafen zijn verschillende aspecten van schaduwsystemen genoemd die een invloed hebben op het energieverbruik. In hoofdstuk 2 werd vermeld dat het gebruik van een variabel scherm ten opzichte van krijt tot een verminderd verbruik aan elektriciteit voor de kunstmatige bijbelichting kon leiden. Bij een gewenste lichtsom van 6 mol per m² per dag betekende dit een besparing op het elektriciteitsverbruik van 6 kWh per m² per jaar. Bij de bespreking van Figuur 4 kwam evenwel naar voren dat de 5% extra lichtonderschepping die door een buitenscherm wordt geïntroduceerd ten opzichte van een zwaar schaduw gevende binnenscherminstallatie op jaarbasis weer 4 kWh van deze efficiëntieverbetering afgeroomd wordt. De uiteindelijke besparing van een buitenscherm ten opzichte van andere schermsystemen als gevolg van de verminderde behoefte aan belichting is dus zeer gering.
In paragraaf 3.2 bleek dat in geval er een strak gehanteerde maximum temperatuur voor de kas wordt aangehouden er wél een sterke relatie is tussen het schermsysteem en de benodigde koeling. Ten opzicht van een gekrijte kas, wat in feite de standaard is binnen de potplantenteelten, leidt het gebruik van een buitenscherm tot een vermindering van de koelbehoefte van gemiddeld 185 MJ/m² per jaar. Indien deze koude wordt gemaakt met een koelmachine met een overall COP van 3, dan betekent zo'n vermindering een afname van het elektriciteitsverbruik van 185/3/3.6 = 17 kWh.

Naast verschillen in energiegebruik voor koeling en belichting heeft een schaduwsysteem ook een effect op het energieverbruik voor verwarming. De grootte van dit effect laat zich echter nauwelijks kwantificeren omdat dit erg afhangt van de situatie waarmee het wordt vergeleken. Bij energie-scherm installaties kan er een vergelijking worden gemaakt tussen situaties met en zonder scherm, maar in de zwaargeschermde teelten waarvoor buitenschermen een optie zijn is een situatie zonder scherm geen valide referentie.
De teelten waarin buitenschermen toegepast worden hebben ook 1 of twee binnenschermen.
Er kan dus over het energiebesparingseffect van een buitenscherm niet meer gezegd worden dan dat het gezien moet worden als de besparing door een additioneel tweede of derde scherm met een open structuur waarvan de oppervlaktetemperatuur (relevant voor de vermindering van de stralingsverlies) ongeveer op buitenluchttemperatuur ligt.
Een volledig gesloten, binnengeplaatst schermdoek of folie doet het warmteverlies van een kas met 2 W/(m² K) afnemen als dit het eerste scherm is. Als zo'n energiescherm het tweede scherm is neemt het effect al af naar een vermindering van het warmteverlies met 1 W/(m² K).
Is zo'n scherm het derde scherm dan is het effect afgenomen naar 0.6 W/(m² K). Deze ordegroottes zijn ontleend aan het rapport "Hoog isolerende en lichtdoorlatende schermconfiguraties" (de Zwart e.a., 2010)
Het is reëel om te veronderstellen dat het effect van zo'n doek buiten de kas hooguit een derde is van het effect van een energiescherm binnen in de kas. Dit omdat de luchtdichtheid van een buitenscherm zeer klein is, omdat de stralingsuitwisseling maar voor een gedeelte geblokkeerd wordt en omdat de oppervlaktetemperatuur laag is (namelijk de buitentemperatuur).
Uitgaande van deze aanname is de verlaging van de k-waarde van de kas door het buitenscherm 0.66 W/(m² K) als het het eerste scherm is, 0.26 W/m² K als het het tweede scherm is en 0.16 W/m² K als het buitenscherm als derde scherm geldt.
De grafiek in Figuur 8 toont de vermindering van de warmtevraag van de kas als functie van de gewenste temperatuur in de kas, uitgedrukt in m³ aardgas equivalenten per m² per jaar.
Aangezien het in de praktijk vrijwel niet zal voorkomen dat het buitenscherm het enige scherm in de kas is, maar vooral als tweede of derde scherm zal worden geplaatst moet de energiebesparing ten gevolge van de vermindering van het warmteverlies van de kas door het buitenscherm op 1 tot 2 m³ aardgas equivalenten per jaar worden gesteld.




*Figuur 8. Beperking van de warmtevraag van de kas ten gevolge van een buitenscherm dat als eerste, tweede of derde scherm wordt geplaatst als functie van de gewenste kasluchttemperatuur.*

Tenslotte werd in paragraaf 3.2 al gerefereerd aan de vermindering van de warmtebehoefte van een kas met een buitenscherm wanneer dit wordt gebruikt in plaats van krijt. Immers, op het moment dat krijt wordt aangebracht wordt niet alleen ongewenste warmte uit de kas gehouden, maar ook de gewenste warmte in de vroege ochtend of op sombere dagen.
Dit ongewenste effect van krijt, wat met een scherm voorkomen kan worden, betekent bij een gewenste kasluchttemperatuur van 18 °C een extra warmtevraag van een 0.5 m³ aardgas per m² per jaar en bij een kas die op 28 °C wordt gehouden een extra warmtevraag van 2.4 m³ per m² per jaar. Het plaatsen van een buitenscherminstallatie geeft evenwel het hele jaar een vermindering van de basistransmissie van de kas. De vermindering van die transmissie bedraagt ongeveer 5 %-punten en vertaalt zich lineair door in een verlaging van de warmte-input door het zonlicht. Hierdoor stijgt de warmtevraag van een kas die op 18 °C gehouden wordt met 0.25 m³ per m² per jaar en van een kas die op 28 °C moet worden gehouden stijgt het gasverbruik door de verlaagde basistransmissie met 0.7 m³ per m² per jaar.
Figuur 9 toont de resultante van deze twee effecten, waarbij uitdrukkelijk wordt vermeld dat dit effect alleen optreedt wanneer de vergelijking wordt gemaakt tussen een gekrijte kas en een kas met een buitenscherm.




*Figuur 9. Beperking van de warmtevraag overdag wanneer krijt, dat in het voor- en najaar ongewild ook de nuttige warmtestraling uit de kas houdt, wordt vervangen door een buitenscherm. In de grafiek is het nadeel van de lagere basistransmissie van een kas met buitenscherm verdisconteerd.*

## 3.4 Conclusies inzake het energiegebruik

In het voorgaande is gekeken naar het effect van het buitenscherm op het energieverbruik voor belichting, koeling en verwarming.
Het effect op de benodigde elektriciteit voor belichting is klein. Ten opzichte van een gekrijte kas neemt het jaarverbruik slechts met 2 kWh per m² per jaar af.
Bij vergelijking met een kas waar een (zwaar) binnenscherm gebruikt wordt neemt het verbruik een beetje toe, namelijk met 4 kWh/(m² jaar). Dit ter compensatie van de verminderde basistransmissie van een kas met een buitenscherm.

Het effect van een buitenscherm op de benodigde hoeveelheid energie voor koeling is groot, maar is alleen relevant voor kassen waar ook daadwerkelijk gekoeld wordt. Dit betreft lang niet alle kassen omdat in veel gevallen tuinders ervoor kiezen om de temperatuur te laten oplopen omdat de variabele en vaste kosten voor de installatie te groot zijn in vergelijking tot de extra productwaarde die door de koeling kan worden gerealiseerd.
Voor die kassen waarbij wel gekoeld wordt is een kas waarin gedurende de zomer krijt wordt toegepast de meest relevante referentie. Ten opzichte van die situatie leidt het buitenscherm tot een vermindering van het elektriciteitsverbruik die uiteenloopt van 8 kWh/m² per jaar bij kassen die heel warm mogen worden (max 28 °C) tot 21 kWh/(m² jaar) voor kassen waar de streeftemperatuur op 18 °C ligt.
Indien de kas met een buitenscherm niet wordt vergeleken met een gekrijte kas, maar met een kas waar een zwaar binnenscherm wordt gebruikt verdubbelt het effect van de toepassing van een buitenscherm op het elektriciteitsverbruik voor koeling zelfs.

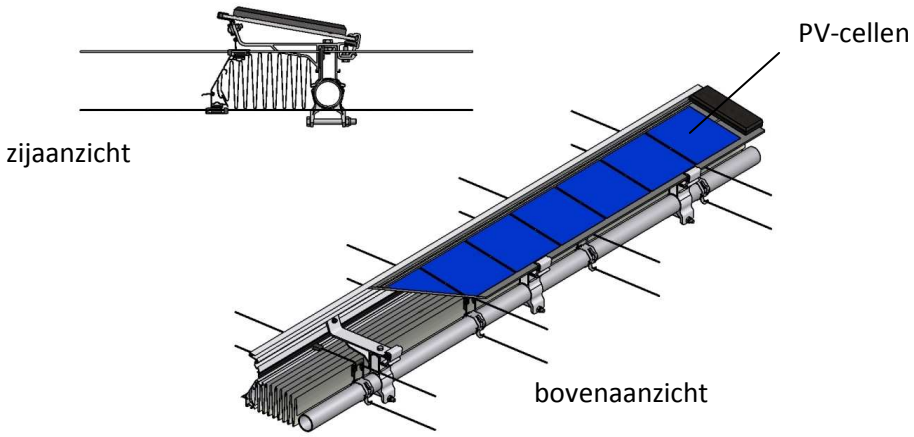
Het effect van buitenschermen op het energieverbruik voor de verwarming van de kas is bij koele teelten gering (ongeveer 1 m³ aardgas per m² per jaar) maar kan bij warme teelten oplopen van 2 tot 4 m³ per m² per jaar, afhankelijk van de vraag of er wordt vergeleken met een gekrijte of met een zwaar geschermde kas. Hier is het juist zo dat het effect groter wordt bij hogere temperaturen in de kas.

Met een gemiddeld centralerendement van 43% kan elektriciteitsverbruik met een factor 0.22 m³ gas per kWh worden omgerekend in equivalent gasverbruik.
Met deze factor kan het elektriciteitsverbruikeffect bij koeling onder één noemer worden gebracht met het effect van het buitenscherm op de warmtevraag.
Ten opzichte van de meest relevante referentie, en dat is een gekrijte kas, loopt het gecombineerde effect van een buitenscherm op koelingenergie en verwarmingsenergie uiteen van 5.5 m³/(m² jaar) voor een koele teelt (18 °C) naar 3.5 m³/(m² jaar)voor een warme teelt. (28 °C).
Wanneer als referentie niet een gekrijte kas, maar een kas met een zwaar binnenscherm wordt gebruikt dan neemt het besparingseffect van een buitenscherm toe naar 8.5 m³/(m² jaar) voor een teelt die op 18 °C gehouden wordt en naar 5 m³/(m² jaar) voor een warme teelt (28 °C).

In alle gevallen wordt het grootste deel van de besparing gerealiseerd door de besparing op elektriciteit voor de koeling. Voor kassen waarin niet gekoeld wordt varieert het energiebesparingeffect van een buitenscherm tussen waarden rond 1 m³/(m² jaar) voor een koele teelt (18 °C) naar 4 m³/(m² jaar) voor een warme teelt (28 °C).

# 4 PV-cellen op de schermconstructie

In de voorgaande paragrafen kwam naar voren dat het gebruik van een buitenscherm tot een verbeterde werking van een kas voor zwaar beschaduwde teelten leidt. Het buitenscherm heeft vooral een positieve werking in kassen waar in de zomer gekoeld wordt om de temperatuur laag te houden. Het buitenscherm geeft dan een forse besparing op het elektriciteitgebruik. Bij koele teelten (streeftemperatuur 18 °C) beloopt de besparing 20 tot 40 kWh per m² per jaar, afhankelijk van de gekozen referentie (een kas met of zonder krijt).
Het Green Top® concept van de schermsysteemproducent Van der Valk Systemen® biedt naast de intrinsieke voordelen van een buitenscherminstallatie voor zwaar geschermde teelten ook nog een goede mogelijkheid om groene stroom uit zon-PV te produceren. Ter bescherming van het schermdoek wanneer het 'op pakket staat' (opgevouwen is) heeft de constructie namelijk een afdekkapje van 20 cm breed wat altijd in het volle licht staat. In 2009 heeft Van der Valk Systemen® een ontwikkeling in gang gezet om in plaats van dit afdekkapje langwerpige PV-panelen te gebruiken zodat het beschermingskapje voor het schermdoek tevens als stroomproducent kan fungeren. Een schets van dit systeem staat in onderstaande figuur.




*Figuur 10. Tekeningen van het Green-Top systeem.*

De bijdrage van zo'n afdekkapje van PV-cellen kan gemakkelijk berekend worden uit het PV-oppervlak en de specifieke opbrengst van PV-panelen. De door Van der Valk Systemen te gebruiken langwerpige panelen hebben namelijk een vermogen van 22 Wp per strekkende meter (de elektricitietsproductie in de volle zon is dus 22 W per strekkende meter). Volgens opgave van de fabrikant[1] leveren deze zonnepanelen onder Nederlandse omstandigheden 1000 equivalente vollasturen, zodat de elektriciteitsproductie van deze panelen 22 kWh per strekkende meter bedraagt. Als er ook nog rekening wordt gehouden met de omvormer die van de gelijkstroom uit deze panelen met een rendemetn van 75% een wisselspanning opwekt komt de uiteindelijk leverbare hoeveelheid elektriciteit op 16.5 kWh per strekkende meter. Bij een pakket-afstand van 4 meter betekent dit 16.5/4 = 4.1 kWh per m² kas per jaar. Overigens kan de buitenscherm-intallatie ook een pakket-afstand van 4.5 of 5 meter hebben en dan wordt de elektriciteitsproductie per m² kas natuurlijk naar rato kleiner.

[1] Pers. Comm. met Van der Valk Systemen

Bij een maximaal PV-vermogen van 22 W/strekkende meter bedraagt het elektrisch vermogen van de panelen na omvorming maximaal 4.1 W/m² kas, maar is het gemiddelde vermogen overdag nog geen watt per m² (7.5 kW/ha). Dit zal altijd minder zijn dan het basisverbruik van het bedrijf zodat er praktisch niet gesproken kan worden van de teruglevering van groene stroom aan het openbare net.
Een uitzondering geldt voor bedrijven die niet gekoeld worden omdat in dat geval een hoge groen stroom productie samenvalt met een laag stroomverbruik.

Het feit of de PV-panelen al dan niet tot een netto teruglevering aan het openbare net leiden is vanuit financieel oogpunt volgens de huidige subsidieregels niet relevant. Bij gebruik van een brutoproductiemeter, een kWh meter die de productie van de panelen meet, wordt vanuit de SDE-regeling (Stimulering Duurzame Energieproductie) een vergoeding van 43 cent per geproduceerde kWh gegarandeerd voor een periode van 15 jaar[2]. Voorwaarde is daarbij dat de installatie geen groter vermogen heeft dan 15 kW piek, wat betekent dat maximaal 2.7 ha van het bedrijf met PV-cellen als afdekkapjes uitgerust kan worden (weer uitgaande van 4 meter pakket-afstand).
Bij deze vergoeding van 43 cent per kWh komen de jaarlijkse inkomsten uit de groene stroomproductie op 0.43*4.1 =€ 1,77 per m² kas per jaar.
De investering voor de plaatsing van de PV-panelen boven de schermpakketten zal bij doorontwikkeling van de panelen uiteindelijk ongeveer 15 euro per m² per jaar gaan kosten (uitgaande van een pakket-afstand van 4 meter). Op dit moment kosten voor de panelen echter hoger, maar daar staat tegenover dat er ondersteunende investeringssubsidies aangevraagd kunnen worden zodat een effectieve investering van € 15,- per m² reëel is. Wanneer wordt uitgegaan van een rentepercentage van 3% op het geïnvesteerde kapitaal en de jaarlijkse revenuen worden gebruikt voor de aflossing hierop komt de terugverdientijd voor de installatie die nu zou worden gekocht en onder de SDE-regeling van 2010 zou kunnen worden gebracht op 10 jaar.

Wanneer de gemiddelde groene stroom productie van 4 kWh/(m² jaar) wordt vergeleken met het elektriciteitsverbruik voor assimilatiebelichting (80 tot 100 kWh/(m² jaar)) en het verbruik voor koeling (50 tot 100 kWh/(m² jaar)) dan is het duidelijk dat het plaatsen van PV-cellen als afdekkapjes van het buitenscherm in geen verhouding staat tot de vraag naar elektriciteit van moderne potplantenbedrijven. De beschouwing op deze cijfers laat echter ook zien dat de elektriciteitsproductie uit PV-cellen sowieso in een problematische verhouding tot het verbruik van elektriciteit voor belichting en koeling staat. Zelfs na verlaging van het verbruik en verhoging van het PV-rendement is de benodigde oppervlakteverhouding om intensieve potplantenbedrijven met PV-cellen van stroom te kunnen voorzien qua ordegrootte 1 op 1, dat wil zeggen dat er net zo'n groot PV-oppervlak als kasoppervlak nodig zou zijn.
Desalniettemin kan gesteld worden dat iedere m² PV-cellen bijdraagt aan de vergroening van de elektriciteitsproductie. Bij de zoektocht naar oppervlak voor PV komen de oppervlakken die onbenut in het volle zonlicht liggen, goed bereikbaar zijn en die consequentieloos voor andere economische activiteiten met PV kunnen worden bedekt als eerste in aanmerking. Het afdekkapje van de Green-Top buitenschermconstructie voldoet aan deze eigenschappen.

[2] Subsidievoorwaarden SDE-regeling 2010 voor elektriciteit uit PV-panelen. De SDE-regeling wordt jaarlijks geëvalueerd en aangepast dus moet er per project bestudeerd worden hoe op enig moment de subsidieregels gelden. Overigens is voor 2010 de regeling al overtekend dus een eventueel project zal op z'n minst onder de voorwaarden van 2011 gaan vallen.

# 5 Conclusies

In de zwaar geschermde teelten heerst er altijd een spanningsveld dat in de zomer licht en warmte vooral buiten gehouden moet worden terwijl in de winter al het licht dat van buiten de kas binnengehaald kan worden winst is.
Een combinatie van beweegbare binnenschermen voldoet vooral in de donkere periode goed en de toepassing van krijt (naast beweegbare binnenschermen met een relatief laag schaduwpercentage) voldoet goed in de zomer, vooral omdat krijt niet alleen licht, maar ook warmte goed buiten kan houden.
In dit rapport wordt berekend dat de toepassing van krijt in een kas die 18 °C gehouden moet worden en een lichtsom van 6 mol/m² per dag nastreeft bijna 20 kWh/m² per jaar aan elektriciteit voor de koeling bespaart ten opzichte van een kas zonder krijt, maar met een zwaar schaduwscherm.
Het nadeel van krijt in het voor- en najaar is echter dat er in die tijd afwisselend dagen zijn waarop het krijt nuttig is en dagen waarop het krijt nog niet aangebracht had moeten zijn. Na het aanbrengen van het krijt zullen er dus dagen zijn waarop er wordt bijbelicht om het gemiste buitenlicht te compenseren. Uitgaande van datzelfde gewenste niveau van 6 mol/m² per dag gaat 6 kWh van die 20 kWh/m² weer verloren, zodat het netto effect van krijt ten opzichte van een kas met zware binnenschermen een besparing van 14 kWh/m² per jaar oplevert.

Een buitenscherm combineert het voordeel van krijt, namelijk de effectievere blokkering van ongewenste warmte, met de goede regelbaarheid van de lichttransmissie van een beweegbaar scherm. Bij een buitenscherm wordt de warmte uit het niet doorgelaten deel van het licht nóg effectiever dan bij krijt afgevoerd. Voor een kas die op 18 °C gehouden moet worden betekent dit dat een buitenscherm het elektriciteitsverbruik voor koeling met 40 kWh per m² per jaar verlaagt ten opzichte van een vergelijkbare situatie met een binnenscherm en met 21 kWh/m² per jaar verlaagt ten opzichte van een gekrijte kas. Deze laatste referentie, de gekrijte kas, is feitelijk de meest relevante referentie, zeker wanneer het gaat om kassen waar de nagestreefde lichtsom rond de 6 mol/m² dag bedraagt.
De besparingen op koelbehoefte neemt belangrijk af naarmate de maximaal geaccepteerde temperatuur in de kas oploopt. Wordt de kas op 28 °C gehouden dan geeft het buitenscherm 21 kWh per m² per jaar besparing ten opzichte van een binnenscherm en 8 kWh besparing ten opzichte van een gekrijte kas.
Het buitenscherm kan het nadeel van het krijt in de toename van het elektriciteitsverbruik voor belichting (de eerder genoemde 6 kWh per m² per jaar) slechts gedeeltelijk voorkomen. Tegenover de verbeterde lichttransmissie van een kas met een buitenscherm in het voorjaar staat namelijk de verlaagde overall lichttransmissie ten gevolge van de zware constructie buiten de kas die de basistransmissie al gauw 5 %punten verlaagt. Daardoor blijft van het voordeel van de verbeterde regelbaarheid slechts 2 kWh/m² per jaar aan vermindering van de belichtingsbehoefte ten opzichte van een gekrijte kas over.
Naast de genoemde effecten op belichting en koeling heeft een buitenscherm ook nog enig effect op de behoefte aan verwarming, maar deze effecten zijn klein in vergelijking met het effect op koeling.

Wanneer alle energie-effecten van het buitenscherm (de effecten op belichtingsbehoefte, koelbehoefte en verwarmingsbehoefte) bij elkaar worden genomen en wanneer elektriciteitsverbruikeffecten via het gemiddelde centralerendement van het Nederlands elektriciteitsproductiepark worden uitgedrukt in beperking van gasverbruik ontstaat het volgende beeld:

- Ten opzichte van de meest relevante referentie, en dat is een gekrijte kas, loopt het gecombineerde effect van een buitenscherm op koelingenergie en verwarmingsenergie uiteen van 5.5 m³/(m² jaar) voor een koele teelt (18 °C) naar 3.5 m³/(m² jaar)voor een warme teelt. (28 °C).
- Wanneer als referentie niet een gekrijte kas, maar een kas met een zwaar binnenscherm wordt gebruikt dan neemt het besparingseffect van een buitenscherm toe naar 8.5 m³/(m² jaar) voor een teelt die op 18 °C gehouden wordt en naar 5 m³/(m² jaar) voor een warme teelt (28 °C).

In alle gevallen wordt het grootste deel van de besparing gerealiseerd door de besparing op elektriciteit voor de koeling. Voor kassen waarin niet gekoeld wordt varieert het energiebesparingeffect van een buitenscherm tussen waarden rond 1 m³/(m² jaar) voor een koele teelt (18 °C) naar 4 m³/(m² jaar) voor een warme teelt (28 °C). Anders dan bij de gekoelde kassen neemt de energiebesparing door een buitenscherm bij de niet-gekoelde kassen dus toe met de gewenste teelttemperatuur.

Behalve besparingen op energieverbruik levert een buitenscherm een zeker milieuvoordeel op door de verminderde vervuilingsdruk die voortkomt uit het niet hoeven krijten.

Alle bovengenoemde aspecten rond buitenschermen gelden voor dit type schermen in het algemeen. De nieuwe Green-Top buitenschermconstructie van Van der Valk Systemen voegt hier nog een paar aspecten aan toe. Om te beginnen biedt de plaatsing van de constructie op de nok voordelen rond montage en onderhoud. De goot blijft begaanbaar zodat service-voertuigen er doorheen kunnen rijden. Daarnaast is het Green-Top systeem transparanter dan de in de goot geplaatste systemen. Er zijn minder lichtontderscheppende delen zodat de basis-transmissie van een kas met een Green-Top buitenscherm gemiddeld 5%-punten hoger zal liggen dan kas met een buitenscherm in de goot.
Ook biedt het Green-Top systeem de mogelijkheid om op de constructie langwerpige PV-panelen te monteren. Uitgaande van de door de producent genoemde prestaties van de PV-cellen die op het Green-Top systeem worden gemonteerd zullen deze ongeveer 4 kWh/(m² jaar) opleveren. Dit is op jaarbasis veel en veel minder dan het elektriciteitsverbruik van een modern potplantenbedrijf en ook op uurbasis zal de kas praktisch nooit groene stroom exporteren.
Zolang het totaal geïnstalleerde vermogen onder de 15 kWpiek blijft (en dat is het geval voor een bedrijf dat maximaal 2.7 ha van het Green-Top systeem voorziet) kan volgens de regels van 2010 van een SDE-subsidie gebruik worden gemaakt die gedurende 15 jaar lang een prijs van 43 cent per geproduceerde kWh garandeert. Hiermee genereren de PV-panelen op jaarbasis een inkomstenbron van € 1,77 per m². Wanneer de PV-panelen middels investeringssubsidies naar een kostprijs van 15 euro per m² gebracht kunnen worden heeft deze investering bij een rentepercentage van 3% een terugverdientijd van 10 jaar.

In het kader van de wens tot vergroening van de stroomproductie biedt het oppervlak van het Green-Top systeem goede mogelijkheden. Het voldoet aan de voorwaarde dat het oppervlak goed bereikbaar is en geen andere economische activiteit in de weg staat. Ook is het oppervlak zodanig groot dat er bij de benutting ervan schaalvoordelen te behalen zijn.