

Verbetering van de schermregeling met de pyrgemeter

DLV Plant
Postbus 7001
6700 CA Wageningen

Agro Business Park 65
6708 PV Wageningen

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

In opdracht van
Programma Kas als Energiebron

Gefinancierd door
Programma Kas als Energiebron
p/a Productschap Tuinbouw
Louis Pasteurlaan 6
Zoetermeer

Uitgevoerd door
DLV Plant
Jaap Bij de Vaate (projectleiding), diverse adviseurs
Postbus 7001
6700 CA Wageningen

Projectnummer
PT 14088



Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie



Kas als Energiebron

Uw sector investeert in dit project via het  Productschap  Tuinbouw

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

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1 Inleiding en doel	6
1.1 Probleemstelling	6
1.2 Doelstelling	7
2 Materiaal en methode	8
2.1 Projectopzet	8
2.2 Installatie en gebruik	10
2.3 Methode	11
3 Ervaringen	12
3.1 Algemene inleiding	12
3.2 Glasgroenten: tomaat	12
3.3 Glasgroenten: komkommer (1)	16
3.4 Glasgroenten: komkommer (2)	19
3.5 Glasgroenten: paprika	20
3.6 Ervaringen in cyclaam	23
3.7 Potplanten: <i>Spathiphyllum</i>	28
3.8 Ervaringen in bloeiende potplanten	35
5. Algemene bespreking	38
6. Conclusies	41
Bijlage: Advies voor gebruik van pyrageometer	43

Samenvatting

De uitstralingsmeter (pyrgeometer) meet energieverlies door uitstraling, en kan daardoor een bijdrage leveren aan het energiebeheer door invloed op de schermregeling. In dit project is bij een zestal telers over een langere periode gekeken naar de meting en de mogelijke voordelen in de regeling. Hieruit wordt geconcludeerd dat de momenten waarop de uitstralingsmeting de schermsluiting kan vervroegen en zo energieverbruik kan verminderen er inderdaad zijn, vooral in situaties waarbij de buitentemperatuur kort boven de temperatuur ligt waarbij normaliter wordt geschermd. Wel zijn deze momenten zeldzaam. Ook zijn er andere, al gebruikte invloeden op de schermregeling (afhankelijk van de gebruikte programma's) die de invloed van de uitstralingsmeting op de schermregeling overbodig maken, zoals warmtebehoefte of een combinatie van invloeden. Energiebesparing door toepassen van de invloed kon niet worden ingeschat, maar zal klein zijn. De meter kan bijdragen aan een rustiger klimaatregeling (voorbeeld potplanten). In de komkommerteelt is sprake van conflicterende belangen tussen energiebesparing en beheersing van ziekten (*Mycosphaerella*), die vraagt om ventilatie en stoken om te hoge luchtvochtigheden met aantastingsrisico te voorkomen. Een betrouwbare toepassing van de uitstralingsmeting voor het vroegtijdig waarnemen van afkoeling van het gewas (voor het beheersen van vochtgerelateerde ziekteproblemen) blijkt er op basis van de gevonden gegevens niet te bestaan; hiervoor blijft de meting van gewastemperatuur noodzakelijk.

1 Inleiding en doel

1.1 Probleemstelling

Een pyrgeometer is een instrument dat uitstraling naar de hemel meet; hiermee kunnen energieverliezen van de kas worden vastgesteld. De meting geeft inputwaarden voor een schermregeling, zodat energie kan worden bespaard. Er is bekend dat met behulp van dit instrument energiebesparing behaald kan worden. Om deze reden is de pyrgeometer op de EIA-lijst geplaatst (energie investeringsaftrek). Pyrgeometers worden overwegend in nieuwbouwprojecten geïnstalleerd (omdat deze punten oplevert voor Groen Label) en nauwelijks op bestaande bedrijven. Op een aantal nieuwe bedrijven is echter gebleken dat men niet weet hoe ermee om te gaan en wordt er dus geen besparingsrendement mee behaald. Op bestaande bedrijven zou men met deze meters ook energiebesparing kunnen behalen. Men past ze niet toe, omdat men onbekend is met de meter, met goede regelstrategieën en omdat de voordelen onduidelijk of onbekend zijn.



Figuur 1. De pyrgeometer (uitstralingsmeter) en afmetingen in mm (afbeelding uit brochure van Priva).

In de jaren 2007-2008 heeft Hortimax bij enkele tomatentelers de pyrgeometer geplaatst, waarbij gebleken is dat er energiebesparing kon worden gerealiseerd omdat er meer schermuren konden worden behaald dan de telers intuïtief zouden hebben toegepast. In de berekeningen en ervaringen van Hortimax (pers. comm. Joost Veenman, Hortimax) gaat men uit van 200 extra schermuren door de toepassing van de pyrgeometer in de schermregeling (gemiddeld voor alle gewassen). Hierdoor kan de maximum haalbare energiebesparing door schermen worden behaald. Per bedrijf dat de pyrgeometer gaat toepassen om de bestaande schermregeling te verbeteren kan dan een extra energiebesparing op jaarbasis van ca. 3% worden behaald. Ook leverancier Hoogendoorn (pers. comm. Jan Voogt, Hoogendoorn) ziet veel in toepassing van de pyrgeometer, en vooral voor bewaking van de temperatuur van plantendelen waar afkoeling door uitstraling kwaliteitsproblemen op kan leveren.

1.2 Doelstelling

In dit project werd tot doel gesteld gewasspecifieke richtlijnen voor toepassing van de pyrgeometer te ontwikkelen, waarbij energiebesparing kan worden gerealiseerd bij behoud van productie en kwaliteit. Tevens wordt de opgedane kennis gedeeld met andere telers en belanghebbenden. Voor het bereiken van energiebesparing voor de sector worden de volgende doelgroepen onderscheiden die kennis moeten nemen van de opgedane ervaringen:

1. Nieuwe en bestaande bedrijven met een pyrgeometer, die niet of slecht in de schermregeling wordt gebruikt
2. Bestaande bedrijven zonder pyrgeometer, die met een toepassing energiebesparing zouden kunnen realiseren.
3. Adviseurs als intermediairs, die introductie en goede toepassing van de pyrgeometer in de praktijk kunnen ondersteunen en stimuleren.

2 Materiaal en methode

2.1 Projectopzet

Er is een aantal telers gezocht met verschillende gewassen, waarvan sommigen al een pyrgeometer hadden en anderen (nog) niet. De gegevens van de volgende bedrijven worden in dit rapport gepresenteerd:

gewas	regio	Pyrgeometer voor aanvang project	Opmerking
Tomaat	Westland	nee	
Komkommer	Zeeland	ja	
Komkommer	Limburg	ja	
Paprika	Gelderland	ja	
Potplanten	Westland	ja	Ondernemer tijdens looptijd uit bedrijf gestapt en overleden
Potplanten	Zuid-Hollandse eilanden	nee	
Potplanten	Aalsmeer	nee	

Alle bedrijven waren uitgerust met één of meerdere energieschermen, waarvan de regeling door de pyrgeometer beïnvloed kan worden. Er is voor gekozen om geen snijbloemen-bedrijven in het project op te nemen, omdat vanwege teelttechnische redenen het niet te verwachten was dat bij de grootste teelten (roos; Gerbera, chrysanth) energiebesparing gerealiseerd zou kunnen worden. Bij rozenbedrijven wordt namelijk 18-24 uur belicht met hoge intensiteit en is er sprake van een warmteoverschot; met schermen kan geen energie worden bespaard. Bij Gerbera wordt ook veel belicht en er wordt geschermd op daglengte, waardoor een meter die de schermsturing beïnvloedt niets bij zal dragen aan energiebesparing. Ook bij chrysanth wordt op daglengte geschermd en wordt er assimilatiebelichting toegepast. De toepassing van de pyrgeometer in Gerbera om bovenmatige afkoeling van de bloemen te voorkomen door een scherm te sluiten en daarmee *Botrytis* te beheersen is teelttechnisch relevant, maar levert geen bijdrage aan energiebesparing. Vanwege de doelstelling van het programma Kas als Energiebron (energiebesparing) zijn deze toepassingen buiten beschouwing gelaten.

De bedrijven die bij aanvang van het project al een pyrgeometer hadden geïnstalleerd, waren relatief jong en hebben vanwege GroenLabel certificering bij de nieuwbouw de meter geïnstalleerd. Er is naderhand weinig aandacht aan besteed en de telers wisten niet hoe ze optimaal gebruik moesten maken van de pyrgeometer.

De andere bedrijven hebben een pyrgeometer geïnstalleerd gekregen; deze is in bruikleen gegeven door de fabrikant Hukseflux uit Delft, die de huisleverancier is van de meeste installateurs voor wat betreft pyrgeometers.

Het oorspronkelijke plan was om op afstand toegang te hebben tot de klimaatcomputers van de deelnemende telers, zodat adviseurs frequent aandacht konden besteden aan het verloop van het klimaat en de invloed van de pyrgeometer op de regelingen. Dit is niet gelukt, omdat Priva Fusion niet tijdig heeft gewerkt. Zodoende is op locatie bij de telers aandacht besteed aan de metingen en regelingen. Om deze reden is ook de opmaak en kwaliteit van de grafieken steeds verschillend en niet altijd optimaal, omdat niet via één platform de data konden worden verzameld en verwerkt. Doordat niet op een uniforme manier inzicht in alle data verkregen kon worden, is een analyse van alle verzamelde gegevens achterwege gebleven en is er voor gekozen de belangrijkste ervaringen hier als *case studies* te presenteren. De verzamelde data en de aanpak zijn daardoor niet steeds dezelfde.

Het was in de meeste gevallen niet mogelijk of gewenst om afdelingen verschillend te sturen, bv. één afdeling met uitstralingsinvloed op de regeling ten opzichte van een andere zonder deze invloed. Daarom wordt in deze rapportage ingegaan op de klimaatmetingen en –sturing per bedrijf en de mogelijkheden om de regeling te optimaliseren met de pyrgeometer – of er wordt besproken welke invloed de meter heeft gehad en wat er zonder deze invloed zou zijn gebeurd.

2.2 Installatie en gebruik

De aansluiting van de meter is per bedrijf verschillend. Het is gebleken dat er geen duidelijke standaard is bij installateurs voor de weergave van de signalen van de pyrgeometer op de procescomputer. In diverse gevallen moest de installateur er nog bij worden gehaald om aanpassingen te plegen zodat er een bruikbare weergave van het signaal van de meter kwam. Dit kwam voor bij nieuwe installaties, maar ook bij bestaande installaties.

De pyrgeometer geeft de uitstraling weer in W/m^2 . Deze wordt soms weergegeven als negatieve waarde (zodat het verschil met INstraling duidelijk is) en in andere gevallen als positieve waarde. Meestal ligt de uitstraling tussen ca. (-)10 en (-)120 W/m^2 .

Het is niet zo relevant of de waarden positief of negatief worden weergegeven, of wanneer het niveau niet vergelijkbaar is met anderen¹. Het bereik van de gevonden waarden wordt gebruikt als richtlijn om een uitstralingstraject te kiezen waarbij de volgende instellingen worden beïnvloed:

1. de buitentemperatuur voor sluiting van het energiescherm. Over een traject van bv. (-)50 W/m^2 (bewolkt) tot (-)100 W/m^2 (heldere hemel) kan de voorwaarde buitentemperatuur voor schermsluiting met enkele graden worden verhoogd. Hierdoor zal het scherm eerder sluiten bij heldere hemel (veel uitstraling) waardoor extra energieverliezen uit de kas worden voorkomen.
2. de schermkier. Deze wordt bij gesloten scherm aangehouden om vochtafvoer van onder het scherm te realiseren en om te voorkomen dat de temperatuur te hoog oploopt. Bij hoge uitstraling kan een kleinere schermkier worden aangehouden, omdat bij een kouder kasdek er meer energieverlies en vochtafvoer zal zijn.

Een voorbeeld van instellingen in de Hortimax klimaatcomputer:

Basisinstellingen MultiMa: Energiescherm		Afd. 1
Begin uitstralingstraject maximum buitentemperatuur voor sluiten scherm	[W/m^2]	50
Einde uitstralingstraject maximum buitentemperatuur voor sluiten scherm	[W/m^2]	100
Uitstralingsverhoging maximum buitentemperatuur voor sluiten scherm	[$^{\circ}C$]	2

Zowel het traject als de verhoging van de maximum buitentemperatuur voor sluiten van het scherm is steeds bedrijfsspecifiek.

¹ In één geval was het nodig de waarden met 2,5 te vermenigvuldigen om een vergelijkbaar niveau te vinden ten opzichte van andere bedrijven. Dit was te wijten aan een instelling die door de installateur verkeerd was ingegeven.

2.3 Methode

De gevolgde methode om voor het bedrijf geschikte instellingen te vinden was als volgt:

1. bepalen van de gemeten waarden voor uitstraling met de pyrgeometer
 - a. tijdens bewolkt weer
 - b. bij helder, onbewolkte omstandigheden
2. invullen van de waarden van 1a bij “begin uitstralingstraject ...” en 1b bij einde uitstralingstraject
 - a. nog *niet* invullen van een invloed op de maximum buitentemperatuur
3. opstellen van een grafiek met daarin de volgende combinatie van gegevens:
 - a. uitstraling [W/m^2]
 - b. instraling [W/m^2]
 - c. buitentemperatuur
 - d. schermstand
 - e. kasttemperatuur
 - f. buistemperatuur
 - i. windsnelheid
 - ii. regen

De windsnelheid en regen werden in eerste instantie niet bekeken; deze werden pas in de analyse meegenomen wanneer de combinatie van hoge buistemperaturen en hoge uitstraling gevonden werd – om zo andere mogelijke oorzaken van energieverlies (hoge buistemperaturen) ook in beeld te brengen.

4. Analyse van deze gegevens

De eerste aandacht ging hierbij uit naar verhoogde buistemperaturen op momenten dat het scherm geopend was. Wanneer het samenging met hoge uitstraling, was dit aanleiding om de meting van de pyrgeometer de maximum buitentemperatuur voor schermsluiting te laten beïnvloeden. Andere redenen voor verhoogde buistemperaturen (naast natuurlijk de instellingen voor gewenste kasttemperatuur) konden liggen in de volgende factoren:

- Regen
- Wind
- vochtinvloeden op de buistemperatuur of schermstand – een instelling die ook regelmatig wordt gebruikt als er sprake is van grote risico’s op schimmelinfecties bij (tijdelijk) hoge luchtvochtigheid (bv. *Mycosphaerella*-aantasting in komkommer)
- CO₂-vraag als gevolg van hoge instraling. Hier is er geen primaire energievraag, maar een CO₂-vraag die alleen voldaan kan worden door gas te verbranden. In deze gevallen is er onvoldoende warmteopslag en moet er warmte vernietigd worden via de buizen in de kas.

3 Ervaringen

3.1 Algemene inleiding

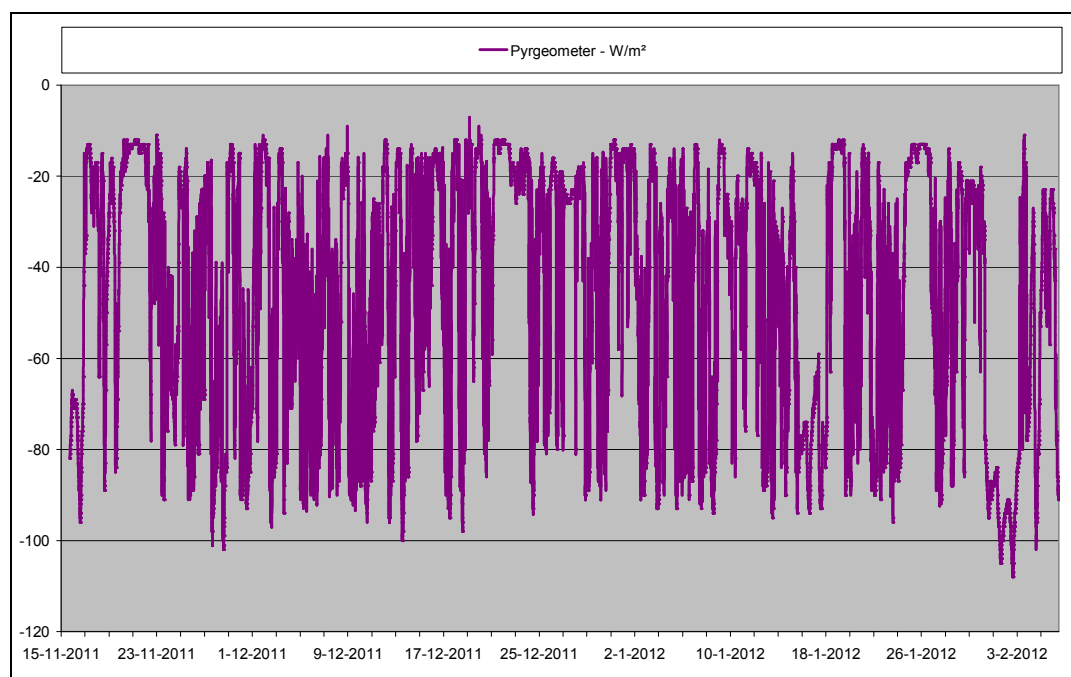
Per bedrijf dat is gevolgd zijn erg veel data bekeken over een langere periode. De klimaatdata op een bedrijf geven oneindige mogelijkheden tot analyse. Er is voor gekozen om in dit rapport enkele voorbeelden te geven om duidelijk te maken wat de (on)mogelijkheden van de toepassing van de pyrgeometer zijn. We doen dat door de ervaringen van 6 bedrijven te presenteren met enkele grafieken van het gerealiseerde klimaat en de bijbehorende uitstralingsmetingen.

3.2 Glasgroenten: tomaat

Een Westlandse tomatenteler had de pyrgeometer laten installeren naar aanleiding van dit project. De installatie was allereerst laat en vervolgens bleek na verloop van tijd dat het signaal niet correct was. Na een aanpassing en weer later herstel van de registratie in Letsgrow functioneerde de meter en de registratie vanaf half november 2011 correct. De ervaringen konden dus pas in het najaar bekeken worden (gegevens worden via Letsgrow opgeslagen en slechts voor een korte periode in de eigen procescomputer).

3.2.1 Glasgroenten: tomaat. Vaststellen uitstralingstraject

De eerste grafiek in Figuur 2 geeft een globaal inzicht in de metingen van de pyrgeometer bij dit bedrijf. Hieruit blijkt dat de gemeten waarden negatief zijn en zich bevinden tussen -10 en -110 W/m². Dit zijn normale waarden en op basis hiervan kan het uitstralingstraject voor de invloed op de schermregeling worden gekozen. Het uitstralingstraject wordt door de teler vastgesteld worden op -20 tot -120 W/m².



Figuur 2. Uitstralingsmetingen in de winter 2011-2012; Westlands tomatenbedrijf.

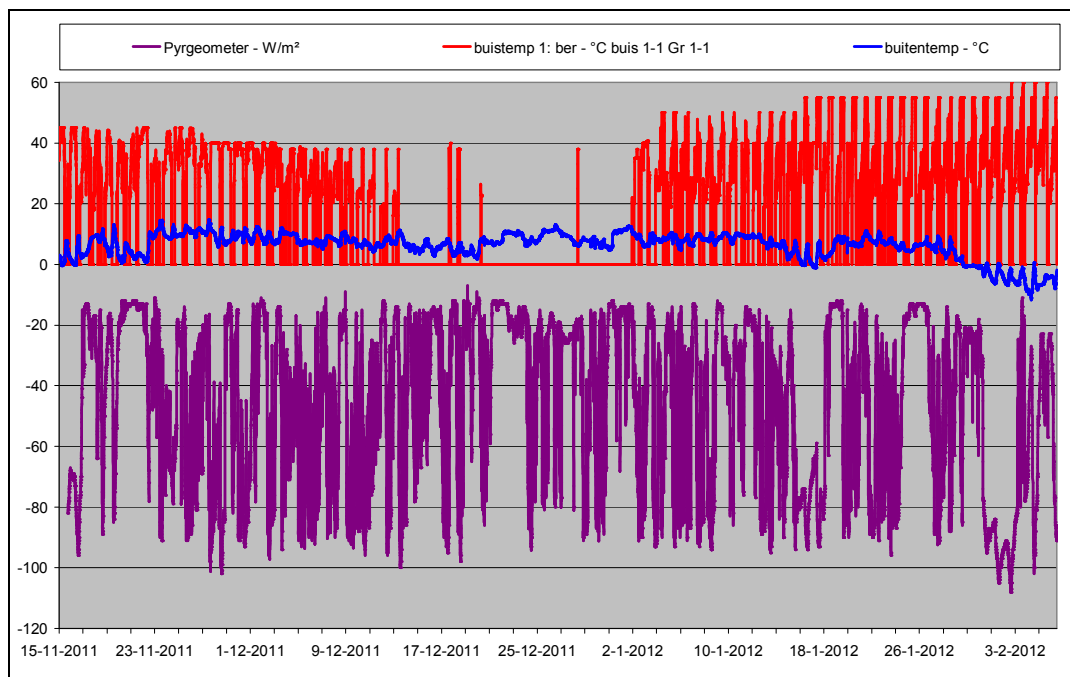
3.2.2 Glasgroenten: tomaat. Invloeden op schermsluiting

Daarnaast heeft de teler een aantal andere invloeden op het energiescherm: (1) berekende verwarmingstemperatuur (2) berekende energievraag van de kas (3) temperatuurverschil kas-buiten. Met al deze invloeden is het niet mogelijk de zuivere invloed van de uitstralingsmeting te herkennen. Bovendien is de energievraag een gevolg van o.a. uitstraling en beïnvloedt deze de schermregeling met integratie van andere energieverliezen door bv. wind, regen, verdamping, condensatie.

De ingestelde buistemperatuur voor schermsluiting is 10 °C vanaf 15:00-20:00 uur; 2 °C van 20:00-2:00 uur; 6 °C van 2:00-8:00 uur; 0 °C van 8:00-15:00 uur; deze instelling wordt met de lichtblauw gestreepte lijn weergegeven in Figuur 5.

3.2.3 Glasgroenten: tomaat. De regeling in uitvoering

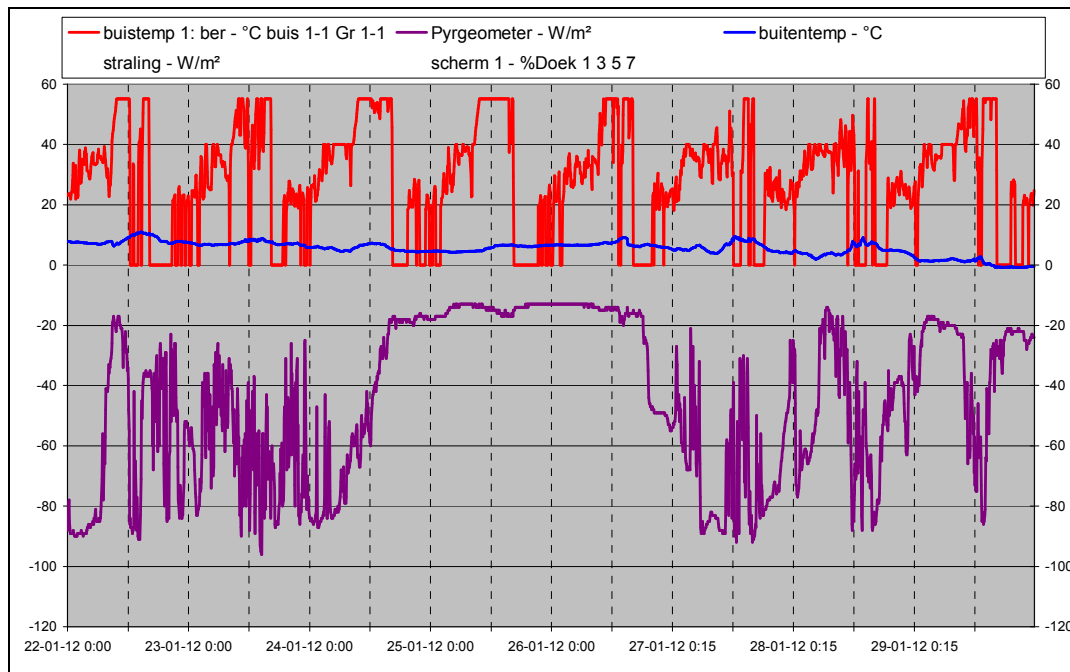
We kijken even wat dieper naar de klimaatdata om eventuele energieverliezen door uitstraling op te sporen. De volgende stap daarin is het kiezen van een periode waarin er warmtevraag is. Figuur 3 geeft hierin inzicht.



Figuur 3. Winter 2011-2012; Westlands tomatenbedrijf. Uitstraling, buiten- en buistemperatuur.

In de maand december is de berekende buistemperatuur vaak nihil: periode van teeltwisseling. Vanaf januari zijn er weer hogere buistemperaturen, met buitentemperaturen van bijna 0 °C rond 18 januari en onder het vriespunt eind januari. Bij lage buitentemperaturen ligt het voor de hand dat er geschermd wordt en heeft een uitstralingsmeting geen toegevoegde waarde.

De eerste helft van januari en de week voor de vorstperiode eind januari geven wel aanleiding om verder te kijken. We kiezen hier voor de periode van 22 tot 29 januari 2012.

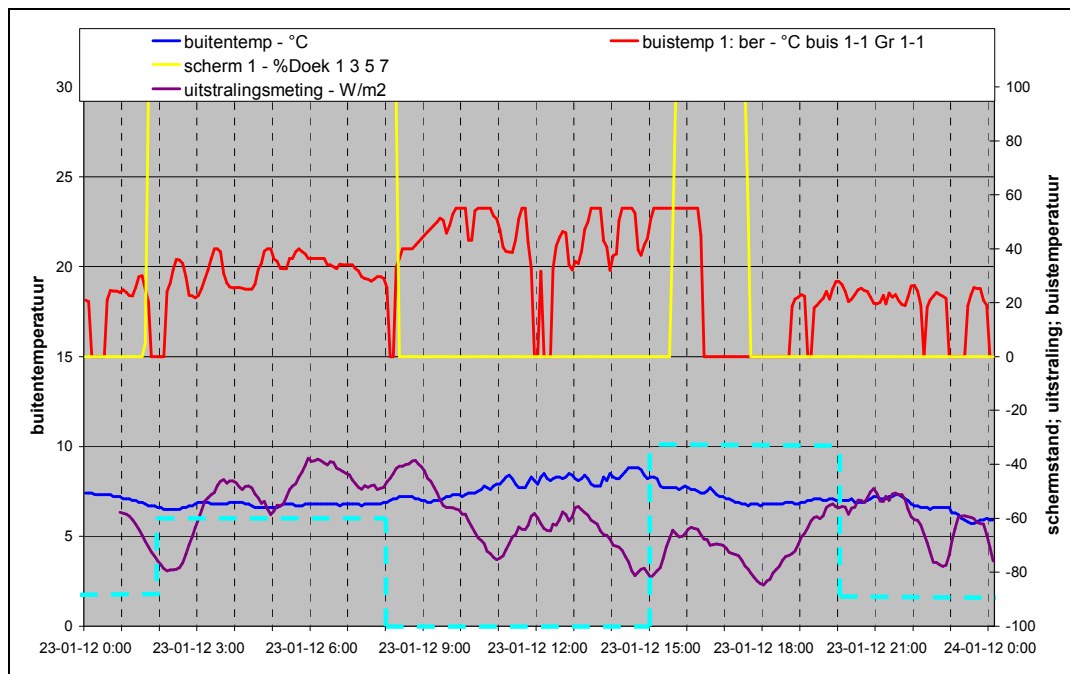


Figuur 4. Westlands tomatenbedrijf. Uitstraling, buiten- en buistemperatuur in de periode van 22-29 januari 2012.

De uitstraling vanaf de middag van 24 januari tot en met 26 januari is erg laag. In deze periode regent het regelmatig (gegevens niet weergegeven; regenmelder heeft dit geregistreerd), dus het is bewolkt en het klopt dus dat de uitstraling erg laag is. De buistemperatuur is gemaximeerd op 55 °C.

3.2.4 Glasgroenten: tomaat. De regeling in uitvoering – een dag in detail

Figuur 5 toont dat de buitentemperatuur (blauw) tussen 2:00 en 8:00 uur iets hoger ligt dan de voorwaarde voor schermsluiting. Het scherm (gele lijn) ligt wel gesloten. Het niveau van uitstraling (paarse lijn) ligt op ca. -40 tot -60 W/m^2 , wat met de heersende instellingen betekent dat de voorwaarde buitentemperatuur naar boven wordt aangepast. De buistemperaturen (rode lijn) liggen die nacht gemiddeld onder de 40 $^{\circ}C$, dus er is geen bijzondere warmtevraag. De combinatie van instellingen, incl. de uitstralingsinvloed, werkt hier dus correct. In de andere perioden van de dag is de ingestelde temperatuur voor schermsluiting zo ver onder de heersende buitentemperatuur, dat de invloeden niet zoveel kunnen corrigeren dat het scherm sluit. Dat is ook de bedoeling van de teler, die in deze perioden een lage temperatuur wil realiseren.



Figuur 5. Westlands tomatenbedrijf. Uitstraling, buiten- en buistemperatuur en schermstand op 23 januari 2012 (de lichtblauwe gestreepte lijn is ingestelde buitentemperatuur als voorwaarde voor schermsluiting).

Het scherm gaat 's middags voor 17:00 uur open, wat te maken heeft met de lage ingestelde kasttemperatuur en dus het kleine verschil tussen kasttemperatuur en buitentemperatuur.

3.2.5 Glasgroenten: tomaat. Bespreking en conclusies

De uitstralingsmeting wordt toegepast in een complex van invloeden. Het totaal functioneert goed, wat zichtbaar is in de relatief lage buistemperaturen (begrensd op 55 $^{\circ}C$) in combinatie met een teler die tevreden is over het gerealiseerde klimaat en bijbehorende gewasstand. De invloed van alleen de uitstralingsmeting is niet afzonderlijk te herkennen, zie ook paragraaf 3.2.2 voor het totaal aan invloeden op de regeling.

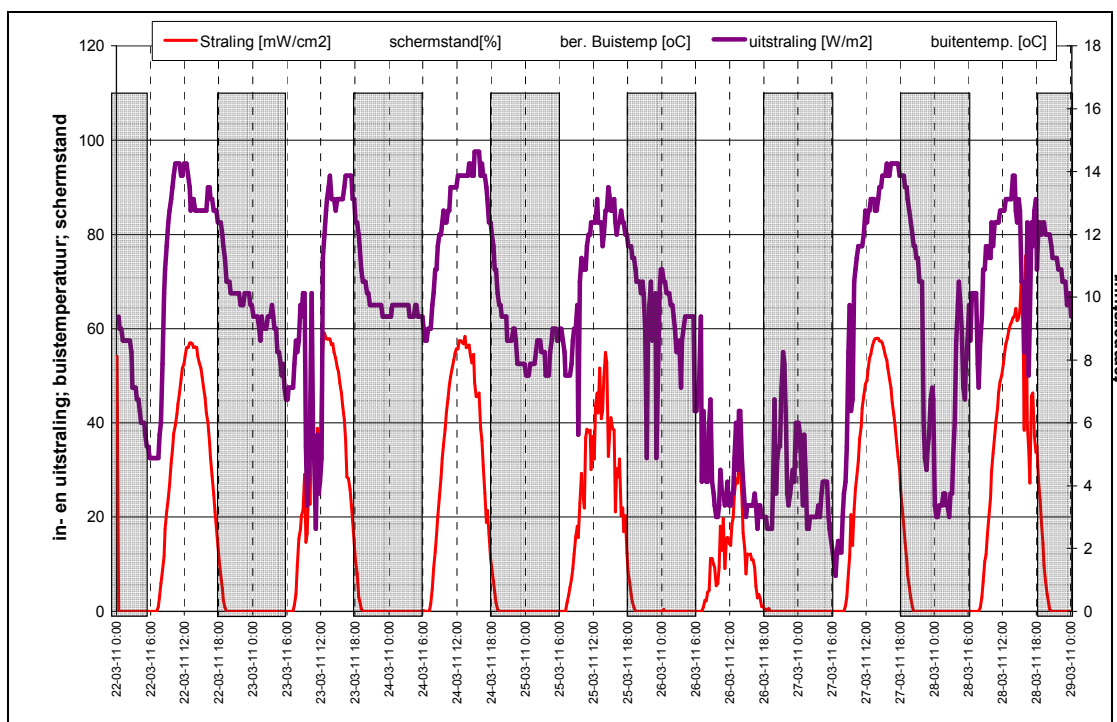
3.3 Glasgroenten: komkommer (1)

De pyrgometer is op dit bedrijf met nieuwbouw geleverd en geïnstalleerd. Voor aanvang van het project was er nooit mee gewerkt. Tijdens het project zijn er verschillende keren door de installateur aanpassingen gepleegd omdat er een onjuist signaal werd doorgegeven. De grafiek gaf eerst negatieve waarden tot -250 W/m^2 , na een aanpassing positieve waarden tot ca. 130 W/m^2 en na een volgende aanpassing negatieve waarden tot ca. 40 W/m^2 . Dit laatste signaal is voor de weergave hier vermenigvuldigd met $-2,5$ om waarden te krijgen die vergelijkbaar zijn met andere situaties (de oorzaak van de afwijking is een door de installateur verkeerd ingegeven instelling).

Aan de hand van enkele grafieken wordt hier uitgelegd welk verloop van uitstraling gevonden wordt en hoe het kasklimaat wordt geanalyseerd om mogelijkheden van energiebesparing te vinden door de uitstralingsmeting te gebruiken.

3.3.1 Voorbeeld komkommerbedrijf: Verloop uitstraling

Figuur 6 toont de instraling ($\text{mW/cm}^2 = 10 \text{ W/m}^2$; rode lijn) en uitstraling (W/m^2 ; paars). Met de grijze vlakken wordt de nachtperiode aangegeven. Er wordt hier een week in maart 2011 getoond, met overwegend heldere dagen en twee dagen met meer bewolking.



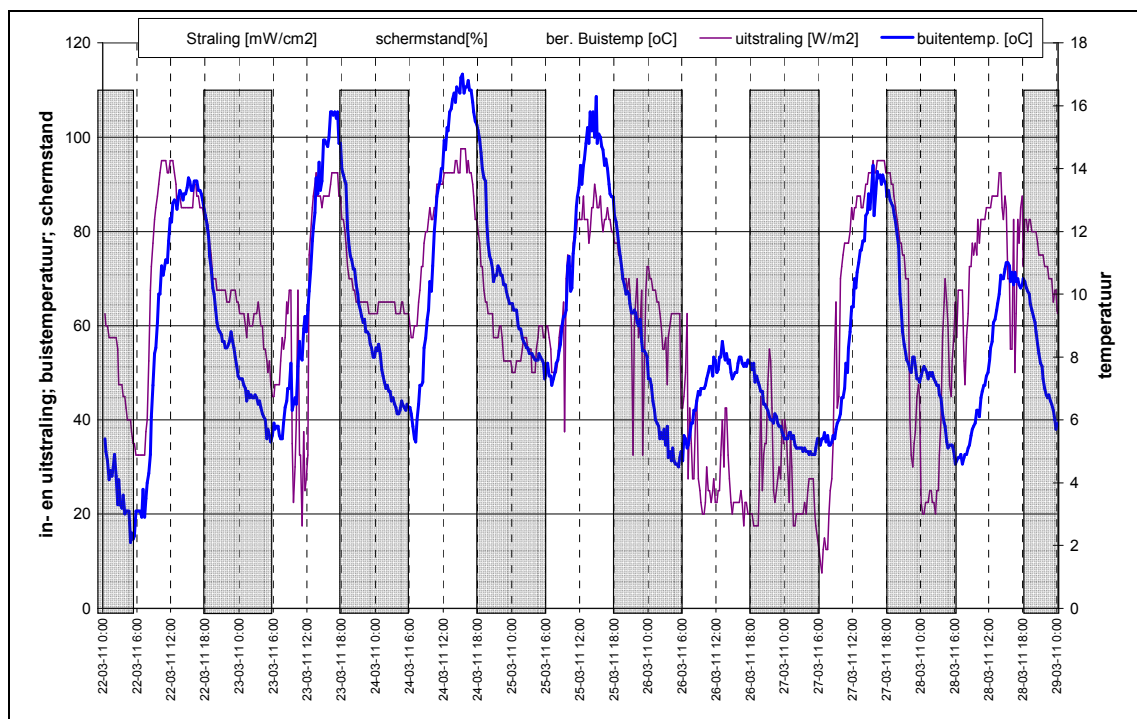
Figuur 6. Uitstraling en instraling 24-28 maart 2011; komkommerbedrijf.

De uitstraling is op de heldere dagen ook overdag hoog. Dit is logisch, omdat de uitstraling te maken heeft met een heldere hemel en bij veel instraling (heldere hemel) zal er dus ook veel uitstraling zijn. De uitstraling op heldere dagen is 's nachts meestal boven de 60 W/m^2 . De dalende uitstraling in de nacht tijdens deze heldere periode is niet logisch; hier is het mogelijk dat het verwarmingselement van de pyrgometer niet functioneert (stuk is of niet is aangesloten). Het is pas zeer recent gebleken dat dit aan de hand zou kunnen zijn

en dit is nog niet gecontroleerd. Het verandert uiteindelijk niets aan de analyse en conclusies met betrekking tot de bruikbaarheid van de pyrgometer.

3.3.2 Voorbeeld komkommerbedrijf: relatie buitentemperatuur

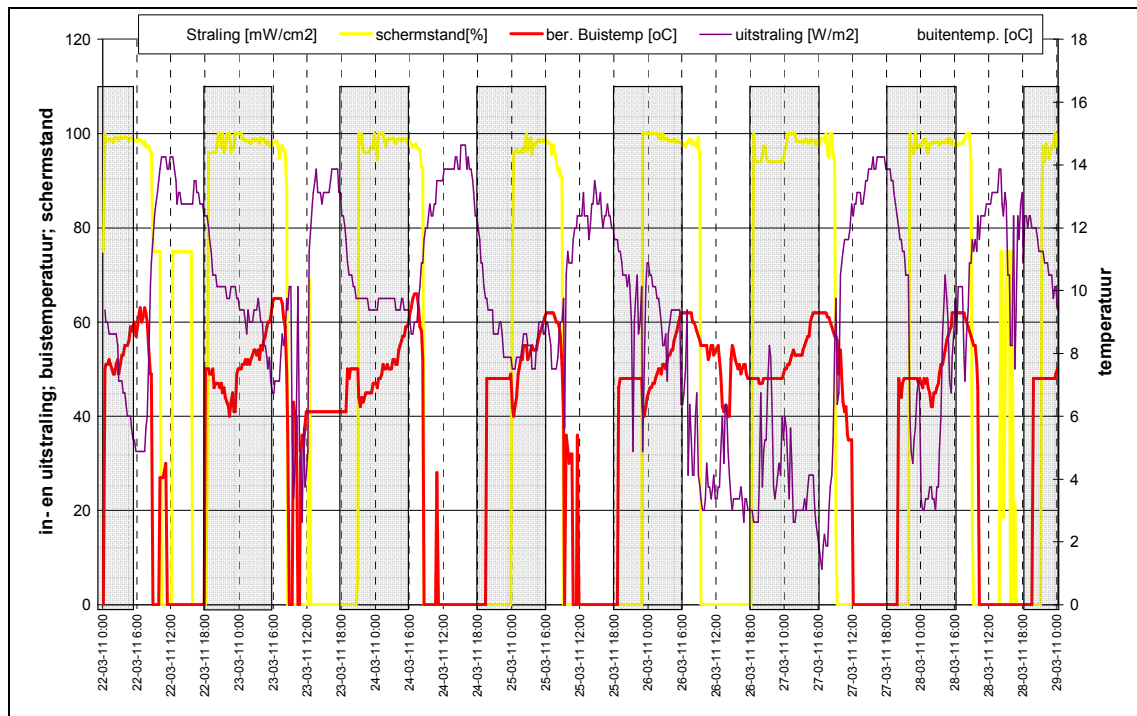
In de volgende grafiek is de instraling verwijderd, de uitstraling als dunne lijn neergezet en de buitentemperatuur ($^{\circ}\text{C}$) weergegeven met een blauwe lijn. Het verloop van de uitstraling is deels vergelijkbaar met dat van de buitentemperatuur, behalve op de bewolkte dagen en nachten. Op dag 3 in Figuur 7 (24 maart) is in de voorafgaande nacht de buitentemperatuur lager dan de nacht ervoor en erna, met een iets hogere uitstraling. Hierbij zou het voorstelbaar zijn dat een extra correctie van de ingestelde buitentemperatuur voor schermsluiting een nuttig resultaat zou leveren.



Figuur 7. Uitstraling en buitentemperatuur 24-28 maart 2011; komkommerbedrijf.

3.3.3 Voorbeeld komkommerbedrijf: relatie buistemperatuur en scherm

Figuur 8 toont (dun) uitstraling (dun paars), buistemperatuur (rood; °C) en schermstand (geel; percentage sluiting). Wanneer we hierin ons richten op de momenten met hoge buistemperatuur en niet (geheel) gesloten scherm, blijkt het niet mogelijk om daarin momenten te herkennen waarop een door uitstraling beïnvloede schermstand (sluiting) winst opgeleverd zou hebben.



Figuur 8. Uitstraling, buistemperatuur en schermstand, 24-28 maart 2011; komkommerbedrijf

In dit geval speelden daarin andere instellingen een belangrijke rol. Deze komkommerteler had last van *Mycosphaerella*-aantasting in zijn gewas, wat hem bracht tot een “luchtiger” teeltstrategie: schraal telen, invloed van luchtvochtigheid op buistemperatuur en schermkier. De oplopende buistemperatuur in de nacht bij kierend scherm heeft te maken met vochtbeheersing en de opstookstrategie naar de dagtemperatuur.

3.3.4 Voorbeeld komkommerbedrijf: conclusie

Het blijkt niet mogelijk om momenten te vinden waar er een toegenomen warmtevraag is die wordt veroorzaakt door hogere uitstraling. In de meeste gevallen wordt het scherm al met de reguliere regeling op buitentemperatuur dichtgestuurd, of zijn doelstellingen en randvoorwaarden op het vlak van beheersing van luchtvochtigheid belangrijker dan energiebesparing. De verliezen en zorgen als gevolg van *Mycosphaerella* in komkommer zijn in de ogen van de telers belangrijker dan energiebesparing.

3.4 Glasgroenten: komkommer (2)

Een andere deelnemer in het project teelde komkommer in Limburg. Er was al een pyrgeometer op het bedrijf geïnstalleerd, maar de teler had deze nog niet in de schermregeling toegepast.

3.4.1 Komkommerbedrijf (2): toepassing uitstralingsmeting

De buitentemperatuur als voorwaarde voor schermsluiting werd onder invloed van de uitstraling met maximaal 3 °C verhoogd. Er was een duidelijke ervaring met een situatie waar het scherm gesloten werd omdat de uitstralingsinvloed volledig werd meegeteld; zonder deze meting was het scherm langer open gebleven. Dit kwam voor op 3 mei 2011. Helaas zijn er van deze situatie geen begrijpelijke grafieken beschikbaar.

3.4.2 Komkommerbedrijf (2): toelichting omstandigheden

De op dit bedrijf betrokken adviseur geeft nog de volgende toelichting:

Bij de teelt van komkommer wordt in het algemeen op alle bedrijven veel met een vochtkier gewerkt. Die kier is actief bij een RV-traject tussen 88 en 95%. Dan wordt vaak een kier getrokken van 1-4 cm.

Bij 2 schermen is de ervaring dat het noodzakelijk is om zowel in het onderscherm (folie) als in het bovenscherm (doek) gelijktijdig een kier in te stellen van 4-8 cm, de 'weerstand' is immers groter.

Mycosphaerella, een schimmelziekte in komkommer, is de oorzaak dat de vochtkier wordt gebruikt. Bij hoge RV wordt een zwak gewas weggezet dat gevoelig is voor een aantasting. Bij de start van de teelt zien we graag een 'hoge' luchtvochtigheid, zodat het bladoppervlak snel toeneemt. Dat is winst aan assimilerend oppervlak. Zodra de scheuten over de draad gelegd worden neemt de vochtproductie toe en is het risico van guttatie groter (dit vormt ook een risico voor Mycosphaerella). Dat is dan vaak het moment waarop het foliescherm uit gezet wordt.

Bij het gebruik van het scherm wordt er naar gestreefd dat er, ook met gebruik van één of beide schermen in de nacht, na 1.30 uur in ieder geval een buis van 40 °C tot 3.00 uur en daarna minimaal 45 °C tot 8.00 uur in blijft.

Op dit bedrijf geldt tevens dat de WKK de hoofd-energiebron is. In de periode dat er op de dag geen energievraag is zal de buffer in de nacht geleegd moeten worden om overdag voldoende CO₂ te kunnen doceren.

Er zijn bedrijven die in de nacht een verhoging van de minimumbuis hebben ingesteld om de buffer voldoende te legen. Energiebesparing kan in die situaties dus niet worden gerealiseerd.

3.4.3 Komkommerbedrijf (2): bespreking en conclusies

In deze situatie blijken er wel omstandigheden te bestaan waarbij de invloed van de uitstralingsmeting energiebesparing op kan leveren. Daarnaast is heel duidelijk dat ook bij dit bedrijf de vochtregeling (sturen naar een niet te vochtig kasklimaat) in een gewas dat aan de draad staat cruciaal is om problemen met *Mycosphaerella* te voorkomen. Tevens is de bedrijfsinrichting (buffercapaciteit, CO₂-bron) van invloed op de behoefte om überhaupt energie te willen besparen.

3.5 Glasgroenten: paprika

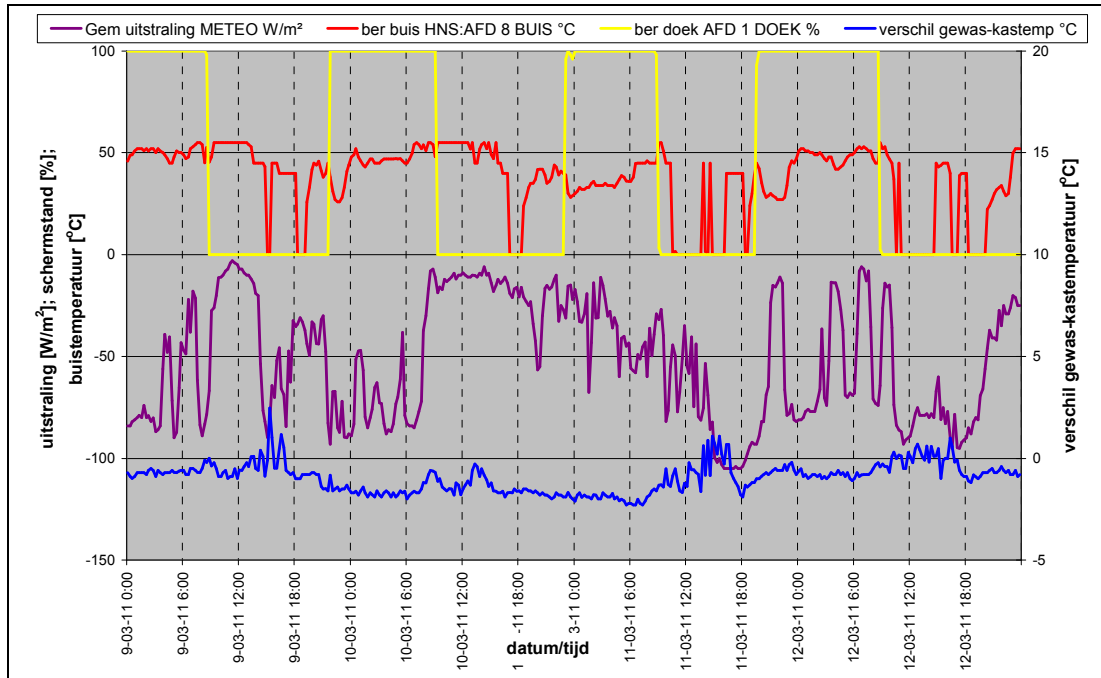
Een Gelderse paprikateler heeft bij de jongste kasopstanden een pyrgeometer geïnstalleerd. Hij wil niet sturen op de pyrgeometer, maar kijkt vaak naar de waarden en past handmatig de instellingen aan. De suggestie om de uitstralingsmetingen een automatische invloed op de schermstand te laten uitoefenen wijst hij resoluut van de hand. Hij wil zelf aan de knoppen blijven zitten. De historische grafieken geven dus geen inzicht in de voordelen van de pyrgeometer omdat ze het resultaat zijn van de combinatie van automatisch werkende instellingen en handmatige ingrepen. De teler zou de meter echter niet willen missen. Daarnaast is het van belang dat hij van mening is dat hij niet de energiezuinigste teler moet zijn: een laag energieverbruik gaat in zijn optiek samen met een groter risico op binnenrot.

In de begeleiding van deze teler viel in februari 2011 een samenhang tussen de gewastemperatuur en de pyrgeometer op. Om die reden in deze paragraaf vooral aandacht hiervoor.

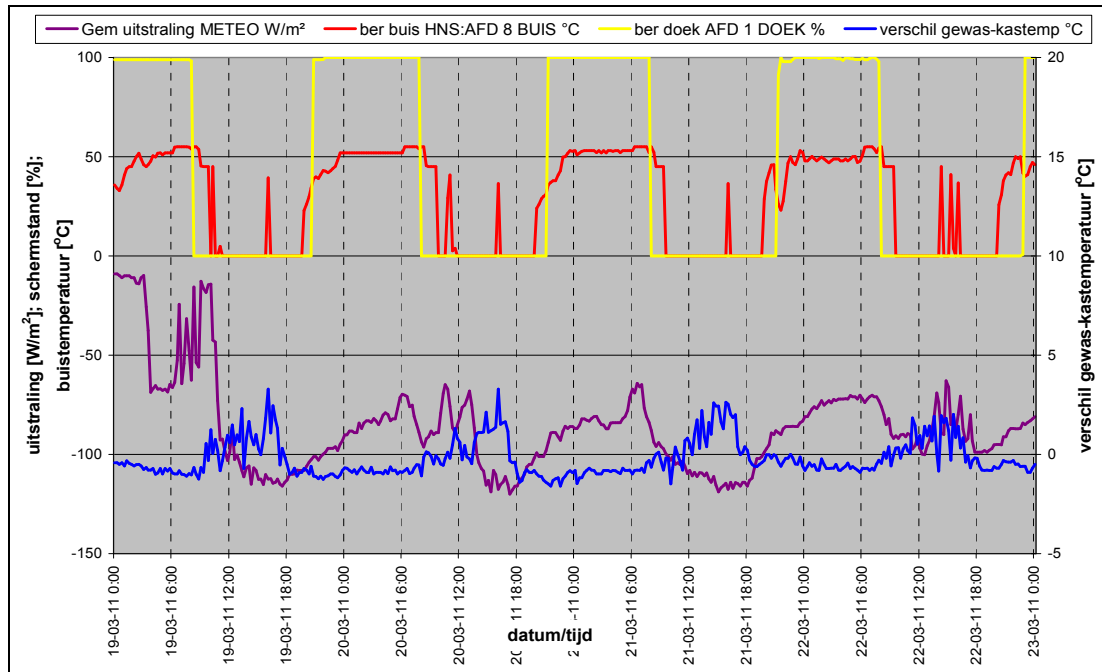
De gemeten waarden voor uitstraling lagen bij deze teler tussen 0 en (+)120 W/m². De waarden zijn hierna negatief weergegeven, dus van 0 tot -120 W/m².

Om in beeld te krijgen of de pyrgeometer meerwaarde biedt, is het verschil tussen de planttemperatuur en de kasttemperatuur uitgezet met de gemeten uitstraling, de schermstand en de buistemperatuur. Voor de teelt is er een risico, wanneer de gewastemperatuur lager is dan de ruimtetemperatuur: het gewas kan dan natslaan, wat risico's voor ziekteaanantasting oplevert. In de volgende grafieken gaat het dan om een negatieve waarde (dan is de ruimtetemperatuur hoger dan de planttemperatuur). In de grafieken moet dan opgelet worden of de gewastemperatuur al daalt ten gevolge van uitstraling, terwijl de ruimtetemperatuur dit nog niet laat zien. Het verschil gewas-kasttemperatuur moet dan afnemen bij een dalende grafiek van de uitstraling.

3.5.1 Glasgroenten: paprika. Gewastemperatuur vaak onder kasttemperatuur



Figuur 9. Verschil tussen gewas- en kasttemperatuur, uitstraling, buistemperatuur en schermstand; 9-12 maart 2011. Paprikabedrijf.



Figuur 10. Verschil tussen gewas- en kasttemperatuur, uitstraling, buistemperatuur en schermstand; 19-23 maart 2011. Paprikabedrijf.

Figuur 9 en Figuur 10 tonen beide een periode van 4 dagen in maart. Er is een variërende uitstraling. In de periode van 9-12 maart is de gewastemperatuur vrijwel altijd lager dan de kasttemperatuur, in de tweede grafiek van 19-23 maart is de gewastemperatuur na 12:00 uur 's middags vaak hoger dan de kasttemperatuur. Wanneer de gewastemperatuur plotseling meer daalt dan de kasttemperatuur bv. voor 18:00 uur op 11 en 20 maart, is er geen relatie te leggen met een tegelijkertijd of kort ervoor sterk toenemende uitstraling. Op andere momenten in het jaar is er ook geen duidelijke samenhang tussen gewastemperatuur en uitstraling te ontdekken.

3.6 Ervaringen in cycloam

De teelt van cycloam is een relatief koude teelt, de marge om bijvoorbeeld de doeken aan de hand van de uitstraling te sturen is beperkt. In de ervaring van de kweker geeft het te vroeg sluiten van het scherm zwakkere planten en is voldoende uitstraling juist nodig om de groei te bevorderen.

Anders is de opweekafdeling, waar een verwarmingstemperatuur van 19,5 °C wordt aangehouden. In deze afdeling is in de volgende klimaatregelingen de uitstraling als invloed gebruikt:

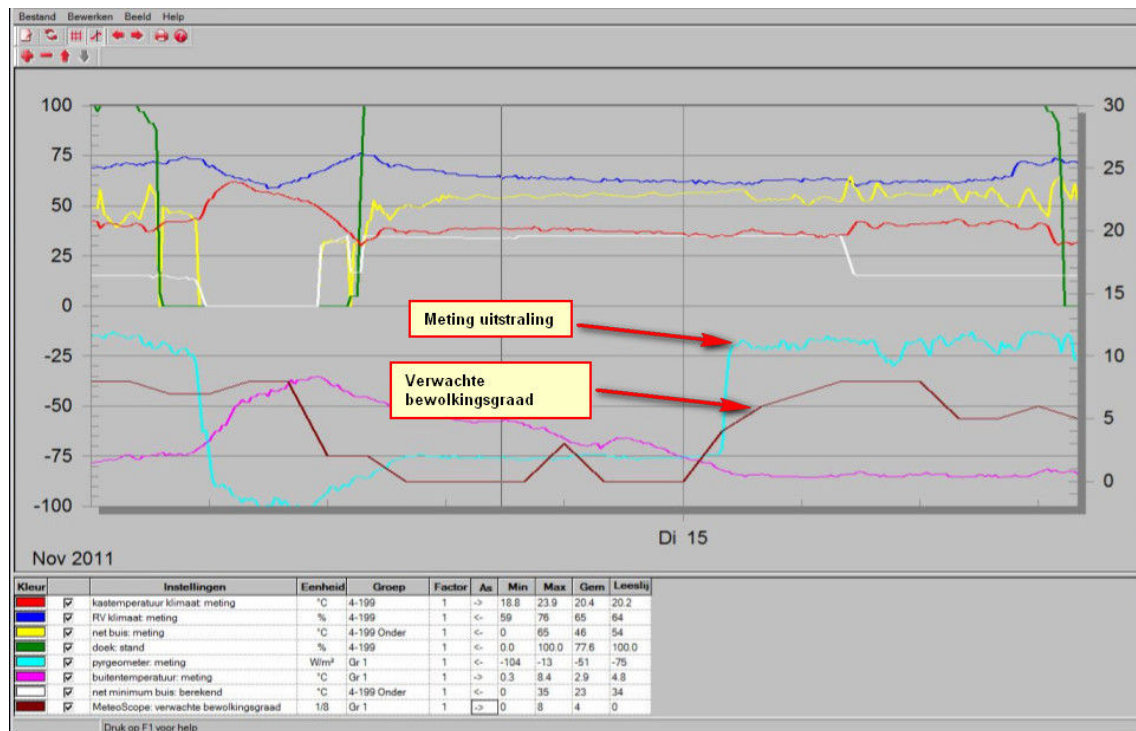
- Buitentemperatuur sluiten scherm.
- Kierregeling in de nacht
- De minimale raamstand bij zon op (1 uur na zonsopkomst) om te voorkomen dat de kastemperatuur te snel oploopt

Deze ervaringen met deze invloeden worden in de volgende paragrafen besproken.

In dit geval is de weergegeven waarde van uitstraling negatief: bij hogere uitstraling een negatievere waarde, bij minder uitstraling dicht bij 0 W/m². De grafieken tonen voorbeelden uit november 2011.

3.6.1 Verwachte bewolkingsgraad en uitstralingsmeting

Als eerste is gekeken hoe de huidige klimaatregeling verfijnd kan worden door gebruik te maken van de uitstralingsmeting. Figuur 11 laat zien dat er een relatie is tussen de (verwachte) bewolkingsgraad (bruine lijn; op rechter Y-as) en de uitstraling (lichtblauwe lijn – op linker Y-as in het negatieve deel). Met de pijltjes wordt aangeduid dat bij een toegenomen verwachte bewolkingsgraad ook de gemeten uitstraling afneemt (van -75 W/m^2 naar ca. -20 W/m^2).

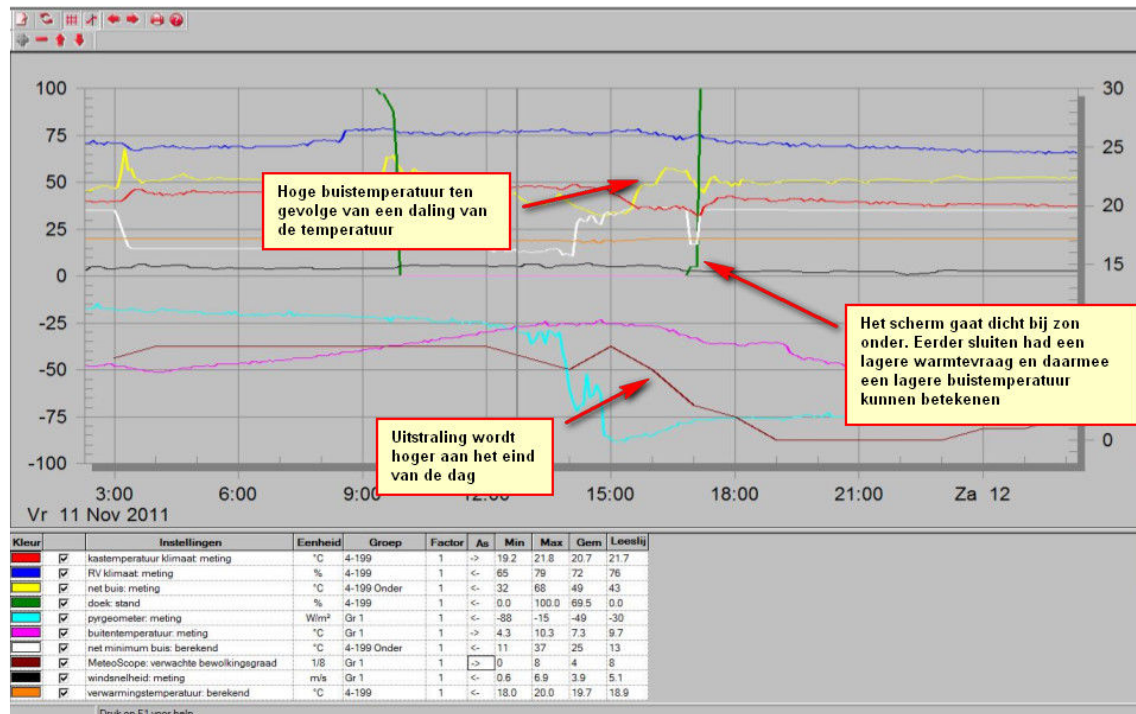


Figuur 11. Kasklimaatgrafiek cyclus, 14-15 november 2011. Uitstraling en bewolkingsgraad.

In de praktijk wordt aan de hand van de verwachte bewolkingsgraad gekozen om het scherm eerder te laten sluiten. Zoals in de figuur te zien is geeft de pyrgometer een directe meting en maakt het geschikt om te regelen op de uitstraling in plaats van de verwachte bewolkingsgraad. Door de regeling te beïnvloeden door een directe meting op locatie zal deze betrouwbaarder zijn dan wanneer deze beïnvloed wordt door een voorspelling.

3.6.2 Buitentemperatuur sluiten scherm

Er is ingesteld dat de buitentemperatuur als voorwaarde voor het sluiten van het scherm in het traject van 50-75 W/m² uitstraling 7 °C mag worden verhoogd. Dat betekent wanneer het scherm normaliter onder 9 °C dicht zou gaan deze boven de 75 W/m² uitstraling bij 16 °C al dicht gaat. Dit is een redelijk veilige en werkbare aanpak gebleken. Figuur 12 laat zien dat het eerder sluiten nut kan hebben om de warmtevraag terug te dringen.



Figuur 12. Kasklimaatgrafiek cyclaam, 11-12 november 2011. Uitstraling, schermstand en buistemperatuur.

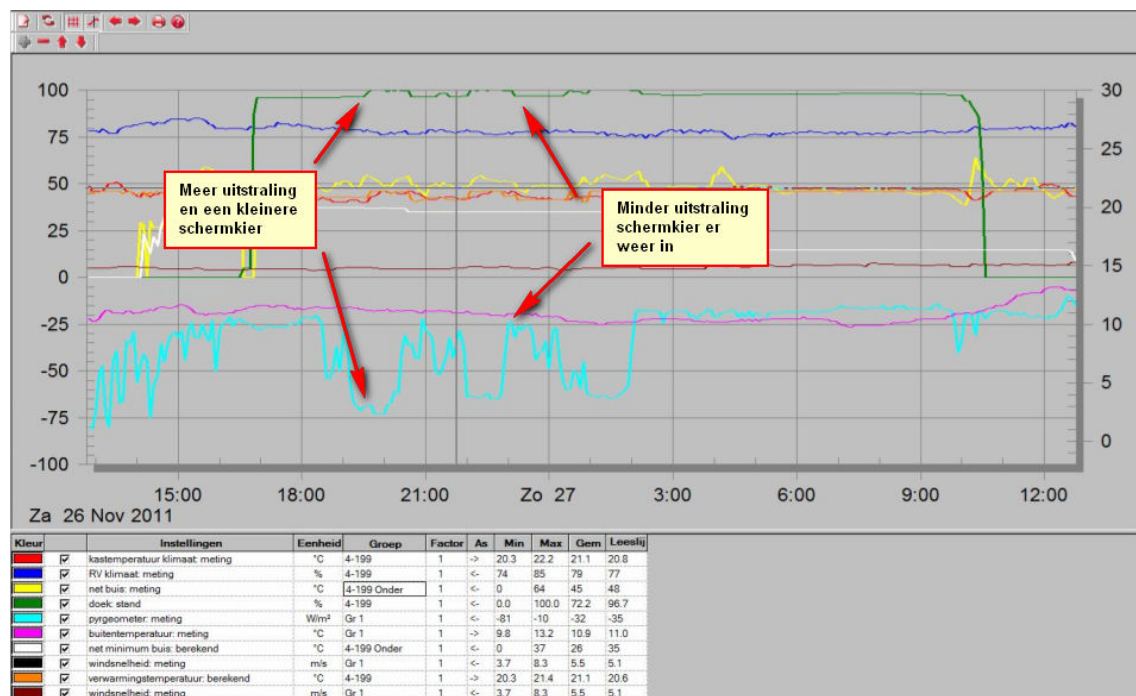
De lichtblauwe lijn geeft aan dat de uitstraling vanaf ca. 13:30 uur sterk toeneemt (van ca. -25 W/m² tot onder -75 W/m²). De buitentemperatuur blijft tot ca. 16:00 uur nog constant en daalt licht daarna. De kastemperatuur (rode lijn) daalt al vanaf 15:00 uur en als gevolg daarvan neemt de buistemperatuur (gele lijn) vanwege warmtevraag toe. Pas om 17:00 uur sluit het scherm (groene lijn), waarna de buistemperatuur weer wat afneemt. Een eerder sluitingsmoment van het scherm had de warmtevraag kunnen verminderen, waardoor energie bespaard had kunnen worden. Lichtverlies door bv. om 16:00 uur al te schermen is in deze periode van het jaar verwaarloosbaar.

Aan de hand van deze constatering zijn de scherminstellingen gewijzigd zodat de uitstralingsmeting meer invloed zou hebben. Nog steeds bleek na het wijzigen van de instelling het scherm minimaal op uitstraling dicht gegaan te zijn. Energiebesparing is mogelijk maar dan zal de uitstralingsmeter een dominantere rol in de regeling moeten spelen. Het scherm gaat in de huidige situatie al snel dicht door andere invloeden in de regeling.

Het gebruik van de uitstraling om energie te besparen heeft in deze situatie het meest waarde wanneer de buitentemperaturen hoger dan 10 °C zijn. Daaronder gaat het scherm in de gangbare instelling ook al dicht.

3.6.3 Kierregeling in de nacht

In de nacht wordt gekierd om een te hoge temperatuur te voorkomen en om vocht af te voeren. Uitstraling is een factor die invloed heeft op hoeveel warmte er afgevoerd wordt bij een bepaalde kier. Bijvoorbeeld bij een bewolkte hemel zal een schermkier van 3% minder effect hebben dan bij een heldere hemel. Daartoe is de uitstraling meting als invloed op de kierregeling toegepast. Dat wil zeggen bij meer uitstraling zal er een kleinere of geen kier berekend worden. De invloed ervan is goed te zien in Figuur 13. Bij hoge uitstraling (lichtblauwe lijn) wordt de kier (schermdoeksluiting wordt weergegeven door de groene lijn) verkleind en bij afnemende uitstraling wordt deze weer vergroot. Pieken in de buistemperatuur (gele lijn), zoals die onvermijdelijk wel optreden bij het openen van het scherm in de ochtend blijven daarbij beperkt.



Figuur 13. Kasklimaatgrafiek cyclaam, 26-27 november 2011. Uitstraling en schermkier.

3.6.4 Uitstraling als indicatie voor een heldere dag

Een mindere gebruikelijk regeling is de pyrgeometer te gebruiken om de kasttemperatuur niet te snel te laten oplopen wanneer er een zonnige dag aankomt. Ervaring is dat er vaak te traag gelucht wordt waardoor de kasttemperatuur onnodig snel oploopt. Traag opwarmende delen van de plant hebben daardoor het risico nat te kunnen slaan. Natslaan in de ochtend is een aantal malen geconstateerd.

Om dit natslaan te voorkomen is een invloed op de raamstand ingesteld. Hierbij wordt bij 1 uur na zonsopkomst de minimale raamstand gedurende 2 uur 2% verhoogd bij veel uitstraling ($>75 \text{ Wm}^2$). Dit maakt het mogelijk de stijging van de temperatuur minder snel te laten verlopen. Uiteraard is er een aantal invloeden, dat voorkomt dat de ramen opengaan bij bijvoorbeeld een te lage buitentemperatuur.

3.6.5 Bespreking en conclusie cyclaam

De invloeden op de kierregeling en schermsluiting laten zien dat er een bruikbare toepassing van de uitstralingsmeting is. Het eerder sluiten van het scherm is vooral van toepassing in september en oktober wanneer de buitentemperatuur nog relatief hoog is. Wanneer buitentemperatuur daalt onder 6 °C dan gaat het scherm per definitie al dicht om ca. 1 uur voor zonsondergang. De verwachte extra energiebesparing door de uitstralingsmeting is niet groot, maar de regelingen kunnen wel worden verfijnd en verbeterd door integratie van deze meting.

3.7 Potplanten: *Spathiphyllum*

Spathiphyllum is een tropische potplant met 18°C als ondergrens voor een acceptabele gemiddelde teelttemperatuur. Daaronder is de uitvalkans door *Cylindrocladium*- of *Phytophthora*-aantasting groot. Erboven geldt dat een lagere temperatuur in de nacht overdag gecompenseerd kan worden om geen groeivertraging op te lopen. Soms worden lagere temperaturen geaccepteerd, omdat bij een gegeven aansluitcapaciteit er niet meer kan worden gerealiseerd (het eerste voorbeeld).

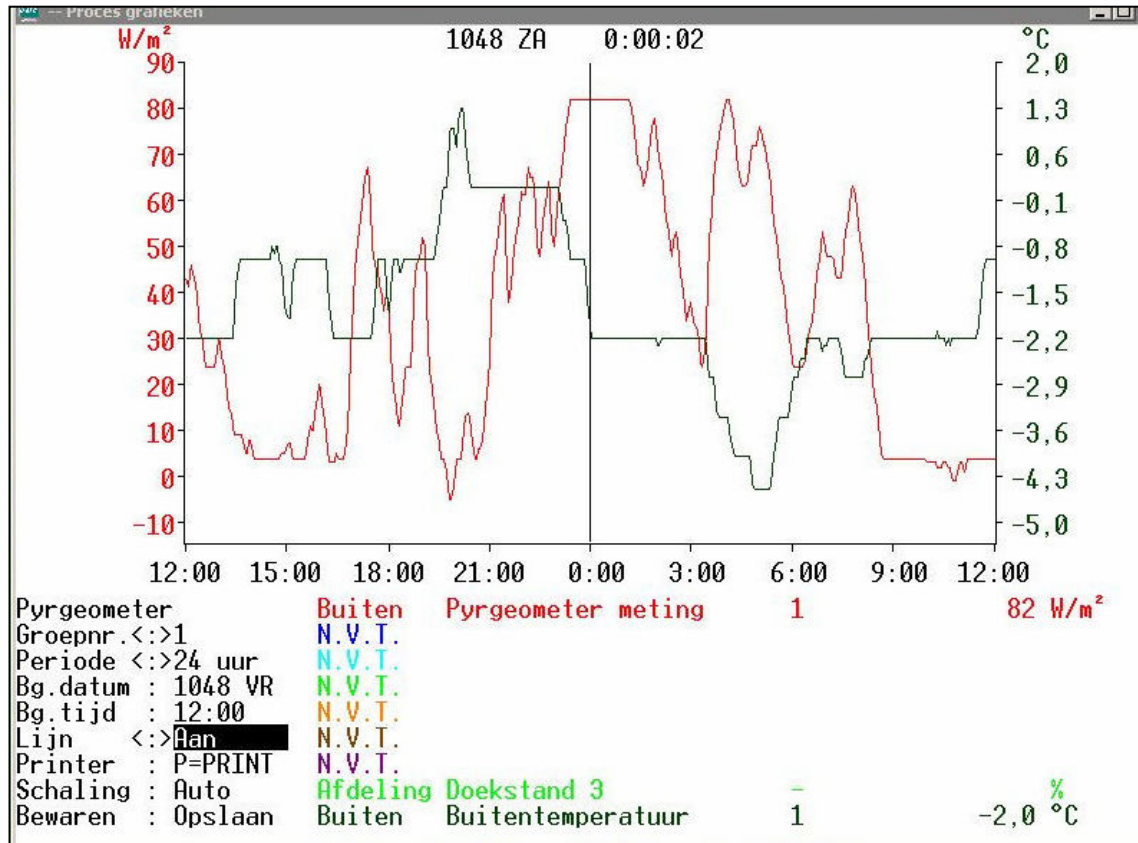
De teler op het betreffende Westlandse bedrijf heeft tijdens de looptijd van het project het bedrijf verlaten en is later overleden. Dit heeft extra belemmeringen in de dataverzameling en –analyse opgeleverd.

3.7.1 Voorbeeld: Hoge uitstraling heldere nacht

Een heldere nacht geeft zoveel meer uitstraling dan een bewolkte nacht dat een schermdoek tot 5°C eerder sluit in een heldere nacht om met eenzelfde buistemperatuur eenzelfde kastemperatuur te handhaven.

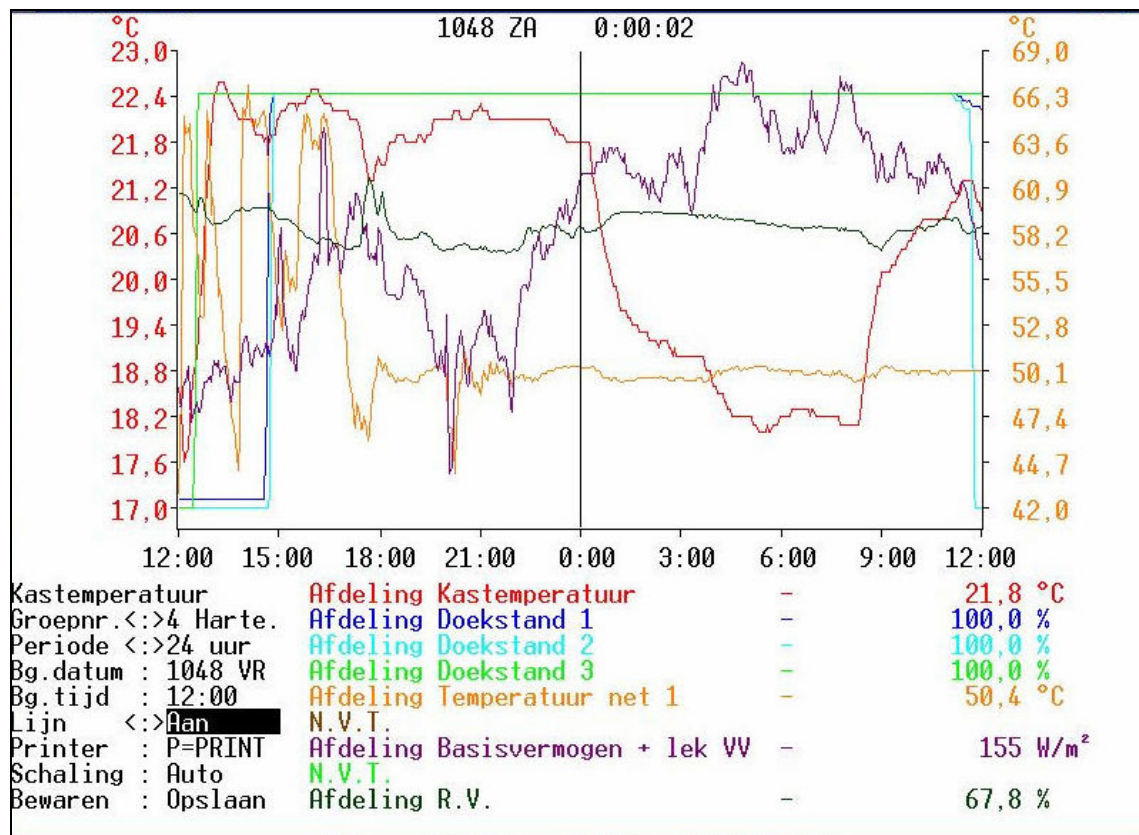
Op een aantal dagen is zichtbaar gemaakt wat het zoal betekent voor het kasklimaat. Er wordt een uitstraling gemeten van ca. 5 W/m² tijdens een extreem bewolkte nacht tot maximaal 100 W/m² in een zeer heldere nacht. Hieronder wordt een aantal grafieken getoond.

De volgende daggrafiek in Figuur 14 toont de uitstralingsmeting (rode lijn) met waarden tussen 0 en circa 80 W/m², een heldere nacht. De buitentemperaturen zijn laag, tussen +2 en -2 °C.



Figuur 14. Kasklimaatgrafiek Spathiphyllum, 3 november 2010. Uitstraling en buitentemperatuur.

Figuur 15 laat zien dat daardoor bij een gelijkblijvende buistemperatuur van 50°C (oranje lijn in de volgende grafiek) de kasttemperatuur (rode lijn) bij drie dichte doeken (lichtblauwe, donkerblauwe, groene lijnen) wegzakt van rond middernacht van 21,8°C naar 18,2°C. Dit wordt veroorzaakt door energieverlies uit de kas vanwege hoge uitstraling en lage buitentemperaturen. In deze nacht is er vanuit energieoogpunt voor gekozen om de buistemperatuur maximaal op 50°C te houden en de kasttemperatuur weg te laten zakken. Om de temperatuur op 20°C te houden zou de maximum buistemperatuur verhoogd moeten worden naar 60-70°C en dit kost direct extra energie. Ook indirect zou het hogere kosten opleveren, omdat het piekgascontract dan hoger afgesloten moet worden.



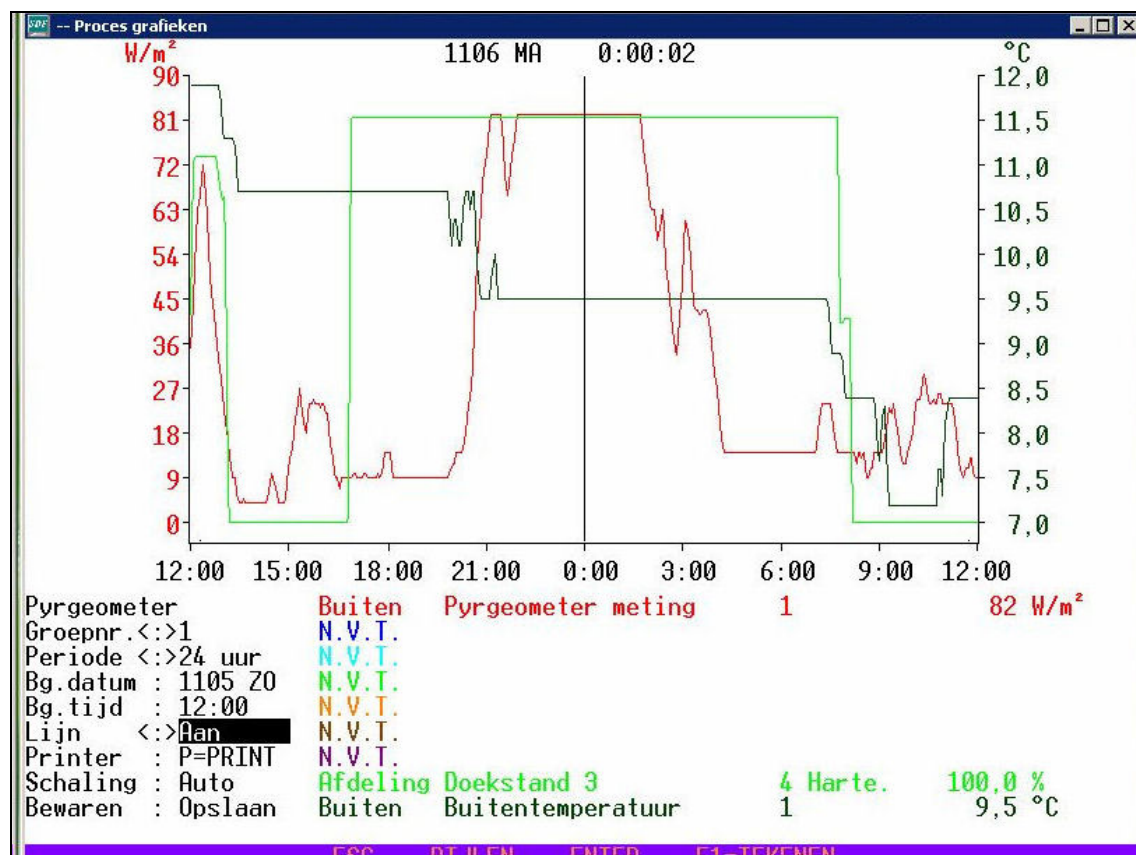
Figuur 15. Kasklimaatgrafiek Spathiphyllum, 3 november 2010. Overige parameters.

In dit voorbeeld heeft de uitstralingsmeter geen mogelijkheden voor verbeterde schermsturing op kunnen leveren; bij de lage buitentemperaturen sluit het scherm al door reguliere instellingen. Wel laat het zien dat hoge uitstraling in dit geval samengaat met hogere energievraag.

3.7.2 Voorbeeld 2: Hoge uitstraling heldere nacht

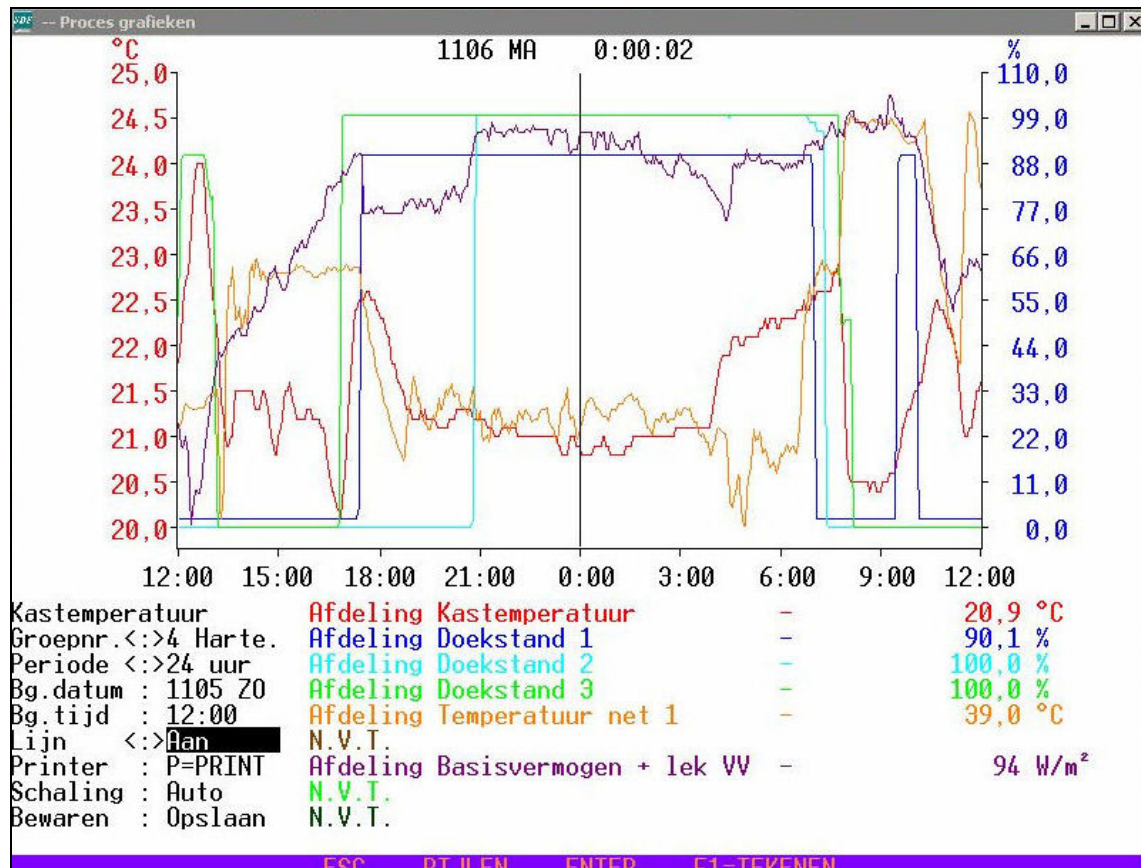
In dit voorbeeld is er een invloed van de uitstralingsmeting op de sluiting van het scherm, wat een stabiel klimaat en buistemperatuur tot gevolg heeft.

In Figuur 16 is aan de lijn van de pyrgometer (rood) te zien dat de nacht vanaf 21:00 uur erg helder is geweest; er worden uitstralingswaarden tot ruim 80 W/m² gemeten. Doek 1 (groen in deze figuur) is al vanaf einde van de middag gesloten. De buitentemperatuur daalt in deze nacht van ca. 12 °C naar zo'n 7,5 °C.



Figuur 16. Kasklimaatgrafiek Spathiphyllum, 6 februari 2011. Uitstraling, buitentemperatuur en doekstand.

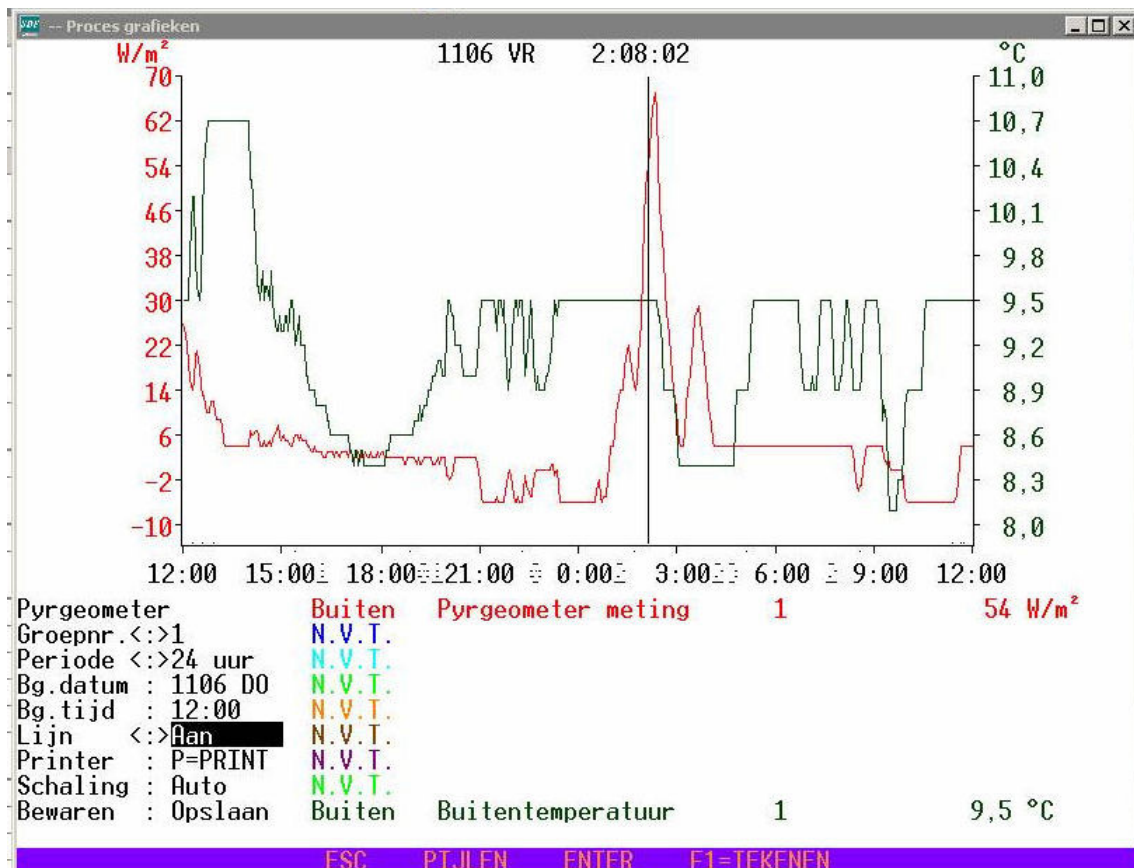
Op basis van een uitstralingsinvloed is het tweede doek (lichtblauw in Figuur 17) rond 21:00 uur dicht gegaan (tegen dat tijdstip nam ook de uitstraling sterk toe). De buistemtemperatuur (oranje in Figuur 17) blijft daardoor gedurende de nacht rond de 39°C en de kasttemperatuur is stabiel rond de 20,9 °C. Vanuit energieoogpunt en teelttechnisch is dit een gewenste situatie. Opvallend is ook dat de luchtvochtigheid stabiel blijft gedurende de nacht.



Figuur 17. Kasklimaatgrafiek Spathiphyllum, 6 februari 2011. Overige parameters.

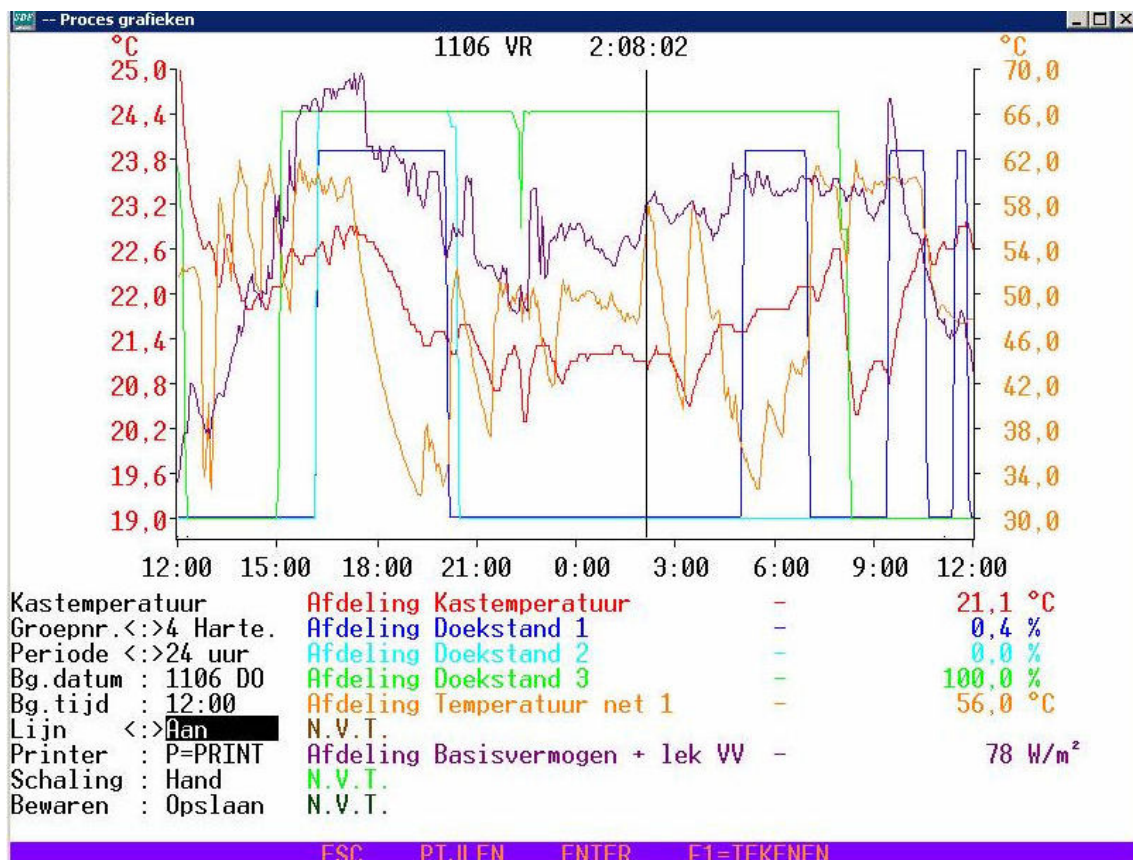
3.7.3 Voorbeeld 3: nachtelijke uitstralingspieken

In de onderstaande Figuur 18 van donderdag week 6-2011 is goed zichtbaar wat een pyrgometer registreert en wat dat doet op de buistemperatuur en daardoor op het energieverbruik en de (on)regelmatigheid van het kasklimaat. Even na 2:00 uur 's nachts is er een helder moment: er wordt bijna 70 W/m² uitstraling gemeten (rode lijn) bij buitentemperaturen tussen 8 en 11 °C.



Figuur 18. Kasklimaatgrafiek Spathiphyllum, 3 februari 2011. Uitstraling, buistemperatuur en doekstand.

De onderstaande Figuur 19 geeft de overige parameters weer. De buistemperatuur stijgt in korte tijd van 46°C naar 58°C (oranje lijn) en de doekstand blijft onveranderd (donkerblauw, lichtblauw, groen). Gelijksortige pieken in uitstraling en buistemperatuur volgen ca. een uur later. De buitentemperatuur daalt, volgend op de uitstralingspiek. Deze grafiek laat de invloed van uitstraling op het kasklimaat goed zien. Wanneer de uitstraling schermsluiting van doek 1 en/of 2 had beïnvloed, was het mogelijk geweest de piek in buistemperatuur te voorkomen. Zo kan energie worden bespaard en kan een gelijkmatiger klimaat worden gerealiseerd. Een stabiel en gelijkmatig klimaat is belangrijk voor optimale groei van de planten, een schommelend klimaat kost groeisnelheid.



Figuur 19. Kasklimaatgrafiek Spathiphyllum, 3 februari 2011. Overige parameters.

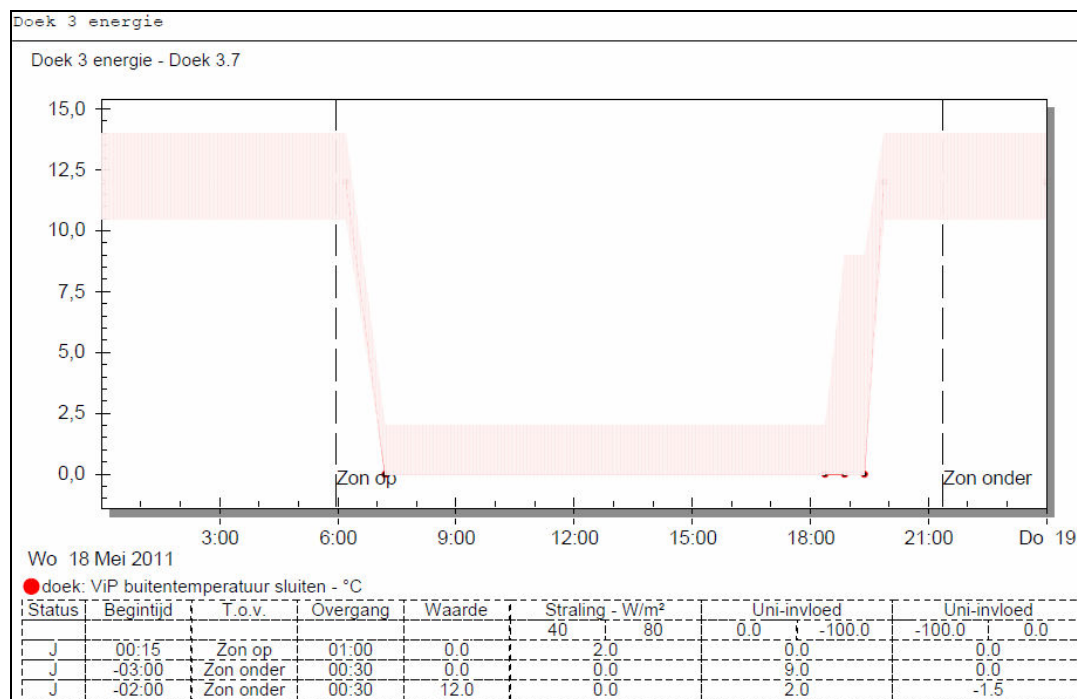
3.7.4 Conclusies potplantenbedrijf

De uitstralingsmeting geeft een merkbare verbetering van de schermregeling net boven buitentemperaturen waarbij normaliter het energiescherm wordt gesloten. Dit resulteert in een rustiger klimaat en stabielere en lagere buistemperaturen. Een inschatting van te realiseren energiebesparing door integratie van de uitstraling in de regeling is niet te maken.

3.8 Ervaringen in bloeiende potplanten

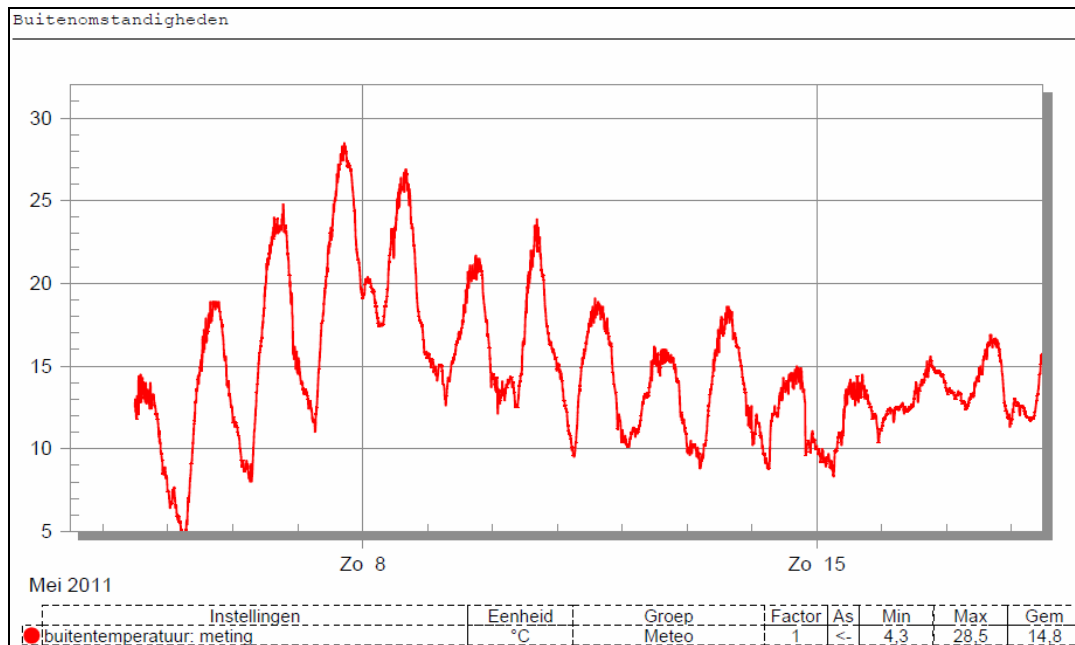
Het bedrijf teelt cycloam, Impatiens New Guinea, Platycodon en pothortensia. Het signaal van de uitstralingsmeter wordt weergegeven als “uni-invloed” bij de instellingen.

Deze teler heeft de invloed vanaf 3 uur voor zonsondergang vrijgegeven en verhoogt de buitentemperatuur als voorwaarde voor sluiten van het energiescherm van 0 tot maximaal 9 °C bij in het traject tot (-)100 W/m² uitstraling (zie Figuur 20). Vanaf 2 uur voor zonsondergang tot een kwartier na zonsopkomst is deze voorwaarde buitentemperatuur 12 °C en wordt deze nog eens met maximaal 2 °C verhoogd bij hoge uitstralingsniveaus.

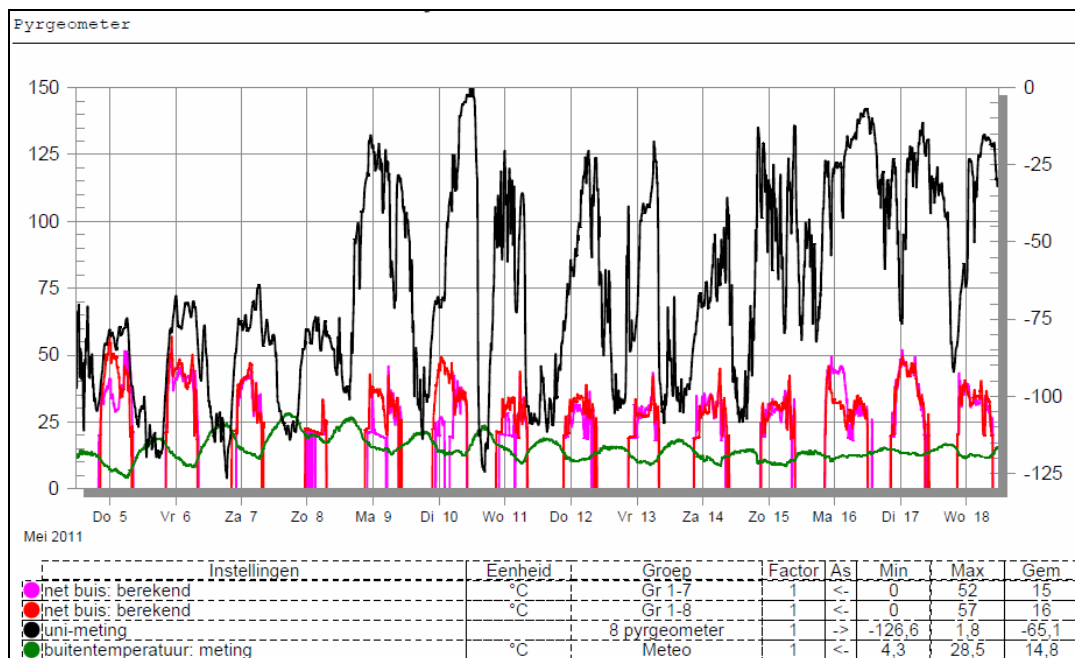


Figuur 20. Scherminstellingen bloeiende potplanten. Uni-invloed is de uitstralingsmeting

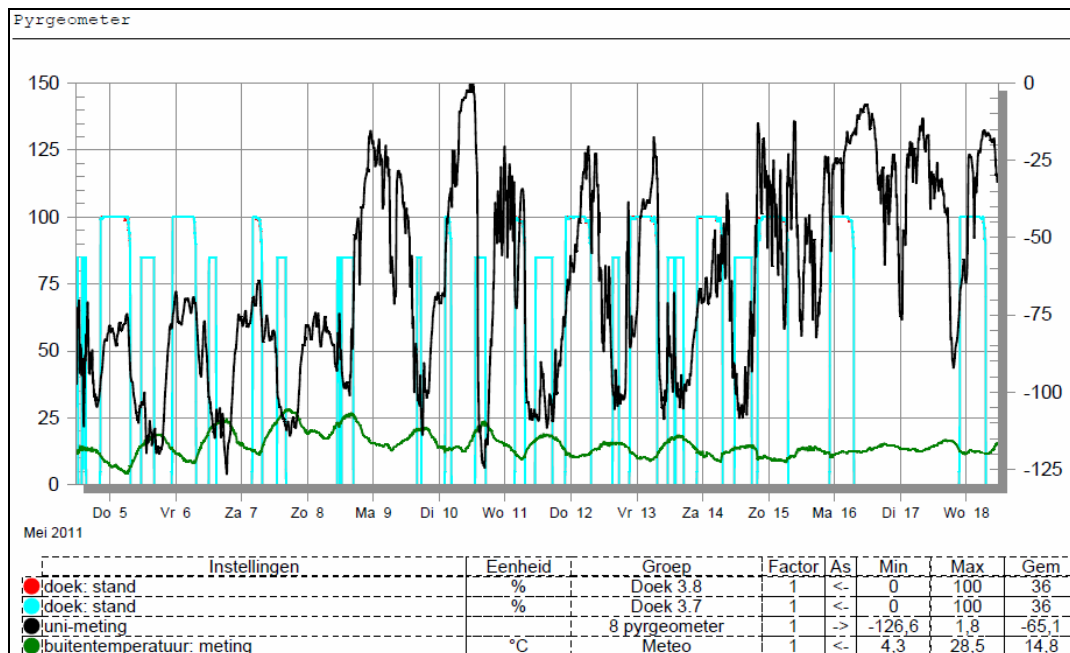
In de periode van 5-14 mei 2011 zijn er vrij hoge uitstralingsniveaus (de zwarte lijn in Figuur 22; N.B. lage waarden betekenen hoge uitstraling!), bij buitentemperaturen die in de ochtenden van 5, 6 en 11-15 mei net onder 10 °C komen (Figuur 21).



Figuur 21. Bloeiende potplanten, verloop buitentemperatuur 4-18 mei 2011.



Figuur 22. Bloeiende potplanten, 4-18 mei 2011. Buitentemperatuur en uitstraling (uni-meting); buistemperaturen.



Figuur 23. Bloeiende potplanten, 4-18 mei 2011. Buitentemperatuur en uitstraling (uni-meting); buistemperaturen.

In de koudere nachten van 5-7, 10, 12-16 en 18 mei wordt geschermd om energie te besparen. Alleen in de nacht van 9 op 10 mei is een verhoogde buistemperatuur te zien (Figuur 22) in combinatie met hogere uitstraling. De buistemperatuur komt daar niet onder voorwaarde voor schermclosing van 12 °C, maar de uitstraling is relatief hoog tot kort na middernacht. Het scherm sluit dan ook even na middernacht. In deze situatie had een sterkere regeling op uitstraling een eerdere schermclosing gegeven en had er iets energie kunnen worden bespaard.

De hogere buistemperaturen in de nacht van 16-17 mei gaan samen met een geopend scherm (te hoge buistemperaturen) maar geen duidelijk hoge uitstralingsniveaus. Waarschijnlijk heeft het geregend en is daardoor veel warmteverlies geweest, maar die gegevens waren niet meer terug te halen. Hier zou een regeling op warmtevraag nuttig geweest zijn.

3.8.1 Bespreking en conclusie bloeiende potplantenbedrijf

De teler was niet enthousiast over de toepassing van de uitstralingsmeting. Het nut ervan kwam slechts zeer incidenteel in beeld en de te verwachting extra energiebesparing door de meter was zeer klein. In de hier weergegeven periode van 2 weken in mei was de buistemperatuur rond een niveau dat enig voordeel van de meter te verwachten was. Hier was er slechts één nacht te herkennen met voordeel van een uitstralingsinvloed op de schermclosing. Bij lagere buistemperaturen zou het scherm in donkeruren *in ieder geval* gesloten zijn, dus zou er geen toegevoegde waarde van een uitstralingsmeting zijn. In een andere nacht trad energieverlies op (hogere buistemperaturen) dat niet met een uitstralingsinvloed opgevangen had kunnen worden.

5. Algemene bespreking

In dit hoofdstuk gaan we in op het belang en de toepasbaarheid van de uitstralingsmeting in het algemeen, gebaseerd op de ervaringen in dit project.

Nut van uitstralingsmeting voor de regeling

Het nut van de uitstralingsmeting voor de klimaatregeling is niet in alle gevallen duidelijk te maken. In de warmere potplantenteelten, waar toch al vaker geschermd wordt voor energiebesparing, bleek het gemakkelijker momenten te vinden waar de meting een positieve invloed op de regeling had of zou kunnen hebben. Ook in die gevallen ging het nog maar om weinig (delen van) uren in lange perioden. Een positieve invloed op de regeling was er, wanneer de buitentemperatuur rond het niveau zat waar men normaliter zou schermen. Een negatieve invloed zal er bij het hanteren van logische instellingen zeker niet zijn. In verschillende gevallen waren er andere invloeden (bv. warmtevraag, verschil kastemperatuur-buitentemperatuur) op de schermregeling, die het voordeel van de uitstralingsmeting teniet deden.

Voor een samenvatting van praktische tips verwijzen we naar de Bijlage: Advies voor gebruik van pyrgeometer.

Gewasspecifieke richtlijnen voor toepassing van de uitstralingsmeting

Het bleek niet mogelijk om gewasspecifieke richtlijnen te maken. Er waren te weinig duidelijke momenten van invloed van de uitstralingsmeting om hier goede richtlijnen op te bouwen. Bovendien heeft elk bedrijf zijn eigen specifieke inrichting qua aantal schermen, energievoorziening (buffering, WKK en/of ketel; ...), regelprogramma en grote verschillen qua complexiteit van de regeling zodat elke oplossing bedrijfsspecifiek is. In de bijlage waar zojuist naar verwezen is staan werkbare algemene richtlijnen. Een teler kan daar, evt. met zijn adviseur, zelf gebruik van maken. Een klein beetje aandacht gedurende een langere periode kan de uitstralingsmeting een vaste plek in de klimaatsturing geven.

In komkommer werd duidelijk dat sturing van luchtvochtigheid om *Mycosphaerella*-aantasting te voorkomen erg belangrijk is. Dit heeft geen invloed op de instellingen m.b.t. de uitstralingsmeting, maar in de praktijk hebben andere invloeden dan een overheersende werking ten opzichte van de uitstralingsmeting. Het is dus niet nuttig over specifieke instellingen voor de pyrgeometer te spreken en het voert te ver voor elk gewas en de specifieke aantasters en problemen het complete pakket aan instellingen te bespreken.

Extra energiebesparing door uitstralingsmeting laag

Elk tuinbouwbedrijf besteedt veel aandacht aan energiemanagement: energie is één van de belangrijkste kostenposten op de bedrijven. Vrijwel overal zijn schermen geïnstalleerd en met alles wat geleerd is onder "Het Nieuwe Telen" heeft elke teler zijn voordeel gedaan: men is veel meer gaan schermen en veel lagere maximum buistemperaturen gaan hanteren. Daardoor zijn er veel minder momenten waarop de uitstralingsmeting het scherm eerder zou laten sluiten dan onder andere invloeden (buitentemperatuur, wind, kastemperatuur, warmtevraag) al gebeurt. De gestelde 3% energiebesparing die

realistisch leek op het moment van de projectaanvraag is zeker niet haalbaar, omdat het extra sturingssignaal om scherm te sluiten daarvoor veel te incidenteel voorkwam.

Mogelijkheden voor bewaking van gewastemperatuur

Wanneer er in een gewas belangrijke risico's bestaan van ziekten die te maken hebben vocht in het gewas, kan een uitstralingsmeting een nuttige bijdrage hebben. De daling van de gewastemperatuur, veroorzaakt door hoge uitstraling, kan natslaan tot gevolg hebben. Risico's van *Botrytis* en *Mycosphaerella* liggen dan op de loer. Een planttemperatuurmeting kan soms te lokaal zijn, waarbij een uitstralingsmeting beter rekening zou kunnen houden met de atmosferische omstandigheden en de invloedsfactor meet in plaats van het gevolg voor het gewas. Daardoor zou sneller en betrouwbaarder kunnen worden gereageerd.

De klimaatregistratie bij de deelnemende paprikateler geeft hiervoor helaas geen aanleiding, zoals paragraaf 3.5.1 weergeeft. Bij de Westlandse tomatenteler was ook een planttemperatuurmeter aanwezig. Bij deze dataset is gecontroleerd of daar ook geen vaste relatie tussen uitstraling en planttemperatuur te vinden was (gegevens niet weergegeven). Deze dataset bevestigde de getrokken conclusie.

Er zal altijd naar de gewastemperatuur zelf moeten worden gekeken voor een betrouwbare sturing van de gewastemperatuur. De gevonden meetresultaten geven geen aanleiding om de pyrgometer hierin een rol te geven.

Nieuwe klimaatregeling mogelijk?

Het is eigenlijk onbegrijpelijk dat een teler, zonder geschoold te zijn op het gebied van energiestromingsprocessen, warmtebeheer en (micro)meteorologie, op detailniveau instellingen moet doen voor een optimaal klimaatbeheer in zijn kas. Hij moet raamstanden, buistemperaturen en schermbewegingen instellen met tientallen invloeden waarbij het een wonder is als hij zou snappen hoe het werkt. Hij wil doelen bereiken op het gebied van gewasrespons, en met *trial and error* kiest hij klimaatinstellingen die hem daarbij helpen. De huidige klimaatregeling is voortgebouwd op de doe-het-zelf methode die telers vanaf het begin van de kasteelten hebben gehanteerd, maar lijkt relatief weinig gebruik te maken van moderne modelleringsmogelijkheden. Eigenlijk zou het mogelijk moeten zijn dat een teler aangeeft welke temperaturen voor het gewas nodig zijn, welke luchtvochtigheid en CO₂-concentraties gewenst zijn en welke toleranties het gewas heeft op het gebied van temperatuur, luchtvochtigheid, instraling. Modelberekeningen voor kasklimaat zouden, met input van lokale meteorologische gegevens, moeten kunnen berekenen met welke raamen schermstanden en buistemperaturen deze gewenste omstandigheden tegen de minste kosten kunnen worden bereikt. De programmatuur zou zelflerend moeten zijn, waardoor het optimaal aangepast wordt aan de lokale omstandigheden en gewaseigenschappen. In een dergelijke context is een uitstralingsmeting een logisch element om een deel van de verliesstromen van energie in beeld te brengen.

Ervaringen betrokken adviseurs

De verschillende adviseurs zien mogelijkheden van het instrument van de uitstralingsmeter, maar relativeren het nut en rendement. Argumenten zijn in de voorgaande punten te vinden. Het project heeft er wel aan bijgedragen dat zij en hun klanten aandacht aan de meter hebben gegeven en vanuit een andere invalshoek naar de klimaatregeling hebben gekeken.

6. Conclusies

1. Toepassing van de uitstralingsmeting als invloed op de scherminstelling heeft op enkele momenten een positieve invloed, waarbij extra energie-input wordt voorkomen
2. De schermregeling is zeer complex en kan niet alleen vanuit de invloed van de uitstralingsmeting worden beschouwd.
3. Vaak zijn er andere invloeden die eerder een signaal tot schermsluiting geven dan de uitstralingsmeting
4. De energiebesparing van 3% zoals die bij aanvang van het project mogelijk leek, is niet haalbaar.
5. De voordelen van de uitstralingsmeting zijn te vinden in een rustiger klimaatregeling, wat teeltvoordelen op kan leveren.
6. Installateurs moeten ervoor zorgen dat geïnstalleerde pyrgometers goed werken, er bleek regelmatig iets niet te kloppen in de aansluiting of het doorgeven van het meetsignaal.
7. Installateurs moeten gemaakte afspraken over weergave van het signaal van de pyrgometer uitvoeren: uitstraling moet worden weergegeven met *negatieve* waarden. Ook het meetbereik moet van 0-ca. 150 W/m².

Bijlage: Advies voor gebruik van pyrgeometer

Gebruik van de pyrgeometer voor beïnvloeding van schermsluiting

Het energiescherm wordt over het algemeen gesloten als gevolg van lage buitentemperaturen, met daarop nog invloed van wind; deze zijn belangrijke factoren die zorgen voor energieafvoer uit de kas. Uitstraling is een extra factor. Bij meer uitstraling kan de ingestelde buitentemperatuur als voorwaarde voor schermsluiting worden verhoogd. Hiervoor moeten worden ingesteld:

- Het traject van lage naar hoge uitstraling waarover de maximum aanpassing van de buitentemperatuur als sluitingsvoorwaarde wordt gerealiseerd
- Het aantal graden dat bij de buitentemperatuur als voorwaarde voor schermsluiting mag worden opgeteld als gevolg van uitstraling.

Als de meter is aangesloten, moeten de volgende stappen worden doorlopen:

1. Bepalen van minimum en maximum uitstraling (uitlezen uit de uitstralingsgrafiek over een langere periode, bv. 4 weken of langer):
 - a. Wordt de uitstraling als positieve of negatieve waarde weergegeven?
 - De uitstraling moet als een negatieve waarde worden weergegeven; indien dit anders is moet dit worden aangepast.
 - Let op dat bij de instellingen ook de negatieve waarde wordt ingevuld.
 - b. Wat is het te verwachten uitstralingsniveau?
 - Dit ligt tussen 0 W/m² onder zeer bewolkte omstandigheden tot -100 à -150 W/m² bij een heldere hemel
 - c. Het traject voor uitstralingsinvloed op de buitentemperatuur als schermvoorwaarde kan worden ingesteld van bv. 30% tot 100% van de maximum gemeten uitstraling.
2. De invloed op de buitentemperatuur: begin met het instellen van een verhoging van 2 °C; pas deze later aan naar behoefte. Een verhoging tot 5 °C is mogelijk, maar is afhankelijk van andere invloeden op de schermsluiting.

Vragen en aandachtspunten voor de pyrgeometer

1. Moeten de weergegeven waarden van de pyrgeometer positief of negatief zijn?
 - Het verdient de voorkeur om uit te gaan van negatieve waarden vanwege internationale afspraken hierover. Neem contact op met de installateur wanneer u dit wilt laten aanpassen.
 - Let op bij het invullen van de instellingen, de sterkst negatieve waarde betekent het hoogste uitstralingsniveau en in de grafiek wordt dit weergegeven als een dieptepunt.
2. Hoe moet ik ermee omgaan wanneer de waarden sterk afwijkend zijn van het aangegeven traject van 0 tot -100 à -150 W/m²?
 - Wanneer het verloop wel klopt, hoeft dit voor de instelmogelijkheden en betrouwbaarheid van de regeling geen invloed te hebben. Voor de regeling kan het werkelijk waargenomen uitstralingstraject worden ingesteld tussen bv. 30% en 100% van de hoogst gemeten waarde.
3. Bij een heldere nacht na een heldere dag neemt de gemeten uitstraling flink af, terwijl de verwachting is dat deze bij een heldere hemel hoog blijft. Wat kan er aan de hand zijn?
 - In de nacht neemt de uitstraling door afkoeling van de aarde altijd iets af.
 - Bij condensatie op de pyrgeometer, wanneer de temperatuur ervan onder het dauwpunt komt, is de gemeten uitstraling lager dan werkelijk aan de hand is. Wanneer de meter een verwarmingselement heeft (aanbevolen), controleer dan of deze werkt en laat deze evt. aansluiten of repareren.