



Energie in kengetallen: op zoek naar een nieuwe balans

Basisdocument

T. Dueck, A. Elings, F. Kempkes, P. Knies, N. van de Braak, N. Garcia, G. Heij, J. Janse, R. Kaarsemaker, P. Korsten, R. Maaswinkel, F. van Noort, M. Ruijs, C. Reijnders & R. van der Meer





Energie in kengetallen: op zoek naar een nieuwe balans

Basisdocument

T. Dueck¹, A. Elings¹, F. Kempkes², P. Knies², N. van de Braak², N. Garcia³, G. Heij³, J. Janse³, R. Kaarsemaker³, P. Korsten³, R. Maaswinkel³, F. van Noort³, M. Ruijs⁴, C. Reijnders⁴ & R. van der Meer⁴

¹ Plant Research International

² Agrotechnology & Food Innovations

³ Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Naaldwijk

⁴ Landbouw Economisch Instituut

Gefinancierd door:



**landbouw, natuur en
voedselkwaliteit**

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : info.plant@wur.nl
Internet : <http://www.plant.wur.nl>

Inhoudsopgave

	pagina
1. Inleiding	1
2. Materiaal & Methoden	3
2.1 Keus van de gewassen	3
2.2 Energiebesparende maatregelen	3
2.3 Werkwijze	4
2.3.1 Doorrekenen van referentieteelten.	4
2.3.2 Consequenties van energiebesparende maatregelen	5
2.3.3 Visualisatie van energiebesparende maatregelen	5
3. Gewassen	9
3.1 Tomaat	9
3.1.1 Referentieteelt	9
3.1.2 Energiestromen Referentieteelt	10
3.1.3 Gevolgen van energiebesparende maatregelen bij Tomaat	11
3.1.4 Conclusies m.b.t. Tomaat	24
3.2 Komkommer	25
3.2.1 Referentieteelt	25
3.2.2 Energiestromen Referentieteelt	25
3.2.3 Gevolgen van energiebesparende maatregelen bij Komkommer	27
3.2.4 Conclusies m.b.t. Komkommer	37
3.3 Chrysant	37
3.3.1 Referentieteelt	37
3.3.2 Energiestromen Referentieteelt	38
3.3.3 Gevolgen van energiebesparende maatregelen bij Chrysant	40
3.3.4 Conclusies m.b.t. Chrysant	52
3.4 Roos	53
3.4.1 Referentieteelt	53
3.4.2 Energiestromen Referentieteelt	53
3.4.3 Gevolgen van energiebesparende maatregelen bij Roos	55
3.4.4 Conclusies m.b.t. Roos	67
3.5 Sla	67
3.5.1 Referentieteelt	67
3.5.2 Energiestromen Referentieteelt	68
3.5.3 Gevolgen van energiebesparende maatregelen bij Sla	69
3.5.4 Conclusies m.b.t. Sla	74
3.6 Ficus	74
3.6.1 Referentieteelt	74
3.6.2 Energiestromen Referentieteelt	74
3.6.3 Gevolgen van energiebesparende maatregelen bij Ficus	76
3.6.4 Conclusies m.b.t. Ficus	81

	pagina
3.7 Freesia	81
3.7.1 Referentieteelt	81
3.7.2 Energiestromen Referentieteelt	82
3.7.3 Gevolgen van energiebesparende maatregelen bij Freesia	83
3.7.4 Conclusies m.b.t. Freesia	89
3.8 Spatiphyllum	89
3.8.1 Referentieteelt	89
3.8.2 Energiestromen Referentieteelt	89
3.8.3 Gevolgen van energiebesparende maatregelen bij Spatiphyllum	91
3.8.4 Conclusies m.b.t. Spatiphyllum	96
4. Discussie	97
Effect van de maatregelen: per gewas	97
Effect van de maatregelen: per maatregel	99
Effect van de maatregelen op de bedrijfseconomie	103
Conclusies	104
Bijlage I. Kasspecificaties voor de referentieteelten	3 pp.
Bijlage II. Overzicht van de gevolgen van de maatregelen op de energiestromen in de kas	9 pp.
Bijlage III. Verloop van het kasklimaat voor de referentieteelt voor tomaat, komkommer, chrysant en roos	5 pp.
Bijlage IV. Bedrijfseconomische situatie	9 pp.
Bijlage V. Bedrijfseconomische gevolgen van energiebesparende maatregelen	19 pp.

1. Inleiding

In het Convenant Glastuinbouw en Milieu heeft de glastuinbouwsector zich met betrekking tot het aspect energie ten doel gesteld om in 2010 de energie-efficiëntie met 65% te verbeteren ten opzichte van 1980. In 2002 is de sector-doelstelling vertaald naar bedrijfstaakstellingen in het Besluit Glastuinbouw (AMvB-normen voor energie). Hoewel het formeel niet in het GLAMI convenant is opgenomen, wordt door het efficiënter omgaan met energie en reductie van het aandeel van fossiele energiebronnen ook een reductie van de CO₂ emissie door de glastuinbouw nagestreefd. Energieonderzoek moet leiden tot praktisch toepasbare technieken, materialen en werkmethoden waarmee de doelstellingen van de Nederlandse tuinder voor energiereductie te realiseren zijn.

Om een goede en snelle inschatting te kunnen maken van de mogelijkheden van energiebesparing in de glastuinbouw is een helder overzicht van de belangrijkste energiestromen in de kas nodig. Dit overzicht moet eenvoudig gestructureerd zijn en per energiestroom aangeven in welke mate verandering van een energiestroom gevolgen heeft voor het totale energieverbruik. Partiële kennis met betrekking tot individuele energiestromen is meestal wel beschikbaar, maar de stappen tot kennisintegratie en -vereenvoudiging zijn niet gezet. Deze stappen zijn nodig om bovengenoemde inschatting op een verantwoorde en effectieve wijze te kunnen maken.

Veranderingen in energiestromen door energiebesparende maatregelen kunnen consequenties hebben voor de betreffende teelt. Energiestromen beïnvloeden op directe wijze het kasklimaat en daarmee de condities voor optimale fotosynthese en groei, wat gevolg heeft voor de productie. Sub-optimale groeicondities kunnen ook leiden tot een verminderde productkwaliteit. De hieraan verbonden economische kosten en baten zijn niet op een soortgelijke eenvoudige wijze beschikbaar. Het leveren van bedrijfseconomische kengetallen kan de beoordeling van de maatregelen op de korte en lange termijn ondersteunen.

Het project 'Energiebalans in kengetallen' (PT nr. 11286) is uitgevoerd om de mogelijkheden van energiebesparingen in te kunnen schatten. Hiervoor worden de energiestromen en de gevolgen van energiebesparende maatregelen voor het totale energieverbruik aangegeven. Deze berekeningen worden uitgevoerd voor acht verschillende teelten. De gewassen vertegenwoordigen het volledige spectrum van Nederlandse kasgewassen en zijn gekozen op basis van hun energiebehoefte. Hiermee kan een tuinder de consequenties van een maatregel voor zijn situatie inschatten, en een afweging maken voor het wel of niet toepassen van de maatregel.

Het project kende een aanvangsfase waarin door het uitvoeren van versnelde berekeningen voor tomaat als eerste teelt werd nagegaan of de gebruikte modellen de juiste vorm hebben, de vereiste diepgang wordt bereikt en de juiste informatie wordt gegenereerd. In overleg met de opdrachtgevers werden enkele aanpassingen aangebracht, waarna de berekeningen voor tomaat zijn herhaald en vervolgens ook voor de andere zeven gewassen uitgevoerd.

Het project werd door vier instellingen uitgevoerd, t.w. A&F (voormalig IMAG), PPO, het LEI en PRI, die ieder hun eigen expertise inbrachten. Eerst werden de referentieteelten bepaald in termen van kasconstructie, klimaatregeling, teeltwijze en bedrijfseconomische situatie zoals dit bij toptelers het geval is. Voor deze referentieteelten werden vervolgens de productie en de energiestromen doorgerekend. De energiestromen werden overzichtelijk gemaakt in een toegankelijk schema met kengetallen. De gevolgen van energiebesparende maatregelen voor de energiestromen, voor de productie, kwaliteit en bedrijfseconomische aspecten werden vervolgens berekend in relatie tot de referentieteelt. De veranderingen in energiestromen en productie als gevolg van energiebesparende maatregelen werden samengevat in overzichtelijke schema's.

2. Materiaal & Methoden

2.1 Keus van de gewassen

Acht gewassen zijn gekozen op basis van hun verschillende karakteristieken ten aanzien van energiebehoefte en op basis van een vertegenwoordiging van het volledige spectrum van Nederlandse kasgewassen. De gewassen met algemene karakteristieken die beschouwd worden zijn:

1. sla - koud geteelde vollegrondsgroente;
2. ficus - niet-bloeiende potplant;
3. Spatiphyllum - bloeiende potplant;
4. freesia - snijbloem, koude grond;
5. belichte chrysant - energievragende snijbloem, korte teelt;
6. belichte roos - energievragende, meerjarige snijbloem;
7. komkommer - energievragend groentegewas, korte teelt;
8. tomaat - energievragend groentegewas, lange teelt.

Hiermee wordt beoogd een breed overzicht te geven van de Nederlandse kasteelt, met dien verstande dat er combinaties van energiekenmerken en gewassengroepen zullen bestaan die hier niet zijn onderzocht.

2.2 Energiebesparende maatregelen

Energiebronnen die beschouwd worden zijn de zon en de verwarmingssystemen, waarbij uitgegaan wordt van een buisverwarmingssysteem waarin een ondernet en een bovennet worden onderscheiden.

De consequenties van een aantal energiebesparende maatregelen voor energieverbruik, gewasproductie, gewas-kwaliteit en economisch perspectief zijn onderzocht. In een aantal gevallen heeft een maatregel geen effect, bijv. verhoging van de RV-setpoint is niet effectief in de zomer wanneer er gelucht wordt.

De energiebesparende maatregelen¹ die beschouwd worden zijn:

1. Verlagen van het temperatuursetpoint van de kaslucht met 2 °C. Hierbij worden de dag en nacht setpoints met 2 °C verlaagd.
2. Toepassing van temperatuurintegratie met een bandbreedte van 2 °C en een integratieperiode van 24 uur. Temperatuurintegratie wordt gerealiseerd door het ventilatie setpoint met 2 °C te verhogen en het stook setpoint met 2 °C te verlagen. De regeling vindt plaats gedurende de hele dag om tot dezelfde etmaal temperatuur te komen.
3. Verhogen van het RV setpoint met 5%. In de praktijk is het gebruikelijke setpoint voor groentegewassen 85% en voor potplanten 90%. Beide worden met 5% verhoogd door minder te luchten.
4. Verhoging van de intensiteit van de belichting van 10 naar 20 W PAR m² (van 3750 naar 7500 lux). Dit betekent een verdubbeling van het lampvermogen bij roos (50 naar 100 W), bij chrysant (35 naar 70 W), bij Freesia (12.5 naar 25 W), en bij Spatiphyllum (12 naar 24 W). Het betreft elektrische, oftewel bruto energie die ongeveer 25% PAR oplevert.
5. Inbrengen van een luchtvochtigheidsregeling op basis van een minimum voor het verschil tussen de dauwpunt-temperatuur van de kaslucht en de gewastemperatuur van 1.5 °C. Het dauwpunt van kaslucht wordt minimaal 1.5 °C hoger gehouden dan de bladtemperatuur om condens op het blad te voorkomen i.v.m. ziektes. Deze regeling vervangt de luchtvochtigheidsregeling op RV. Er wordt pas geregeld als op basis van de gewastemperatuur de noodzaak hiertoe bestaat.

¹ Een losse pagina waarin de energiebesparende maatregelen staan uitgelegd is bijgevoegd als referentie bij het lezen van het rapport.

6. Inbrengen van een schermkierregeling met stappen en wachttijden op RV-overschrijding met wachttijden en maximale opening van 4% bij de gewassen waarbij in de referentieteel al een scherm wordt gebruikt, danwel het toepassen van een energiescherm bij de gewassen waarbij in de referentieteel nog geen scherm wordt gebruikt. Standaard wordt er op de RV geregeld (85-90%, zie Maatregel 3) door de schermkier in stappen tot 4% te openen mocht dit onvoldoende helpen, wordt na 30 min. het scherm helemaal open gezet (de regeling is verschillend voor de verschillende gewassen).
7. Verdubbelen van het PAR-rendement van de lampen voor de belichte teelten chrysant en roos. Licht van assimilatiebelichting in de kas bestaat voor 25% PAR, 25% NIR en 50% voelbare energie (warmte). Verdubbeling van het PAR leidt tot een nieuwe verdeling van het licht: 50% PAR, 25% NIR en 25% voelbare energie, maar het geïnstalleerd lampvermogen blijft gelijk aan de referentie. Verdubbeling van het PAR gaat ten koste van de warmte, zodat het nemen van deze maatregel uiteindelijk meer (stook)energie kost.
8. Verhogen van de capaciteit van de warmtebuffer met een factor 1.5, en dus een evenredige verhoging van de CO₂-doseercapaciteit. Voor tomaat, komkommer en chrysant betekent dit een warmtebuffer van 180 m³, voor roos, Ficus en Spatiphyllum 120 m³, en voor Freesia 90 m³. Bij sla wordt alleen CO₂ via de heteluchtkachels gedoseerd bij warmtevraag, er is geen buffer.
9. Verlagen van de plantverdamping met 10% door een (rekenkundige) aanpassing van de plantkarakteristieken. De stomataire weerstand (bijv. door een coating op het blad) en de grenslaagweerstand worden rekenkundig verhoogd.
10. Toepassen van temperatuurintegratie met een bandbreedte van 2 °C en een integratieperiode van 72 uur. Dit is vergelijkbaar met Maatregel 2, maar de periode waarbinnen temperaturen af kunnen wijken van de gemiddelde temperatuur kan hierbij langer worden aanhouden.
11. Toepassen van een kasdek met een 10% hogere isolatiewaarde en gelijke transmissie voor globale straling door toepassing van een dubbel dek. Onder 'transmissie' wordt uitdrukkelijk 'zonder condensatie' verstaan. Een kunststof dek met condensatie betekent minder lichtdoorlating, terwijl een glasdek met condensatie meer lichtdoorlating betekent.
12. Toepassen van een kasdek met 10% hogere lichtdoorlatendheid (globale straling), bij gelijke isolatiewaarde. Dit wordt bereikt door een coating toe te passen waardoor minder licht gereflecteerd wordt.
13. Toepassen van kaskoeling in de vorm van een dakbevoeiingsysteem. Er wordt niet gerekend aan een volledig gesloten kas omdat deze niet op het totale kasoppervlak kan worden toegepast, als naburige telers eveneens gebruik willen maken van aquifers. Uitgangspunt is dat de lichtinstraling gelijk blijft. De bedoeling is dat eerst door water wordt gekoeld (waardoor de CO₂ concentratie gehandhaafd wordt), en als het dan alsnog te warm wordt, gaan de ramen open.

2.3 Werkwijze

2.3.1 Doorrekenen van referentietelten.

Voor de referentietelten van ieder gewas wordt het volgende uitgevoerd:

1. De referentieteel wordt per gewas bepaald, in termen van kasconstructie, klimaatregeling, teeltwijze en bedrijfs-economische situatie zoals deze bij toptelers het geval is.
2. Met behulp van KASPRO worden jaarronds simulaties uitgevoerd **op jaarbasis** om de energiestromen op kas-niveau en het totale energieverbruik in kaart te brengen. Per energiestroom en per gewas wordt beschreven:
 - hoeveel van deze energie in de kas komt;
 - hoeveel energie tijdelijk wordt gebruikt voor verhoging van de luchttemperatuur;
 - hoe de energie die de kas verlaat is verdeeld over convectie, uitstraling en ventilatie, en hoe dit is verdeeld over dek, gevel en bodem van de kas.

3. Met behulp van het gewasgroeimodel INTKAM worden simulaties uitgevoerd om de energiestromen op gewasniveau in kaart te brengen. Bijbehorende klimaatfiles² worden door KASPRO aangeleverd. Per energiestroom en per gewas wordt beschreven:
 - hoeveel van de energie die in de kas komt door het gewas wordt opgevangen;
 - hoe de opgevangen energie door het gewas wordt verdeeld over fotosynthese (groei), verhoging van bladtemperatuur en verdamping.
 Dit wordt modelmatig uitgevoerd voor de gewassen tomaat, komkommer, roos en chrysant. Waarden voor de andere gewassen worden geschat op basis van literatuur, bestaande experimenten, praktijkgegevens of extrapolaties.
4. De energiestromen op kas- en gewasniveau zullen per gewas in kengetallen worden samengevat in toegankelijke schema's.
5. Op basis van bestaande gegevens worden productieniveaus en kwaliteitsklassen beschreven.
6. Een bedrijfseconomische basisberekening van de energiekosten en de geldelijke opbrengsten op de korte termijn. De bedrijfseconomische beoordeling betreft een partiële kosten-baten analyse, waarbij alleen die opbrengsten en de kostensoorten zijn uitgewerkt, die aan energie(besparende maatregelen) zijn gekoppeld en/of aan de productie zijn gerelateerd. De volgende kostensoorten worden onderscheiden: gaskosten, arbeidskosten, afzetkosten, overige teeltkosten en jaarkosten van investeringen.

2.3.2 Consequenties van energiebesparende maatregelen

Vervolgens wordt per gewas en per energiebesparende maatregel het volgende bepaald:

1. De consequenties voor het totale energieverbruik en voor de verdeling over de energiestromen.
2. De consequenties voor de gewasproductie in termen van kwantiteit. Voor de gewassen tomaat, komkommer, roos en chrysant wordt hiervoor het gewasgroeimodel INTKAM gebruikt. Voor de andere gewassen wordt gebruik gemaakt van literatuur, bestaande experimenten, praktijkgegevens of extrapolaties.
3. De consequenties voor de gewasproductie in termen van kwaliteit. Er bestaat onvoldoende kwantitatieve kennis om kwaliteitsaspecten goed te kunnen modelleren, zodat er gebruik wordt gemaakt van literatuur, bestaande experimenten of praktijkgegevens. Daar waar kwantitatieve gegevens niet bestaan worden gevolgen voor kwaliteit uitsluitend uitgedrukt in beschrijvende termen.
4. De opbrengsten en kosten die samenhangen met de energiebesparende maatregelen in relatie tot die van de referentiesituatie. Het saldo van de verschillen in opbrengsten en in kosten geeft een indicatie over het economisch perspectief van de energiebesparende maatregelen. In de discussie zal nader op dit perspectief worden ingegaan. Meer informatie over de werkwijze en uitkomsten zijn weergegeven in Bijlage II.
5. Er is geen aandacht besteed aan de interacties van energiebesparende maatregelen.

2.3.3 Visualisatie van energiebesparende maatregelen

Voor de referentieteelten en voor een aantal consequenties van sommige maatregelen voor het gewas worden de bijbehorende energiestromen van elk gewas schematisch weergegeven in een 'model-kas'. Een voorbeeld van een dergelijke schematische weergave wordt gegeven in Figuur 1.

Er is een aantal energiebronnen dat voor de beschikbare energie in de kas zorgt. De bronnen die zorgen voor de toevoer van energie naar de kas zijn de zon, het verwarmingssysteem en de voelbare en latente warmte die wordt binnengebracht met de verbrandingsgassen uit de ketel bij het doseren van CO₂. Hierdoor komt een hoeveelheid netto-energie de kas binnen, die door de ketel wordt opgewekt (bruto-energie). Het verschil tussen bruto- en netto-energie wordt door de efficiëntie van de ketel bepaald (zie Box hieronder). In dit rapport wordt gewerkt met de netto-energie in de kas.

² Een klimaatfile bevat ten minste uurlijkse gegevens ten aanzien van globale straling ($J m^{-2} s^{-1}$) en luchttemperatuur (°C) buiten de kas, en luchttemperatuur (°C), dampdrukdeficit (kPa), CO₂ concentratie van de lucht (ppm) en gemiddelde temperatuur van de onderbuis (°C) binnen de kas. Assimilatiebelichting wordt gekwantificeerd door het gemiddelde stralingsniveau in het afgelopen tijdstraject.

Energiestromen en gasverbruik

Kentallen nemen een prominente plaats in de verschillende energiestromen in de kas. Door de veranderende omstandigheden gedurende het jaar zijn deze stromen continu aan verandering onderhevig. Om een vergelijking te kunnen maken tussen verschillende maatregelen die de energiebehoefte en productie van een kas beïnvloeden, zijn de energiestromen op de meeste plaatsen in dit rapport uitgedrukt in de hoeveelheid energie per vierkante meter kas per jaar ($\text{MJ m}^2 \text{ jaar}^{-1}$).

Om de kaslucht op de minimaal gewenste temperatuur te houden, als de zon alleen daartoe niet in staat is, moet warmte in de kas worden gebracht. Dit gebeurt met één of meer verwarmingsnetten of met een luchtverhitter. Bij assimilatiebelichting wordt ook warmte door de lampen ingebracht. Bij CO_2 -doseren via rookgassen wordt eveneens warmte mee de kas ingevoerd. Deze warmte wordt opgewekt door verbranding van aardgas, behalve die uit assimilatiebelichting, want die wordt in dit project gevoed uit het elektriciteitsnet.

De hoeveelheid warmte die in aardgas zit, wordt uitgedrukt in de verbrandingswaarde. Daarvoor zijn twee waarden in gebruik, namelijk de onderste verbrandingswaarde van 31.65 MJ m^{-3} en de bovenste verbrandingswaarde van 35.17 MJ m^{-3} . In het tweede geval wordt de latente warmte meegeteld die vrijkomt als alle bij de verbranding gevormde waterdamp wordt gecondenseerd.

Hoeveel warmte op een gegeven moment uit de verbranding van aardgas gehaald kan worden om in de kas te brengen (netto-energie), is dus afhankelijk van de hoeveelheid waterdamp die in een eventueel aanwezige rookgascondensator wordt gecondenseerd, maar ook van de hoeveelheid warmte die in de afgevoerde rookgassen achterblijft. De verhouding van de daadwerkelijk uit het gas gehaalde warmte (netto-energie) en de verbrandingswaarde (bruto-energie) is het rendement van de ketel (met condensator). Er bestaat dus een rendement op bovenwaarde en op onderwaarde. Als er een condensator aanwezig is kan het laatste groter dan 100% worden.

Omdat het (ketel)rendement afhankelijk is van vele factoren, o.a. de temperatuur voor het condensornet en het vermogen dat de ketel moet leveren, kan niet uit de jaarlijkse energiestromen worden berekend hoeveel gas er daadwerkelijk nodig is.

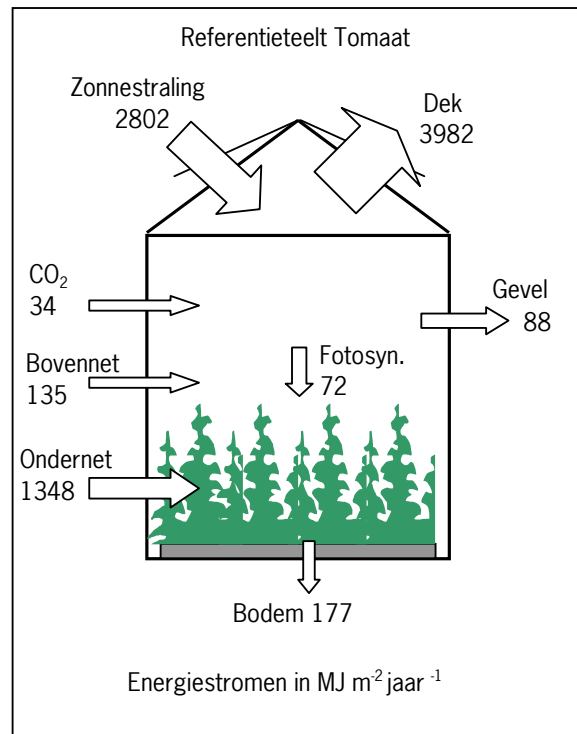
In de energieberekeningen met het simulatiemodel KASPRO wordt dan ook momentaan met het dan geldende rendement berekend hoeveel aardgas er moet worden gebruikt. De jaarsom daarvan wordt als jaarlijks gasverbruik bij de diverse gewassen en maatregelen vermeld.

Als men een vergelijking zou willen maken tussen de in dit rapport genoemde energiebehoeften en de *In het Handboek Glastuinbouw* (AMvB) genoemde cijfers, dan moeten daarvoor niet de genoemde energiestromen in $\text{MJ m}^2 \text{ jaar}^{-1}$ worden genomen, maar de jaarlijkse gasverbruiken worden vermenigvuldigd met 35.17 MJ m^{-3} .

De ingestraalde zonne-energie wordt geabsorbeerd door het kasdek, de constructie, het energiescherm, het gewas en de bodem. Een deel ervan wordt hetzij direct door het kasdek gereflecteerd hetzij via onderdelen in de kas weer naar buiten gereflecteerd. Samen met de door het onder- en bovennet geleverde en via CO_2 -dosering toegevoerde warmte geeft dit de totaal in de kas gebrachte energie.

De binnengekomen energie wordt benut door verschillende tussenstations alvorens het de kas weer verlaat. Zo zal een aanzienlijk deel van de stralingsenergie worden omgezet in latente warmte (gewasverdamping). De voelbare warmte wordt weer afgegeven aan de kaslucht die daardoor in temperatuur stijgt. Vanwege de hierdoor verhoogde temperatuur en luchtvochtigheid, wordt er gelucht waardoor energie verdwijnt uit de kas via het dek. Daarnaast verdwijnt er warmte uit de gevel en bodem.

Een ander deel van de binnenkomende energie wordt omgezet in voelbare warmte (temperatuurverhoging blad), een post die vaak negatief is omdat op sommige momenten het blad warmer, maar op andere momenten kouder (door relatief sterke verdamping) is dan de omgeving. Op seizoensbasis is het blad relatief meer warm dan koud, en staat dus meer warmte af dan het opneemt.



Figuur 1. Schematische weergave van de energiestromen in de kas voor tomaat.

Een ander, niet onbelangrijk deel van de binnenkomende energie wordt opgenomen en vastgelegd in het gewas via de fotosynthese (zie Fotosynthese Box). In vergelijking met de hoeveelheid stralingsenergie die in de kas komt, is dit een kleine post, maar de post die wordt gebruikt voor de groei en productie van het gewas. De fotosynthetisch actieve straling (photosynthetically active radiation, PAR) wordt door het gewas onderschept en levert de energie die nodig is voor de omzetting van CO₂ tot CH₂O. De hoeveelheid onderschepte PAR is afhankelijk van de hoeveelheid globale straling, de zonnestand, de transmissie van het kasdek, en van de bladbedekkingsgraad (leaf area index, LAI, m² m⁻²). De gewasfotosynthese wordt naast de hoeveelheid onderschepte PAR bepaald door de luchttemperatuur en de CO₂ concentratie.

De hoeveelheid gevormde CH₂O wordt verdeeld over de diverse plantorganen. Hierbij wordt uitgegaan van het principe dat de beschikbare assimilaten worden verdeeld op basis van de vraag van de organen. Als het gewas een stabiele hoeveelheid bladmateriaal heeft (waarbij groei en pluk elkaar in evenwicht houden) wordt bijvoorbeeld bij tomaat 70-75% van de beschikbare assimilaten gebruikt voor de groei van de vruchten.

Alle aan de kas toegevoerde energie zal in een evenwichtssituatie ook de kas weer verlaten. Dit gebeurt via de bodem, de gevel en het kasdek. In de verliezen via het kasdek en de gevel zijn ook begrepen de voelbare en latente warmte die door de ventilatie door kieren en door de ramen wordt meegevoerd.

Fotosynthese

Fotosynthese is een proces waarbij CO_2 uit de atmosfeer en uit water in de plant wordt omgezet in energierijke koolhydraten (suikers) en zuurstof. Dit proces wordt gedreven door stralingsenergie van de zon en assimilatie-lampen en kan verdeeld worden in drie deelreacties.

1. Cyclische fotofosforylering, d.w.z. energierijke verbindingen maken. Door de lichtabsorptie door chlorofyl in de bladeren worden elektronen geactiveerd (lichtreactie) en wordt energie geleverd voor de fosforylering, de vorming van ATP uit ADP.
2. Fotolyse van water d.w.z. de splitsing van water onder invloed van het licht. Hierdoor worden zuurstof en energie geproduceerd, en de resterende waterstofionen worden verder gebruikt voor het assimilatieproces.
3. Binding van CO_2 , d.w.z. de chemische vastlegging van CO_2 uit de lucht. De binding van CO_2 is onafhankelijk van licht (donker reactie) en in een aantal tussenstappen met behulp van de vooraf gegenereerde energie, worden triose-3-fosfaat moleculen gevormd. Bij de verdere verloop van de biosynthese worden triose-3-fosfaat moleculen omgezet tot een C_6 -product (hexose) en gebruikt voor de opbouw van rietsuiker, zetmeel, cellulose of andere koolhydraten.

Ander, kleinere binnenkomende energieposten zijn de energietoevoer via CO_2 toediening, eventuele energieafgifte van lampen voor assimilatiebelichting t.b.v. enkele gewassen en voor sla een post voor de warmte toevoer via toepassing van heteluchtverwarming.

De energie die gebruikt wordt voor de gewasverdamping, gewasfotosynthese en verhoging van de bladtemperatuur zijn 'tussenstations', en vormen geen ingaande of uitgaande energiestromen. Na verloop van de tijd verlaten deze tijdelijke energieposten de kas via dek, gevel en bodem (warme lucht, vochtige lucht), of als product (fotosynthese).

De hoeveelheid energie die nodig is voor de gewasverdamping is van belang vanwege het feit dat deze latente energie via ventilatie uit de kas kan verdwijnen. De energie die door de gewasfotosynthese wordt verbruikt is van belang omdat dit in directe relatie staat tot de totale gewasgroei en vrucht- of bloemproductie. De energie die betrokken is bij de regulatie van de bladtemperatuur is vanwege de zeer kleine hoeveelheid niet erg interessant.

3. Gewassen

In deze sectie worden de energiestromen en consequenties van energiebesparende maatregelen weergegeven voor acht gewassen. Per gewas wordt een referentieteelt beschreven in termen van kasconstructie, klimaatregeling, teeltwijze, productie en bedrijfseconomie. De daarbij behorende berekende energiestromen worden per gewas beschreven en weergegeven in toegankelijke tabellen en figuren.

Vervolgens worden per gewas de gevolgen van de maatregelen in termen van energiestromen, productie, kasklimaat en bedrijfseconomie beschreven. Deze worden ook weergegeven in schema's, tabellen en figuren.

Daar waar opvallende, verwachte of onverwachte veranderingen in energiestromen berekend zijn, worden die besproken in termen van consequenties voor pieken in energieverbruik, voor productkwantiteit en -kwaliteit.

3.1 Tomaat

3.1.1 Referentieteelt

Kasklimaat

De kas heeft een kapbreedte van 4 m en een vakmaat van 4.5 m met een totale oppervlak van 40 500 m². De kas is gedekt met enkel glas, is voorzien van beweegbare schermen en heeft 1 tweeruits luchtraam per vak. Voor de klimatisering van de kas wordt gebruik gemaakt van de luchtramen, en een verwarmingssysteem.

Het verwarmingssysteem is opgebouwd uit een ketel op aardgas, een warmteopslagtank van 120 m³ ha⁻¹, en twee verwarmingsnetten (ondernet van 5 Ø 51mm buizen en een bovennet van 2.5 Ø 28mm per kap). De installaties worden gestuurd met behulp van een klimaatregelaar op basis van setpoints voor kasluchttemperatuur, RV, en CO₂-concentratie van de kaslucht. CO₂ dosering vindt plaats door middel van ketelverbrandingsgassen van zonopkomst tot een uur voor zonsondergang. De doseersnelheid is maximaal 180 kg ha⁻¹ h⁻¹ en het setpoint voor de CO₂-concentratie in de kas is 1000 ppm.

Er wordt een transparant beweegbaar scherm type SLS 10 ultra plus gebruikt dat vanaf de plantdatum tot 15 februari wordt gesloten bij buitentemperaturen onder 7°C. Daarna wordt het gesloten bij buitentemperaturen lager dan 5 °C Het scherm wordt overdag geopend zodra de zonnestraling meer dan 1 W m² bedraagt. In de periode 1 mei tot 15 september is het scherm geheel buiten gebruik. Wanneer de RV minder dan 0.5% onder het setpoint komt, wordt het scherm op een vochtkier van 4% getrokken. en bij blijvend te hoge RV wordt het scherm na een half uur geheel geopend.

Meer details over de setpoints zijn weergegeven in Bijlage I.

Gewas- en teeltgegevens

De plantdatum is 11 december en de ruimdatum is 20 november. In de periode tussen 20 november en 11 december vindt de teeltwisseling plaats. Er is een plantdichtheid van 2.5 planten m⁻² aangehouden. Op 22 maart en 8 april zijn er op 1 op de 6 planten extra scheuten aangehouden, zodat de uiteindelijke stengeldichtheid 3.33 stengels m⁻² bedroeg. Er is uitgegaan van voldoende water en nutriënten.

De ontwikkeling van de hoeveelheid bladoppervlak wordt in het geval van tomaat berekend in afhankelijkheid van de gewichtstoename van de bladmassa en van het specifieke bladoppervlak (specific leaf area, SLA, cm² g⁻¹). SLA is op haar beurt weer afhankelijk van de temperatuur: temperaturen hoger en lager dan 21 °C leiden tot een lagere SLA, en dus tot een kleinere toename van de LAI.

De berekende vruchtproductie van de referentieteelt bedraagt op seizoensbasis 58,9 kg vers m². De verdeling over perioden van 4 weken is gegeven in Tabel 5 voor elk van de energiebesparende maatregelen.

3.1.2 Energiestromen Referentieteelt

Schema energiestromen

Voor de referentieteelt tomaat is in Tabel 1 een overzicht gemaakt van de belangrijkste energiestromen.

Tabel 1. *Overzicht van de energiestromen van de referentieteelt tomaat.*

Energiebronnen	Energie (MJ m ² jaar ⁻¹)				Totaal
	Straling	Convectie	Ventilatie voelbaar	latent	
Instraling zon	2802				2802
Warmteafgifte ondernet	674	674			1348
Warmteafgifte bovennet	68	68			135
Warmteafgifte lampen	0		0		0
Energietoevoer CO ₂ -dosering			17	17	34
<i>Totaal</i>					<i>4319</i>
Energie Tussenstations					
Verhoging luchttemperatuur		2604			
Verhoging bladtemperatuur*	-4				
Gewasverdamping	1558				
Energiebestemmingen					
Gewasfotosynthese	44				44
Verlies via dek	1313	531	752	1412	4008
Verlies via gevel	48	40			88
Verlies via bodem	303	-124			179
<i>Totaal</i>					<i>4319</i>

* *Het warmteverlies van de bladeren als gevolg van convectie en thermische straling is niet apart weergegeven. De resulterende verhoging van luchttemperatuur is reeds verdisconteerd in de klimaatgegevens.*

Bedrijfseconomie

De jaarproductie van een referentieteelt tomatomaat bedraagt 58,9 kg per m². Dit resulteert in een jaaropbrengst van 54,43 euro per m² en een middenprijs van 0,92 euro kg⁻¹ (Tabel 2).

De gaskosten voor de referentieteelt bedragen voor een gasverbruik van 45,3 m³ m² per jaar bij de hoge en de lage brandstofprijismaatregel 10,13 euro m² respectievelijk 6,24 euro m².

Per 1000 m² teelt is 945 uur teeltgebonden arbeid nodig (normatief) wat betekent voor een bedrijf van 4 ha 37.800 uur teeltgebonden arbeid per jaar. Het arbeidstarief voor algemene arbeid is gesteld op 20,45 euro h⁻¹ en voor teeltgebonden arbeid op 15,70 euro h⁻¹.

Tabel 2. Opbrengsten en kosten (euro m²) in de referentieteelt tomaat per jaar.

Post	Hoge brandstofprijs	Lage brandstofprijs
	Prijs (euro)	
Opbrengst	+ 54,43	+ 54,43
Gaskosten	- 10,13	- 6,24
Arbeidskosten	- 16,16	- 16,16
Afzetkosten	- 2,63	- 2,63
Overige kosten	- 0.56	- 0.56
Jaarkosten investering	nvt	Nvt

De afzetkosten voor fust en verpakking zijn gekoppeld aan de productie en bedragen 0,01 cent kg⁻¹ product. De veilingkosten bedragen 2,75% van de omzet (=opbrengst) en een post rente omlopend vermogen is gesteld op 1% van de omzet.

De bedrijfsopzet en bedrijfsuitrusting behorende bij de referentieteelt resulteren in een totaal investeringsbedrag en kosten voor afschrijving, onderhoud en rente. Deze bedragen zijn hier niet vermeld.

3.1.3 Gevolgen van energiebesparende maatregelen bij Tomaat

Overzicht van energiebesparende maatregelen

In Tabel 3 is een overzicht gegeven van het gasgebruik per energiebesparende maatregel. Dit is de hoeveelheid gas die wordt gebruikt om de energiestromen voor warmteafgifte te genereren.

De grootste besparing in gasverbruik wordt gerealiseerd door toepassing van M1 (verlagen van de temperatuur setpoint) en M11 (isolatie). De overige maatregelen, die vooral betrekking hebben op temperatuurintegratie en vocht, leiden tot besparingen van 2 tot 6%.

M8 en M13 leiden echter niet tot een verminderde gasverbruik. De grotere buffer en hogere CO₂doseerflux (M8) hebben, zoals verwacht mag worden, geen effect op het gasverbruik, er wordt immers geen warmte vernietigd. Dat het gebruik van kasdekoeling (M13) niet leidt tot minder verbruik, wordt veroorzaakt doordat de afgevoerde warmte niet in de winter wordt ingezet. Dat in dit geval iets meer energie wordt gebruikt wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat de perioden met temperatuur 'overshoot' door de koeling korter worden, zodat er weer eerder gestookt moet worden. Ook is de RV iets hoger zodat er wat meer energie in de ventilatie op vocht gaat zitten.

Tabel 3. Gasverbruik van tomaat in de referentiesituatie ($m^3 m^{-2}$) op jaarbasis en in de vier kwartalen van het jaar. De gevolgen van energiebesparende maatregelen zijn gegeven t.o.v. de referentie (%).

	Gasverbruik per jaar ($m^3 m^{-2}$)		Gasverbruik per kwartaal ($m^3 m^{-2}$)			
			1 ^e	2 ^e	3 ^e	4 ^e
Referentie	45.3		18.5	9.4	6.4	11.0
		% verschil	% verschil t.o.v. referentie			
M1 Temperatuursetpoint	38.3	-15.5*	-19	-15	-3	-16
M2 Temp. integratie 24 uur	43.3	-4.4	-2	-10	-6	-3
M3 RV-setpoint	42.8	-5.5	-7	-8	-1	-4
M4 Verhoging lichtintensiteit	-	-	-	-	-	-
M5 Regeling op dauwpunt	43.8	-3.3	-6	-7	0	-2
M6 Energiescherm	42.7	-5.7	-9	-7	-1	-2
M7 Verdubbeling PAR	-	-	-	-	-	-
M8 Verhoging buffercapaciteit	45.6	0.7	0	+1	+1	+1
M9 Verdamping	44.3	-2.2	-3	-3	-1	-2
M10 Temp. integratie 72 uur	43.3	-4.4	-2	-10	-6	-3
M11 Isolatie	35	-22.7	-24	-22	-14	-27
M12 Lichtdoorlatendheid	44.3	-2.2	-2	-3	-1	-2
M13 Koeling	46.6	2.9	+2	+4	+3	+2

* Negatieve getallen betekenen dat er minder gas gebruikt wordt dan in de referentieteel.

Tabel 4. Productie van tomaat (kg versgewicht m^{-2}) voor de referentieteel en de bijbehorende hoeveelheid verwarmingsenergie ($MJ kg^{-1}$ versgewicht) die nodig is voor de productie van 1 kg versgewicht tomaten. De gevolgen van energiebesparende maatregelen zijn gegeven t.o.v. de referentie (%).

Maatregel	Productie	Kwaliteit	Energiebenuiting ¹
	(kg vers m^{-2})	%	($MJ kg^{-1}$ versgew.)
0 Referentie	58.9	100	25.7
	% verschil	% verschil	% verschil
M1 Temperatuursetpoint	-3.3	-5	-12.3
M2 Temp. integratie 24 uur	-0.7	0	-3.7
M3 RV-setpoint	-0.1	-5	-5,5
M4 Verhoging lichtintensiteit	Nvt	nvt	nvt
M5 Regeling op dauwpunt	-0.2	0	-4,5
M6 Energiescherm kierregeling	-0.3	-1	-5,4
M7 Verdubbeling PAR	Nvt	nvt	nvt
M8 Verhoging buffercapaciteit	0	0	-0.6
M9 Verdamping	-0.6	0	-1,7
M10 Temp. integratie 72 uur	-0,8	0	-3,7
M11 Isolatie	-2.9	0	-20.2
M12 Lichtdoorlatendheid	6.3	0	-7,9
M13 Koeling	-0.2	0	3,0

¹ Een negatief getal betekent dat er minder energie in MJ nodig zijn voor de productie van 1 kg product.

In Tabel 4 wordt de gemiddelde productie en energiebenutting aangegeven. De energiebenutting wordt berekend door de warmteafgifte in de kas van de bovennet, ondernet, via productie van CO₂ en eventuele lampen op te tellen (=netto energie in de kas) en delen door de productie in kg m². Daarin worden de globale veranderingen aangegeven, zonder rekening te houden met seizoensverschillen. Voor de meeste maatregelen lijkt energiewinst per eenheid product haalbaar, behalve bij dakkoeling waar bij een klein vermindering in productie meer energie wordt gebruikt dan in de referentieteel.

In Tabel 4 wordt de productie verdeeld over kwartalen. In het eerste kwartaal is de productie nog laag, terwijl de versproductie in het 2^e en 3^e kwartaal 22-25 kg m² bedraagt. Het 4^e kwartaal kent een lage productie omdat het gewas op 20 november wordt geruimd. Verlaging van het temperatuursetpoint (M1) leidt tot het later in productie komen van het gewas, resulterend in de afwezigheid van productie in het eerste kwartaal. Hiertegenover staat een verhoogde productie in het 3^e kwartaal, terwijl de productie in het 4^e kwartaal weer een verlaging kent. Temperatuur-integratie over 24 en 72 uur (M2 en M10) leiden beide tot hogere productie in het 2^e kwartaal, terwijl die in de andere kwartalen daalt. De productiedaling bij betere isolatie (M11, via een lager CO₂ gehalte van de kaslucht) treedt gedurende het volledige jaar op, net zoals de productiestijging bij betere lichtdoorlatendheid van het kasdek (M12) het gehele jaar optreedt. M13 heeft een productieverlagend effect in het 4^e kwartaal.

Tabel 5. Productie van tomaat (kg versgewicht m²) in de vier kwartalen van het jaar. De gevolgen van energiebesparende maatregelen zijn gegeven t.o.v. de referentie (%).

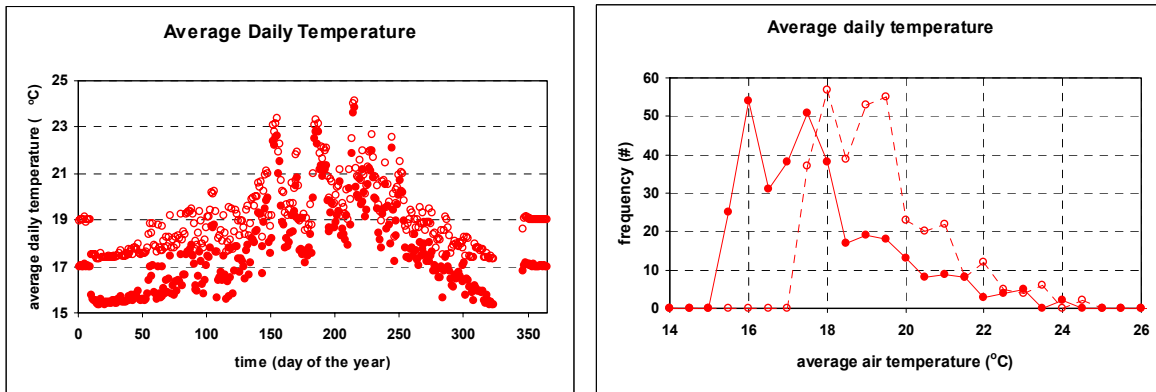
Kwartaal	Productie per kwartaal				
	kg versgewicht m ²				
	1 ^e	2 ^e	3 ^e	4 ^e	
Referentie	1.9	25.0	22.6	9.4	
	% verschil t.o.v. referentie				
M1	Temperatuursetpoint	-100	-1.3	5.8	-10.3
M2	Temp. integratie 24 uur	-7.3	3.9	-3.0	-6.1
M3	RV-setpoint	0	-0.1	0	-0.5
M4	Verhoging lichtintensiteit	nvt	nvt	nvt	nvt
M5	Regeling op dauwpunt	0	-0.2	-0.1	-0.5
M6	Energiescherm	-1.0	-0.4	0.1	-0.5
M7	Verdubbeling PAR	nvt	nvt	nvt	nvt
M8	Verhoging buffercapaciteit	0.5	1.2	-1.4	0.2
M9	Verdamping	0	-0.6	-0.6	-0.6
M10	Temp. integratie 72 uur	-7.3	3.5	-4.8	-1.5
M11	Isolatie	-1.0	-1.5	-3.4	-5.7
M12	Lichtdoorlatendheid	8.8	6.1	6.0	6.9
M13	Koeling	1.0	1.7	1.8	-10.2

Toelichting

M1. Temperatuur setpoint

Klimaat

De belangrijkste klimaatwijziging die optreedt bij het verlagen van het temperatuursetpoint is de verlaging van de luchttemperatuur in de kas. Uit Figuur 2 blijkt dat in de winter en het voorjaar ten opzichte van de referentieteel de temperatuur van de kaslucht inderdaad met ongeveer 2 °C is gedaald. In de zomer en de herfst is dit veel minder het geval vanwege de hoge zonnestraling. Meest frequente gemiddelde etmaaltemperaturen zijn verschoven van 15,5-19,5 °C tot 17,5-21 °C. Zie ook de visualisatie in Figuur 12.



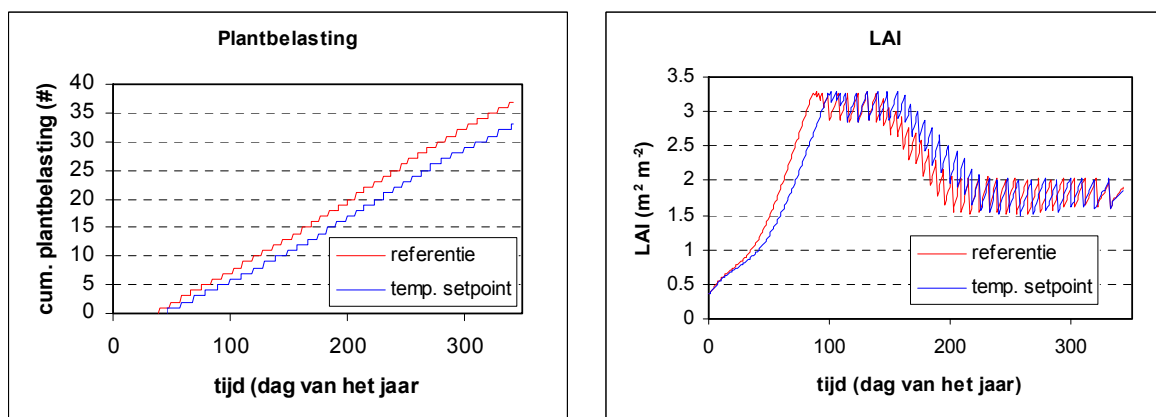
Figuur 2. Gemiddelde etmaaltemperatuur over het seizoen, en frequentieverdeling van de etmaaltemperatuur, bij verlaging van het temperatuursetpoint voor de kaslucht met 2 °C. Open rondjes: referentieteelt; gesloten rondjes: verlaging van temperatuursetpoint.

Gevolgen voor het gewas

Omdat de temperatuur aan het begin van de teelt lager is dan 21 °C, leidt de temperatuurverlaging tot een langzamere toename van de LAI (Figuur 3). Dit leidt aan het begin van de teelt tot iets lagere hoeveelheden geabsorbeerde PAR en, tot iets lagere groeisnelheden aan het begin van het seizoen. Echter, omdat de afname van de LAI ook iets later begint door later bladplukken, wordt tijdens het zonnige zomerseizoen meer licht onderschept dan in het geval van de referentieteelt. Een en ander leidt op seizoensbasis tot een zeer kleine stijging in de brutofotosynthese van 0.2%. De cumulatieve totale drogestofproductie (dus van alle plantorganen samen) stijgt met 0.8%.

De lagere luchttemperatuur van de kas heeft daarnaast tot gevolg dat de afsplitsingssnelheid van bladeren en trossen wordt verlaagd. De plantbelasting is hierdoor lager dan bij de referentieteelt (Figuur 3). De cumulatieve vruchtproductie daalt ten opzichte van de referentie met 1% in termen van drooggewicht, en met 3.3% in termen van versgewicht (Tabel 4). Door een verlaging van de temperatuursetpoint wordt de kans op krimpscheuren vergroot, wat tot een kwaliteitsvermindering kan leiden van 5% en de kans op Botrytis kan de productie negatief beïnvloeden.

De verdamping (en dus ook de hoeveelheid energie die dit proces vergt) daalt door de lagere temperatuur met 2.3%, terwijl het afkoelen van het blad 33% minder energie vergt (een lagere omgevingstemperatuur leidt ook tot een algemene lagere bladtemperatuur; de energiestromen in verband hiermee kunnen sterk veranderen).



Figuur 3. Berekende LAI en cumulatieve plantbelasting voor de referentieteelt en in geval van verlaging van het temperatuursetpoint met 2 °C.

M2. Temperatuurintegratie (1 dag)

Klimaat

Het toepassen van een bandbreedte voor temperatuurintegratie van 2 °C in plaats van geen temperatuurintegratie leidt niet tot een structurele verandering van etmaal-, dag- en nachttemperaturen.

Gevolgen voor het gewas

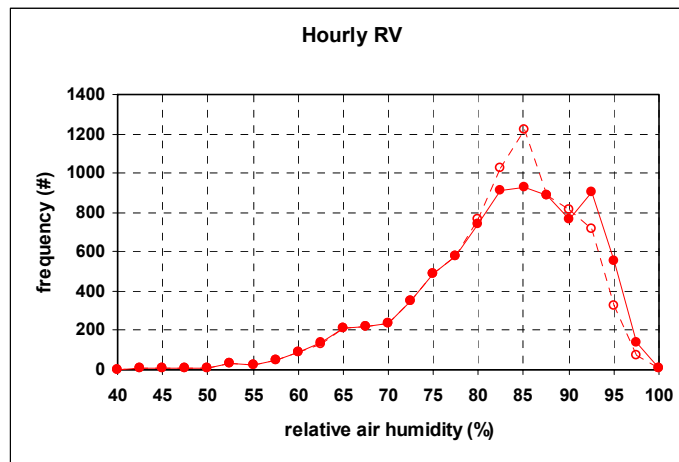
Ook in gewasfysiologische zin treden er nauwelijks verschuivingen op. Het energieverbruik voor de brutofotosynthese daalt met 0.4% en de versgewichtproductie met 0.7%. De hoeveelheid verdampingsenergie daalt met 2.6%.

M3. Verhogen van het RV-setpoint (5%)

Klimaat

In de referentieteeelt is aangenomen dat het RV-setpoint op 85% ligt. Indien de RV boven deze waarde stijgt, wordt er geventileerd (en wordt er energie afgevoerd). Verhoging van het RV-setpoint tot 90% heeft dus alleen maar effect wanneer de RV 85% of hoger is. Dit is slechts zelden het geval.

Uit Figuur 4 blijkt dat de piek op 85% die de RV bij de referentieteeelt kent, wordt afgevlakt tot een plateau tussen 82.5 en 92.5% bij verhoging van het RV-setpoint



Figuur 4. Frequentieverdeling van relatieve luchtvochtigheid (uurlijkse waarden) bij verlaging van het RV setpoint met 5%. Open rondjes: referentieteeelt; gesloten rondjes: verhoging van het RV-setpoint.

De CO₂-gehalten van de kaslucht veranderen voor wat betreft de lichtperiode nauwelijks. Wel treden er veranderingen in de nachtperiode op omdat er vnl. 's nachts minder wordt gelucht. Deze leiden ertoe dat relatief lage concentraties tussen 400 en 750 ppm minder vaak voorkomen en dat relatief hoge concentraties tussen 750 en 950 ppm juist vaker voorkomen. Op etmaalniveau wordt de frequentieverdeling tussen 400 en 950 ppm een stuk gelijkmatiger.

Gevolgen voor het gewas

Een hogere relatieve luchtvochtigheid heeft tot gevolg dat de huidmondjesgeleidbaarheid afneemt en daardoor de verdamping ook afneemt. Het berekende scenario leidt tot een 2.6% verlaging van de gewasverdamping en de hiervoor benodigde energie. De gewasfotosynthese en productie worden door de kleine stijging van de RV niet beïnvloedt, maar de kans op *Botrytis* neemt toe en als gevolg daarvan kan de productie met 5% verlagen.

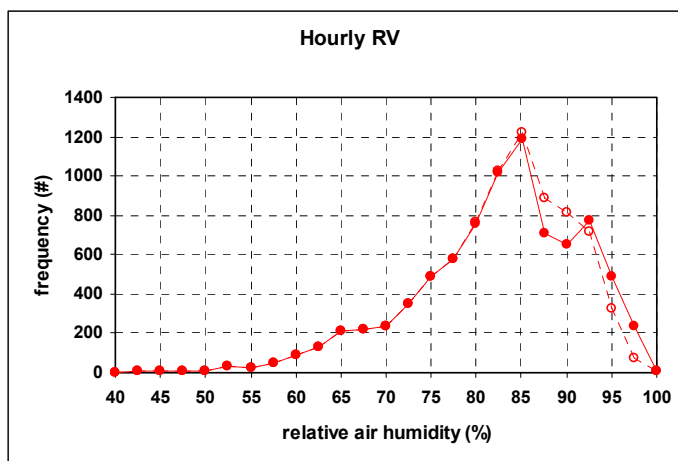
M4. Verhoging intensiteit van belichten

N.v.t.

M5. Inbrengen van een andere luchtvochtigheidsregeling (op basis van dauwpuntsverschillen)

Klimaat

De relatieve luchtvochtigheid als resultaat van deze maatregel vertoont ten opzichte van de referentieteel een daling in het traject 87.5-90%, en een lichte stijging in het traject 92.5-97.5%. Aangezien waarden in het eerste traject vaker voorkomen dan die in het tweede, is er over het geheel genomen sprake van een RV daling.



Figuur 5. Frequentieverdeling van relatieve luchtvochtigheid (uurlijkse waarden) bij een luchtvochtigheidsregeling op basis van een minimaal verschil tussen de dauwpunttemperatuur van de kaslucht en de gewas-temperatuur van 1.5 °C. Open rondjes: referentieteel; gesloten rondjes: verhoging van het RV-setpoint.

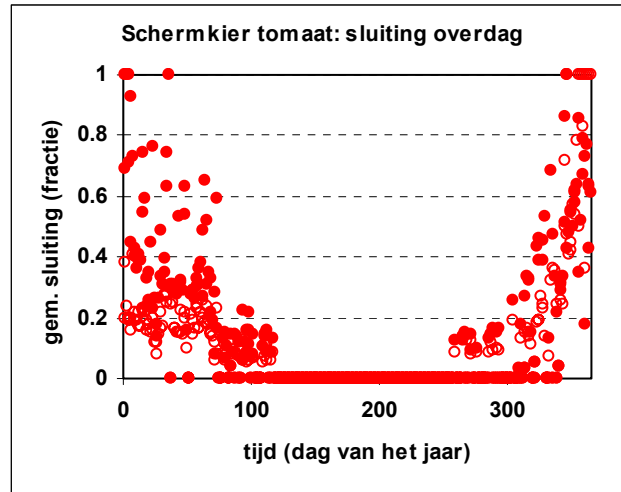
Gevolgen voor het gewas

Het berekende scenario leidt tot een 2.5% verlaging van de gewasverdamping en de hiervoor benodigde energie. De temperatuur ligt op een aantal dagen een fractie lager dan in het geval van de referentieteel, zodat er een 0.2% afname van de productie wordt berekend.

M6. Inbrengen van een andere energieschermregeling

Klimaat

Op de dagen dat het energiescherm wordt gebruikt, is er een lichte toename van het gemiddelde sluitingspercentage tijdens de lichtperiode (Figuur 6). Dit leidt echter niet tot wezenlijke veranderingen in het kasklimaat, ook niet in de cumulatieve hoeveelheid geabsorbeerde PAR.



Figuur 6. Gemiddelde sluiting van het energiescherm tijdens de lichtperiode. Open rondjes: referentieteel; gesloten rondjes: schermkierregeling op basis van RV-overschrijding.

Gevolgen voor het gewas

Vanwege de zeer beperkte veranderingen in het kasklimaat, daalt de seizoensproductie met slechts 0.2%. De kans op krimpscheuren wordt iets groter (1%) wat leidt tot kwaliteitsvermindering, en ook het optreden van *Botrytis* en scheuren zal de productie negatief beïnvloeden.

M7. Verhoging van het PAR rendement van de lampen (verdubbeling)

N.v.t.

M8. Verhogen van de Buffercapaciteit

Klimaat

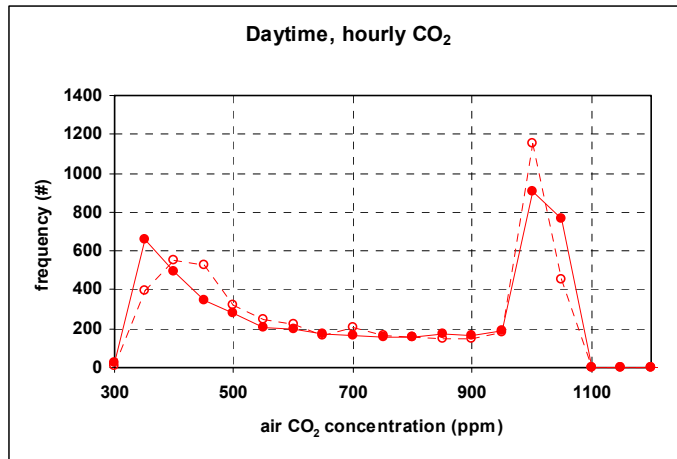
Het vergroten van de buffercapaciteit en hiermee een evenredige verhoging van de CO₂-doseercapaciteit leidt niet tot de verwachte stijging in CO₂-concentratie van de kaslucht. Dit houdt verband met het volgende:

- In de winter zijn de ramen gesloten en wordt al aan de minimale concentratie van 1000 ppm voldaan, zodat de extra doseercapaciteit niet ingezet hoeft te worden.
- In het voorjaar is er warmtevraag vanwege de ochtendkoude, zodat er CO₂ wordt bijgestookt en toegediend.
- In de zomer staan de ramen open, en is er op zich wel CO₂ vraag, maar kan hier niet aan worden voldaan omdat (ook de vergrote) buffer te warm is om die CO₂ bij te stoken. Er is namelijk op basis van energetische overwegingen vanuit gegaan dat er geen warmte wordt vernietigd, zoals in de praktijk vaak plaatsvindt door de minimum buistemperatuur te verhogen, en tegelijkertijd warmte via de ramen af te voeren. Als dit wel wordt gedaan, kan er uiteraard CO₂ worden bijgestookt.
- In de herfst is de situatie vergelijkbaar aan die in het voorjaar.

In het voorjaar en de herfst zouden dus hogere CO₂-concentratie worden verwacht. Dit is niet structureel het geval, omdat er bovendien met de volgende energiezuinige aannames is gerekend:

- Er wordt pas CO₂ bijgestookt als de buffertemperatuur onder de 45 °C is gezakt. Een grotere buffer heeft een langere tijd nodig om af te koelen, dus wordt de gewenste temperatuur later op de dag bereikt en kan pas later CO₂ worden bijgestookt. Dit wordt dan wel met een hogere flux toegediend, maar geïntegreerd over de dag resulteert dit ten opzichte van de referentie niet in extra groei.
- Als wordt aangenomen dat in geval van grotere buffer altijd CO₂ bijgestookt kan worden, resulteert dit in een dusdanig lage flux dat de CO₂ concentratie van de lucht niet noemenswaardig stijgt.

Dit leidt tot een frequentieverdeling van CO₂-concentraties tijdens de lichtperiode (Figuur 7) die ten opzichte van de referentieteel slechts in beperkte mate is gewijzigd.



Figuur 7. Frequentieverdeling van CO₂-concentratie van de kaslucht gedurende de lichtperiode (uurlijkse waarden) bij een verhoging van de warmtebuffer en van de CO₂-doseercapaciteit. Open rondjes: referentieteel; gesloten rondjes: verhoging van het RV-setpoint.

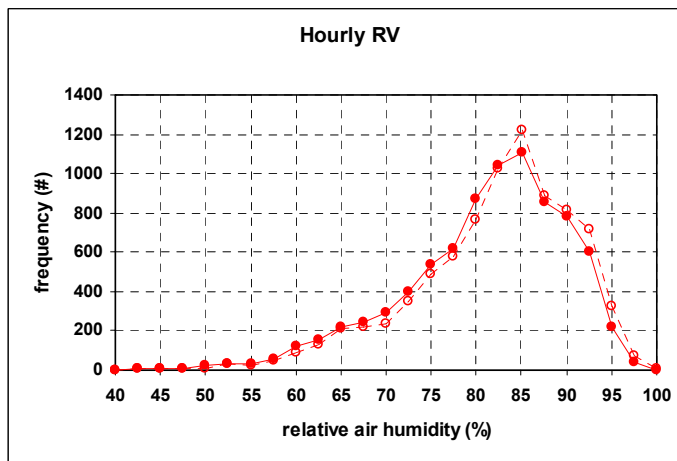
Gevolgen voor het gewas

Aangezien de CO₂-concentraties niet substantieel zijn veranderd, heeft er ook geen wijziging in de productie plaats, maar de kwaliteit kan iets verminderen (2%) door krimpscheuren.

M9. Verlaging van de plantverdamping (10%)

Klimaat

De voornaamste klimaatverandering is een iets minder vaak voorkomen van relatieve luchtvochtigheid hoger dan 85% (Figuur 8).



Figuur 8. Frequentieverdeling van relatieve luchtvochtigheid (uurlijkse waarden) bij verlaging van het RV-setpoint met 5%. Open rondjes: referentieteel; gesloten rondjes: verlaging van de plantverdamping.

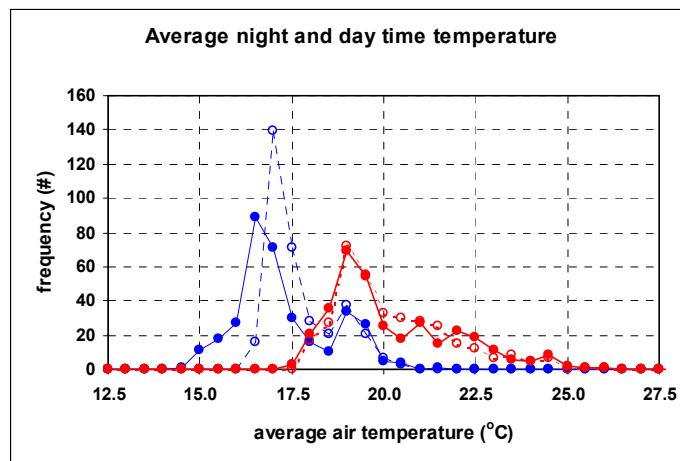
Gevolgen voor het gewas

Als gevolg van de iets verlaagde relatieve luchtvochtigheid daalt de gewasverdamping met 4.4%. De productie daalt met 0.6%, aangezien een hogere huidmondjesweerstand de uitwisseling van CO₂ belemmert.

M10. Temperatuurintegratie (3 dagen)

Klimaat

Terwijl de frequentieverdeling van de gemiddelde dagtemperatuur niet wezenlijk verandert bij het toepassen van een 3-daagse temperatuurintegratie, komen gemiddelde nachttemperaturen lager dan 17 °C vaker voor, ten koste van gemiddelde nachttemperaturen tussen 17 en 19 °C. Dit vindt voornamelijk plaats in het voor- en najaar. De CO₂-concentratie van de kaslucht vertoont een lichte verandering ten opzichte van de referentieteelt, maar deze is niet systematisch.



Figuur 9. Frequentieverdeling van gemiddelde nacht- en dagtemperatuur bij het toepassen van 3-daagse temperatuurintegratie. Blauwe lijnen: nachttemperaturen; rode lijnen: dagtemperaturen. Open rondjes: referentieteelt; gesloten rondjes: 3-daagse temperatuurintegratie.

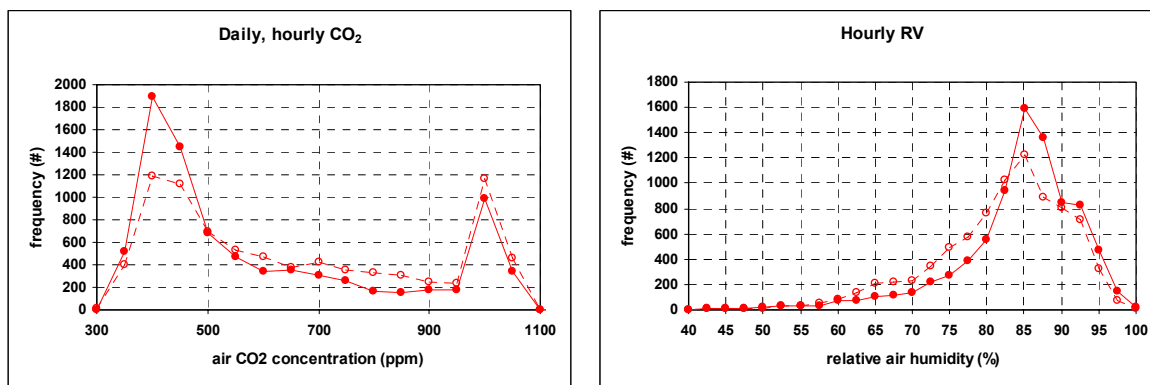
Gevolgen voor het gewas

Er treedt een lichte stijging van het energiegebruik voor fotosynthese op (+0.4%), maar een lichte daling van de vruchtproductie (-0.8%). Dit verschil kan worden verklaard uit het feit dat het effect van de temperatuur op enerzijds de fotosynthese en anderzijds de potentiële groeisnelheid van de vruchten niet gelijk zijn.

M11. Kasdek met een hogere isolatiewaarde

Klimaat

Aangezien er van uit is gegaan dat het dubbele dek dezelfde transmissie voor globale straling heeft als een enkel dek, wordt de hoeveelheid straling in de kas niet beïnvloed. Er is geen noemenswaardig effect op de gemiddelde dag-, nacht- en etmaaltemperaturen. Het aantal momenten met een relatief laag CO₂-gehalte van de kaslucht van 400 ppm stijgt fors, ten koste van het aantal momenten met hogere CO₂-concentraties (Figuur 10). Doordat er minder warmtevraag is, komt er ook minder CO₂ beschikbaar. Deze verandering vindt gedurende de volledige teelt plaats. Zie ook de visualisatie in Figuur 12.



Figuur 10. Frequentieverdelingen van uurlijkse CO₂-concentraties gedurende de dag en RV-waarden gedurende het etmaal bij toepassing van een kasdek met hogere isolatiewaarde. Open rondjes: referentieteeelt; gesloten rondjes: kasdek met hogere isolatiewaarde.

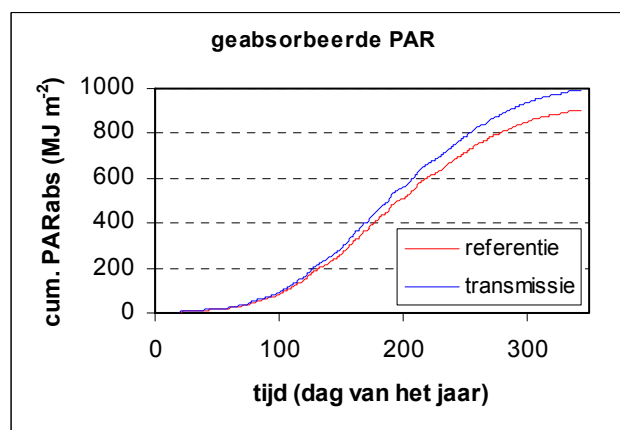
Gevolgen voor het gewas

Het effect van de lagere CO₂-concentratie is dat het energieverbruik voor brutofotosynthese met 1.5% en de vruchtproductie met 2.9% dalen. Dit verlies aan opbrengst kan worden versterkt door de verhoogde kans op Botrytis en scheuren van de vruchten.

M12. Kasdek met hogere lichtdoorlatendheid

Klimaat

De belangrijkste verandering is de toegenomen hoeveelheid straling in de kas, wat leidt tot een grotere hoeveelheid PAR die door het gewas wordt geabsorbeerd (Figuur 11). De regeling is dusdanig ingesteld dat er geen grote veranderingen in andere klimaatfactoren plaatsvinden. Zie ook de visualisatie in Figuur 12.



Figuur 11. Berekende cumulatieve hoeveelheid geabsorbeerde PAR voor de referentieteeelt en in geval van verbeterde transmissie van het kasdek.

Gevolgen voor het gewas

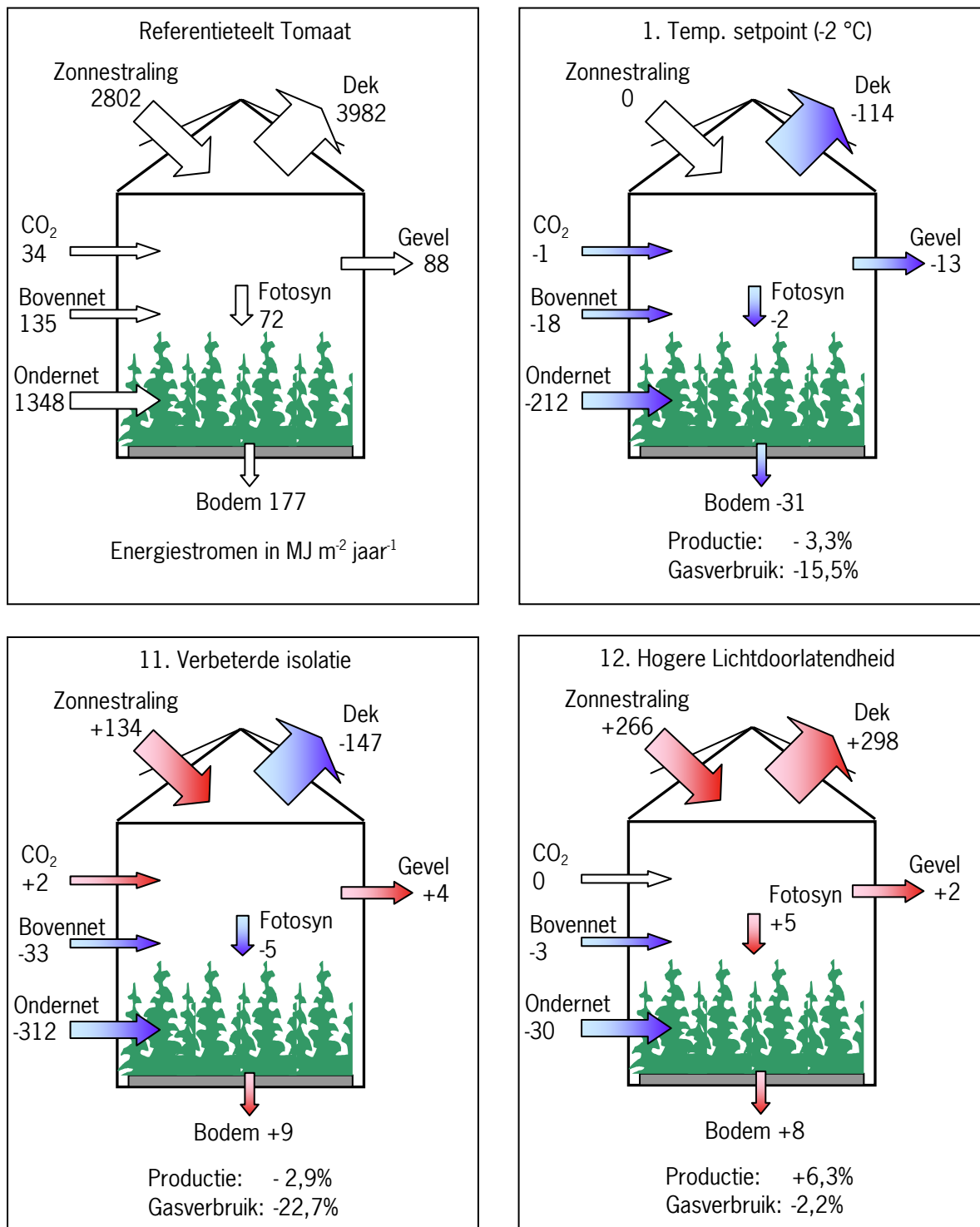
Door de grotere hoeveelheid geabsorbeerde PAR neemt de brutofotosynthese met 6.7% toe, wat zich vertaalt in een 6.5% productiviteitsstijging. Dit is de enige maatregel waar in het geval van tomaat de verdampingsenergie stijgt, namelijk met 6.5%.

*M13. Kaskoeling**Klimaat*

Er treden geen vermeldenswaardige veranderingen in het kasklimaat op.

Gevolgen voor het gewas

De geringe klimaatswijziging leidt tot een 0.2% productieverlies.



Figuur 12. Energiestromen (in MJ m² jaar⁻¹) voor de referentieteelt tomaat (links boven). Daarnaast zijn de absolute veranderingen (in MJ m² jaar⁻¹) van 3 energiebesparende maatregelen op de energiestromen weergegeven. Rood betekent een toename in de energiestromen, blauw betekent een afname, en een witte pijl betekent geen verandering t.o.v. de overeenkomstige energiestroom in de referentieteelt. Voor elke maatregel zijn de relatieve verandering (%) in de productie en gasverbruik t.o.v. de referentieteelt weergegeven. 32 MJ m² jaar⁻¹ komt overeen met 1 m³ gasverbruik.

Gevolgen van energiebesparende maatregelen op bedrijfseconomie

De gevolgen van de energiebesparende maatregelen worden in dit onderdeel op hun economische merites beoordeeld. De gevolgen van de energiebesparing, effecten op productie en productkwaliteit en productie/geldopbrengst gerelateerde posten zijn gebaseerd op de 'technische' resultaten in voorgaande paragrafen van dit hoofdstuk. De investeringen zijn bepaald op basis van de technische specificaties van de energiebesparende maatregelen (zie Bijlage I). De overige exploitatiekosten zijn ingeschat op basis van eerdere studies (w.o. Projectbureau GLAMI, 2000) en eigen schattingen.

Brandstofprijis

Uit Tabel 6 blijkt dat bij een hoge brandstofprijis de maatregelen 3, 5, 6, 8 en 12 een positief saldo laten zien van het verschil in opbrengsten en kosten met de referentiesituatie. Maatregel 12 scoort het best met een positief saldo van bijna 2,6 euro m². Dit wordt vooral bepaald door het positieve effect van de energiebesparende maatregel (verhogen lichttransmissie) op de productie. Bij maatregel 3 (verhogen RV), maatregel 5 (andere RV-regeling) en M6 (schermkierregeling) draagt de energiebesparing in overgrote mate bij aan het positieve saldo. Bij maatregel 9 houden het opbrengsten en kostenverschil elkaar in evenwicht.

De overige maatregelen resulteren in een negatief saldo. De maatregelen 1 en 11 laten een duidelijke verslechtering van het bedrijfseconomisch resultaat zien. Deze maatregelen hebben een groot negatief effect op de productie, wat sterk doorwerkt in het resultaat. Ofschoon de investeringskosten van maatregel 13 nog niet meegenomen zijn, blijkt uit Tabel 6 dat het saldo van opbrengsten en kostenverschillen negatief is.

Bij een lage brandstofprijis blijft het beeld min of meer gelijk, maar het saldo van opbrengsten en kostenverschillen ligt op een wat lager niveau.

Tabel 6. Saldo van opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het verschil in saldi t.o.v. de referentie a.g.v. de energiebesparende maatregelen bij een hoge brandstofprijis, lage brandstofprijis en de productkwaliteitseffecten (alle bedragen in euro m²).

	Saldo van opbrengsten en kosten (euro m ²)		
	Hoge brandstofprijis	Lage brandstofprijis	Productkwaliteit
Referentie niveau	25,51	29,40	
		Vershil t.o.v. referentie	
1. Temperatuursetpoint	-3,01	-3,61	-3,07
2. Temp. integratie 24 uur	-0,31	-0,48	-1,54
3. RV-setpoint	+0,27	+0,05	-2,59
5. Luchtvochtigheid	+0,51	+0,33	0,00
6. Energiescherm	+0,22	-0,01	-1,60
8. Verhoging buffercapaciteit	+0,22	+0,24	-0,62
9. Verdamping	+0,04	-0,04	0,00
10. Temp. integratie 72 uur	-0,15	-0,32	-1,54
11. Isolatie	-0,95	-1,83	-3,05
12. Lichtdoorlatendheid	+2,61	+2,52	-0,56
13. Koeling	-0,28	-0,18	+0,00

Fysieke productie

Wanneer een energiebesparende maatregel een substantieel productie-effect heeft, werkt dit sterk door in het saldo. Dit geldt voor de maatregelen 1, 2, 8, 10, 11 en 12.

Uit Bijlage V (Tabellen V-1 en V-2) volgt dat de maatregelen 5 en 12 zowel een positief effect hebben op de energiebesparing als op de productie.

Uit Bijlage IV blijkt ook dat het verschil in afzetkosten en overige kosten tussen de maatregelen en de referentie weinig invloed heeft op het saldo van opbrengsten en kostenverschillen.

Productkwaliteit

Energiebesparende maatregelen kunnen mogelijk effecten op de productkwaliteit hebben en zijn door PPO geschat. De drie effecten, namelijk het optreden van krimpscheuren, Botrytis en/of algemene scheuren zullen zich niet generiek voordoen. Met name voor gevoelige tomatencultivars zullen de in Tabel V-3 (Bijlage V) genoemde percentages gelden. Minder gevoelige cultivars laten nauwelijks of geen kwaliteitseffecten zien. Uit Tabel V-3 blijkt dat van de maatregelen 5, 9 en 13 nauwelijks of geen negatieve effecten worden verwacht op de productkwaliteit.

De bedrijfseconomische gevolgen van de kwaliteitseffecten van de verschillende energiebesparende maatregelen zijn in Tabel 6 vermeld. De economische gevolgen gelden zowel bij een hoge als een lage brandstofprijs.

Op basis van de geschatte kwaliteitseffecten zullen bij gevoelige cultivars (zie Tabel V-3) de resultaten met 0,56-3,12 euro m² verslechteren. Dit komt duidelijk naar voren bij de maatregelen 1, 11, 3, 6, 2 en 10. Het resultaat van de maatregelen 5, 9 en 13 blijft uiteraard ongewijzigd.

Als de kwaliteitseffecten optreden is het saldo van opbrengsten en kosten (t.o.v. de referentie) alleen bij maatregelen 12 en 5 positief.

3.1.4 Conclusies m.b.t. Tomaat

De energiebesparing bij tomaat is het grootst voor temperatuur setpoint verlaging (M1) en verbeterde isolatie (M11), beide maatregelen waarbij minder gestookt hoeft te worden. Bij een continu setpoint verlaging van 2 °C wordt 15-19% minder gas verbruikt, behalve in de zomer. Bij een verbeterde isolatie wordt er zelfs 22-37% minder gas verbruikt in dezelfde kwartalen, en zelfs in de zomer is er een besparing van 14%. Bij deze maatregelen is er minder warmteafgifte van het verwarmingssysteem door het lagere temperatuur setpoint, of is er minder warmteverlies door het dek. Het valt op dat bij temperatuurintegratie van 24 of 72 uur (M2 en M10), of regeling van de luchtvochtigheid (M3 en M5) een aanzienlijke besparing in het gasverbruik mogelijk is in de tweede kwartaal, veel meer dan in de eerste of vierde kwartalen.

Daar staat tegenover dat de productie bij alle maatregelen behalve een verbeterde lichtdoorlatendheid (M12) wordt gereduceerd. De productie (3,3%) en kwaliteit (5%) bij M1 gaan achteruit omdat de gewasontwikkeling (bladoppervlak) aan het begin van de teelt wordt vertraagd, in combinatie met reductie in de fotosynthesesnelheid. Bij een verbeterde isolatie van het kasdek wordt de CO₂ concentratie lager doordat er minder gestookt wordt waardoor de fotosynthese en vruchtproductie met 3% dalen. De kans op *Botrytis* en scheuren van de vruchten neemt ook toe, met name in de winter. Met een kasdek met hogere lichtdoorlatendheid is minder warmteafgifte nodig, en door de grotere hoeveelheid geabsorbeerde PAR neemt de productie van tomaat in het voorjaar met 9%, en op jaarbasis met 6% toe.

Er zijn drie effecten die mogelijk effecten hebben op de productkwaliteit, namelijk het optreden van krimpscheuren, Botrytis en/of algemene scheuren, maar die zullen zich niet generiek voordoen. Voor gevoelige tomatencultivars gelden verminderingen van ongeveer 3%, maar minder gevoelige cultivars laten nauwelijks of geen kwaliteitseffecten zien. Het blijkt dat van de maatregelen 5, 9 en 13 (aanpassing luchtvochtigheid op dauwpunt, verlaging van plantverdamping en kaskoeling) nauwelijks of geen negatieve effecten worden verwacht op de productkwaliteit.

Voor wat betreft het verschil in opbrengsten en kosten met de referentiesituatie, blijken de maatregelen 3, 5, 8 en 12 (verhoging RV setpoint, andere RV-regeling, vergroting warmtebuffer en een betere lichtdoorlatendheid) een positief saldo te veroorzaken. Een hogere lichtdoorlatendheid (M12) scoort het best met een positief saldo van bijna

2 euro m². Dit wordt vooral bepaald door het positieve effect van de energiebesparende maatregel (verhogen lichttransmissie) op de productie. Bij M3 (verhogen RV) en M5 (andere RV-regeling) draagt de energiebesparing in overgrote mate bij aan het positieve saldo. Bij M6 (schermkier regeling met stappen) houden het opbrengsten en kostenverschil elkaar in evenwicht.

De overige maatregelen resulteren in een negatief saldo. De maatregelen 1 en 11 (verlaging temperatuur setpoint en verbeterde isolatie) laten een duidelijke verslechtering van het bedrijfseconomisch resultaat zien. Deze maatregelen hebben een groot negatief effect op de productie, wat sterk doorwerkt in het resultaat. Ofschoon de investeringskosten van maatregel 10 en 13 (72-uurs temperatuurintegratie en kaskoeling) nog niet bekend zijn, blijkt dat het saldo van opbrengsten en kostenverschillen negatief is.

3.2 Komkommer

3.2.1 Referentieteelt

Kasklimaat

De kas heeft dezelfde afmetingen en uitrusting als beschreven bij het gewas tomaat.

CO₂-dosering vindt plaats door middel van ketelrookgassen van zonopkomst tot een uur voor zonsondergang. De doseersnelheid is 180 kg h⁻¹ en het setpoint voor de CO₂-concentratie in de kas is 650 ppm in de periode van 14 december tot 1 april en in de rest van het jaar (behoudens tijdens de teeltwisselingen) 750 ppm.

Er wordt een transparant beweegbaar scherm type SLS 10 ultra plus gebruikt tussen 15 oktober en 1 mei, dat vanaf 14 december tot 15 januari alleen geopend wordt bij hoge stralingsniveaus (meer dan 100 Wm²) en buitentemperaturen boven 7°C. Buiten die perioden zijn die waarden respectievelijk 10 Wm² en 5°C. Wanneer de RV minder dan 0.5% onder het setpoint komt wordt het scherm op een vochtkier van 4% getrokken en bij blijvend te hoge RV wordt het scherm na een half uur geheel geopend.

Meer details over de setpoints zijn gegeven in Bijlage I.

Gewas- en teeltgegevens

Voor het gewas komkommer is de referentieteelt gekozen met plantdata op 14 december, 1 mei 1 augustus met de respectievelijke ruimdata op 30 april, 31 juli en 5 november. De plantdichtheid in de kas is 1.4 planten m².

De gewasfysiologie van komkommer is in grote lijnen gelijk aan die van tomaat. Enige verschillen:

- De ontwikkeling van de hoeveelheid bladoppervlak wordt in het geval van komkommer berekend in afhankelijkheid van de temperatuursom.
- Er wordt voor ieder segment een beginnend bloemetje berekend, waarna er al dan niet abortie optreedt. Een bloemetje ontwikkelt zich alleen dan tot een vrucht als er gedurende de eerste dagen voldoende assimilaten aanwezig zijn. Een (te) groot aantal reeds aanwezige vruchten leidt ertoe dat er geen assimilaten overblijven voor de nieuwe bloem/vrucht, wat tot abortie leidt. In de meeste gevallen treedt abortie op.

De berekende vruchtproductie van de referentieteelt bedraagt op seizoensbasis 75 kg vers m². De verdeling over de seizoenen is gegeven in Tabel 11 voor elk van de energiebesparende maatregelen.

3.2.2 Energiestromen Referentieteelt

Schema energiestromen

Voor de referentieteelt komkommer is in Tabel 7 een overzicht gemaakt van de belangrijkste energiestromen.

Tabel 7. Overzicht van de energiestromen van de referentieteelt komkommer.

Energiebronnen	Energie (MJ m ² jaar ⁻¹)				Totaal
	Straling	Convectie	Ventilatie voelbaar	latent	
Instraling zon	2802				2802
Warmteafgifte ondernet	701	701			1402
Warmteafgifte bovennet	70	70			140
Warmteafgifte lampen	0		0		0
Energietoevoer CO ₂ -dosering			15	15	30
Totaal					4374
Energie Tussenstations					
Verhoging luchttemperatuur		2914			
Verhoging bladtemperatuur	-14.1				
Gewasverdamping	1962				
Energiebestemmingen					
Gewasfotosynthese	68				68
Verlies via dek	1379	645	839	1137	4000
Verlies via gevel	53	51			104
Verlies via bodem	379	-171			208
Totaal					4380*

* Het verschil in energiebronnen (de kas in) en energiebestemmingen (gewas in en de kas uit) is een gevolg van afrondingen.

Bedrijfseconomie

Voor de uitgangspunten en berekeningswijze wordt verwezen naar Bijlage I.

De jaarproductie van een referentieteelt komkommer bedraagt 75 kg per m² of 169,4 stuks m². Dit resulteert in een opbrengst van 43,90 euro m² bij een middenprijs van 0,26 euro stuk⁻¹ of 0,59 euro kg⁻¹ (Tabel 8).

De gaskosten voor de referentieteelt bedragen voor een gasverbruik van 47,3 m³ m² per jaar bij de hoge en de lage brandstofprijismaatregel 10,45 euro m² respectievelijk 6,38 euro m².

Tabel 8. Opbrengsten en kosten (euro m²) per jaar van de referentieteelt komkommer.

Post	Hoge brandstofprijs	Lage brandstofprijs
Opbrengst	43,90	43,90
Energiekosten	10,45	6,38
Arbeidskosten	16,55	16,55
Overige kosten	3,75	3,75
Jaarkosten investering ¹	-	-

¹ Niet bepaald.

Per 1000 m² teelt is 970 uur teeltgebonden arbeid per jaar nodig (normatief) wat betekent voor een bedrijf van 4 ha 38.800 uur teeltgebonden arbeid per jaar. Per jaar is ca. 2400 uur algemene arbeid.

De bedrijfsopzet en bedrijfsuitrusting behorende bij de referentieteel resulteren in een totaal investeringsbedrag en kosten voor afschrijving, onderhoud en rente. Deze bedragen zijn hier niet vermeld.

3.2.3 Gevolgen van energiebesparende maatregelen bij Komkommer

Overzicht van energiebesparende maatregelen

De consequenties van een aantal energiebesparende maatregelen voor energieverbruik, gewasproductie en -kwaliteit en economisch perspectief zijn onderzocht. Daarbij zijn dezelfde maatregelen beschouwd als beschreven in paragraaf 2.2.

De maatregelen die betrekking hebben op belichting zijn niet van toepassing op het gewas komkommer.

In Tabel 9 is een overzicht gegeven van het gasgebruik per energiebesparende maatregel

Een besparing in gasverbruik wordt gerealiseerd door toepassing van M1 (verlagen van de temperatuur setpoint) en M11 (isolatie). Verhoging van de RV-setpoint met 5% en toepassing van een energieschermregeling leiden tot resp. 7% en 5.5% minder gasverbruik. Net als bij tomaat leidt M8 niet tot een reductie in gasverbruik. De grotere buffer en hogere CO₂-doseerflux (M8) hebben, zoals verwacht mag worden, geen effect op het gasverbruik, er wordt immers geen warmte vernietigd. Dat het gebruik van kasdekkoeeling (M13) niet leidt tot minder verbruik, wordt veroorzaakt doordat de afgevoerde warmte niet in de winter wordt ingezet.

Tabel 9. Gasverbruik van komkommer in de referentiesituatie (m³ m²) in de vier kwartalen van het jaar. De gevolgen van energiebesparende maatregelen zijn gegeven t.o.v. de referentie (%).

	Gasverbruik per jaar (m ³ m ²)		Gasverbruik per kwartaal (m ³ m ²)			
			1 ^e	2 ^e	3 ^e	4 ^e
Referentie	47.3		19.4	10.3	8.2	9.4
		% verschil	% verschil t.o.v. referentie			
M1 Temperatuursetpoint	40.8	-13.7	-16	-13	-6	-16
M2 Temp. integratie 24 uur	45.7	-3.4	-1	-8	-6	-1
M3 RV-setpoint	44	-7.0	-5	-9	-8	-9
M4 Verhoging lichtintensiteit	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
M5 Regeling op dauwpunt	46.5	-1.7	-2	-3	0	-2
M6 Energiescherm	44.7	-5.5	-5	-6	-6	-6
M7 Verdubbeling PAR	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
M8 Verhoging buffercapaciteit	47.6	+0.6	0	+1	+1	0
M9 Verdamping	46.3	-2.1	-2	-3	-2	-2
M10 Temp. integratie 72 uur	45.6	-3.6	-1	-8	-6	-1
M11 Isolatie	37.1	-21.6	-25	-20	-13	-24
M12 Lichtdoorlatendheid	46.2	-2.3	-2	-3	-2	-2
M13 Koeling	48.5	+2.5	+2	+4	+4	+2

Tabel 10. Productie van komkommer (aantal vruchten en kg versgewicht m^{-2}) voor de referentieteel en de bijbehorende hoeveelheid verwarmingsenergie (MJ kg^{-1} versgewicht) die nodig is voor de productie van 1 kg versgewicht komkommer. Een indicatie van de verandering in kwaliteit is ook gegeven t.o.v. de referentieteel. De gevolgen van energiebesparende maatregelen zijn gegeven t.o.v. de referentie (%).

	Maatregel	Productie		Kwaliteit	Energie-benutting ¹
		kg vers m^{-2}	#vruchten m^{-2}		(MJ kg^{-1} vers)
0	Referentie	75.0	169.4	100	21.0
		% verschil	% verschil	% verschil	% verschil
M1	Temperatuursetpoint	-9.2	-8.3	0	-4.3
M2	Temp. integratie 24 uur	-0.7	-0.8	0	-2.8
M3	RV-setpoint	-2.2	-3.3	-1	-4.9
M4	Verhoging lichtintensiteit	nvt	nvt	nvt	nvt
M5	Regeling op dauwpunt	0.2	0	0	-2.1
M6	Energiescherm kierregeling	-2.0	-2.5	0	-3.4
M7	Verdubbeling PAR	nvt	nvt	nvt	nvt
M8	Verhoging buffercapaciteit	-1.4	-1.7	0	1.8
M9	Verdamping	2.0	-0.8	-1	-4.1
M10	Temp. integratie 72 uur	-2.0	-3.3	0	-1.7
M11	Isolatie	-0.8	-2.5	-3	-20.8
M12	Lichtdoorlatendheid	7.6	+4.1	-1	-9.1
M13	Koeling	-0.7	-0.8	+2	3.1

¹ Een negatief getal betekent dat er minder energie in MJ nodig zijn voor de productie van 1 kg product.

Tabel 11. Seizoensproductie van komkommer (kg versgewicht m^{-2} en aantal vruchten m^{-2}) in het najaar, winterseizoen en het voorjaar. De gevolgen van de maatregelen zijn gegeven t.o.v. de referentie (%).

	Maatregel	Seizoens-productie					
		kg vers m^{-2}			aantal vruchten m^{-2}		
		Najaar	Winter	Voorjaar	Najaar	Winter	Voorjaar
	Referentie	20.4	26.9	27.8	43.4	70.0	56.0
		%verschil t.o.v. referentie			%verschil t.o.v. referentie		
M1	Temperatuursetpoint	-7.6	-10.9	-8.8	-6.5	-10.0	-7.5
M2	Temp. integratie 24 uur	0.7	-0.6	-1.9	-3.2	0	0
M3	RV-setpoint	0.5	-3.8	-2.6	0	-6.0	-2.5
M4	Verhoging lichtintensiteit						
M5	Regeling op dauwpunt	1.8	-1.6	0.8	0	-2.0	2.5
M6	Energiescherm	-3.1	-3.3	0	-3.2	-4.0	0
M7	Verdubbeling PAR						
M8	Verhoging buffercapaciteit	-3.9	-1.5	0.5	-3.2	-2.0	0
M9	Verdamping	-3.9	-2.1	3.4	-3.2	-2.0	2.5
M10	Temp. integratie 72 uur	-2.0	-1.7	-2.4	-6.5	-2.0	-2.5
M11	Isolatie	-1.5	-3.8	2.7	-3.2	-4.0	0
M12	Lichtdoorlatendheid	10.0	4.0	9.3	6.5	-2.0	10.0
M13	Koeling	-1.8	-2.3	1.7	-3.2	-2.0	2.5

Toelichting

M1. Temperatuur setpoint

Klimaat

Net als bij tomaat is de belangrijkste klimaatswijziging die optreedt bij het verlagen van het temperatuursetpoint de verlaging van de luchttemperatuur in de kas (zie ook Figuur 2 voor tomaat). Ook bij komkommer is de daling in de zomer en de herfst relatief beperkt. Meest frequente gemiddelde etmaaltemperaturen zijn verschoven van 19,5-21,5 °C tot 17,5-21 °C.

Gevolgen voor het gewas

De lagere temperatuur heeft in grote lijnen drie effecten:

- Een langzamere toename van de LAI en minder onderschepte straling. Dit is alleen aan het begin van het seizoen van belang, omdat later, wanneer de LAI tot boven de 3,5-4 is gestegen, toch nagenoeg al het licht wordt onderschept.
- Een lagere gewasfotosynthese (2.2% daling op jaarbasis).
- Een lagere afsplitsingssnelheid van de bladeren.

De langzamere LAI-toename en lagere fotosynthese veroorzaken op jaarbasis een vermindering van het aantal vruchten (8% reductie: 155 ten opzichte van 169 vruchten m⁻²) en versgewichtproductie (9% reductie: 68 ten opzichte van 75 kg m⁻²). Deze afname vinden in alle teelten plaats. De lagere afsplitsingssnelheid en het daardoor bepaald potentieel aantal vruchten is niet beperkend.

De verdamping (en dus ook de hoeveelheid energie die dit proces vergt) daalt door de lagere temperatuur met 5.8%, terwijl het afkoelen van het blad 18% minder energie vergt (een lagere omgevingstemperatuur leidt ook tot een algemene lagere bladtemperatuur; de energiestromen in verband hiermee kunnen sterk veranderen).

Kwaliteit

Een verlaging van de temperatuur setpoint leidt tot sterkere vruchtbeginsels die willen uitgroeien. Daardoor wordt er meer stek en ook kleinere vruchten ontwikkeld. De uitgroei wordt trager, maar de vruchten krijgen een betere kleur. Er is echter meer kans op schimmelziektes, o.a. *Mycosphaerella*. Van deze gevolgen van M1 zal het één de kwaliteit positief beïnvloeden, het andere negatief. Netto wordt ingeschat dat er geen effect is.

M2. Temperatuurintegratie (1 dag)

Klimaat

Net als bij tomaat leidt het toepassen van een bandbreedte voor temperatuurintegratie van 2 °C niet tot een structurele verandering van etmaal-, dag- en nachttemperaturen.

Gevolgen voor het gewas

Ook in gewasfysiologische zin treden er nauwelijks verschuivingen op. Het jaarlijkse energieverbruik voor de bruto-fotosynthese daalt met 0.1% en de jaarlijkse versgewichtproductie met 0.7%. De productie in de najaarsteelt stijgt licht, terwijl die in de winter- en voorjaarsteelten licht daalt. De jaarlijkse hoeveelheid verdampingsenergie daalt met 1.7%.

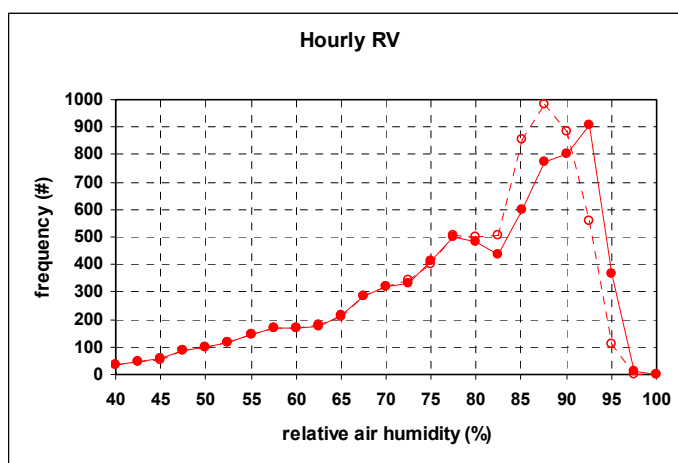
Kwaliteit

Deze maatregel leidt soms tot een vrij grote variatie in temperatuur en RV binnen een etmaal. Dit kan leiden tot condensatie en daardoor het optreden van *Botrytis* en *Mycosphaerella*. Aantasting door *Mycosphaerella* resulteert in een toename van niet verkoopbaar komkommers en wordt geschat op 1% productieverlies.

M3. Verhogen van het RV-setpoint (5%)

Klimaat

In de referentieteelt is aangenomen dat het RV-setpoint op 85% ligt). Indien de RV boven deze waarde stijgt, wordt er geventileerd (en wordt er energie afgevoerd). Verhoging van het RV-setpoint tot 95% heeft dus alleen maar effect wanneer de RV 90% of hoger is. Uit Figuur 13 blijkt dat de piek op 87,5% die de RV bij de referentieteelt kent, verschuift naar 92,5% bij verhoging van het RV-setpoint. Dat komt doordat er geventileerd wordt als de RV een klein beetje hoger ligt dan 85% (als de waarde valt in het traject 85-87.5%, wordt het 87.5%)



Figuur 13. Frequentieverdeling van relatieve luchtvochtigheid (uurlijkse waarden) bij verlaging van het RV setpoint met 5%. Open rondjes: referentieteelt; gesloten rondjes: verhoging van het RV-setpoint.

De CO₂-gehalten van de kaslucht veranderen voor wat betreft de lichtperiode nauwelijks. Wel treden er veranderingen in de nachtperiode op, maar deze zijn voor de gewasgroei niet van belang. Ook de frequentieverdeling van de gemiddelde nachttemperatuur verandert weinig (zie ook Figuur 17).

Gevolgen voor het gewas

Net als bij tomaat heeft een hogere relatieve luchtvochtigheid tot gevolg dat de huidmondjesgeleidbaarheid en daardoor de verdamping afneemt. Het berekende scenario leidt tot een 2.7% verlaging van de gewasverdamping en de hiervoor benodigde energie.

Terwijl de brutogewasfotosynthese met 0.1% daalt, daalt de jaarproductie met 2,2%. Dit wordt veroorzaakt door dalende producties in de winter- en voorjaarsteelten (-3,8 en -2,6%), terwijl de najaarsproductie licht stijgt (+0,5%). Het jaarlijks aantal geoogste vruchten daalt ten opzichte van de referentieteelt met 3.3% tot 164 vruchten m². Zeker het aantal vruchten in de winterteelt daalt relatief sterk met 6%.

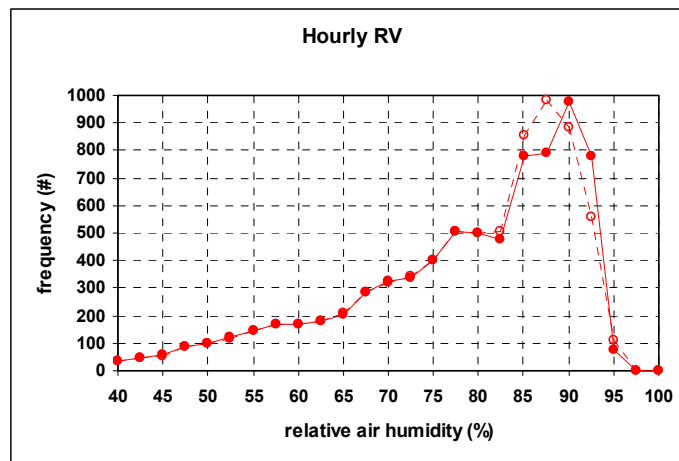
Kwaliteit

De gemiddelde RV is nauwelijks verschillend van de referentieteelt. Door een hogere RV in het voor- en najaar worden komkommers ontwikkeld met een iets mindere kleur, wat daardoor meer klasse 2 op zal leveren. Een 1% kwaliteitsverlies wordt ingeschat.

M4. Verhoging intensiteit van belichten

N.v.t.

M5. Inbrengen van een andere luchtvochtigheidsregeling (op basis van dauwpuntsverschillen)



Figuur 14. Frequentieverdeling van relatieve luchtvochtigheid (uurlijkse waarden) bij een luchtvochtigheidsregeling op basis van een minimaal verschil tussen de dauwpunttemperatuur van de kaslucht en de gewas-temperatuur van 1.5 °C. Open rondjes: referentieteelt; gesloten rondjes: verhoging van het RV-setpoint.

Klimaat

De frequentieverdeling van de RV bij deze maatregel lijkt sterk op die van maatregel 3. De piek in frequenties verschuift van 87,5% naar 90% (Figuur 14). In temperatuur en CO₂-concentraties treden nauwelijks wijzigingen op.

Gevolgen voor het gewas

Het berekende scenario leidt tot een 0.9% verlaging van de gewasverdamping en de hiervoor benodigde energie. De benodigde energie voor de gewasfotosynthese is gelijk aan de referentieteelt. De versproductie in de winterteelt daalt met 1.6%, maar aangezien die van de voorjaars- en najaarsteelten respectievelijk 0.8% en 1.8% stijgen, is er een toename van de jaarlijkse productie van 0.2%.

Kwaliteit

Door deze regeling is er minder kans op condensatie op gewas en vruchten en daardoor minder kans op schimmelsekten zoals *Botrytis* en *Mycosphaerella*. Inschatting is dat er 1% minder vruchten weggegooid hoeft te worden wat betekend productiewinst.

M6. Inbrengen van een andere energieschermregeling

Klimaat

Op de dagen dat het energiescherm wordt gebruikt, is er een toename van het gemiddelde dagelijkse sluitingspercentage tijdens de lichtperiode. Dit leidt echter niet tot wezenlijke veranderingen in het kasklimaat, afgezien van het feit dat de hoeveelheid geabsorbeerde PAR in de winter- en najaarsteelt een fractie lager liggen dan in het geval van de referentieteelt.

Gevolgen voor het gewas

De winter- en najaarsproductie, wanneer er anders wordt geschermd, geven een 3.3, respectievelijk 3.1% lagere productie. De voorjaarproductie is onveranderd.

Kwaliteit

Er wordt geen effect op kwaliteit verwacht.

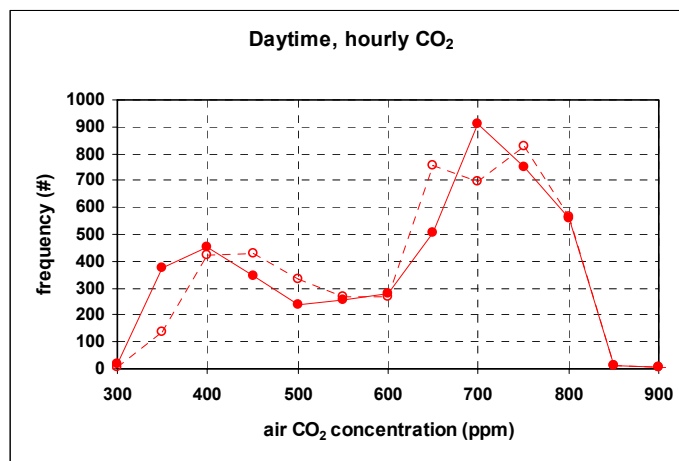
M7. Verhoging van het PAR rendement van de lampen (verdubbeling)

N.v.t.

M8. Verhogen van de Buffercapaciteit

Klimaat

Het inzetten van het grotere buffercapaciteit leidt tot een lichte verhoging van de CO₂-concentraties van de kaslucht, waarbij in de voorjaar/zomerteelt een lichte verschuiving optreedt van 650 ppm naar 700 ppm (Figuur 15). In de winter- en najaarsteelt treden geen grote verschuivingen op. In tegenstelling tot tomaat, waar in de zomer de buffer te warm is om CO₂ bij te stoken, bestaat er in het geval van komkommer blijkbaar wel deze mogelijkheid.



Figuur 15. Frequentieverdeling van CO₂-concentratie van de kaslucht gedurende de lichtperiode (uurlijkse waarden) bij een verhoging van de warmtebuffer en van de CO₂-doseercapaciteit. Open rondjes: referentieteelt; gesloten rondjes: verhoging van het RV-setpoint.

Gevolgen voor het gewas

De lichte veranderingen in CO₂-concentraties hebben kleine gevolgen voor de productie. De winter- en najaarsproductie dalen met 1,5, respectievelijk 3,9%, terwijl de zomerproductie met 0,5% stijgt. De jaarlijkse versproductie daalt met 1,4%. De benodigde energie voor gewasverdamping stijgt met slechts 0,1%.

Kwaliteit

Er wordt hiervan geen effect verwacht op de kwaliteit.

M9. Verlaging van de plantverdamping (10%)

Klimaat

De frequentieverdeling van de RV piekt bij een waarde van 85%, zowel bij de referentieteelt als in het geval van verlaagde plantverdamping. Alleen ligt in het laatste geval de piek iets lager, wat voornamelijk wordt veroorzaakt door kleine veranderingen in de zomer.

Gevolgen voor het gewas

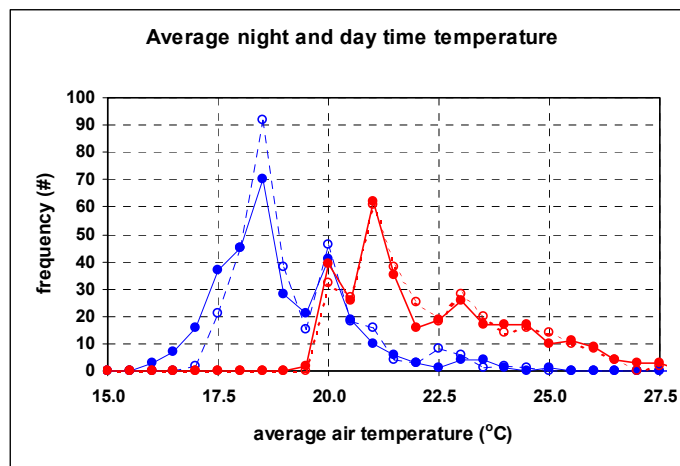
De energie die nodig is voor de gewasverdamping blijft zo goed als onveranderd (+0,1%). De productie daalt met 0,8%, aangezien een hogere huidmondjesweerstand de uitwisseling van CO₂ belemmert. Dit is niet gelijk over de teelten verdeeld: de winter- en herfstproducties dalen met respectievelijk 2,1 en 3,9%, terwijl de zomerproductie met 3,4% stijgt.

Kwaliteit

Er is nauwelijks een effect op de kwaliteit. Geschat wordt dat er 1% kwaliteitsverlies optreedt door meer oude, zogenaamde 'zwarte' vruchten a.g.v. tijdelijk hoge temperaturen in combinatie met een lage RV.

*M10. Temperatuurintegratie (3 dagen)**Klimaat*

De veranderingen in dag- en nachttemperaturen zijn in grote lijnen gelijk aan de veranderingen bij tomaat. Terwijl de frequentieverdeling van de gemiddelde dagtemperatuur niet wezenlijk verandert bij het toepassen van een 3-daagse temperatuurintegratie, komen gemiddelde nachttemperaturen lager dan 18 °C vaker voor, ten koste van hogere gemiddelde nachttemperaturen. Dit vindt voornamelijk plaats in de voorjaar- en najaarsteelt (Figuur 16).



Figuur 16. Frequentieverdeling van gemiddelde nacht- en dagtemperatuur bij het toepassen van 3-daagse temperatuurintegratie. Blauwe lijnen: nachttemperaturen; rode lijnen: dagtemperaturen. Open rondjes: referentieteelt; gesloten rondjes: 3-daagse temperatuurintegratie.

Gevolgen voor het gewas

De energie benodigd voor gewasverdamping daalt ten opzichte van de referentieteelt met 1,5%.

Er treedt een lichte daling van het energiegebruik voor brutofotosynthese op (-0.1%), wat gepaard gaat met een lichte daling van de jaarlijkse vruchtproductie (-2%). Deze daling treedt in ongeveer gelijke mate op tijdens alle drie teeltseizoenen.

Kwaliteit

Hiervan wordt geen effect op kwaliteit verwacht.

*M11. Kasdek met een hogere isolatiewaarde**Klimaat*

Er treden met betrekking tot temperatuur en RV kleine veranderingen op. De frequentiepiek van de RV bij 85% wordt hoger, ten koste van lagere RV-niveaus. Het CO₂-gehalte van de kaslucht vertoont een soortgelijke verandering als bij tomaat (zie ook Figuur 17).

Gevolgen voor het gewas

Het effect van de lagere CO₂-concentratie is dat het energieverbruik voor brutofotosynthese met 1% en de jaarlijkse vruchtproductie met 0.8% dalen. In de winter- en herfstteelt is de productiedaling respectievelijk 3.8 en 1.5%, terwijl zich in de voorjaarsteelt een productiestijging van 2.7% voordoet.

Er is 3.7% minder energie nodig voor gewasverdamping.

Kwaliteit

De temperatuur en de RV zijn wat hoger dan in de referentieteelt. De vruchten zullen hierdoor lichter van kleur worden. Inschatting 3% kwaliteitsverlies.

*M12. Kasdek met hogere lichtdoorlatendheid**Klimaat*

De belangrijkste verandering is de toegenomen hoeveelheid straling in de kas, wat leidt tot een grotere hoeveelheid PAR die door het gewas wordt geabsorbeerd (zie ook Figuur 17).

Gevolgen voor het gewas

Door de grotere hoeveelheid geabsorbeerde PAR neemt de brutofotosynthese met 7.1% toe, wat zich vertaalt in een 7.6% productiviteitsstijging op jaarbasis. De winter-, voorjaars- en najaarsproducties stijgen met respectievelijk 4,0, 9,3 en 10,0%.

Kwaliteit

Een gevolg van deze maatregel is een iets hogere temperatuur, en snellere wisselingen in klimaat door meer uit- en instraling. Daardoor is er een grotere kans op condens en grotere gevoeligheid voor schimmelziekten waardoor een kwaliteitsvermindering van 1% wordt geschat.

*M13. Kaskoeling**Klimaat*

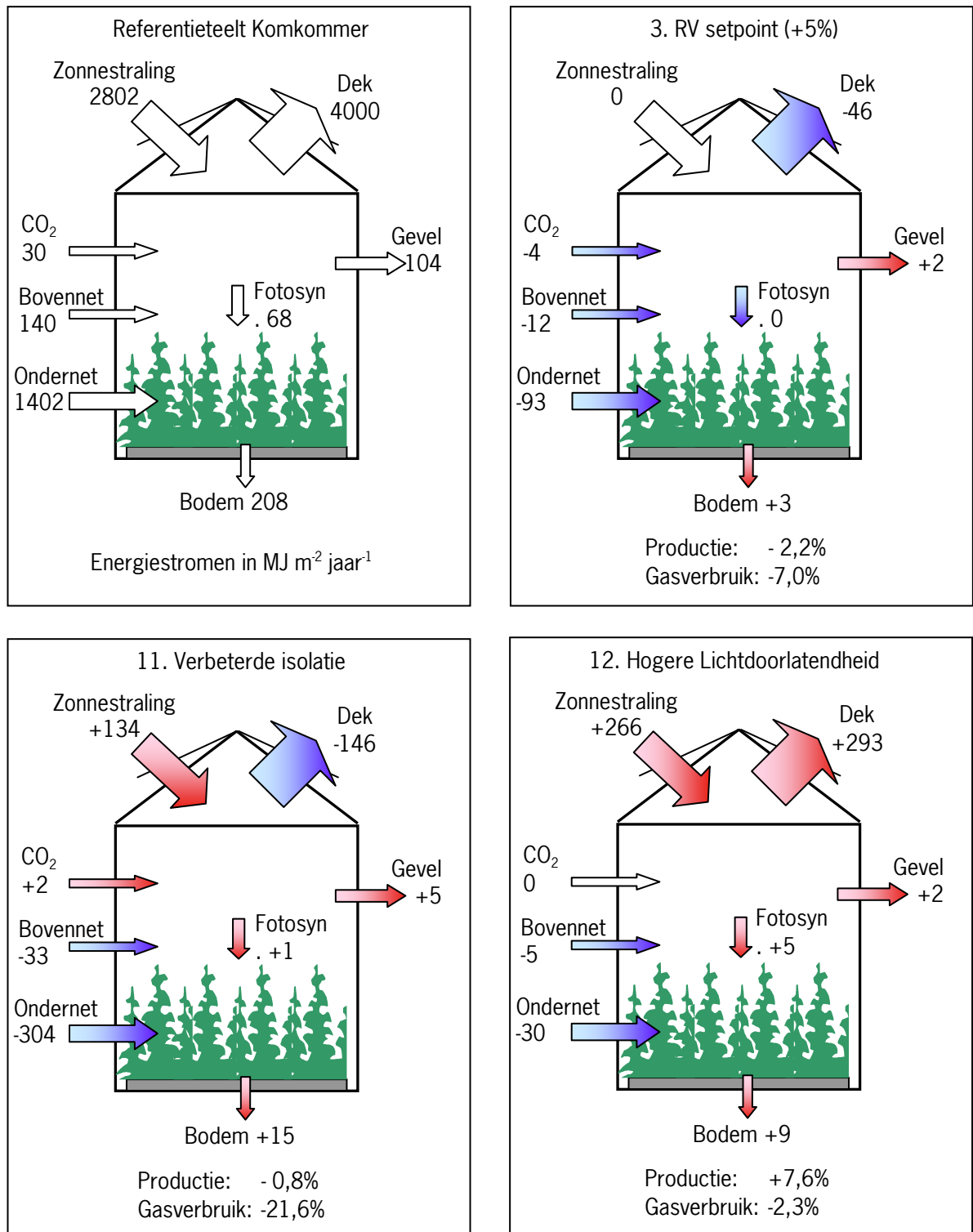
Er treden geen vermeldenswaardige veranderingen in het kasklimaat op.

Gevolgen voor het gewas

De geringe klimaatswijziging leidt tot 3.9% reductie van verdampingsenergie en 0.7% productieverlies. De winter-, voorjaars- en najaarsproducties veranderen met respectievelijk -2,3, +1,7 en -1,8%.

Kwaliteit

Doordat de temperatuur in zomer minder oplopen wordt de vruchtkleur wat beter. Gemiddeld wordt er een 2% kwaliteitsverbetering verwacht.



Figuur 17. Energiestromen (in MJ m² jaar⁻¹) voor de referentieteel komkommer (links boven). Daarnaast zijn de absolute veranderingen (in MJ m² jaar⁻¹) van 3 energiebesparende maatregelen op de energiestromen weergegeven. Rood betekent een toename in de energiestromen, blauw betekent een afname, en een witte pijl betekent geen verandering t.o.v. de overeenkomstige energiestroom in de referentieteel. Voor elke maatregel zijn de relatieve verandering (%) in de productie en gasverbruik t.o.v. de referentieteel weergegeven. 32 MJ m² jaar⁻¹ komt overeen met 1 m³ gasverbruik.

Gevolgen van energiebesparende maatregelen op bedrijfseconomie

De gevolgen van de energiebesparende maatregelen worden in dit onderdeel op hun economische merites beoordeeld. De investeringen zijn bepaald op basis van de technische specificaties van de energiebesparende maatregelen (zie Bijlage I).

Brandstofprijzen

Uit Tabel 12 blijkt dat bij een hoge brandstofprijs de maatregelen 2, 5, 9 en 12 een positief saldo laten zien ten opzichte van de referentiesituatie. Maatregel 12 scoort het best (+0,27 euro m²) en wordt bepaald door het positieve effect van de energiebesparende maatregel (verhogen lichttransmissie) op de productie.

De overige maatregelen resulteren in een duidelijk negatief saldo. De maatregelen 1 en 11 laten een duidelijke verslechtering van het bedrijfseconomisch resultaat zien. Deze maatregelen hebben een groot negatief effect op de productie (1 en 11) of nemen de investeringskosten sterk toe (11). Zonder de investeringskosten blijkt voor maatregel 13 uit Tabel 12 het saldo van opbrengsten en kostenverschillen al negatief te zijn.

Bij een lage brandstofprijs is het saldo van opbrengsten en kostenverschillen minder positief of meer negatief. Het effect van een lagere brandstofprijs is het sterkst (in negatieve zin) bij de maatregelen die het meeste energie besparen.

Tabel 12. Saldo van opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het verschil in saldi t.o.v. de referentie a.g.v. de energiebesparende maatregelen bij een hoge brandstofprijs en lage brandstofprijs en het verschil in saldi a.g.v. productkwaliteitseffecten t.o.v. de basisberekening (alle bedragen in euro m²).

	Saldo van opbrengsten en kosten (euro m ²)		
	Hoge brandstofprijs	Lage brandstofprijs	Productkwaliteit
Referentie niveau	13,15	17,22	
	Verschil t.o.v. referentie		Verschil t.o.v. basisberekening
1. Temperatuursetpoint	-2,42	-2,98	0
2. Temp. Integratie 24 uur	0,22	0,08	0
3. RV-setpoint	-0,69	-0,98	-0,20
5. Regeling op dauwpunt	0,15	0,07	0
6. Energiescherm	-0,48	-0,71	0
8. Verhoging buffercapaciteit	-0,62	-0,60	0
9. Verdamping	0,11	0,02	-0,21
10. Temp. integratie 72 uur	-0,66	-0,81	0
11. Isolatie	-1,00	-1,88	-0,62
12. Lichtdoorlatendheid	0,27	0,18	-0,22
13. Koeling*	-0,76	-0,66	0,42

* *Excl. jaarkosten investering.*

Fysieke productie

Wanneer een energiebesparende maatregel een substantieel productie-effect heeft, bepaalt dit het (plus of min) teken van het saldo. Dit geldt voor de maatregelen 1, 3, 6, 8, 10, 11, 12 en 13.

Uit Bijlage V (Tabellen V-1 en V-2) volgt dat, met uitzondering van maatregel 12, er geen maatregelen zijn die zowel een positief effect hebben op de energiebesparing als op de productie.

Uit beide tabellen blijkt ook dat het effect op de arbeidskosten samenhangt met het verschil in fysieke productie tussen de maatregelen en de referentiesituatie. Ditzelfde geldt ook, zei het in mindere mate, voor de overige kosten (i.c. de afzetkosten).

Productkwaliteit

De maatregelen 3, 9, 11, 12 en 13 hebben in potentie effecten op de productkwaliteit. Maatregel 13 (kasdekkoeling) heeft in tegenstelling tot de andere genoemde maatregelen een positief effect. Van de overige maatregelen worden geen kwalitatieve effecten verwacht.

De economische gevolgen gelden zowel bij een hoge als een lage brandstofprijs.

Voor genoemde maatregelen betekent het voorgaande dat het saldo van opbrengsten en kosten met 0,2-0,62 euro m² afneemt (3, 9, 11 en 12) en met 0,42 euro m² toeneemt (13) ten opzichte van de basisberekening. De kwalitatieve effecten werken het sterkste negatief door bij maatregel 12 (verhoogde lichtdoorlatendheid).

3.2.4 Conclusies m.b.t. Komkommer

Net als bij tomaat is de energiebesparing bij komkommer het grootste voor maatregelen 1 en 11 doordat er minder gestookt hoeft te worden, en de besparing op het gasverbruik is vergelijkbaar met die van tomaat. Toepassen van temperatuurintegratie van 24 of 72 uur (M2 en M10) leveren een besparing aan gasverbruik op van rond 8% in de voorjaar en zomermaanden.

Bij verlaging van het temperatuur setpoint (M1) gaat de besparing aan energie (13% minder gasverbruik op jaarbasis) gepaard met een productie verlies van 8-9% in het voor- en najaar en bijna 11% in de winter. In het geval van verbeterde isolatie (M11) is het productie verlies echter minder dan 1% op jaarbasis, negatief in het najaar en winter, maar bijna 3% positief in het voorjaar. Een verhoging van de RV-setpoint (M3) resulteert in 7% minder gasverbruik (minder luchten) maar met 2.2% minder productie en kwaliteitsverlies door vrucht verkleuring. Een andere energieschermregeling (M6) veroorzaakt dezelfde effecten als M3, vooral in het najaar en winter.

Net als bij tomaat wordt er bij een verhoogde transmissie van de kasdek minder gas gebruikt (2%), maar er wordt een productiewinst van ruim 7% gemiddeld gerealiseerd door verhoogde PAR absorptie, vooral in het voor- en najaar. Ook bij M9 (verlaging plantverdamping) wordt er productiewinst berekend, dat met name in de zomer tot stand komt.

De kwaliteit wordt niet of negatief beïnvloed behalve door maatregel 13 (kasdek koeling) waar de kwaliteit verbeterd wordt met 2%, maar een hogere energieverbruik (3%) wordt berekend.

Voor wat betreft de bedrijfseconomie blijkt dat de maatregelen 2, 5, 9 en 12 (resp. een 24 uren temperatuurintegratie, veranderde luchtvochtigheidsregeling, verlaging van plantverdamping en verbeterde lichtdoorlatendheid) een positief saldo laten zien ten opzichte van de referentiesituatie. Maatregel 12 (verhogen lichttransmissie) scoort het best en wordt bepaald door het positieve effect van de energiebesparende maatregel op de productie.

De overige maatregelen resulteren in een duidelijk negatief saldo. De maatregelen 1 en 11 laten een duidelijke verslechtering van het bedrijfseconomisch resultaat zien. Deze maatregelen hebben een groot negatief effect op de productie (M1 en M11) of nemen de investeringskosten sterk toe (M11). Zonder de investeringskosten blijkt voor maatregel 13 (kaskoeling) het saldo van opbrengsten en kostenverschillen al negatief te zijn.

3.3 Chrysant

3.3.1 Referentieteelt

Kasklimaat & teeltwijze

De kas heeft dezelfde afmetingen als beschreven bij het gewas tomaat. Het verwarmingssysteem heeft een ondernet van vijf \varnothing 35 mm pijpen per kap en een bovennet van 2 pijpen van \varnothing 51mm per kap.

CO₂-dosering vindt plaats door middel van ketelrookgassen van zonopkomst tot een uur voor zonsondergang. De doseersnelheid is 180 kg h⁻¹ en het setpoint voor de CO₂-concentratie in de kas is 900 ppm.

Het gewas wordt van 1 oktober tot 1 april belicht met een lampvermogen van 35 Wm². Bij het lange dag stadium gaan de lampen uit bij zonstralingsniveaus boven 400 W m² en voor de korte dag blijven de lampen in deze periode overdag altijd aan.

Bij de korte dag teelt wordt een verduisteringsscherm gebruikt, dat tussen 18.00 en 7.00 uur gesloten is, maar bij stralingsniveaus onder de 5 W m^{-2} op temperatuur kan kieren. Bij de lange dag teelt wordt het scherm gesloten bij stralingsniveaus onder 5 W m^{-2} en buitentemperaturen onder 3°C .

Meer details over de setpoints zijn gegeven in de bijlagen.

Gewas- en teeltgegevens

Bij het gewas chrysant worden er 5.4 teelten $\text{bed}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ met een gemiddelde teeltduur van 67 dagen berekend. De gemiddelde LAI op jaarbasis is $3.2 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$. Chrysant is een continu-teelt, waarbij verspreid over de bedden continu wordt geplant en geoogst. Daarom zijn berekeningen voor het korte dag stadium en voor het lange dag stadium apart uitgevoerd, zodat de gewogen uitkomsten (naar duur van beide stadia) gecombineerd kunnen worden. Dit is nagerekend door aan te nemen dat iedere week een gewas werd geplant, resulterend in 52 plantdata per jaar. Dit geeft een goede spreiding van de simulaties over een jaar. Bij maatregel 1, een verlaagd temperatuursetpoint, werd de gemiddelde teeltduur met 7% verlengd. Bij de andere maatregelen bleek de verandering maximaal 1% (korter of langer). In alle gevallen is gecorrigeerd voor de consequenties die dit heeft voor het aantal teelten per bed, per jaar.

Lange- en kortedag: Er is verder aangenomen dat het gewas de eerste twee weken onder een langedag-regime opgroeien, en de laatste 7-8 weken onder een kortedag-regime.

Data-analyse: Er bestaan klimaatverschillen tussen de diverse energiebesparende maatregelen ten aanzien van zowel de langedag- als kortedag-regimes. In de onderstaande analyse is echter alleen gekeken naar de verschillen tussen kortedag-regimes, die voor het grootste gedeelte de groei en ontwikkeling bepalen.

3.3.2 Energiestromen Referentieteelt

Schema energiestromen

Voor de referentieteelt chrysant is in Tabel 13 een overzicht gemaakt van de belangrijkste energiestromen.

Tabel 13. *Overzicht van de energiestromen van de referentieteelt chrysant.*

Energiebronnen	Energie (MJ m ² jaar ⁻¹)				Totaal
	Straling	Convectie	Ventilatie voelbaar	latent	
Instraling zon, PAR/NIR lampen	2802				2802
Warmteafgifte ondernet	142	142			284
Warmteafgifte bovennet	539	539			1078
Warmteafgifte lampen	147		147		293
Energietoevoer CO ₂ -dosering			15	15	30
<i>Totaal</i>					<i>4487</i>
Energie Tussenstations					
Verhoging luchttemperatuur		2506			
Verhoging bladtemperatuur	-16				
Gewasverdamping	1740				
Energiebestemmingen					
Gewasfotosynthese	44				44
Verlies via dek	1341	594	858	1298	4091
Verlies via gevel	65	56			121
Verlies via bodem	291	-56			235
<i>Totaal</i>					<i>4491*</i>

* *Het verschil in energiebronnen (de kas in) en energiebestemmingen (gewas in en de kas uit) is een gevolg van afrondingen.*

Bedrijfseconomie

Voor de uitgangspunten en berekeningswijze wordt verwezen naar Bijlage IV.

De jaarproductie van een referentieteelt chrysant bedraagt 224,8 takken per m². Dit resulteert in een jaaropbrengst van 48,40 euro per m² bij een middenprijs van 0,215 euro tak¹ (Tabel 14).

De energiekosten voor de referentieteelt bedragen bij een gasverbruik op jaarbasis van 41,9 m³ m² bij de hoge en de lage brandstofprijs 13,71 euro m² respectievelijk 10,10 euro m². In de energiekosten zijn de kosten van elektriciteit (uit het net) voor de belichting meegenomen (zie Bijlage IV). Er is geen wk-installatie in de referentiesituatie verondersteld.

Tabel 14. Opbrengsten en kosten (euro m²) van de referentieteelt chrysant op jaarbasis.

Post	Hoge brandstofprijs	Lage brandstofprijs
Opbrengst	48,40	48,40
Energiekosten	13,71	10,10
Arbeidskosten	10,00	10,00
Overige kosten	6,02	6,02
Jaarkosten investering ¹	-	-

¹⁾ Niet bepaald.

Per 1000 m² teelt is 555 uur teeltgebonden arbeid nodig (normatief) wat betekent voor een bedrijf van 4 ha 22.200 uur teeltgebonden arbeid per jaar. Per jaar is ca. 2400 uur algemene arbeid. De bedrijfsopzet en bedrijfsuitrusting behorende bij de referentieteelt resulteren in een totaal investeringsbedrag en kosten voor afschrijving, onderhoud en rente. Deze bedragen zijn hier niet vermeld.

3.3.3 Gevolgen van energiebesparende maatregelen bij Chrysant

Overzicht van energiebesparende maatregelen

De consequenties van de in paragraaf 2.2 beschreven energiebesparende maatregelen voor energieverbruik, gewasproductie en -kwaliteit en economisch perspectief zijn onderzocht.

Effect van energiebesparende maatregelen op gasverbruik

In Tabel 15 is een overzicht gegeven van het gasverbruik per energiebesparende maatregel

Tabel 15. Gasverbruik van chrysant in de referentiesituatie ($m^3 m^2$) in de vier kwartalen van het jaar. De gevolgen van energiebesparende maatregelen zijn gegeven t.o.v. de referentie (%).

	Gasverbruik per jaar ($m^3 m^2$)		Gasverbruik per kwartaal ($m^3 m^2$)			
			1 ^e	2 ^e	3 ^e	4 ^e
Referentie	41.9		13.9	6.5	5.8	13.0
		% verschil	% verschil t.o.v. referentie			
M1	Temperatuursetpoint	37.1 -11.5	-13	-8	-7	-11
M2	Temp. integratie 24 uur	38.4 -8.4	-5	-12	-11	-6
M3	RV-setpoint	39.5 -5.7	-2	-11	-11	-6
M4	Verhoging lichtintensiteit	37.6 -10.3	-12	-1	0	-12
M5	Regeling op dauwpunt	42.7 1.9	+2	+1	+1	+2
M6	Energiescherm	38.8 -7.4	-9	-9	-9	-7
M7	Verdubbeling PAR	42.7 1.9	+2	0	+1	+3
M8	Verhoging buffercapaciteit	42.1 0.5	+1	+2	0	0
M9	Verdamping	41.2 -1.7	-1	-2	-2	-2
M10	Temp. Integratie 72 uur	38.5 -8.1	-5	-11	-11	-6
M11	Isolatie	33.5 -20.0	-19	-14	-14	-16
M12	Lichtdoorlatendheid	41.3 -1.4	-1	-1	-2	-1
M13	Koeling	43 3.4	+1	+5	+6	+2

Tabel 16. Seizoensproductie van chrysant (kg versgewicht m^2) voor de referentieteelt en de bijbehorende hoeveelheid verwarmingsenergie ($MJ kg^{-1}$ versgewicht) die nodig is voor de productie van 1 kg versgewicht chrysant. De gevolgen van de maatregelen zijn gegeven t.o.v. de referentie (%).

Maatregel	Seizoens-productie	Kwaliteit	Energie-benutting ¹	
	(kg vers m^2)	100	($MJ kg^{-1}$ vers)	
0 Referentie	19.72		85.40	
	% verschil	% verschil	% verschil	
M1	Temperatuursetpoint	9.27	-10	-16.72
M2	Temp. integratie 24 uur	1.74	-3	-8.57
M3	RV-setpoint	0.99	-25	-5.78
M4	Verhoging intensiteit belichting	11.04	+15	-1.53
M5	Regeling op dauwpunt	0.33	+5	1.30
M6	Energiescherm kierregeling	0.62	-10	-6.57
M7	Verdubbeling PAR van lampen	6.42	+20	-4.54
M8	Verhoging buffercapaciteit	-1.05	0	1.44
M9	Verdamping	-0.43	-5	-0.88
M10	Temp. integratie 72 uur	1.39	-3	-8.18
M11	Isolatie	-4.83	-8	-11.84
M12	Lichtdoorlatendheid	4.87	+6	-5.64
M13	Koeling	3.17	0	-0.94

¹ Een negatief getal betekent dat er minder energie in MJ nodig zijn voor de productie van 1 kg product.

Tabel 17. *Seizoensproductie van chrysaant (kg versgewicht m² en aantal takken) in de vier kwartalen van het jaar. De gevolgen van energiebesparende maatregelen zijn gegeven t.o.v. de referentie (%).*

Kwartaal	Seizoensproductie per kwartaal								
	kg vers m ²				aantal takken				
	1 ^e	2 ^e	3 ^e	4 ^e	1 ^e	2 ^e	3 ^e	4 ^e	
Referentie	2.90	6.33	5.28	5.21	39.3	63.3	55.5	66.7	
	% verschil t.o.v. referentie				% verschil t.o.v. referentie				
M1	Temperatuursetpoint	1.3	5.5	2.1	-1.2	1.6	5.5	1.7	-1.2
M2	Temp. integratie 24 uur	-1.8	3.0	-0.3	1.4	-1.7	3.2	-0.4	1.6
M3	RV-setpoint	-3.0	2.6	-0.1	1.4	-2.5	2.8	-0.2	1.5
M4	Verhoging lichtintensiteit	29.5	8.7	0.6	17.1	29.7	9.3	0.6	18.4
M5	Regeling op dauwpunt	0	0.1	0	0.7	0	0.1	0	0.7
M6	Energiescherm	-10.3	-1.4	2.9	5.4	-10.5	-1.2	2.7	5.9
M7	Verdubbeling PAR	22.2	4.7	1.7	4.4	22.5	5.0	1.7	5.0
M8	Verhoging buffercap.	-0.3	0	-2.1	-1.5	-0.3	0	-2.1	-1.5
M9	Verdamping	-0.3	0.1	0.9	-2.3	0	0.1	0.9	-2.1
M10	Temp. integratie 72 uur	-1.8	3.0	-1.1	0.9	-1.7	3.2	-1.2	1.1
M11	Isolatie	-6.6	-5.7	-2.4	-0.9	-6.6	-5.7	-2.5	-0.3
M12	Lichtdoorlatendheid	7.3	5.6	5.1	4.6	7.5	5.7	5.2	4.8
M13	Koeling	-0.4	-0.5	7.7	2.8	-0.4	-0.4	7.6	2.8

Toelichting

M1. Temperatuur setpoint

Klimaat

Net als bij tomaat en komkommer is de belangrijkste klimaatswijziging die optreedt bij het verlagen van het temperatuursetpoint de verlaging van de luchttemperatuur in de kas (Figuur 18; zie ook Figuur 25). De piek in de frequentieverdeling van de gemiddelde etmaaltemperaturen is verschoven van 19 °C tot 21°C. Het gasverbruik is verminderd doordat de energie nodig voor assimilatiebelichting wordt van het elektriciteitsnet gehaald, en wordt niet opgewekt via een wk-installatie.

Gevolgen voor het gewas

In tegenstelling tot komkommer kan geen analyse worden gemaakt van de effecten gedurende een specifieke teelt, omdat de rekenresultaten zijn gebaseerd op vele parallel lopende teelten, ieder met een andere plantdatum.

De lagere luchttemperatuur van de kas heeft tot gevolg dat de ontwikkelingssnelheid van het gewas wordt verlaagd, waardoor de teeltduur gemiddeld 7% toeneemt. Dit heeft uiteraard gevolgen voor het aantal teelten dat per jaar per bed mogelijk is, maar als hiervoor wordt gecorrigeerd, dan nog blijkt dat het gewas tot een hogere productie komt. Zowel versgewicht als aantal takken neemt op jaarbasis ten opzichte van de referentieteelt met ongeveer 2% toe. De productie in het 2^e kwartaal neemt met 6% toe, terwijl de productie in het 4^e kwartaal met 1% daalt.

De verdamping daalt door de lagere temperatuur, maar omdat het gewas iets langer staat, stijgt ten opzichte van de referentieteelt de verdampingsenergie op jaarbasis met 6%, terwijl het afkoelen van het blad ook 6% meer energie vergt.

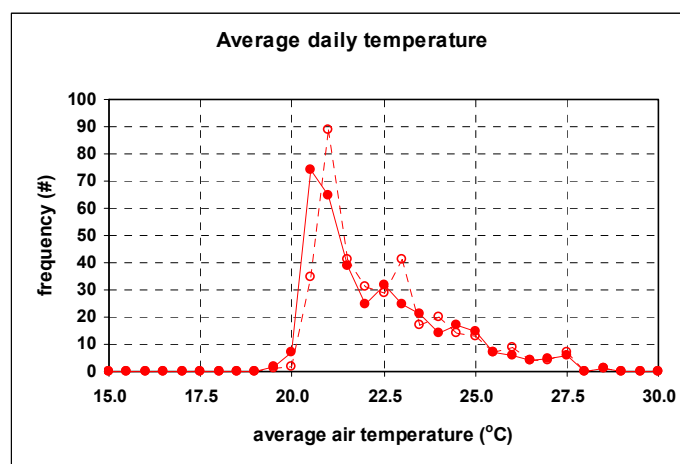
Kwaliteit

De weggroei van de stek wordt vertraagd door de lagere temperatuur, waardoor in de winterperiode meer ongelijkheid ontstaat en daarmee een slechtere kwaliteit. De temperatuur komt niet beneden de 18 °C en zal daardoor geen negatief effect op bloemkwaliteit hebben. De zomerkwaliteit zal door de lagere temperaturen onder het doek beter zijn door minder rek en doorgroei. De bloemkleur en bloemvorm zal bij een aantal rassen verbeteren. Aangezien vooral de winterkwaliteit bepalend is voor de prijsvorming, zullen de consequenties voor de kwaliteit op jaarbasis negatief zijn (10-15%).

M2. Temperatuurintegratie (1 dag)

Klimaat

Het toepassen van een bandbreedte voor temperatuurintegratie van 2 °C in plaats van geen temperatuurintegratie leidt ertoe dat de frequentieverdeling van de gemiddelde dagtemperatuur een piek vertoont bij 21,5 °C in plaats van bij 22 °C.



Figuur 18. Frequentieverdeling van de gemiddelde etmaaltemperatuur, bij 1-daagse temperatuurintegratie met een bandbreedte van 2°C. Open rondjes: referentieteelt; gesloten rondjes: verlaging van temperatuursetpoint.

Gevolgen voor het gewas

De versgewichtproductie en het aantal geoogste takken nemen op jaarbasis met 1% toe. Een lagere productie in het 1^e kwartaal wordt meer dan goedgemaakt in het 2^e en 4^e kwartaal. Het energieverbruik voor de brutofotosynthese stijgt met 0.9% en de hoeveelheid verdampingsenergie daalt met 0.2%.

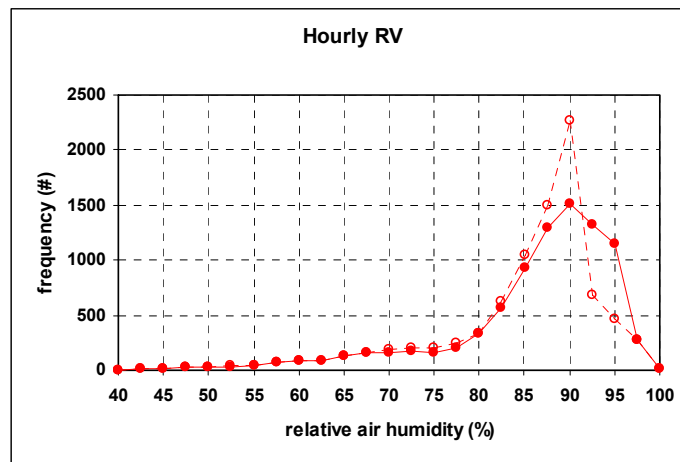
Kwaliteit

De gerealiseerde klimaatfactoren temperatuur, RV en CO₂ wijken nauwelijks af van die in de referentieteelt. Verwacht mag worden dat de variatie over een etmaal groter is, waardoor een groter gevaar ontstaat voor natslaan van het gewas, met schimmelinfecties tot gevolg (m.n. roest). Daarnaast zal de strekking van zijscheuten in de zomer onregelmatiger zijn. De kwaliteit kan hierdoor iets afnemen, en is geschat op 3%.

M3. Verhogen van het RV-setpoint (5%)

Klimaat

In de referentieteelt is aangenomen dat het RV-setpoint op 87-90% ligt). Indien de RV boven deze waarde stijgt, wordt er geventileerd (en wordt er energie afgevoerd). Verhoging van het RV-setpoint tot 90% heeft dus alleen maar effect wanneer de RV 90% of hoger is. Uit Figuur 19 blijkt dat de piek op 90% die de RV bij de referentieteelt kent, sterk wordt afgevlakt en dat hoger RV-percentages vaker gaan voorkomen.



Figuur 19. Frequentieverdeling van relatieve luchtvochtigheid (uurlijkse waarden) bij verlaging van het RV setpoint met 5%. Open rondjes: referentieteelt; gesloten rondjes: verhoging van het RV-setpoint.

De CO₂-gehalten van de kaslucht veranderen voor wat betreft de lichtperiode nauwelijks. Overdag wordt er geventileerd op temperatuur. Net als bij komkommer treden er wel veranderingen in de nachtperiode op omdat er 's nachts minder wordt gelucht. Deze leiden ertoe dat relatief lage concentraties tussen 400 en 800 ppm minder vaak voorkomen en dat relatief hoge concentraties boven 1000 ppm juist vaker voorkomen. Op etmaalniveau wordt de frequentieverdeling tussen 400 en 950 ppm een stuk gelijkmatiger.

Gevolgen voor het gewas

De gemiddelde duur van het groeiseizoen verandert niet. Een hogere relatieve luchtvochtigheid heeft tot gevolg dat de huidmondjesgeleidbaarheid en daardoor de verdamping afneemt. Het berekende scenario leidt tot een 3.5% verlaging van de verdampingenergie.

De bruto gewasfotosynthese stijgt met 0.5%, en versgewichtproductie en aantal geoogste takken met 0.8%. Een lagere productie in het 1^e kwartaal wordt gecompenseerd door hogere producties in het 2^e en 4^e kwartaal.

Kwaliteit

Het gerealiseerde gemiddelde klimaat wijkt niet sterk af van de referentieteelt. De RV zal in bepaalde perioden van de dag hoger worden bij het sluiten van het scherm en opengaan scherm in het najaar. De gemiddelde RV's zijn dan ook iets hoger. Het roestprobleem in het najaar zal toe gaan nemen. Roest levert een afkeur op de veiling en het product mag naar een aantal interessante landen niet meer worden geëxporteerd. De kwaliteit in het najaar zal sterk onder druk komen te staan (-25%).

M4. Verhoging intensiteit van belichten

Klimaat

Naast de verdubbeling van de assimilatiebelichting van 35 W m² tot 70 W m² en daardoor een verhoging van de hoeveelheid onderschepte PAR, treden er geen grote veranderingen op in het kasklimaat (zie ook Figuur 25).

Gevolgen voor het gewas

Door de grotere hoeveelheid onderschepte PAR nemen de fotosynthese en versgewichtproductie met 12% toe, en het aantal geoogste takken met 13%. Deze verhoging is voornamelijk te danken aan de productiestijging in het 1^e kwartaal, en in mindere mate in het 4^e kwartaal. In het 2^e en 3^e kwartaal wordt assimilatiebelichting niet ingezet. Aangezien de verdamping wordt beïnvloed door de hoeveelheid onderschepte PAR, neemt de verdampingsenergie met 18% toe. Ook is 26% meer energie vereist voor bladkoeling.

Kwaliteit

De hogere lichtintensiteiten van week 40 tot en met week 14 zullen voor een beduidend betere eindproduct zorgen. Dit uit zich in meer bloemen per tak, een betere bloemkleur, en een betere takvulling. Door de grotere variatie van temperatuur en luchtvochtigheid in het gewas krijgen vooral roest en spint meer kans. Het netto resultaat zal echter duidelijk positief zijn (+15%).

*M5. Inbrengen van een andere luchtvochtigheidsregeling (op basis van dauwpuntsverschillen)**Klimaat*

Terwijl bij tomaat en komkommer lichte veranderingen in de relatieve luchtvochtigheid optraden, is dit bij chrysant niet het geval. De frequentieverdeling is nagenoeg gelijk aan die van de referentieteelt. Ook de andere klimaatkarakteristieken zijn zo goed als ongewijzigd.

Gevolgen voor het gewas

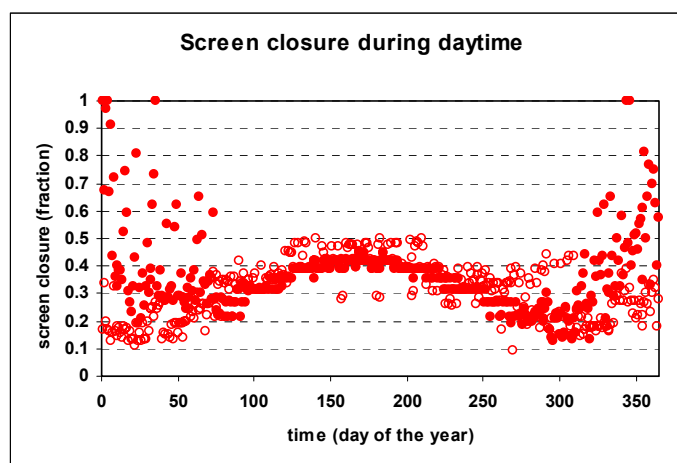
Gezien het feit dat het klimaat bijna gelijk is aan dat van de referentieteelt, treden er nauwelijks gewaskundige veranderingen op.

Kwaliteit

De verschillen zijn er vooral in de zomerperiode. De hogere temperaturen zullen tot gevolg hebben dat meer bloemafwijkingen optreden en de plantopbouw afneemt. Daarentegen zal vooral in het voorjaar de kwaliteit verbeteren als gevolg van de betere weggroei bij de gemiddeld hogere RV. Beide aspecten zullen de gemiddelde kwaliteit echter wel enigszins verbeteren (+5%).

*M6. Inbrengen van een andere energieschermregeling**Klimaat*

Speciaal in de wintermaanden is er een toename van het gemiddelde sluitingspercentage tijdens de lichtperiode (Figuur 20). Dit leidt tot een afname van de hoeveelheid geabsorbeerde PAR in deze periode. Hier staat tegenover dat in de zomer en herfst het energiescherm minder wordt gebruikt. De andere klimaatkarakteristieken variëren niet wezenlijk.



Figuur 20. Gemiddelde sluiting van het energiescherm tijdens de lichtperiode. Open rondjes: referentieteelt; gesloten rondjes: schermkierregeling op basis van RV-overschrijding.

Gevolgen voor het gewas

Omdat het energiescherm een groter deel van de dag is gesloten (met name in het eerste kwartaal van het jaar), nemen versgewichtproductie en aantal geoogste takken in het eerste kwartaal met 10% af. Dit wordt op jaarbasis

gecompenseerd door hogere producties in het 3^e en 4^e kwartaal. Op jaarbasis stijgen versgewichtproductie en aantal geogoste takken met 0.3%.

Op jaarbasis daalt de verdampingsenergie met 3%.

Kwaliteit

Deze regeling geeft een hogere RV, vooral in de nacht. Hierdoor zullen meer problemen optreden met roest. Wellicht iets minder dan bij regeling 3. Inschatting voor kwaliteitsvermindering is 10%.

M7. Verhoging van het PAR rendement van de lampen (verdubbeling)

Klimaat

Naast de verhoging van de assimilatiebelichting en daardoor van de hoeveelheid onderschepte PAR, treden er geen grote veranderingen op in het kasklimaat.

Gevolgen voor het gewas

De gevolgen voor het gewas lijken erg op die in het geval van verdubbeling van de assimilatiebelichting. Door de grotere hoeveelheid onderschepte PAR nemen de brutofotosynthese en versgewichtproductie op jaarbasis met 6% toe, en het aantal geogoste takken met 7%. Deze verhoging is voornamelijk te danken aan de productiestijging in het 1^e kwartaal, en in mindere mate in het 4^e kwartaal. In het 2^e en 3^e kwartaal wordt assimilatiebelichting niet ingezet, maar laat een verhoogd productie zien, vermoedelijk als gevolg van een carry-over effect. Aangezien de verdamping wordt beïnvloed door de hoeveelheid onderschepte PAR, neemt de verdampingsenergie met 0.3% toe. Ook is 2% meer energie vereist voor bladkoeling.

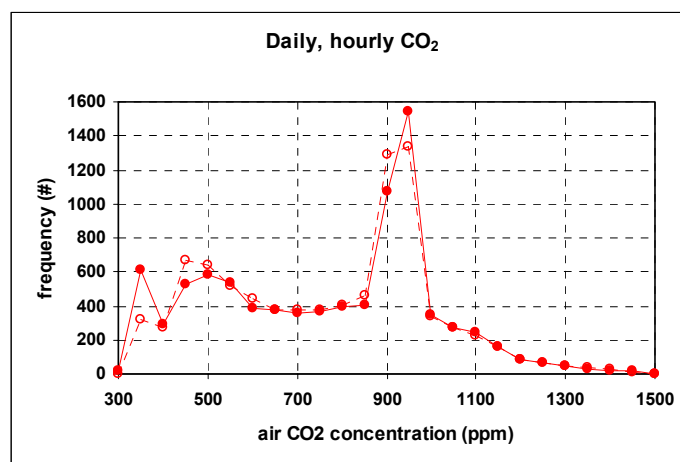
Kwaliteit

Met de productiestijging zal ook de kwaliteit toenemen. Het effect op de temperatuurverdeling in het gewas zal geringer zijn dan bij het verdubbelen van de intensiteit, waardoor het roestprobleem minder toeneemt. Toch blijkt de gemiddelde RV te stijgen, waardoor dit weer deels teniet zou kunnen worden gedaan. De winterkwaliteit zal echter wel meer toenemen dan bij een verdubbeling van de intensiteit (+ 20%).

M8. Verhogen van de Buffercapaciteit

Klimaat

Het inzetten van het grotere buffercapaciteit leidde tot een lichte verhoging van de CO₂-concentraties van de kaslucht boven 900 ppm, maar tot een verlaging tussen 400 en 550 ppm (Figuur 21).



Figuur 21. Frequentieverdeling van CO₂-concentratie van de kaslucht gedurende de lichtperiode (uurlijkse waarden) bij een verhoging van de warmtebuffer en van de CO₂-doseercapaciteit. Open rondjes: referentieteelt; gesloten rondjes: verhoging van het RV-setpoint.

Gevolgen voor het gewas

De lichte verlaging van CO₂-concentraties tussen 400 en 550 ppm telt iets zwaarder dan de lichte verhoging boven 900 ppm, zodat de jaarlijkse versgewichtproductie en het jaarlijks aantal geoogste takken met 1% dalen. Er bestaat weinig verschil tussen de kwartalen. De jaarlijkse verdampingsenergie daalt licht met 0.4%.

Kwaliteit

Het CO₂-niveau neemt niet toe. Dit kan te maken hebben met een grotere opname of door het ontbreken van warmtevraag. Onduidelijk of er een effect zal zijn op de kwaliteit. Het minimum CO₂ gehalte in de zomerperiode neemt door onverklaarde redenen af. Op basis van de gegevens is niet te verwachten dat er een effect op kwaliteit is.

M9. Verlaging van de plantverdamping (10%)

Klimaat

De frequentieverdeling van de RV piekt bij een waarde van 90%, zowel bij de referentieteelt als in het geval van verlaagde plantverdamping. Alleen ligt, net als bij komkommer, in het laatste geval de piek iets lager, wat voornamelijk wordt veroorzaakt door kleine veranderingen in de zomer.

Gevolgen voor het gewas

Op jaarbasis dalen versgewichtproductie en aantal geoogste takken met slechts 0.4%, waarbij een daling in het 4^e kwartaal wordt gecompenseerd door stijgingen in het 3^e kwartaal. Als gevolg van de iets verlaagde relatieve luchtvochtigheid stijgt de gewasverdamping met 4%.

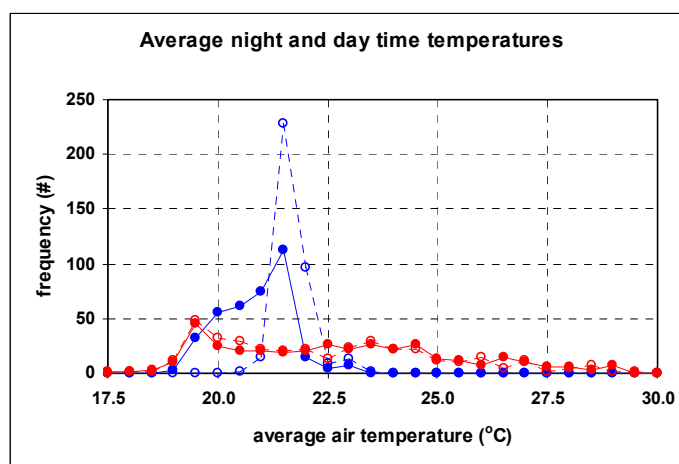
Kwaliteit

De lagere RV zal de aantasting door spint kunnen verergeren, waardoor een negatief effect optreedt op de kwaliteit. Gezien de RV-grenzen zal dit echter een minimaal effect zijn. In het voorjaar zal de weggroei door de lagere RV negatief worden beïnvloedt, waardoor de productkwaliteit licht af zal nemen.

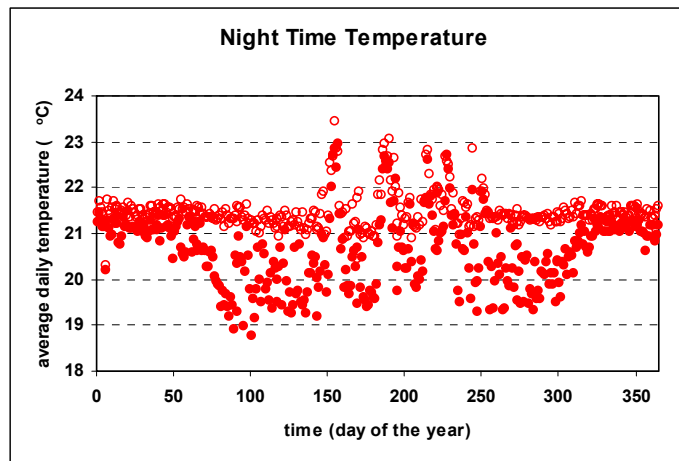
M10. Temperatuurintegratie (3 dagen)

Klimaat

Terwijl ook bij chrysant de frequentieverdeling van de gemiddelde dagtemperatuur niet sterk verandert bij het toepassen van een 3-daagse temperatuurintegratie, komen gemiddelde nachttemperaturen lager dan 21,5 °C vaker voor (Figuur 22), ten koste van hogere gemiddelde nachttemperaturen (Figuur 23). De nachttemperatuur wordt aanmerkelijk minder stabiel. De andere klimaateigenschappen veranderen nauwelijks (zie ook Figuur 25).



Figuur 22. Frequentieverdeling van gemiddelde nacht- en dagtemperatuur bij het toepassen van 3-daagse temperatuurintegratie. Blauwe lijnen: nachttemperaturen; rode lijnen: dagtemperaturen. Open rondjes: referentieteelt; gesloten rondjes: 3-daagse temperatuurintegratie.



Figuur 23. Gemiddelde nachttemperatuur in de loop van het jaar. Open rondjes: referentieteelt; gesloten rondjes: 3-daagse temperatuurintegratie.

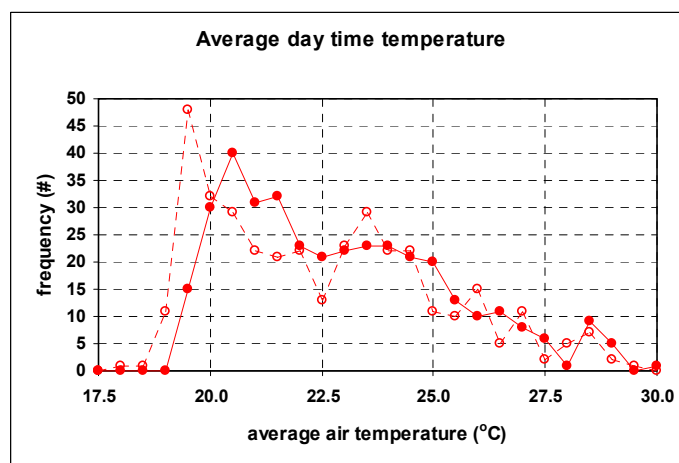
Gevolgen voor het gewas

Er treedt een lichte stijging van het energiegebruik voor fotosynthese op (+0.6%), hetgeen resulteert in een even grote stijging van jaarlijkse versgewichtproductie en aantal geoogste takken. Deze stijging is voornamelijk te danken aan de productie in het 2^e kwartaal, terwijl die in het 1^e en 3^e kwartaal licht dalen. De verdampingsenergie blijft zo goed als ongewijzigd.

Kwaliteit

Als deze maatregel tot grotere schommelingen in temperatuur leiden, zal het roest in de hand werken. Gemiddeld zal dit tot een mindere kwaliteit leiden, vergelijkbaar met de 24-temperatuurintegratie.

M11. Kasdek met een hogere isolatiewaarde



Figuur 24. Frequentieverdeling van de gemiddelde temperatuur bij toepassing van een kasdek met hogere isolatiewaarde. Open rondjes: referentieteelt; gesloten rondjes: kasdek met hogere isolatiewaarde.

Klimaat

Aangezien er vanuit is gegaan dat het dubbele dek dezelfde transmissie voor globale straling heeft als een enkel dek, wordt de hoeveelheid straling in de kas niet beïnvloedt. Het enige duidelijke effect is op de gemiddelde dagtemperatuur (dus tijdens de lichtperiode), die stijgt (Figuur 24). Dit resulteert in een iets kleinere stijging van de gemiddelde etmaaltemperatuur. Daarnaast treedt er een daling van de CO₂-concentratie van de kaslucht gedurende de dag op. De frequentiepiek van de RV bij 90% wordt hoger, ten koste van lagere RVs.

Gevolgen voor het gewas

Het effect van de lagere CO₂-concentratie is een 4% reductie van de brutofotosynthese, jaarlijkse versgewichtproductie en geoogst aantal takken. Dit is voornamelijk het gevolg van dalingen in het 1^e en 2^e kwartaal. De verdampingsenergie daalt met maar liefst 10%, als gevolg van de hogere RV.

Kwaliteit

Zowel de temperaturen in de zomer als de RV in het voorjaar worden hoger als gevolg van deze maatregel. Hierdoor zal roest toenemen in voorjaar en zal in de zomerperiode de bloem- en plantkwaliteit minder zijn. Dit zal leiden tot een iets mindere kwaliteit.

*M12. Kasdek met hogere lichtdoorlatendheid**Klimaat*

Zie tomaat: de belangrijkste verandering is de toegenomen hoeveelheid straling in de kas, wat leidt tot een grotere hoeveelheid PAR die door het gewas wordt geabsorbeerd.

Gevolgen voor het gewas

Door de grotere hoeveelheid geabsorbeerde PAR nemen de brutofotosynthese, jaarlijkse versgewichtproductie en geoogst aantal takken op jaarbasis toe met 5.5%. De sterkste productiestijging treedt op in het 1^e kwartaal. De verdampingsenergie stijgt met 8.5%.

Kwaliteit

Er is geen effect op de temperatuur, RV en CO₂ te verwachten. De extra hoeveelheid licht zal in de winterperiode de kwaliteit iets verbeteren (6%).

*M13. Kaskoeling**Klimaat*

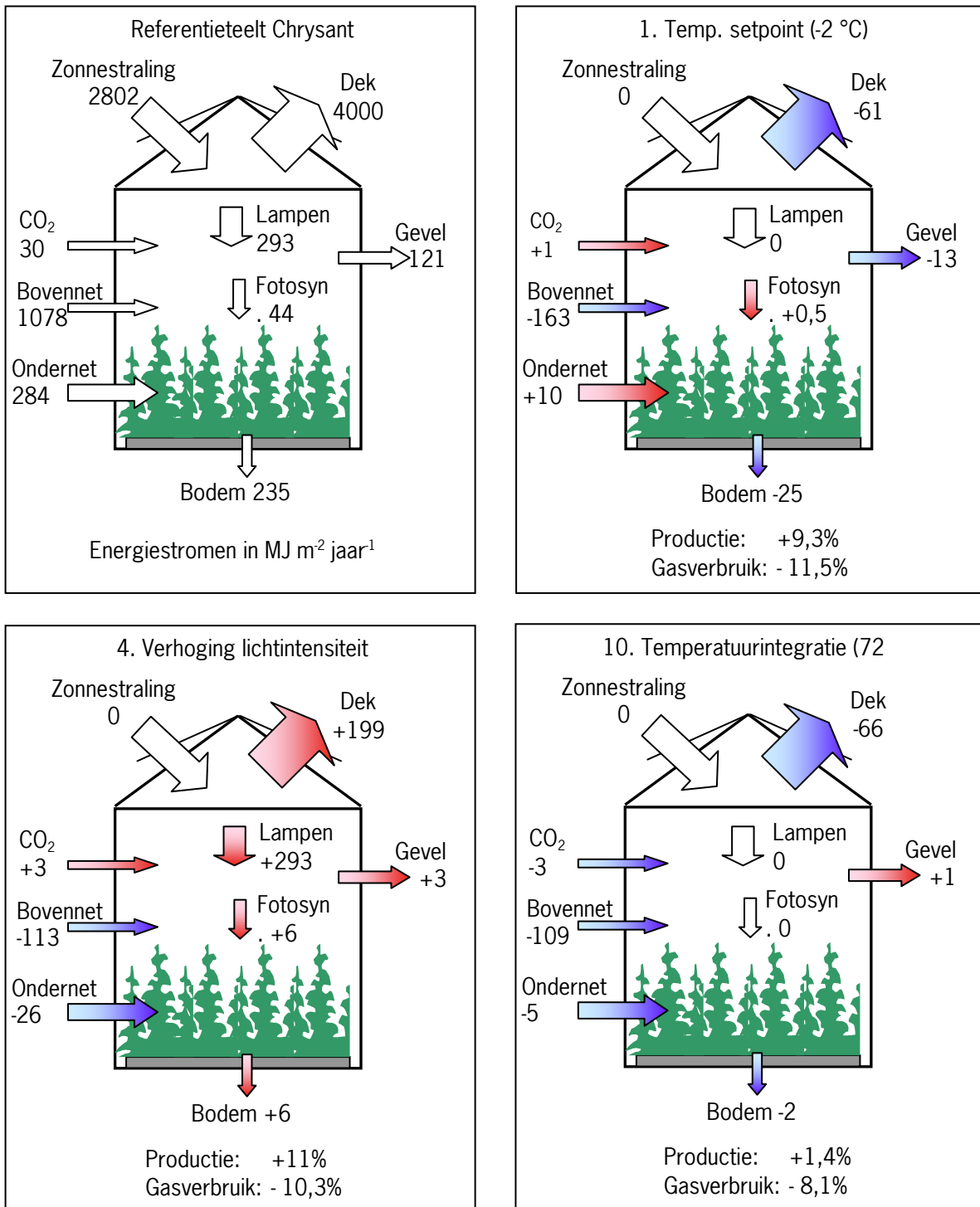
De piek in de frequentieverdeling van CO₂ bij 900-950 ppm stijgt licht in het 2^e en 3^e kwartaal.

Gevolgen voor het gewas

Door de stijging in CO₂-concentratie in het 2^e en 3^e kwartaal neemt de versgewichtproductie dan toe met respectievelijk 8 en 3%. Op jaarbasis leidt dit tot een stijging van 2.6%. De verdampingsenergie stijgt licht met 0.9%.

Kwaliteit

De temperatuur wordt nauwelijks verlaagd, ook in de zomerperiode. Het effect op de kwaliteit zal als gevolg van deze aanpassing nauwelijks waarneembaar zijn.



Figuur 25. Energiestromen (in MJ m² jaar⁻¹) voor de referentieteeelt chrysant (links boven). Daarnaast zijn de absolute veranderingen (in MJ m² jaar⁻¹) van 3 energiebesparende maatregelen op de energiestromen weergegeven. Rood betekent een toename in de energiestromen, blauw betekent een afname, en een witte pijl betekent geen verandering t.o.v. de overeenkomstige energiestroom in de referentieteeelt. Voor elke maatregel zijn de relatieve verandering (%) in de productie en gasverbruik t.o.v. de referentieteeelt weergegeven. 32 MJ m² jaar⁻¹ komt overeen met 1 m³ gasverbruik.

Gevolgen van energiebesparende maatregelen op bedrijfseconomie

Uit Tabel 18 blijkt dat de maatregelen 1, 2, 3, 6, 7, 10, 12 en 13 een redelijk tot duidelijk positief saldo laten zien ten opzichte van de referentiesituatie. De maatregelen 1, 7 en 12 behalen het gunstigste resultaat. Bij maatregel 5 en 9 houden de extra opbrengsten en extra kosten elkaar in evenwicht.

Maatregel 7 (verdubbelen PAR rendement) behaalt het gunstigste resultaat ten opzichte van de referentie (3,48-3,52 euro m²), maar zijn de investeringskosten van dit nieuwe type lamp niet meegenomen. Op basis van 3,5 euro m² positief verschil, betekent dit een investeringsruimte voor het te verdubbelen PAR rendement van circa 20 euro m² (zie uitgangspunten Bijlage V). Dit zal zeer waarschijnlijk toereikend zijn; de huidige investering in een 600 W lamp bedraagt ca. 1,6 euro m².

Voor kasdekkoeling (maatregel 13) is het positieve saldo ten opzichte van de referentie ca. 0,55 euro m² en levert een investeringsruimte op van ca. 3 euro m². Ter vergelijking: een complete installatie voor beregening met dak-sproeiers bedraagt ca. 2,5 euro m².

Tabel 18. Saldo van opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het verschil in saldi t.o.v. de referentie a.g.v. de energiebesparende maatregelen bij een hoge brandstofprijs en lage brandstofprijs en verschil in saldi a.g.v. productkwaliteitseffecten t.o.v. basisberekening (alle bedragen in euro m²).

Referentie niveau	Saldo van opbrengsten en kosten (euro m ²)		
	Hoge brandstofprijs	Lage brandstofprijs	Productkwaliteit
	18,68	22,29	
	Verschil t.o.v. referentie		Verschil t.o.v. basisberekening
1. Temperatuursetpoint	1,46	1,05	-1,27
2. Temp. integratie 24 uur	0,88	0,58	-0,37
3. RV-setpoint	0,67	0,46	-11,61
4. Verhoging lichtintensiteit **	-0,79	-1,16	2,46
5. Regeling op dauwpunt	-0,05	0,02	0,62
6. Energiescherm	0,58	0,31	-4,76
7. Verdubbeling PAR*	3,48	3,54	2,92
8. CO ₂ dosering	-1,70	-1,03	0
9. Verdamping	0,03	-0,03	-0,91
10. Temp. integratie 72 uur	0,77	0,48	-1,40
11. Isolatie	-1,84	-2,57	-3,61
12. Lichtdoorlatendheid	1,26	1,21	-0,80
13. Koeling*	0,52	0,62	0

* Excl. jaarkosten investering.

** Excl. verzwaring netaansluiting.

De maatregelen 7 en 13 laten ondanks het gunstige resultaat een toename van het energieverbruik zien.

Maatregel 1 en 12 vertonen zowel een gunstig saldoresultaat als een daling van het energieverbruik. Het resultaat van maatregel 1 is sterk gedragsafhankelijk, terwijl bij maatregel 12 de effecten permanent aanwezig zijn.

De grootste energiebesparing maar met het grootste negatieve resultaat wordt behaald met maatregel 11 (hogere isolatiegraad kasdek).

Maatregelen 2, 3, 6 en 10 laten zowel een redelijk positief economisch resultaat als een redelijke energiebesparing zien.

Extra belichten (maatregel 4) lijkt zowel uit energiebesparingsoogpunt als uit economische oogpunt (-0,79 tot -1,16 euro m²) niet interessant. Bij de elektriciteitskosten is uitgegaan van belichten met elektra uit het net (zie Bijlage V) en is gebaseerd op het extra elektriciteitsverbruik (verzwaring netaansluiting is niet meegenomen).

De totale elektriciteitskosten uit het net is bij intensiteiten van 70 W m^{-2} (tweemaal 35 W m^{-2}) duurder dan zelf elektriciteit opwekken via een wk-installatie. Het negatieve resultaat valt mogelijk positief uit als van eigen opwekking was uitgegaan. Deze berekening is in het kader van dit onderzoek niet uitgevoerd.

Brandstofprijzen

Bij een hoge brandstofprijs is het saldo ten opzichte van de referentiesituatie gunstiger dan bij een lagere brandstofprijs, met uitzondering van maatregel 13 (heeft sterkste toename in energieverbruik t.o.v. referentie).

Fysieke productie

De fysieke productie wordt positief (sterk) beïnvloed door de maatregelen 4, 7 en 12 en leidt bij de maatregelen 7 en 12 tot een beter economisch resultaat. Maatregel 11 (isolatie kasdek) laat behalve een energiebesparing ook een substantiële productiedaling zien, waardoor het samen met de extra investeringskosten een negatief saldo t.o.v. de referentie oplevert.

Productkwaliteit

De kwaliteitseffecten van de verschillende maatregelen werken, behalve bij 8 en 13, duidelijk door in het saldo. Een hogere belichtingsintensiteit (4) en een hoger PAR-rendement (7) hebben de grootste positieve uitwerking, gevolgd door 'lichter' kasdek (12) en regelen op dauwpunt (5). Een hogere RV-setpoint (3), kierregeling (6) en isolatie kasdek (11) verslechteren aanzienlijk het economisch resultaat.

3.3.4 Conclusies m.b.t. Chrysant

Bij chrysant lijkt er in eerste instantie door het nemen van vele energiebesparende maatregelen een grote mate van energiewinst mogelijk. Met een verlaging van de temperatuursetpoint met $2 \text{ }^\circ\text{C}$ (M1), toepassen van temperatuurintegratie (M2 en M10), verhoging van de lichtintensiteit (M4), maar vooral een verbeterde isolatie (M11) lijkt aanzienlijke besparingen in het gasverbruik mogelijk. Toepassing van maatregel 4 (verhoging van de lichtintensiteit), M7 (verdubbeling PAR) en ook M12 (verhoogde lichtdoorlatendheid van de kasdek) resulteren vooral in een sterk verhoogde productie en productkwaliteit. In deze gevallen wordt meer PAR geabsorbeerd en vooral in de winter heeft dit meer bloemen en betere bloemkleur tot gevolg.

Een besparing in het gasverbruik bij chrysant gaat vaak gepaard met een verhoogde productie in vergelijking met de referentieteel, maar de kwaliteit van het gewas neemt vaak af. De kwaliteit van chrysant wordt het meest geschaad door toepassen van maatregelen 1, 3, 6, en 11 (resp. verlaging temperatuur setpoint, verhoging RV setpoint, schermkierregeling en verbeterde isolatie). Optredende schommelingen in temperatuur en lage temperaturen veroorzaken een groot risico voor schimmelinfecties (roest) waardoor de productie wordt verminderd, m.n. in de winter. Chrysanten met roestinfectie worden afgekeurd.

Acht van de dertien maatregelen blijken een redelijk tot duidelijk positief saldo te laten zien ten opzichte van de referentiesituatie. Verlaging van de temperatuur setpoint, verdubbeling van PAR en een verbeterde lichtdoorlatendheid behalen het gunstigste resultaat. Maatregelen 2 (24 uur temperatuurintegratie), 3 (verhoging RV setpoint), 6 (schermkierregeling) en 10 (72 uur temperatuurintegratie) laten zowel een redelijk positief economisch resultaat als een redelijke energiebesparing zien.

Het verdubbelen van PAR rendement (M7) behaalt het gunstigste resultaat ten opzichte van de referentie, maar de investeringskosten van dit nieuwe type lamp zijn daarbij niet meegenomen. Op basis van de positieve verschil betekent dit een investeringsruimte voor het te verdubbelen PAR rendement van ca. 20 euro m^{-2} . Dit zal zeer waarschijnlijk toereikend zijn; de huidige investering in een 600 W lamp bedraagt ca. 16 euro m^{-2} .

Een hogere belichtingsintensiteit (M4) bij chrysant lijkt zowel uit energiebesparingsoogpunt als uit economische oogpunt niet interessant. Bij de elektriciteitskosten is uitgegaan van belichten met elektriciteit uit het net en is gebaseerd op het extra elektriciteitsverbruik. De totale elektriciteitskosten uit het net is bij toepassen van deze maatregel duurder dan zelf elektriciteit opwekken via een wk-installatie. Het negatieve resultaat valt mogelijk positief uit als van eigen opwekking was uitgegaan.

Voor kasdekkkoeling (M13) is het positieve saldo berekend ten opzichte van de referentie en levert een investeringsruimte op dat groter is dan de kosten van een complete beregeningsinstallatie.

De grootste energiebesparing (20%) maar met het grootste negatieve resultaat wordt behaald met maatregel 11 (hogere isolatiegraad kasdek), door zowel een reductie in productie (5%) als productkwaliteit (8%).

3.4 Roos

3.4.1 Referentieteelt

Kasklimaat & teeltwijze

De kas heeft dezelfde afmetingen als beschreven bij het gewas tomaat. Het verwarmingssysteem heeft een ondernet van vijf \varnothing 51 mm pijpen per kap en een bovennet van 5 pijpen van \varnothing 35mm per twee kappen.

CO₂-dosering vindt plaats door middel van ketelrookgassen van zonopkomst tot een uur voor zonsondergang. De doseersnelheid is 120 kg h⁻¹ per ha en het setpoint voor de CO₂-concentratie in de kas is het gehele jaar 1000 ppm.

De roos wordt van 1 september tot 1 april belicht met een lampvermogen van 50 Wm². Boven zonstralingsniveaus van 200 Wm² worden de lampen uitgeschakeld en tussen 20.00 en 24.00 uur zijn de lampen ook uit.

Er wordt een transparant beweegbaar scherm type SLS 10 ultra plus gebruikt tussen 1 oktober en 1 mei, dat geopend wordt bij stralingsniveaus boven 5 Wm² en buitentemperaturen boven 8°C. Wanneer de RV minder dan 0.5% onder het setpoint komt wordt het scherm op een vaste vochtkier van 4% getrokken en bij blijvend te hoge RV wordt het scherm na een half uur geheel geopend.

Meer details over de setpoints zijn gegeven in de bijlagen

Fysiologische processen

De roos wordt jaarrond geteeld. De gewasfysiologie van roos is voor wat betreft fotosynthese en verdamping in grote lijnen gelijk aan die van tomaat. Er zijn enige verschillen die in veel gevallen verband houden met het feit dat het een bloeiende plant is, en geen vruchtgroente:

- De ontwikkeling van de hoeveelheid bladoppervlak wordt berekend op basis van het bladgewicht en het specifieke bladoppervlak. Hierbij wordt het bladgewicht berekend, en wordt het specifiek bladoppervlak als bekend verondersteld.
- De scheutvormingssnelheid is afhankelijk van de hoeveelheid onderschepde PAR. Het moment van takooft vindt plaats wanneer een zekere temperatuursom is bereikt. Ook het moment van het jaar speelt hierbij een rol.
- De fractie loze scheuten van het totaal aantal scheuten is afhankelijk van de tijd van het jaar.
- De verdeling van drogestof tussen de takken en het ingebogen bladpakket wordt bepaald door hun potentiële groeisnelheden.
- De verdeling van drogestof over de organen (binnen takken en binnen het ingebogen bladpakket) is afhankelijk van de leeftijd van de organen.
- De lengtegroei van takken is temperatuurafhankelijk.

3.4.2 Energiestromen Referentieteelt

Schema energiestromen

Voor de referentieteelt roos is in Tabel 19 een overzicht gemaakt van de belangrijkste energiestromen.

Tabel 19. Overzicht van de energiestromen van de referentieteel roos.

Energiebronnen	Energie (MJ m ² jaar ⁻¹)				Totaal
	Straling	Convectie	Ventilatie voelbaar	Ventilatie latent	
Instraling zon, PAR/NIR lampen	2802				2802
Warmteafgifte ondernet	713	713			1430
Warmteafgifte bovennet	74	73			147
Warmteafgifte lampen	475		476		951
Energietoevoer CO ₂ -dosering			20	20	40
<i>Totaal</i>					<i>5371</i>
Energie Tussenstations					
Verhoging luchttemperatuur		2017			
Verhoging bladtemperatuur	581				
Gewasverdamping	2362				
Energiebestemmingen					
Gewasfotosynthese	113				113
Verlies via dek	1522	884	882	1637	5038
Verlies via gevel	52	60			112
Verlies via bodem	296	-75			221
<i>Totaal</i>					<i>5371</i>

Bedrijfseconomie

Voor de uitgangspunten en berekeningswijze wordt verwezen naar Bijlage IV.

De jaarproductie van een referentieteel roos bedraagt 219,8 takken m² met een gemiddelde taklengte van 75,9 cm. Dit resulteert in een jaaropbrengst van 56,36 euro per m² bij een middenprijs van 0,254 euro tak¹ (Tabel 20).

De energiekosten voor de referentieteel bedragen bij een gasverbruik van 47,9 m³ m² bij de hoge en de lage brandstofprijs 21,45 euro m² respectievelijk 17,71 euro m² op jaarbasis. In de energiekosten zijn de kosten van elektriciteit (uit het net) voor de belichting meegenomen (zie Bijlage IV). Er is geen wk-installatie in de referentiesituatie verondersteld.

Tabel 20. Opbrengsten en kosten (euro m²) van de referentieteel roos op jaarbasis.

Post	Hoge brandstofprijs	Lage brandstofprijs
Opbrengst	56,36	56,36
Energiekosten	21,45	17,71
Arbeidskosten	20,74	20,74
Overige kosten	4,33	4,33
Jaarkosten investering ¹	-	-

¹ Niet bepaald.

Per 1000 m² teelt is 1235 uur teeltgebonden arbeid nodig per jaar (normatief) wat betekent voor een bedrijf van 4 ha 49.400 uur teeltgebonden arbeid per jaar. Per jaar is ca. 2400 uur algemene arbeid (voor 4 ha).

3.4.3 Gevolgen van energiebesparende maatregelen bij Roos

De consequenties van de in paragraaf 2.2 beschreven energiebesparende maatregelen voor energieverbruik, gewasproductie en -kwaliteit en economisch perspectief zijn onderzocht.

Overzicht van energiebesparende maatregelen

In Tabel 21 is een overzicht gegeven van de gasverbruik per energiebesparende maatregel. Door toepassing van een viertal maatregelen wordt het gasverbruik verlaagd met 9% (temperatuur setpoint -2°C), 12% (verhoogde RV-setpoint), 11% (energiescherm regeling) en 19% (verbeterde isolatie). Temperatuurintegratie kan leiden tot 6% minder gasverbruik.

Tabel 21. Gasverbruik van roos in de referentiesituatie ($\text{m}^3 \text{m}^2$) in de vier kwartalen van het jaar. De gevolgen van energiebesparende maatregelen zijn gegeven t.o.v. de referentie (%).

	Gasverbruik per jaar ($\text{m}^3 \text{m}^2$)		Gasverbruik per kwartaal ($\text{m}^3 \text{m}^2$)				
			1 ^e	2 ^e	3 ^e	4 ^e	
Referentie	47.9		18.2	10.7	8.2	16.2	
		% verschil	% verschil t.o.v. referentie				
M1	Temperatuursetpoint	43.6	-9.0	-17	-11	-2	-15
M2	Temp. integratie 24 uur	45.2	-5.6	-5	-9	-5	-5
M3	RV-setpoint	42.1	-12.1	-22	-7	-3	-20
M4	Verhoging lichtintensiteit	44.1	-7.9	-26	-1	-4	-25
M5	Regeling op dauwpunt	48	0.2	-1	-1	+1	+1
M6	Energiescherm	42.8	-10.6	-21	-3	0	-18
M7	Verdubbeling PAR	50.7	5.8	+8	0	+1	+8
M8	Verhoging buffercapaciteit	48.2	0.6	+1	+1	+1	0
M9	Verdamping	46.5	-2.9	-5	-2	-1	-4
M10	Temp. integratie 72 uur	45	-6.1	-5	-9	-6	-5
M11	Isolatie	38.8	-19.0	-26	-19	-12	-24
M12	Lichtdoorlatendheid	47.4	-1.0	-2	-2	-1	-1
M13	Koeling	49.5	3.3	+4	+3	+2	+3

Tabel 22. *Seizoensproductie van roos (kg versgewicht m²) voor de referentieteelt en de bijbehorende hoeveelheid verwarmingsenergie (MJ kg⁻¹ versgewicht) die nodig is voor de productie van 1 kg versgewicht roos. De gevolgen van energiebesparende maatregelen zijn gegeven t.o.v. de referentie (%).*

Maatregel	Seizoensproductie		Energiebenutting ¹
	aantal takken	taklengte (cm)	(MJ kg ⁻¹ vers)
M0 Referentieteelt	219.8	75.9	314.2
M1 Temperatuursetpoint	-8.3	3.0	4.3
M2 Temp. integratie 24 uur	-1.7	-0.6	-2.7
M3 RV-setpoint	2	0.7	-8.7
M4 Verhoging intensiteit belichting	4.8	0.4	0.1
M5 Regeling op dauwpunt	-0.3	0	0
M6 Energiescherm kierregeling	1.7	0.3	-7.3
M7 Verdubbeling PAR van lampen	2.3	-0.2	-5.1
M8 Verhoging buffercapaciteit	-0.1	0	2.8
M9 Verdamping	0.5	0.2	-3.0
M10 Temp. integratie 72 uur	-1.6	-0.4	-2.0
M11 Isolatie	5	1.2	-14.4
M12 Lichtdoorlatendheid	4.2	0.4	-5.8
M13 Koeling	-1.9	-0.7	2.8

¹ Een negatief getal betekent dat er minder energie in MJ nodig zijn voor de productie van 1 kg product.

Tabel 23. *Seizoensproductie van roos (aantal takken en taklengte) in de vier kwartalen van het jaar. De gevolgen van energiebesparende maatregelen zijn gegeven t.o.v. de referentie (%).*

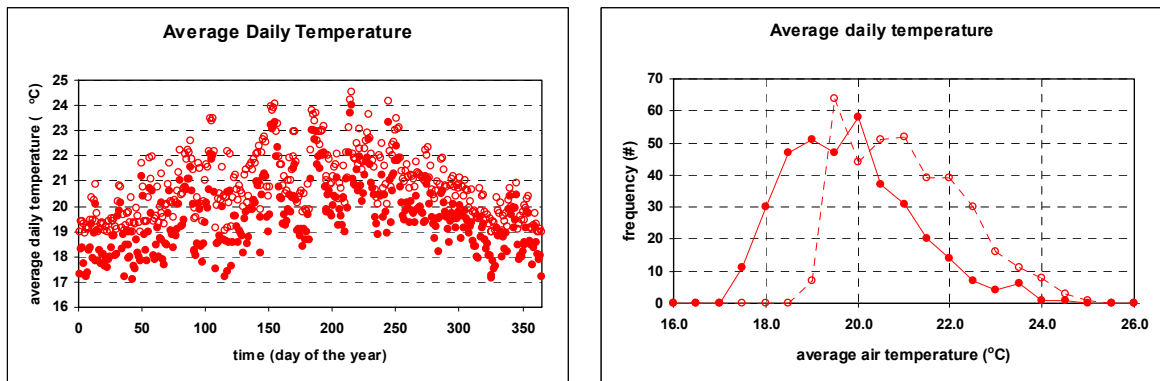
Kwartaal	Seizoensproductie per kwartaal							
	aantal takken				taklengte (cm)			
	1 ^e	2 ^e	3 ^e	4 ^e	1 ^e	2 ^e	3 ^e	4 ^e
Referentie	37.8	48.3	66.3	67.5	68.4	79.5	84.2	72.6
	% verschil t.o.v. referentie				% verschil t.o.v. referentie			
M1 Temperatuursetpoint	-7.3	-10.4	-8.7	-7.0	4.0	2.6	2.1	3.3
M2 Temp. integratie 24 uur	-0.7	5.2	-1.5	-4.4	-6.1	-0.4	3.4	-0.9
M3 RV-setpoint	6.0	7.3	0.4	0.7	-4.4	0.6	4.8	0.2
M4 Verhoging lichtintensiteit	14.6	7.8	0	5.2	-4.8	0.1	4.2	0.6
M5 Regeling op dauwpunt	2.0	6.2	-0.4	-3.3	-5.6	0.1	4.1	-0.3
M6 Energiescherm	6.0	7.3	-0.4	0.4	-5.0	0.5	4.1	0.2
M7 Verdubbeling PAR	7.9	7.3	-0.4	1.1	-6.2	0	4.1	-0.2
M8 Verhoging buffercapaciteit	0.7	6.2	-0.4	-1.9	-5.4	0.2	4.1	-0.3
M9 Verdamping	2.0	6.7	0	-1.5	-5.8	0.4	4.5	-0.1
M10 Temp. integratie 72 uur	-0.7	5.7	-1.5	-4.4	-6.2	-0.4	3.7	-0.6
M11 Isolatie	10.6	10.4	2.6	3.3	-3.6	1.0	4.7	1.0
M12 Lichtdoorlatendheid	2.6	10.4	6.0	1.9	-5.6	0.4	5.0	-0.1
M13 Koeling	0	4.7	-2.3	-4.4	-5.9	-0.9	3.0	-0.8

Effect van de berekende maatregelen

M1. Temperatuur setpoint

Klimaat

Net als bij tomaat, komkommer en chrysant is de belangrijkste klimaatswijziging die optreedt bij het verlagen van het temperatuursetpoint de verlaging van de luchttemperatuur in de kas (Figuur 26). Er is niet sprake van een piek, maar van een plateau in de frequentieverdeling van de gemiddelde etmaaltemperatuur, welke 2 °C naar beneden is verschoven.



Figuur 26. Gemiddelde etmaaltemperatuur over het seizoen, en frequentieverdeling van de gemiddelde etmaaltemperatuur, bij verlaging van het temperatuursetpoint voor de kaslucht met 2 °C. Open rondjes: referentieteel; gesloten rondjes: verlaging van temperatuursetpoint.

Gevolgen voor het gewas

De lagere luchttemperatuur van de kas heeft ieder kwartaal een vermindering van versgewicht per tak (jaargemiddelde -0.8%), maar een verhoging van de taklengte (jaargemiddelde 3.0%) tot gevolg. Het aantal takken vermindert (jaargemiddelde -8.3%). De reductie van het versgewicht per tak houdt verband met de 0.6% afname van de fotosynthese. De gewasverdamping stijgt op jaarbasis met 0.3%, terwijl het afkoelen van het blad 3.3% minder energie vergt.

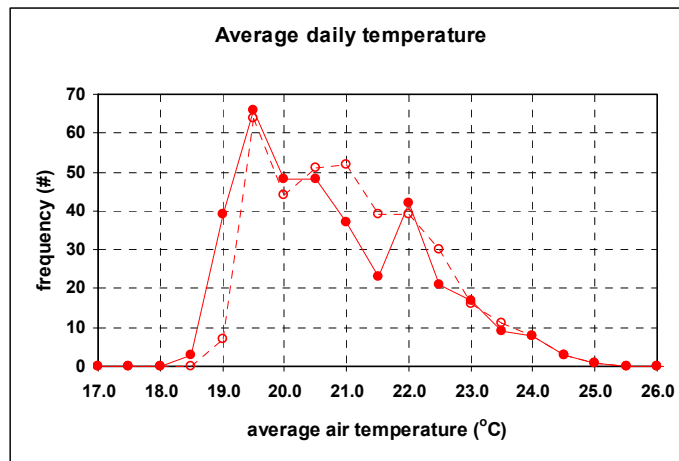
Kwaliteit

De berekende uitkomsten laten een gemiddelde temperatuurverlaging over het jaar zien van 1.4 graad, geen effect op RV en een verlaging van de gemiddelde CO₂ concentratie van 33 ppm, vermoedelijk als gevolg van meer luchten in de zomer. Over het jaar genomen zal deze verlaging van de temperatuur een vertraging van cyclusduur met ± 2,5 dagen tot gevolg hebben. Dit betekent dat op jaarbasis 8,5 oogsten per plant zullen worden gerealiseerd i.p.v. 9,1 (Gegevens Indian Femma, PPO rapport 542, Garcia *et al.*, 2002).

M2. Temperatuurintegratie (1 dag)

Klimaat

Het toepassen van een bandbreedte voor temperatuurintegratie van 2 °C in plaats van geen temperatuurintegratie leidt er niet toe dat de piek van de frequentieverdeling van de gemiddelde dagtemperatuur naar een lagere temperatuur verschuift, zoals bij tomaat, komkommer en chrysant, maar dat gemiddelde dagtemperaturen van 19 °C aanzienlijk vaker voorkomen, ten koste van temperaturen tussen 20.5 en 21.5 °C (Figuur 27; zie ook Figuur 34).



Figuur 27. Frequentieverdeling van de gemiddelde etmaaltemperatuur, bij 1-daagse temperatuurintegratie met een bandbreedte van 2 °C. Open rondjes: referentieteelt; gesloten rondjes: verlaging van temperatuur-setpoint.

Gevolgen voor het gewas

Als gevolg van de temperatuurverandering neemt de fotosynthese met 0.5% toe. Het aantal geogoste takken daalt licht (op jaarbasis -0.8%). Deze twee factoren leiden tot een toename van gemiddeld takgewicht (op jaarbasis +0.9%). De taklengte daalt met 0.8%. De hoeveelheid verdampingsenergie daalt met 0.4%.

Kwaliteit

Temperatuurintegratie heeft in de berekeningen nauwelijks invloed op de gemiddelde temperatuur waardoor er geen noemenswaardige consequenties verwacht worden voor de gewasgroei. Echter, de volgende punten zijn hierbij van belang:

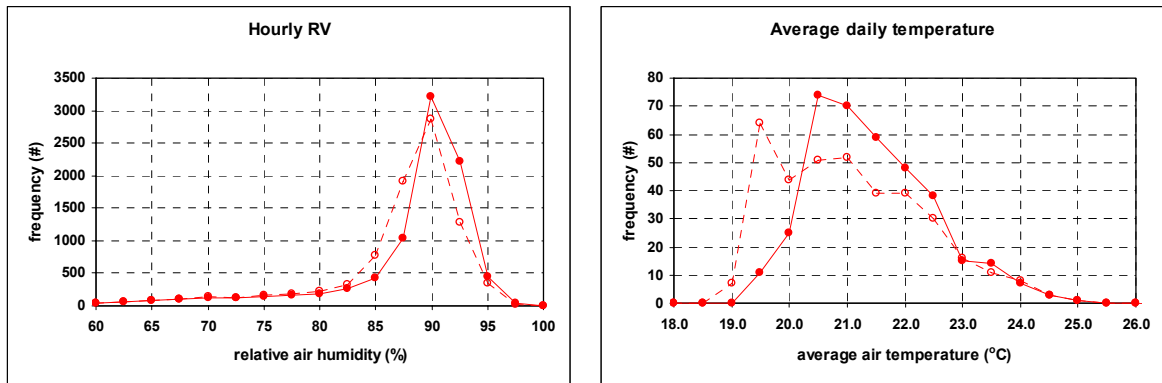
- Bij rode cultivars zijn schokken in het klimaat, oftewel temperatuur extremen funest voor de kwaliteit (bruine bloemblaadjes).
- Er is gevaar voor 'natslaan' van het gewas als de temperatuur in de kas sneller stijgt dan de temperatuur van de bloemknoppen. Natgeslagen bloemen vergemakkelijken de kieming van *Botrytis* sporen. Een te hoge RV is nadelig voor de kwaliteit (vochtblaadjes, *Botrytis* en houdbaarheid, zie later onder variant 3).
- Daarentegen, in de praktijk leeft wel de overtuiging dat een grotere bandbreedte een positief effect heeft op de bloemknopgrote, al hebben wij dit in experimenten niet kunnen aantonen (First Red, setpoint 20/20°C of 18/22°C dag/nacht; Eveleens 2003, nog ongepubliceerd).

M3. Verhogen van het RV-setpoint (5%)

Klimaat

In de referentieteelt is aangenomen dat het RV-setpoint op 85% ligt. Indien de RV boven deze waarde stijgt, wordt er geventileerd (en wordt er energie afgevoerd). Uit Figuur 28 blijkt dat het verhogen van het RV-setpoint tot gevolg heeft dat RV-waarden tussen 90en 95% vaker voorkomen.

Daarnaast blijkt er een effect op de gemiddelde dagtemperatuur te zijn. Deze stijgt, met name buiten de zomermaanden.



Figuur 28. Frequentieverdeling van relatieve luchtvochtigheid (uurlijkse waarden) en de gemiddelde dagtemperatuur bij verlaging van het RV-setpoint met 5%. Open rondjes: referentieteeelt; gesloten rondjes: verhoging van het RV-setpoint.

Gevolgen voor het gewas

De gewasfotosynthese stijgt op jaarbasis met 0.2%, maar omdat er meer takken worden geoogst (op jaarbasis +3%), daalt het gemiddelde vers takgewicht (op jaarbasis -0.5%). Alleen in het 2^e kwartaal neemt het takgewicht toe. De taklengte neemt toe (op jaarbasis +0.5%). Net als bij de andere gewassen heeft een hogere relatieve luchtvochtigheid tot gevolg dat de huidmondjesgeleidbaarheid afneemt en daardoor de verdamping ook afneemt (op jaarbasis -1.4%).

Kwaliteit

Verhogen van het RV-setpoint geeft over het jaar genomen slechts een verhoging van de RV met 1.4%. Dit lijkt verwaarloosbaar. Een hoge RV heeft in potentie een hele reeks negatieve effecten op de productkwaliteit die m.n. betrekking hebben op de naooogst en houdbaarheid, en niet op de productie. Deze gevolgen van een hoge RV zijn verminderde houdbaarheid, het vormen van 'vochtblaadjes', bruinkleuring van bladranden, glazigheid en bladverdroging (Marissen & Benninga, 1999, PBG rapport 193; Marissen *et al.*, 2002, PPO intern 425208; Gegevens Indian Femma, PPO rapport 542, García *et al.*, 2002).

M4. Verhoging intensiteit van belichten

Klimaat

Naast de verdubbeling van de assimilatiebelichting en daardoor een verhoging van de hoeveelheid onderschepte PAR, treedt er een lichte stijging van de gemiddelde dagtemperatuur op.

Gevolgen voor het gewas

Door de grotere hoeveelheid onderschepte PAR neemt de fotosynthese op jaarbasis met 8.5% toe en het versgewicht per tak met 6.1% (de sterkste stijging treedt op in het 4^e kwartaal: 7.2%). Het aantal takken stijgt op jaarbasis met 5.8%. De gemiddelde taklengte stijgt met op jaarbasis 0.3%. Aangezien de verdamping wordt beïnvloed door de hoeveelheid onderschepte PAR, neemt de verdampingsenergie met 7% toe. Ook is 11% meer energie vereist voor bladkoeling.

Kwaliteit

Een nadeel van de hogere belichtingsniveau is dat de kasttemperatuur hoger wordt, en dit is vanuit het oogpunt van de kwaliteit niet altijd gewenst. Op jaarbasis treedt er volgens de simulatie een lichte temperatuurverhoging op van 0.6 °C, en de nadelen van die hogere temperatuur (iets meer takken van een lichtere kwaliteit), zouden naar verwachting gecompenseerd kunnen worden door het licht (met meer licht kunnen de planten iets meer temperatuur aan). Echter de weken 36 tot 13 (weken van maximale belichting in de simulatie) laten een temperatuurtoename zien van één tot anderhalve graad t.o.v. de referentieberekening.

M5. Inbrengen van een andere luchtvochtigheidsregeling (op basis van dauwpuntsverschillen)

Klimaat

Alle klimaateigenschappen blijven zo goed als ongewijzigd.

Gevolgen voor het gewas

Gezien het feit dat het klimaat bijna gelijk is aan dat van de referentieteelt, treden er nauwelijks gewaskundige veranderingen op.

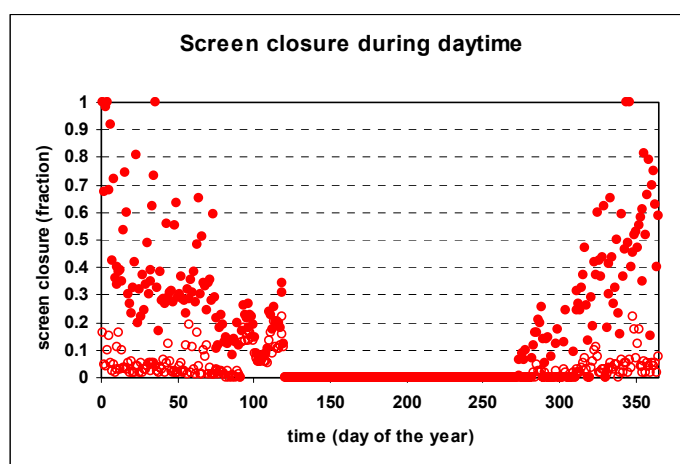
Kwaliteit

Het incidenteel te hoog oplopen van de luchtvochtigheid, wat niet tot uitdrukking komt in de weekgemiddelden, zal nadelig zijn voor de kwaliteit (zie maatregel 3).

M6. Inbrengen van een andere energieschermregeling

Klimaat

Bij roos treden voor bijna alle klimaateigenschappen veranderingen op. Als het scherm wordt gebruikt, is er een toename van het gemiddelde sluitingspercentage tijdens de lichtperiode (Figuur 29). Dit leidt tot een afname van de hoeveelheid geabsorbeerde PAR in deze periode. De RV neemt buiten de zomermaanden iets toe, de CO₂-concentratie van de kaslucht daalt in dezelfde tijd licht, terwijl de gemiddelde dagtemperatuur iets toeneemt.



Figuur 29. Gemiddelde sluiting van het energiescherm tijdens de lichtperiode. Open rondjes: referentieteelt; gesloten rondjes: schermkierregeling op basis van RV-overschrijding.

Gevolgen voor het gewas

Het geïntegreerde effect van deze veranderingen is een 0.6% daling van de gewasfotosynthese. In combinatie met een 1.7% stijging van het aantal takken als gevolg van de hoger hoeveelheid onderschept licht, leidt dit op jaarbasis tot een 0.7% daling van het gemiddelde takversgewicht. Dit laatste wordt eigenlijk alleen veroorzaakt door een 1.4% daling in het 4^e kwartaal; de eerste 3 kwartalen laten een stijging van het gemiddelde takversgewicht zien. De taklengte neemt iets toe (op jaarbasis 0.3%). Op jaarbasis stijgt de verdampingsenergie met 2.1%, terwijl 17% minder energie nodig is voor het instandhouden van de bladtemperatuur.

Kwaliteit

Er zijn vrijwel geen verschillen in temperatuur simulatie t.o.v. de referentieteelt. Tussen week 40 en week 14 echter, is er elke week een lichte stijging van de RV. Dit is de periode waarin de grootste invloed van RV op de houdbaarheid kan worden verwacht. Zie hiervoor de uitleg bij maatregel 3.

M7. Verhoging van het PAR rendement van de lampen (verdubbeling)

Klimaat

Naast de verhoging van het PAR rendement van de assimilatiebelichting en daardoor van de hoeveelheid onderschepte PAR, treden er net als bij de andere gewassen geen grote veranderingen op in het kasklimaat (zie ook Figuur 34).

Gevolgen voor het gewas

De gevolgen voor het gewas lijken erg op die in het geval van verdubbeling van de assimilatiebelichting. Door de grotere hoeveelheid onderschepte PAR neemt de gewasfotosynthese op jaarbasis met 11% toe. Bij een iets stijgend aantal geoogste takken (op jaarbasis +3.2%), neemt het gemiddelde takgewicht op jaarbasis met 9.2% toe. Dit is voornamelijk te danken aan het 1^e en 4^e kwartaal, wanneer het gemiddelde takgewicht sterk toeneemt. De taklengte blijft zo goed als onveranderd. Aangezien de verdamping wordt beïnvloed door de hoeveelheid onderschepte PAR, neemt de verdampingsenergie met 3.8% toe. Er is 7% minder energie vereist voor de instandhouding van de bladtemperatuur.

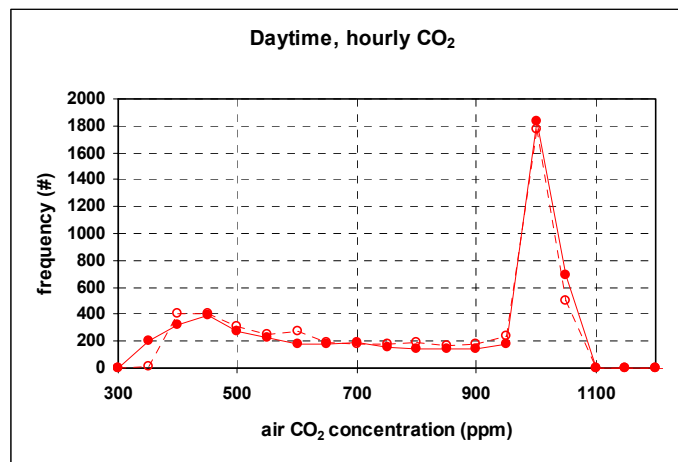
Kwaliteit

Zie ook maatregel 4. Dubbel interessant zou dit zijn wanneer deze verdubbeling in rendement gerealiseerd zou kunnen worden zonder dat de totale warmteafgifte uit de lampen zou stijgen.

M8. Verhogen van de buffercapaciteit

Klimaat

Het inzetten van het grotere buffercapaciteit leidt nauwelijks tot veranderingen in de CO₂-concentraties van de kaslucht (Figuur 30), zie ook tomaat.



Figuur 30. Frequentieverdeling van CO₂-concentratie van de kaslucht gedurende de lichtperiode (uurlijkse waarden) bij een verhoging van de warmtebuffer en van de CO₂-doseercapaciteit. Open rondjes: referentieteeft; gesloten rondjes: verhoging van het RV-setpoint.

Gevolgen voor het gewas

De gewasfotosynthese en het aantal takken blijven op jaarbasis dan ook zo goed als gelijk. Aangezien ook de temperatuur nauwelijks veranderingen vertoont, is ook de gemiddelde taklengte gelijk aan die in de referentieteeft. Het vers takgewicht daalt op jaarbasis wel licht (-2.0%). De jaarlijkse verdampingsenergie daalt licht met 1%.

Kwaliteit

Een verhoging van het CO₂-niveau tot 1000 ppm zou bij roos resulteren in meer takken en betere kwaliteit (meer lengte en gewicht), maar omdat het CO₂-niveau nauwelijks wordt verhoogd, is er geen verandering in kwaliteit te verwachten.

M9. Verlaging van de plantverdamping (10%)

Klimaat

De frequentieverdeling van de RV piekt bij een waarde van 90%, zowel bij de referentieteelst als in het geval van verlaagde plantverdamping. Alleen ligt, net als bij komkommer en chrysant, in het laatste geval de piek iets lager, wat voornamelijk wordt veroorzaakt door kleine veranderingen in de zomer.

Gevolgen voor het gewas

Gezien het feit dat het klimaat bijna gelijk is aan dat van de referentieteelst, treden er nauwelijks gewaskundige veranderingen op.

Kwaliteit

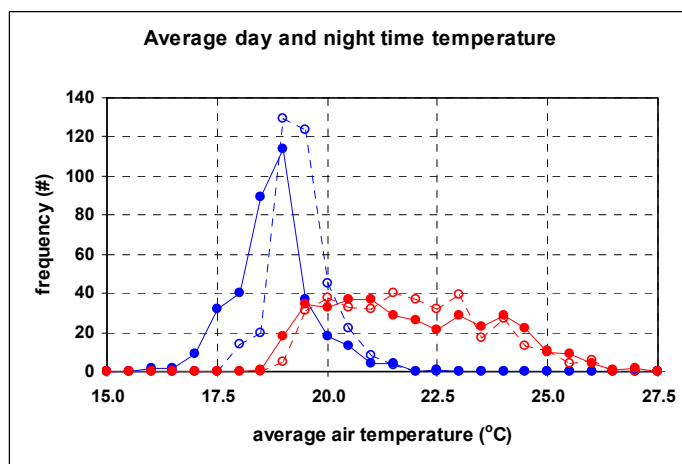
Verlagen van de plantverdamping zou problemen op kunnen leveren met verbranding van bloemblaadjes enerzijds door het niet kunnen afvoeren van het teveel aan vocht anderzijds door het te weinig kunnen aanvoeren van voedingselementen; de praktijk noemt dit fenomeen een verhoging van de worteldruk wat bij rood (o.a. Red Berlin, Grand Prix) aangevoerd wordt als een van de redenen die tot bruinverkleuring van de bloemblaadjes leidt, vooral in de winter. (Zie verder voor de effecten van onvoldoende verdamping maatregel 3.)

Indien de plantverdamping verlaagd wordt door een verlaging van de buistemperatuur, kan de luchtcirculatie tussen de bedden worden belemmerd, waardoor onder de ingebogen bladpakket een 'dood klimaat' ontstaat. Over het algemeen leidt dit tot afsterving van (een deel van) de griffel, en dit resulteert in productieverlies.

M10. Temperatuurintegratie (3 dagen)

Klimaat

Terwijl ook bij roos de frequentieverdeling van de gemiddelde dagtemperatuur niet sterk verandert bij het toepassen van een 3-daagse temperatuurintegratie, komen gemiddelde nachttemperaturen lager dan 18,5 °C vaker voor, ten koste van hogere gemiddelde nachttemperaturen (Figuur 31). De dagtemperaturen komen iets hoger te liggen. Het gecombineerde effect is dat de gemiddelde etmaaltemperaturen iets lager komen te liggen dan bij de referentieteelst. De andere klimaateigenschappen veranderen nauwelijks.



Figuur 31. Frequentieverdeling van gemiddelde nacht- en dagtemperatuur bij het toepassen van 3-daagse temperatuurintegratie. Blauwe lijnen: nachttemperaturen; rode lijnen: dagtemperaturen. Open rondjes: referentieteelst; gesloten rondjes: 3-daagse temperatuurintegratie.

Gevolgen voor het gewas

Er treedt een lichte stijging van het energiegebruik voor fotosynthese op (+0.6%). Het aantal takken daalt licht (-0.7%), net als de gemiddelde taklengte (-0.6%) als gevolg van de lagere temperaturen. Het geïntegreerde effect is dat op jaarbasis het takversgewicht met 0.3% daalt. Alleen in het 1^e kwartaal laat dit een stijging zien. De verdampings-energie blijft zo goed als ongewijzigd.

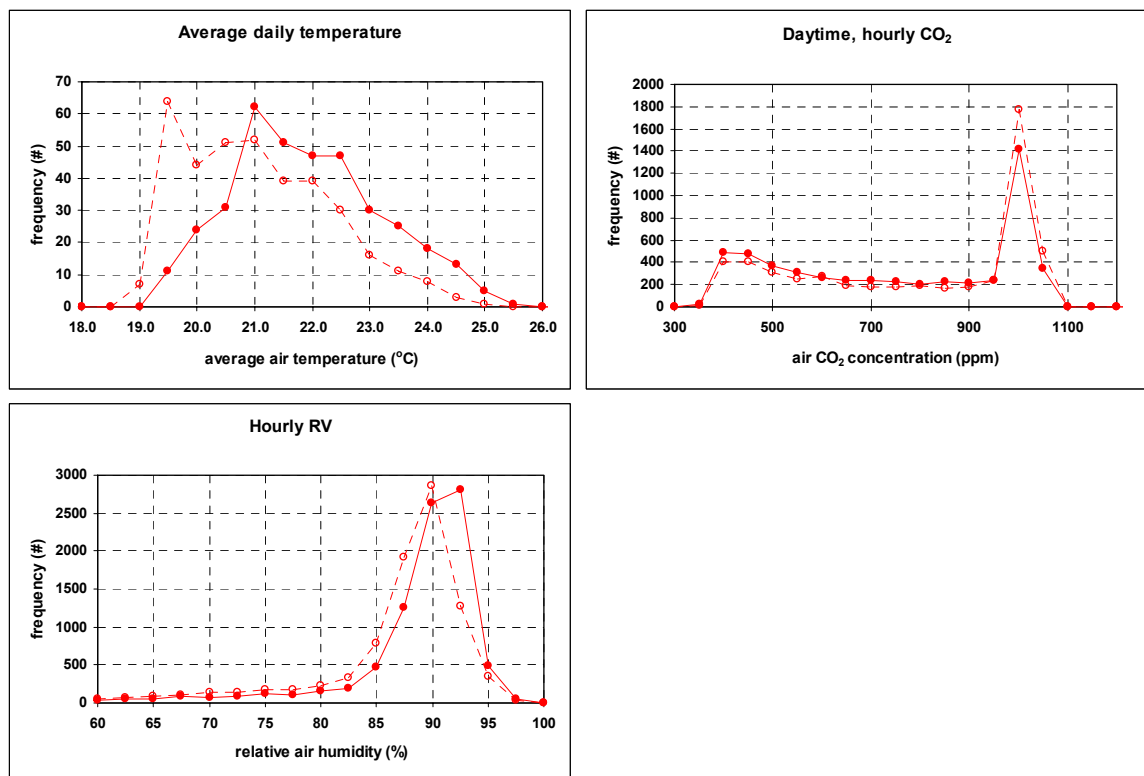
Kwaliteit

Indien de planttemperatuur te hoog oploopt en te weinig vocht afgevoerd wordt vanuit de planten (zie 9 en 3), kan dit nadelige gevolgen hebben voor de kwaliteit.

M11. Kasdek met een hogere isolatiewaarde

Klimaat

Aangezien er vanuit is gegaan dat het dubbele dek dezelfde transmissie voor globale straling heeft als een enkel dek, wordt de hoeveelheid straling in de kas niet beïnvloed. Er is een duidelijk effect op de gemiddelde etmaaltemperatuur, die stijgt, net als de gemiddelde dagtemperatuur (Figuur 32). Daarnaast treedt er een daling van de CO₂-concentratie van de kaslucht gedurende de dag op. De RV stijgt.



Figuur 32. Frequentieverdelingen van gemiddelde etmaaltemperatuur, van uurlijkse waarden van het CO₂-gehalte van de kaslucht gedurende de lichtperiode, en van uurlijkse waarden van de RV, bij toepassing van een kasdek met hogere isolatiewaarde. Open rondjes: referentieteelt; gesloten rondjes: kasdek met hogere isolatiewaarde.

Gevolgen voor het gewas

Ondanks de stijgende temperatuur neemt de jaarlijkse fotosynthese met 1% af. De gemiddelde taklengte stijgt (op jaarbasis 1.0%). Het aantal takken stijgt (op jaarbasis 5.9%). Het gecombineerde effect is een afnemend takversgewicht (op jaarbasis -1.7%). De verdampingsenergie daalt met 8%, als gevolg van de hogere RV.

Kwaliteit

Berekeningen laten een iets hogere temperatuur zien (in de regel 1°C hoger), maar ook een hogere RV, (soms 5% en meer) dan in de referentie berekeningen. Door het oplopen van de luchtvochtigheid (zie maatregel 3) wordt er een duidelijk vermindering van de verwachte kwaliteit.

M12. Kasdek met hogere lichtdoorlatendheid

Klimaat

Net als bij de andere gewassen is de belangrijkste verandering de toegenomen hoeveelheid straling in de kas, wat leidt tot een grotere hoeveelheid PAR die door het gewas wordt geabsorbeerd.

Gevolgen voor het gewas

Door de grotere hoeveelheid geabsorbeerde PAR neemt de fotosynthese op jaarbasis toe met 5.9%, en het aantal takken met 5.1%. Het takversgewicht stijgt op jaarbasis met 0.6%, terwijl de taklengte op jaarbasis met 0.2% stijgt. De verdampingsenergie stijgt met 8.5%.

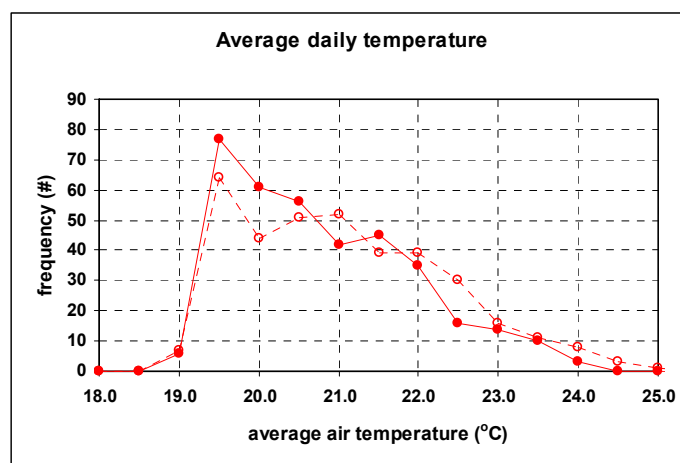
Kwaliteit

De berekeningen laten geen grote verschillen zien op de geregistreerde klimaatparameters. De hogere lichtdoorlatendheid heeft als consequentie dat globaal een teeltversnelling op zal treden omdat de planten meer licht zullen ontvangen; de winterkwaliteit zal verbeteren (zwaardere tak).

M13. Kaskoeling

Klimaat

Er is een lichte daling van de etmaaltemperatuur (Figuur 33), terwijl de CO₂-concentratie van de kaslucht iets stijgt (zie ook Figuur 34).



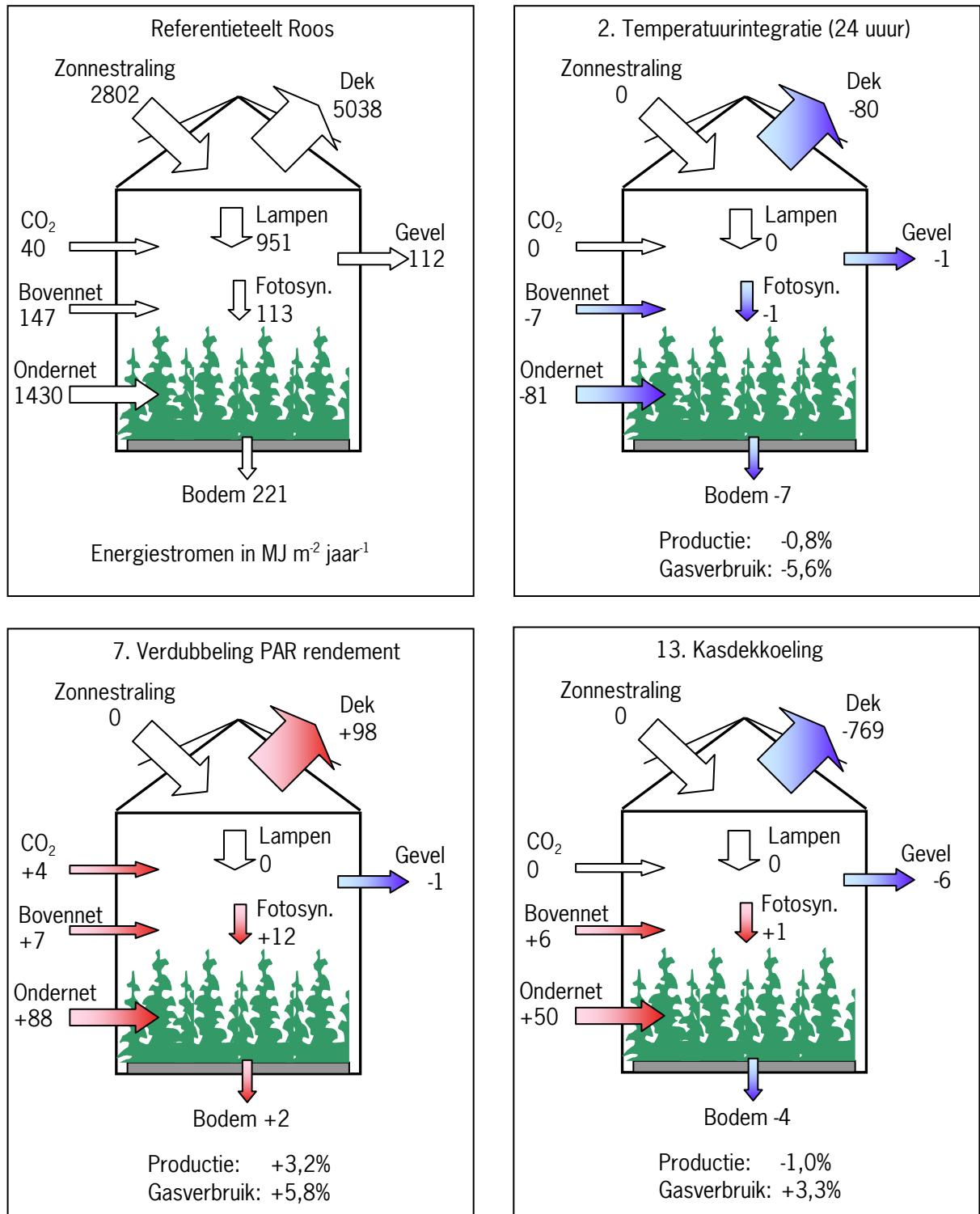
Figuur 33. Frequentieverdeling van gemiddelde etmaaltemperatuur bij het toepassen van koeling in de vorm van dakbevoëing. Open rondjes: referentieteelt; gesloten rondjes: 3-daagse temperatuurintegratie.

Gevolgen voor het gewas

Door de lichte stijging van de CO₂-concentratie en de verandering in temperatuur stijgt de fotosynthese op jaarbasis met 5.9%. Het aantal takken daalt licht met 1.0%, zodat het gemiddeld verstakgewicht op jaarbasis met 1.2% stijgt. De taklengte daalt met 0.9%. De verdampingsenergie daalt met 4%.

Kwaliteit

Berekeningen laten een iets lagere temperatuur zien (in de regel een tot een paar tiende graad lager dan de referentie).



Figuur 34. Energiestromen (in MJ m² jaar⁻¹) voor de referentieteel roos (links boven). Daarnaast zijn de absolute veranderingen (in MJ m² jaar⁻¹) van 3 energiebesparende maatregelen op de energiestromen weergegeven. Rood betekent een toename in de energiestromen, blauw betekent een afname, en een witte pijl betekent geen verandering t.o.v. de overeenkomstige energiestroom in de referentieteel. Voor elke maatregel zijn de relatieve verandering (%) in de productie en energiebenutting t.o.v. de referentieteel weergegeven. 32 MJ m² jaar⁻¹ komt overeen met 1 m³ gasverbruik.

Gevolgen van energiebesparende maatregelen op bedrijfseconomie

Uit Tabel 24 blijkt dat de maatregelen 3, 6, 7 en 11 een positief saldo laten zien ten opzichte van de referentiesituatie, waarbij de maatregelen 3, 6 en 11 tevens een energiebesparing realiseren (zie Bijlage V). Bij maatregel 7 (dubbele PAR-rendement) wordt weliswaar een (beperkt) positief saldo behaalt, maar zijn de investeringskosten van een nieuw type lamp niet meegenomen. De investeringsruimte bedraagt 0,3 tot 3,9 euro m² afhankelijk van het gasprijsniveau.

Het saldo van opbrengsten en kosten wordt duidelijk negatief beïnvloed door de maatregelen met een hogere belichtingsintensiteit (4) en een lagere temperatuur setpoint (1). Bij maatregel 4 (intensiteit belichten 100 W m²) gaan de energiekosten sterk omhoog, terwijl daar in verhouding beperkte meeropbrengsten tegenover staan. Bovendien zijn niet alle investeringskosten in het saldo betrokken. Het resultaat is daarnaast in tegenspraak met resultaten uit de studie van Benninga (2004), waarin het netto-overschot, bij een bedrijf van 4 ha mét wk, bij hogere belichtingsintensiteiten juist toeneemt.

Door maatregel 1 neemt het energieverbruik af, maar dit leidt echter tot een aanzienlijke opbrengstderving.

Tabel 24. *Saldo van opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het verschil in saldi t.o.v. de referentie a.g.v. de energiebesparende maatregelen bij een hoge brandstofprijs en lage brandstofprijs en verschil in saldi a.g.v. productkwaliteitseffecten t.o.v. basisberekening (alle bedragen in euro m²).*

	Saldo van opbrengsten en kosten (euro m ²)	
	Hoge brandstofprijs	Lage brandstofprijs
Referentie niveau	9,83	13,57
	Verschil t.o.v. referentie	
1. Temperatuursetpoint	-3,20	-3,20
2. Temperatuurintegratie 1 dg	-1,19	-1,04
3. RV-setpoint	1,32	1,19
4. Verhoging lichtintensiteit **	-14,20	-14,16
5. Regeling op dauwpunt	-0,91	-0,53
6. Energiescherm kierregeling	1,19	1,13
7. Verdubbeling PAR*	0,05	0,66
8. Verhoging buffercapaciteit	-0,96	-0,56
9. Verdamping	-0,41	-0,16
10. Temperatuurintegratie 3 dg	-1,08	-0,95
11. Isolatie	1,24	0,83
12. Lichtdoorlatendheid	-0,67	-0,34
13. Koeling*	-1,96	-1,45

* *Excl. jaarkosten investering.*

** *Excl. verzwaring netaansluiting.*

Brandstofprijs

De hoogte van de gasprijs heeft een matig effect op het economisch resultaat (Tabel 24). Er is geen eenduidig effect van de gasprijs op het saldo voor de verschillende maatregelen.

Fysieke productie

De fysieke productie wordt positief beïnvloed door de maatregelen 3, 4, 6, 7, 11 en 12 en leidt bij de maatregelen 3, 4, 6, 7 en 11 tot een beter economisch resultaat. Maatregel 1 (lagere temperatuursetpoint) laat een substantiële productiedaling zien, gevolgd door maatregelen 13, 1 en 10.

Productkwaliteit

De kwaliteitseffecten van de verschillende maatregelen zijn in economisch opzicht niet gekwantificeerd, omdat daartoe de benodigde gegevens ontbreken.

3.4.4 Conclusies m.b.t. Roos

De gevolgen van energiebesparende maatregelen bij roos lijken in grote lijn op die bij chrysant. Verlaging van het gasverbruik wordt gerealiseerd door toepassen van maatregelen 1 (verlaging temperatuur setpoint), 3 (verhoging RV setpoint), 4 (verhoging lichtintensiteit), 6 (schermkierregeling) en 11 (verbeterde isolatie), variërend van 8% tot 19% bij M11.

Bij roos is net als bij chrysant bij M2 en M10 (temperatuurwisselingen) zowel de productie als kwaliteit nadelig beïnvloed, onafhankelijk van het seizoen waarin deze maatregelen worden toegepast. Bij maatregel 1 (verlaging temperatuur setpoint) worden langere takken ontwikkeld waardoor de kwaliteit verhoogd wordt.

Indien maatregelen 3, 4, 6, 11, of 12 (verhoging van de RV setpoint, verhoging van de belichtingsintensiteit, inbrengen van een schermkierregeling in stappen i.p.v. een vaste kier, verbeterde dekisolatie of lichtdoorlatendheid) worden toegepast (waar straling en RV worden gevarieerd) wordt niet alleen energiebesparingen gerealiseerd, maar ook de berekende productie neemt toe. De kwaliteit neemt alleen toe bij toepassing van maatregel 4 en 12. Deze maatregelen leiden tot hogere temperaturen in de kas in de winter (kwartalen 4 en 1), en vooral dan worden onder warmere condities zowel het aantal takken als de taklengte van roos verhoogd. M12 (hogere lichtdoorlatendheid) wijkt hiervan af door de productie vooral te verhogen in de derde kwartaal.

Toepassen van kasdekkoeeling (zonder lange-termijn warmteopslag) kost extra (gas)energie en leidt tot productievermindering.

Maatregelen 3 (verhoging RV setpoint), 6 (schermkierregeling), 7 (verdubbeling PAR) en 11 (verbeterde isolatie) laten een positief bedrijfseconomische resultaat zien ten opzichte van de referentiesituatie, waarbij de M3, M6 en M11 tevens een energiebesparing realiseren. Bij M7 (dubbele PAR-rendement) wordt weliswaar een (beperkt) positief saldo behaalt, maar zijn de investeringskosten van een nieuw type lamp niet meegenomen. De investeringsruimte bedraagt 0,3 tot 3,9 euro m² afhankelijk van het gasprijsniveau.

Het saldo van opbrengsten en kosten wordt duidelijk negatief beïnvloed door de maatregelen met een hogere belichtingsintensiteit (M4) en een lagere temperatuur setpoint (M1). Bij M4 (intensiteit belichten verhogen tot 100 W m⁻²) gaan de energiekosten sterk omhoog, terwijl daar in verhouding beperkte meeropbrengsten tegenover staan. Bovendien zijn niet alle investeringskosten in het saldo betrokken.

3.5 Sla

3.5.1 Referentieteelt

Kasklimaat

De kas heeft dezelfde afmetingen als beschreven bij het gewas tomaat met uitzondering van de luchtingsramen die een lengte in de nokrichting hebben van drie ruiten in plaats van twee.

De verwarming wordt verzorgd door hete-luchtkachels met een thermisch vermogen van 162 Wm⁻² en er wordt geen warmtebuffer gebruikt.

In de referentieteelt van sla wordt geen scherm gebruikt.

Meer details over de setpoints zijn gegeven in de bijlagen.

Gewas- en teeltgegevens

Voor het gewas sla is als referentie een jaarrondteelt gekozen. Bij de referentieteelt wordt uitgegaan van 6 teelten sla per jaar bij een plantdichtheid van 15,5 planten m² en een gemiddeld kropgewicht van 350 g. Het kropgewicht kan variëren in het seizoen van 230 tot 450 g per krop. Er wordt op jaarbasis uitgegaan van 93 kroppen sla met totaalgewicht van 33 kg m².

3.5.2 Energiestromen Referentieteelt

Schema energiestromen

Voor de referentieteelt sla is in Tabel 25 een overzicht gemaakt van de belangrijkste energiestromen.

Tabel 25. Overzicht van de energiestromen van de referentieteelt sla.

Energiebronnen	Energie (MJ m ² jaar ⁻¹)				Totaal
	Straling	Convectie	Ventilatie voelbaar	latent	
Instraling zon	2802				2802
Warmteafgifte luchtfilter			377	39	416
Warmteafgifte lampen	0		0		0
Energietoevoer CO ₂ -dosering			0	0	0
<i>Totaal</i>					<i>3218</i>
Energie Tussenstations					
Verhoging luchttemperatuur		1977			
Verhoging bladtemperatuur					
Gewasverdamping	825				
Energiebestemmingen					
Gewasfotosynthese	25				25
Verlies via dek	1023	57	1181	810	3072
Verlies via gevel	44	5			49
Verlies via bodem	342	-259			83
<i>Totaal</i>					<i>3218</i>

Bedrijfseconomie

Voor de uitgangspunten en berekeningswijze wordt verwezen naar Bijlage IV.

De productie van een referentieteelt sla bedraagt 93 kroppen per m² met een gemiddeld kropgewicht van 350 g. Dit resulteert in een opbrengst van 25,73 euro per m² bij een middenprijs van 0,277 euro/krop.

De energiekosten voor de referentieteelt bedragen bij een gasverbruik van 11,9 m³ m² bij de hoge en de lage brandstofprijs 3,72 euro m² respectievelijk 2,70 euro m².

Tabel 26. Opbrengsten en kosten (euro m²) van de referentieteelt sla.

Post	Hoge brandstofprijs	Lage brandstofprijs
Opbrengst	25,73	25,73
Energiekosten	3,72	2,70
Arbeidskosten	9,29	9,29
Overige kosten	3,10	3,10
Jaarkosten investering ¹	-	-

¹ Niet bepaald.

Per 1000 m² teelt is 510 uur teeltgebonden arbeid nodig (normatief) wat betekent voor een bedrijf van 4 ha 20.400 uur teeltgebonden arbeid per jaar. Per jaar is ca. 2400 uur algemene arbeid (4 ha).

3.5.3 Gevolgen van energiebesparende maatregelen bij Sla

Overzicht van energiebesparende maatregelen

De consequenties van een aantal energiebesparende maatregelen voor gewasproductie en -kwaliteit en economisch perspectief zijn onderzocht. Daarbij zijn dezelfde maatregelen beschouwd als beschreven in paragraaf 2.2.

Er wordt bij sla niet verwarmd met buisverwarming, maar gebruik gemaakt van hetelucht verwarming. Een overzicht van de gasverbruik per energiebesparende maatregel wordt gegeven in Tabel 27.

Van deze maatregelen zijn de nummers 4 en 7 niet van toepassing op het gewas sla en bij maatregel 6 is een energiescherm toegepast met een regeling zoals beschreven in de referenties van de andere gewassen.

Tabel 27. Het gasverbruik voor hetelucht verwarming in de referentiesituatie en de besparingen t.o.v. de referentieteelt (%).

Maatregel	Omschrijving	Gasgebruik (m ³ m ⁻²)	Verskil t.o.v. referentieteelt (%)
	Referentieteelt	11.9	
M1	Temperatuursetpoint	7.2	-39.5
M2	Temp. integratie 24 uur	7.8	-34.5
M3	RV-setpoint	11.9	0
M4	Verhoging intensiteit belichting	nvt	nvt
M5	Regeling op dauwpunt	12.1	+1.7
M6	Energiescherm kierregeling	nvt	nvt
M7	Verdubbeling PAR van lampen	nvt	nvt
M8	Verhoging buffercapaciteit	nvt	nvt
M9	Verdamping	11.8	-0.8
M10	Temp. integratie 72 uur	7.7	-34.3
M11	Isolatie	5.7	-52.1
M12	Lichtdoorlatendheid	11.5	-3.4
M13	Koeling	12.0	+0.8

De teelt van sla als 'koud' geteelde vollegrondsgroente brengt een heel andere grootte van energievraag met zich mee. De kas hoeft minder en minder vaak verwarmd te worden waardoor de gasverbruik op ongeveer 25% van de overige gewassen blijft. Door m.n. de kas beter te isoleren of de temperatuur aan te passen (lagere setpoint, temperatuurintegratie) wordt er tussen 34% en 52% minder gas verbruikt voor de teelt van sla.

Tabel 28. *Mogelijke consequenties van de maatregelen op de groei en kwaliteit van sla, relatief t.o.v. de referentieteelt.*

Maatregel	Omschrijving	Productie	Kwaliteit
		% verschil t.o.v. de referentie	
M1	Temperatuursetpoint	-10	-3
M2	Temp. integratie 24 uur	-1	-1
M3	RV-setpoint	0	0?
M4	Verhoging intensiteit belichting	nvt	nvt
M5	Regeling op dauwpunt	0	0
M6	Energiescherm kierregeling	nvt	nvt
M7	Verdubbeling PAR van lampen	nvt	nvt
M8	Verhoging buffercapaciteit	nvt	nvt
M9	Verdamping	0	-2
M10	Temp. integratie 72 uur	-1,5	-1
M11	Isolatie	-9	-3
M12	Lichtdoorlatendheid	+8	0
M13	Koeling	+3	+2

Toelichting

M1. Temperatuur setpoint

Gemiddeld over een geheel jaar is het verschil in temperatuur maar 1°C, maar de verschillen zitten vooral in de eerste 20 weken van het jaar en vanaf week 45. Een globale berekening geeft aan dat door de tragere gewasontwikkeling dit op jaarbasis circa 6% productie kost (zie ook Figuur 35). Er is een inschatting gemaakt van de afname in gewicht per week. In de zomer is het gewicht laag omdat er dan niet wordt gestookt, gemiddeld 4% minder productie door de tragere groei. Een combinatie van een lagere temperatuur- en een CO₂-effect resulteert in 10% lagere productie door tragere groei. Daardoor worden er per jaar minder kroppen bij een gelijk oogstgewicht geoogst, 85 i.p.v. 93 kroppen. Daarnaast is er mogelijk nog een effect op de kwaliteit door de hogere RV, wat kan oplopen tot 5% hoger in sommige weken. De vermindering in kwaliteit wordt geschat op 3% door toename in glazigheid.

M2. Temperatuurintegratie (1 dag)

Vooraf in herfst, winter en voorjaar is de temperatuur ca. 0,5 °C lager. Gemiddeld over de gehele teelt is resulteert dit in 0,3 °C lagere temperatuur, en een lagere ontwikkelingssnelheid van ca. 2%. Door waarschijnlijk meer overdag te stoken is de ontwikkelingssnelheid gemiddeld 1% hoger door hoger CO₂-concentratie, vooral in de herfst en winter. Dit geeft bij elkaar een 1% opbrengstverlies. Door grotere wisselingen in temperatuur binnen 1 dag is er meer kans op het optreden van valse meeldauw, met een geschatte kwaliteitsverlies van 1%.

M3. Verhogen van het RV-setpoint (5%)

Er is geen effect te verwachten op de productie en kwaliteit. Een hogere RV wordt normaal gesproken in de winter gerealiseerd, wat zou resulteren in een weliger gewas met grotere kans op kwaliteitsproblemen (rand, glazigheid).

M4. Verhoging intensiteit van belichten

N.v.t.

M5. Inbrengen van een andere luchtvochtigheidsregeling (op basis van dauwpuntsverschillen)

Hiervan wordt geen effect op productie en kwaliteit ingeschat omdat de verschillen in klimaat per week zijn met de referentieteelt nihil.

M6. Inbrengen van een andere energieschermregeling

N.v.t.

M7. Verhoging van het PAR rendement van de lampen (verdubbeling)

N.v.t.

M8. Verhogen van de buffercapaciteit

Deze maatregel is niet van toepassing voor sla, omdat er geen buffer aanwezig is, en bij hetelucht verwarming ook niets is in te passen.

M9. Verlaging van de plantverdamping (10%)

In de berekeningen van de gevolgen van deze maatregel zijn weinig verschillen met de referentieteelt waar te nemen. Wordt de plantverdamping echter wel verlaagd, dan is er wel meer kans op glazigheid en rand, resulterend in 2% mindere kwaliteit.

M10. Temperatuurintegratie (3 dagen)

Vooraf in herfst, winter en voorjaar worden er lagere temperaturen van ca. 0,5 °C verwacht. Gemiddeld over de gehele teelt resulteert dit in een 0,3 °C lagere temperatuur, en een lagere ontwikkelingssnelheid van ca. 2%. Door meer te stoken overdag wordt de ontwikkelingssnelheid gemiddeld zo'n 0,5% hoger door een hoger CO₂-niveau, vooral in de herfst en winter. Dit geeft bij elkaar 1,5% opbrengstverlies. De vermindering in kwaliteit door een wat hogere RV wordt op ca. 1% geschat.

M11. Kasdek met een hogere isolatiewaarde

Een kasdek met een hogere isolatiewaarde resulteert in hogere temperaturen, met name in de zomer. Dit is ongunstig, want als er niet wordt gekrijt (lichtdoorlatendheid moet gelijk blijven) is er meer kans op rand, waardoor men minder product kan veilen. Opbrengstverlies wordt geschat op 4% (zie ook Figuur 35). Door een lager CO₂-concentratie in de kas (berekend en effect ingeschat per week) wordt productieverlies ingeschat op 3,5%, wat een totaal productieverlies van ca. 9% betekent. Een hogere RV door deze maatregel kan met name in de herfst en winter leiden tot meer kans op kwaliteitsverlies (optreden wit, glazigheid, rand, gevoeliger voor weersveranderingen). Hierdoor wordt een kwaliteitsverlies van 3% geschat.

Telers werken normaal al snel met een kiertje lucht om het gewas minder gevoelig te maken voor weerswisselingen en daardoor de kans op kwaliteitsvermindering te reduceren.

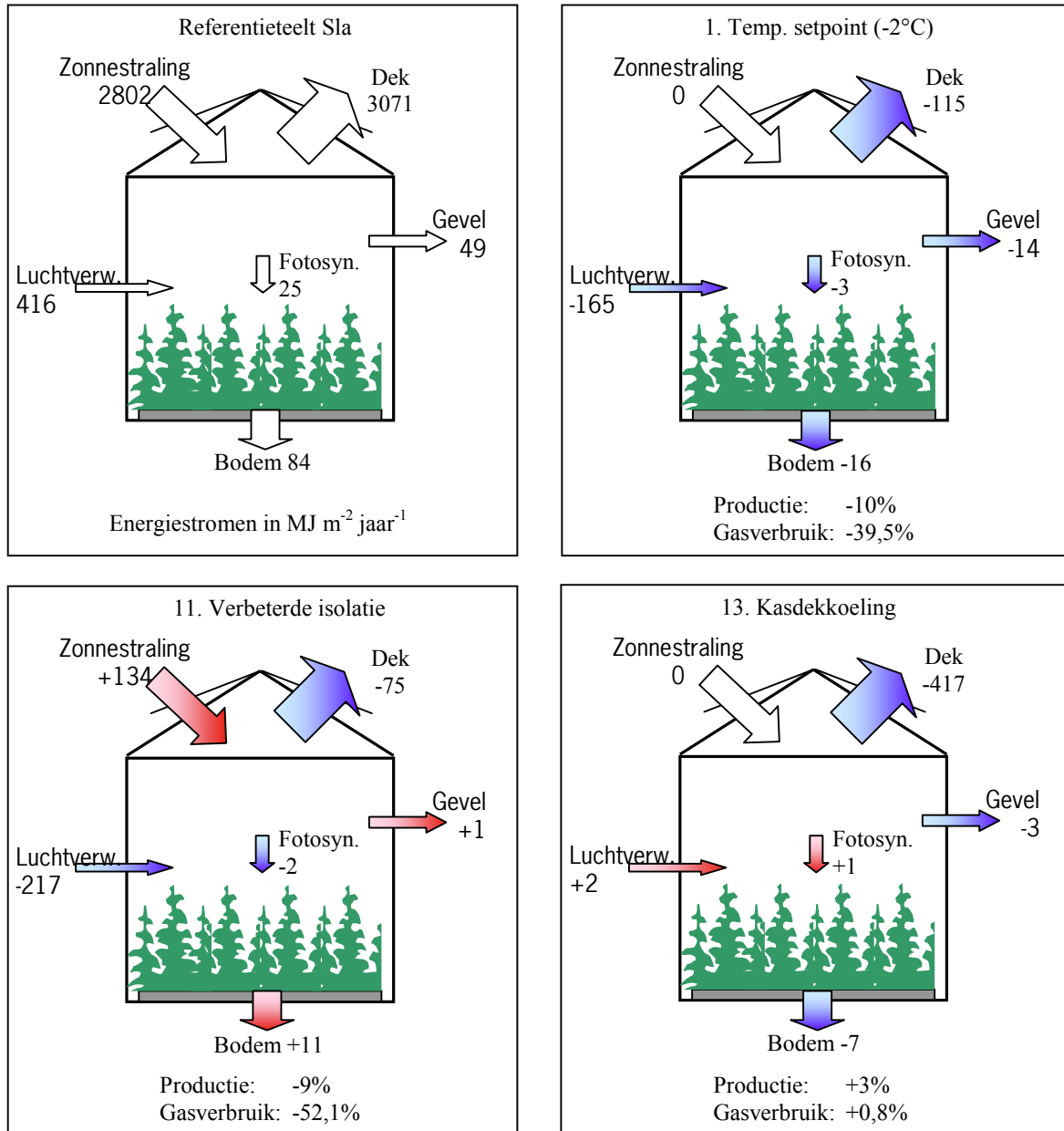
M12. Kasdek met hogere lichtdoorlatendheid

Hierdoor kan productiewinst behaald worden gedurende het hele jaar, behalve bij hoge temperaturen in de zomer. Om de temperatuur in de zomer te drukken zal gekrijt moeten worden waardoor er geen lichtwinst is.

Op jaarbasis wordt er een 8% hogere productie geschat. In de winter is er een positief effect op de kwaliteit door minder kans op graterigheid, terwijl in de zomer er kans is op wat minder kwaliteit. Het netto effect blijft gelijk.

M13. Kaskoeling

Er wordt een iets lagere gemiddelde temperatuur verwacht in de zomer, met minder hoge maxima, en een wat hogere RV. Dit is gunstig voor de kwaliteit en ook productie, met een geschatte 3% hogere productie (zie ook Figuur 35).



Figuur 35. Energiestromen (in MJ m⁻² jaar⁻¹) voor de referentieteelst tomaat (links boven). Daarnaast zijn de absolute veranderingen (in MJ m⁻² jaar⁻¹) van 3 energiebesparende maatregelen op de energiestromen weergegeven. Rood betekent een toename in de energiestromen, blauw betekent een afname, en een witte pijl betekent geen verandering t.o.v. de overeenkomstige energiestroom in de referentieteelst. Voor elke maatregel zijn de relatieve verandering (%) in de productie en energiebenutting t.o.v. de referentieteelst weergegeven. 32 MJ m⁻² jaar⁻¹ komt overeen met 1 m³ gasverbruik.

Gevolgen van energiebesparende maatregelen op bedrijfseconomie

Uit Tabel 29 blijkt dat de maatregelen 6, 10 en 13 een beperkt positief resultaat laten zien.

Het saldo van opbrengsten en kosten wordt duidelijk negatief beïnvloed bij de maatregelen met een hogere kasdekisolatie (M11) en een lagere temperatuur setpoint (M1). Bij maatregel 11 en 1 neemt het energieverbruik af, maar leidt echter tot aanzienlijke opbrengstderving. Maatregel 6 en 13 leveren een positief saldo op ten opzichte van de referentiesituatie.

Van alle maatregelen leveren maatregel 3, 5, 9 en 13 nauwelijks een verandering van het energieverbruik op.

Tabel 29. Saldo van opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het verschil in saldi t.o.v. de referentie a.g.v. de energiebesparende maatregelen bij een hoge brandstofprijs en lage brandstofprijs en verschil in saldi a.g.v. productkwaliteitseffecten t.o.v. basisberekening (alle bedragen in euro m²).

	Saldo van opbrengsten en kosten (euro m ²)		
	Hoge brandstofprijs	Lage brandstofprijs	Productkwaliteit
Referentie niveau	9,62	10,64	
	Verschil t.o.v. referentie		Verschil t.o.v. basisberekening
1. Temperatuursetpoint	-0,90	-1,30	-0,11
2. Temperatuurintegratie 1 dg	+0,33	-0,01	-0,06
3. RV-setpoint	-0,05	-0,05	0
5. Regeling op dauwpunt	-0,06	-0,04	0
6. Energiescherm kierregeling	+0,46	+0,28	0
9. Verdamping	-0,25	-0,25	-0,12
10. Temperatuurintegratie 3 dg	+0,39	+0,03	-0,06
11. Isolatie	-2,34	-2,87	-0,23
12. Lichtdoorlatendheid	-0,04	+0,02	0
13. Koeling*	+0,39	+0,39	0,26

* *Excl. jaarkosten investering.*

Brandstofprijs

De hoogte van de gasprijs heeft, ondanks het lage energieverbruik, een redelijk effect op het economisch resultaat (Tabel 29). Bij een hogere gasprijs neemt in het algemeen het verschil in gaskosten met de referentie toe.

Fysieke productie

De fysieke productie wordt positief beïnvloed door de maatregelen 12 en 13 en leidt tevens tot een beter economisch resultaat. Maatregel 1 (lagere temperatuursetpoint) en 11 (isolatie kasdek) laat een substantiële productiedaling zien.

Productkwaliteit

De kwaliteit wordt enkel positief beïnvloed bij maatregel 13 (kasdeekkoeling). Bij de overige maatregelen is er nauwelijks of een beperkt negatief effect. Slechts bij een hogere kasdekisolatie is enig negatief effect te verwachten.

3.5.4 Conclusies m.b.t. Sla

Sla neemt een aparte plaats in deze studie vanwege het gebruik van heteluchtverwarming i.p.v. een ketel met verwarmingspijpen om de kas te verwarmen in de winter. Als koud geteeld vollegronds groentegewas is het gasverbruik minder dan de overige gewassen, maar de relatieve besparingen als gevolg van toepassen van energie-maatregelen kunnen groot zijn. Temperatuur setpoint verlaging (M1), temperatuurintegratie (M2 en M10), energie-schermregeling (M6) en verbeterde isolatie (M11) berekenen energiewinsten die oplopen tot 50% t.o.v. de referentieteel. Echter, bij deze maatregelen wordt zowel de productie als de productkwaliteit nadelig beïnvloed door een tragere ontwikkeling en groei waardoor minder slakroppen per jaar worden geteeld, vooral bij M1 en M11. Door deze temperatuureffecten wordt ook een verhoogde kans op glazigheid, valse meeldauw en rand in de zomer verwacht.

Onder een kasdek met hogere lichtdoorlatendheid (M12) wordt wel winst berekend in termen van productie in relatie tot de gasverbruik in de winter.

De kwaliteit van sla wordt enkel positief beïnvloed bij maatregel 13 (kasdekkoeeling). Bij de overige maatregelen is het effect nauwelijks of beperkt negatief aanwezig.

3.6 Ficus

3.6.1 Referentieteel

Kasklimaat

De kas heeft dezelfde afmetingen als beschreven bij het gewas tomaat. Het verwarmingssysteem is opgebouwd uit een verwarmde betonvloer en 4 pijpen van \varnothing 51mm per kap.

CO₂-dosering vindt plaats door middel van ketelrookgassen van zonopkomst tot een uur voor zonsondergang. De doseersnelheid is 120 kg ha⁻¹ h⁻¹ en het setpoint voor de CO₂-concentratie in de kas is het gehele jaar 500 ppm.

Er wordt een transparant beweegbaar scherm type SLS 10 ultra plus gebruikt, dat geopend wordt bij stralingsniveaus boven 5 Wm⁻² en buitentemperaturen boven 10°C. Wanneer de RV minder dan 0.5% onder het setpoint komt wordt het scherm op een vaste vochtkier van 4% getrokken en bij blijvend te hoge RV wordt het scherm na een half uur geheel geopend.

Meer details over de setpoints zijn gegeven in de bijlagen.

Gewas- en teeltgegevens

Voor het gewas Ficus is als referentie een jaarronde teelt genomen. Bij de referentieteel wordt uitgegaan van een gemiddelde teeltduur van 18 weken voor een 90 cm hoge plant. Deze planten gebruiken in bij deze teeltduur 0,98 weekm². Er is een ruimtebenutting van 90%. Dit levert een productie van 48 planten per m² per jaar.

3.6.2 Energiestromen Referentieteel

Schema energiestromen

Voor de referentieteel Ficus is in Tabel 30 een overzicht gemaakt van de belangrijkste energiestromen.

Tabel 30. Overzicht van de energiestromen van de referentieteelt

Ficus

Energiebronnen	Energie (MJ m ² jaar ⁻¹)				Totaal
	Straling	Convectie	Ventilatie voelbaar	latent	
Instraling zon, PAR/NIR lampen	2802				2802
Warmteafgifte ondernet	0	0			0
Warmteafgifte bovennet	504	503			1007
Warmteafgifte lampen	0		0		0
Energietoevoer CO ₂ -dosering			6	5	11
<i>Totaal</i>					3820
Energie Tussenstations					
Verhoging luchttemperatuur		2408			
Verhoging bladtemperatuur					
Gewasverdamping	1401				
Energiebestemmingen					
Gewasfotosynthese					
Verlies via dek	1440	717	763	1089	4009
Verlies via gevel	65	64			129
Verlies via bodem	-125	-191			-316
<i>Totaal</i>					3822

Bedrijfseconomie

Voor de uitgangspunten en berekeningswijze wordt verwezen naar Bijlage IV.

De productie van een referentieteelt *Ficus* bedraagt 48 afleverbare planten per m² voor een 90 cm hoge plant. Dit resulteert in een opbrengst van 96,02 euro per m² bij een middenprijs van ca. 2 euro per plant.

De energiekosten voor de referentieteelt bedragen bij een gasverbruik van 44,4 m³ m² bij de hoge en de lage brandstofprijs 9,80 euro m² respectievelijk 5,99 euro m².

Tabel 31. Opbrengsten en kosten (euro m²) van de referentieteelt *Ficus*.

Post	Hoge brandstofprijs	Lage brandstofprijs
Opbrengst	96,02	96,02
Energiekosten	9,80	5,99
Arbeidskosten	12,71	12,71
Overige kosten	8,74	8,74
Jaarkosten investering ¹	-	-

¹ Niet bepaald.

De totale arbeidsbehoefte voor teeltgebonden arbeid bedraagt 727 uur per 1000 m² en bestaat voor het merendeel uit arbeid voor oogst en verwerking. Dit betekent voor een bedrijf van 4 ha 29.060 uur teeltgebonden arbeid per jaar. Per jaar is ca. 2400 uur aan algemene arbeid (4 ha).

3.6.3 Gevolgen van energiebesparende maatregelen bij Ficus

De consequenties van de in paragraaf 2.2 beschreven energiebesparende maatregelen voor energieverbruik, gewasproductie en -kwaliteit en economisch perspectief zijn onderzocht.

In Tabel 32 is een overzicht gegeven van de besparing in gasverbruik per energiebesparende maatregel

Tabel 32. Gasverbruik van Ficus in de referentiesituatie (m³ m²) in de vier kwartalen van het jaar. De gevolgen van energiebesparende maatregelen zijn gegeven t.o.v. de referentie (%).

	Gasverbruik per jaar (m ³ m ²)		Gasverbruik per kwartaal (m ³ m ²)			
	Referentie	% verschil	1 ^e	2 ^e	3 ^e	4 ^e
	44.4		15.5	7.3	6.8	14.8
			% verschil t.o.v. referentie			
M1	Temperatuursetpoint	38.2 -14.0	-14	-14	-12	-14
M2	Temp. integratie 24 uur	41.9 -5.6	-2	-15	-12	-2
M3	RV-setpoint	43.3 -2.5	-2	-3	-3	-2
M4	Verhoging lichtintensiteit	nvt nvt	-	-	-	-
M5	Regeling op dauwpunt	45.4 2.3	+2	+3	+2	+2
M6	Energiescherm	42.2 -5.0	-6	-3	-3	-5
M7	Verdubbeling PAR	nvt nvt	-	-	-	-
M8	Verhoging buffercapaciteit	44.4 0.0	0	0	0	0
M9	Verdamping	43.9 -1.1	-1	-2	-2	-1
M10	Temp. integratie 72 uur	41.6 -6.3	-2	-17	-15	-2
M11	Isolatie	32 -27.9	-28	-30	-29	-26
M12	Lichtdoorlatendheid	43.2 -2.7	-3	-4	-3	-2
M13	Koeling	45.1 1.6	0	+5	+5	0

Tabel 33. *Mogelijke consequenties van de maatregelen op de groei en kwaliteit van Ficus, relatief t.o.v. de referentieteelt.*

Maatregel	Omschrijving	Productie	Kwaliteit
		% verschil t.o.v. de referentie	
M1	Temperatuursetpoint	- 8	+ 10
M2	Temp. integratie 24 uur	- 2	0
M3	RV-setpoint	+2	0
M4	Verhoging intensiteit belichting	nvt	nvt
M5	Regeling op dauwpunt	0	0
M6	Energiescherm kierregeling	+1	0
M7	Verdubbeling PAR van lampen	nvt	nvt
M8	Verhoging buffercapaciteit	0	0
M9	Verdamping	0	0
M10	Temp. integratie 72 uur	- 2	0
M11	Isolatie	+1	- 10
M12	Lichtdoorlatendheid	+8	+ 10
M13	Koeling	0	+ 5

Toelichting

M1. Temperatuur setpoint

De temperatuur zal het grootste gedeelte van de teeltperiode beperkend worden voor de toename van het versgewicht en van de lengte. Een afname van de temperatuur levert een productieafname op van ongeveer 5%/ °C (beneden 22°C). Daarboven nivelleert het effect. Ongeveer 21 weken in de winterperiode wordt een verschil gerealiseerd van 2°C, waarbij de temperatuur onder de 22 graden blijft. In de zomerperiode zal het effect minder zijn. Gemiddeld op jaarbasis is een vertraging te verwachten van 1–2 weken, en in de winterperiode zal dit 2-3 weken zijn. Dit levert een afname in productie van 8% (zie ook Figuur 36).

Door de lagere temperatuur in relatie tot de instraling zal de kwaliteit van het eindproduct beter zijn door een betere vertakking en zal in de winterperiode minder bladval optreden. Gezien de gerealiseerde RV is er geen effect op de ziektedruk te verwachten.

M2. Temperatuurintegratie (1 dag)

De verhoging van de teelttemperatuur vindt vooral plaats in de weken dat de temperatuur al boven de 22 °C is. Als gevolg van temperatuurveranderingen is daarom geen productieverhoging of verlaging te verwachten. De minimum waarden voor de CO₂ zijn echter wel lager in enkele weken dit kan 1 á 2% groei kosten.

Er is geen effect te verwachten op de kwaliteit.

M3. Verhogen van het RV-setpoint (5%)

De gerealiseerde effecten op het klimaat zijn minimaal. Er is een kleine verhoging van het CO₂-gehalte, waardoor 1-2% extra productie gerealiseerd kan worden.

Een hogere ziektedruk is niet te verwachten vanwege het uitblijven van een hogere RV, en overige kwaliteitsproblemen of verbeteringen zijn ook niet aannemelijk.

M4. Verhoging intensiteit van belichten

N.v.t.

M5. Inbrengen van een andere luchtvochtigheidsregeling (op basis van dauwpuntsverschillen)

Het inbrengen van een andere luchtvochtigheidsregeling op basis van dauwpuntsverschillen heeft geen effect op temperatuur, RV of CO₂-gehalte in de kas.

Zowel opbrengstverschillen als kwaliteitsverschillen zijn niet te verwachten.

M6. Inbrengen van een andere energieschermregeling

Het berekenende scenario heeft geen effect op temperatuur en RV. Een heel lichte stijging van het CO₂-gehalte kan verwacht worden, maar zal leiden tot zeer minimaal effecten (opbrengstverhoging 1%).

M7. Verhoging van het PAR rendement van de lampen (verdubbeling)

N.v.t.

M8. Verhogen van de Buffercapaciteit

Het CO₂-niveau neemt gemiddeld over het jaar niet toe. Dit kan te maken hebben met een grotere opname of door het ontbreken van warmtevraag. Onduidelijk is of er een effect zal zijn op de productie. Verder zijn er geen effecten op het klimaat, dus ook geen effecten op de groei.

Er is niet te verwachten dat er een effect op opbrengst en kwaliteit is.

M9. Verlaging van de plantverdamping (10%)

Het verlagen van de plantverdamping heeft geen effect op temperatuur en CO₂, maar de RV is gemiddeld lager dan bij de referentieteelt. De waarden blijven echter boven de 70% waardoor verwacht mag worden dat er geen effecten op de groei zijn.

Een lagere RV werkt licht positief op het voorkomen van bladval. In de kwalitatief moeilijke winterperiode is de RV is echter boven de 80%, waardoor er geen effect zal zijn.

M10. Temperatuurintegratie (3 dagen)

Het verschil in luchttemperatuur tussen de referentieteelt en deze variant is vrijwel nihil. Daarmee zullen de effecten op opbrengst a.g.v. temperatuur ook afwezig zijn. De gemiddelde waarden voor CO₂ liggen redelijk gelijk met de referentieteelt, maar de minimale CO₂-waarden liggen in de zomerperiode lager, waardoor wellicht toch een groei-vertraging op zal treden (2%).

Er is geen effect op de kwaliteit van Ficus te verwachten.

M11. Kasdek met een hogere isolatiewaarde

De hogere temperatuur in het voorjaar zal leiden tot een iets hogere opbrengst (+1%).

Als gevolg van de hogere RV zal kwaliteitsverlies optreden, veroorzaakt door meer bladval en een grotere kans op aantasting/uitbreiding van een trips en wolluisaantasting in najaar en voorjaar. De kwaliteitsverlies wordt geschat op ongeveer 10% (zie ook Figuur 36).

M12. Kasdek met hogere lichtdoorlatendheid

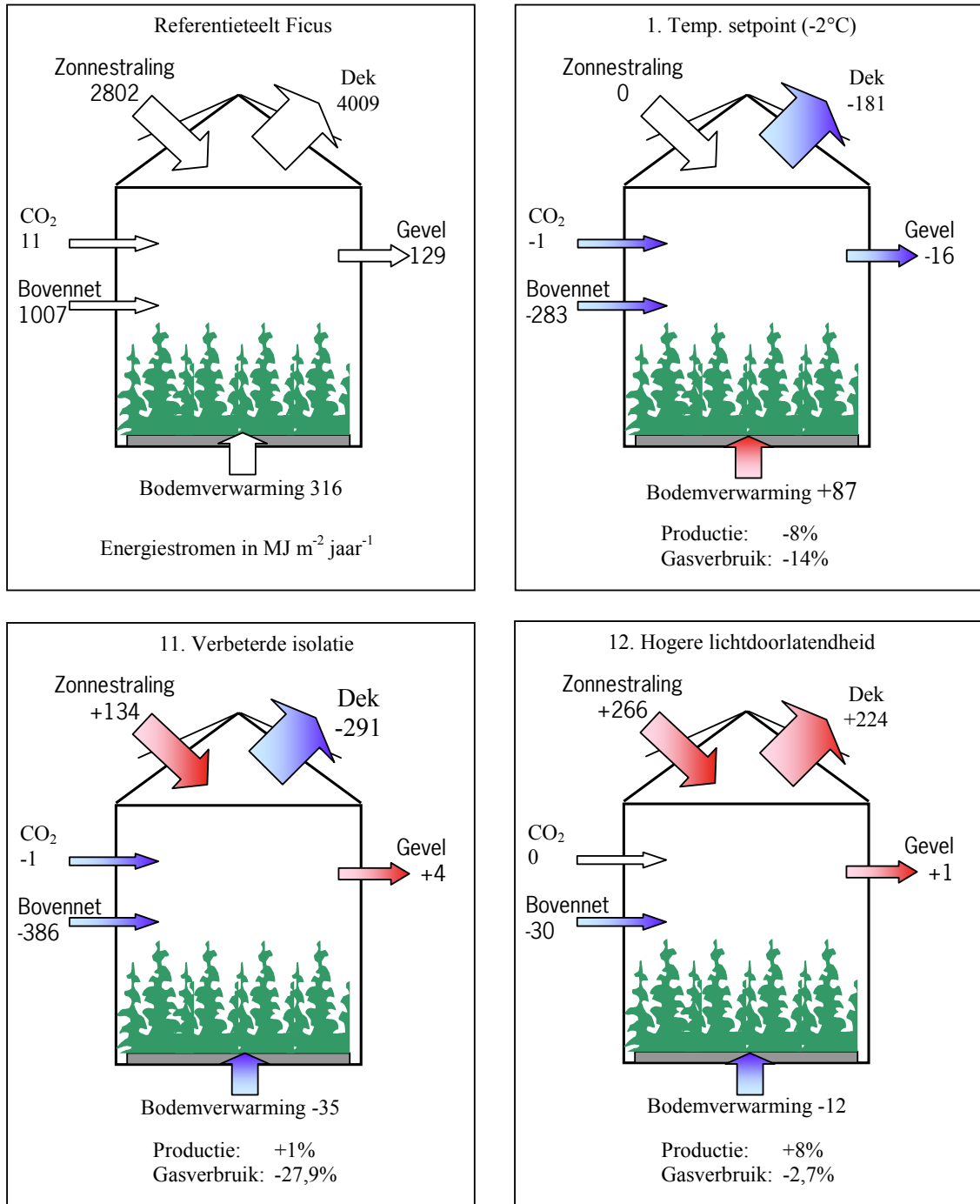
Er zij geen verschillen met de referentieteelt in temperatuur, CO₂ en RV. Het extra licht zal vooral in de winterperiode voor extra groei zorgen, en zal in de orde van zo'n 15% liggen. Gemiddeld over het jaar zal de productiewinst lager zijn (7-8%) (zie ook Figuur 36).

De winterkwaliteit van Ficus zal beter worden door minder bladval en betere vertakking. De toename in kwaliteit wordt op 10% geschat.

M13. Kaskoeling

De temperatuur in het voorjaar en najaar is iets lager dan bij de referentieteelt. Dit kost enige productie. De RV in de zomer is iets hoger, waardoor de productie iets toe zal nemen. Het totaaleffect zal ongeveer 0 zijn.

De RV wordt hoger in de zomerperiode door kaskoeling, maar zal het gewas zal kwalitatief weinig verbeteren. De iets lagere temperatuur zal voor iets beter vertakte plant zorgen met wat minder bladval.



Figuur 36. Energiestromen (in $\text{MJ m}^{-2} \text{jaar}^{-1}$) voor de referentieteelt ficus (links boven). Daarnaast zijn de absolute veranderingen (in $\text{MJ m}^{-2} \text{jaar}^{-1}$) van 3 energiebesparende maatregelen op de energiestromen weergegeven. Rood betekent een toename in de energiestromen, blauw betekent een afname, en een witte pijl betekent geen verandering t.o.v. de overeenkomstige energiestroom in de referentieteelt. Voor elke maatregel zijn de relatieve verandering (%) in de productie en energiebenutting t.o.v. de referentieteelt weergegeven. $32 \text{ MJ m}^{-2} \text{jaar}^{-1}$ komt overeen met 1 m^3 gasverbruik.

Gevolgen van energiebesparende maatregelen op bedrijfseconomie

Uit Tabel 34 blijkt dat de maatregelen 3, 6, 11 en 12 een positief saldo laten zien ten opzichte van de referentiesituatie. Een kasdek met een hogere lichttransmissie (12) scoort het hoogst met een positief saldo van ruim 3 euro m². Dit houdt verband met het grote effect van hogere lichttransmissie op de opbrengsten.

Bij de maatregelen 5, 8 en 9 houden de extra opbrengsten en extra kosten elkaar in evenwicht.

Het saldo van opbrengsten en kosten wordt duidelijk negatief beïnvloed door de maatregelen met een lagere temperatuursetpoint (1) en in mindere mate door ééndaagse en meerdaagse temperatuurintegratie (2 en 10). Bij maatregel 1 dalen weliswaar de energiekosten, maar leidt het ook tot een aanzienlijke opbrengstderving.

Van alle maatregelen leveren maatregel 5, 6 en 9 geen of weinig energiebesparing op. Bij maatregel 13 (kasdekkoeling) is sprake van een toename van het energieverbruik en daarmee van de energiekosten.

Tabel 34. Saldo van opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het verschil in saldi t.o.v. de referentie a.g.v. de energiebesparende maatregelen bij een hoge brandstofprijs en lage brandstofprijs en verschil in saldi a.g.v. productkwaliteitseffecten t.o.v. basisberekening (alle bedragen in euro m²).

Referentie niveau	Saldo van opbrengsten en kosten (euro m ²)		
	Hoge brandstofprijs	Lage brandstofprijs	Productkwaliteit
	64,78	68,59	
	Verschil t.o.v. referentie		Verschil t.o.v. basisberekening
1. Temperatuursetpoint	-2,62	-3,15	4,06
2. Temperatuurintegratie 1 dg	-0,76	-0,85	0
3. RV-setpoint	1,20	1,11	0
5. Regeling op dauwpunt	0,01	0,10	0
6. Energiescherm kierregeling	0,64	0,46	0
8. CO ₂ dosering	0,02	0,03	0
9. Verdamping	0,06	0,02	0
10. Temperatuurintegratie 3 dg	-0,63	-0,87	0
11. Isolatie	0,61	-0,45	-4,46
12. Lichtdoorlatendheid	3,14	3,04	4,77
13. Koeling*	-0,35	-0,28	2,21

* Excl. jaarkosten investering.

Brandstofprijs

De hoogte van de gasprijs heeft een matig effect op het economisch resultaat (Tabel 34). Bij een hogere gasprijs nemen in het algemeen de energiekosten ten opzichte van de referentie wat toe, waardoor het saldo wat daalt.

Fysieke productie

De fysieke productie wordt positief beïnvloed door de maatregelen 12, 3, 6 en 11, maar leidt bij maatregel 11 (verhoogde kasdekisolatie) niet tot een beter economisch resultaat bij een lage gasprijs. Een lagere temperatuursetpoint (1) en temperatuurintegratie (2 en 10) laten een substantiële productiedaling zien en daardoor ook een negatief saldo.

Productkwaliteit

Voor een viertal maatregelen (1, 11, 12 en 13) wordt effect op de productkwaliteit verwacht. Deze effecten werken sterk door in het saldo van opbrengsten en kosten in vergelijking met de basisberekening (Tabel 34). Positieve kwaliteitseffecten worden verwacht bij maatregel 1, 12 en 13. Daarentegen treden onder een meer geïsoleerd kasdek duidelijke negatieve effecten op, wat resulteert in een negatief saldo.

3.6.4 Conclusies m.b.t. Ficus

In het geval van minder warmteafgifte door temperatuur setpoint verlaging (M1), temperatuur integratie (M2, M10) of verbeterde isolatie (M11) is er veel energiewinst berekend voor Ficus. Gas wordt minder gebruikt t.o.v. de referentieteel in de zomermaanden bij toepassing van temperatuurintegratie (M2 en M10). De gevolgen van deze maatregelen verschillen echter voor wat betreft de productie en kwaliteit. Bij M1, M2 en M10 wordt een lagere productie berekend als gevolg van tragere ontwikkeling en groei bij lagere temperaturen.

Als gevolg van een beter geïsoleerde kas (M11) wordt bij een iets hogere opbrengst, meer bladval en aantasting door trips en wolluis verwacht, wat de kwaliteit nadelig beïnvloed. Onder een kasdek met een betere lichtdoorlatendheid (M12) is energiewinst haalbaar, vooral in de winter doordat er meer licht de kas inkomt en minder gas wordt gebruikt. Hierbij wordt vooral in de winter een grote toename in productie en kwaliteit (minder bladval en beter vertakking) verwacht.

Voor wat betreft de bedrijfseconomie, de maatregelen 3 (verhoging RV setpoint), 6 (schermkierregeling), 11 (verbeterde isolatie) en 12 (hogere lichtdoorlatendheid) blijken een positief saldo te hebben ten opzichte van de referentiesituatie. Een kasdek met een hogere lichttransmissie (M12) scoort het hoogst door het grote effect van hogere lichttransmissie op de opbrengsten.

Het saldo van opbrengsten en kosten wordt duidelijk negatief beïnvloed door de maatregelen met een lagere temperatuursetpoint (M1) en in mindere mate door ééndaagse en meerdaagse temperatuurintegratie (M2 en M10). Bij maatregel 1 dalen weliswaar de energiekosten, maar leidt het tot een aanzienlijke opbrengstderiving.

Van alle maatregelen leveren maatregel 5, 6 en 9 (luchtvochtigheid op dauwpunt, schermkierregeling en verlaging plantverdamping) geen of weinig energiebesparing op. Bij maatregel 13 (kasdekkoeeling) is sprake van een toename van het energieverbruik en daarmee van de energiekosten.

3.7 Freesia

3.7.1 Referentieteel

Kasklimaat

De kas heeft dezelfde afmetingen als beschreven bij het gewas sla. Het verwarmingssysteem heeft een ondernet van vijf \varnothing 28 mm pijpen per kap en een bovennet van 5 pijpen van \varnothing 51mm per twee kappen.

CO₂-dosering vindt plaats door middel van ketelrookgassen van zonopkomst tot een uur voor zonsondergang. De doseersnelheid is 90 kg h⁻¹ per ha en het setpoint voor de CO₂-concentratie in de kas is het gehele jaar 600 ppm.

Freesia wordt van 15 september tot 31 maart belicht met een gemiddeld (verschillend per teeltstadium) lampvermogen van 12.5 W m². De zonstralingsniveaus waarboven de lampen worden uitgeschakeld varieert met het seizoen en dat geldt ook voor de duur van de donkerperiode die begint om 17.00 uur.

In de periode van 15 mei tot 1 september wordt bij de Freesia grondkoeling gebruikt met een temperatuursetpoint voor de bodem van 16°C.

Er wordt een beweegbaar schaduw scherm dat gedeeltelijk transparant is gebruikt van het type LS 15. Dit scherm wordt gesloten bij buitentemperaturen onder 2 °C en bij minder dan 5 W m² zoninstraling.

Meer details over de setpoints zijn gegeven in de bijlagen.

Gewas- en teeltgegevens

Voor het gewas fresia is als referentie een jaarrondteelt genomen. In de referentieteelt van Freesia worden er 105 - 120 hoofdtakken m² jaar⁻¹ geoogst met daarnaast nog eens 240 haken oftewel zijtakken m² jaar⁻¹. Dat is in totaal ca. 360 takken Freesia per m² op jaarbasis.

3.7.2 Energiestromen Referentieteelt

Schema energiestromen

Voor de referentieteelt Freesia is in Tabel 35 een overzicht gemaakt van de belangrijkste energiestromen.

Tabel 35. Overzicht van de energiestromen van de referentieteelt Freesia.

Energiebronnen	Energie (MJ m ² jaar ⁻¹)				Totaal
	Straling	Convectie	Ventilatie voelbaar	Ventilatie latent	
Instraling zon, PAR/NIR lampen	2802				2802
Warmteafgifte ondernet	179	179			358
Warmteafgifte bovennet	27	27			54
Warmteafgifte lampen	50		50		100
Energietoevoer CO ₂ -dosering			4	4	8
<i>Totaal</i>					<i>3322</i>
Energie Tussenstations					
Verhoging luchttemperatuur	2318				2318
Verhoging bladtemperatuur					
Gewasverdamping	896				896
Energiebestemmingen					
Gewasfotosynthese					
Verlies via dek	969	-45	1339	879	3142
Verlies via gevel	33	-3			30
Verlies via bodem	359	-200			159
<i>Totaal</i>					<i>3331 *</i>

* Het verschil in energiebronnen (de kas in) en energiebestemmingen (de kas uit) is een gevolg van afrondingen.

De energie die door de vloerkoeling uit de kas wordt onttrokken is niet als aparte post opgevoerd. De systeemgrens ligt namelijk aan het bodemoppervlak. In de balans is deze energie verdisconteerd in de (daardoor hogere) verliespost via de bodem.

Bedrijfseconomie

Voor de uitgangspunten en berekeningswijze wordt verwezen naar Bijlage IV.

De productie van een referentieteelt Freesia bedraagt 360 takken m² (hoofdtakken en haken). Dit resulteert in een opbrengst van 52,06 euro m² bij een middenprijs van 14-15 eurocent per tak (Tabel 36).

De energiekosten voor de referentieteelt bedragen bij een gasverbruik van 12,9 m³ m² bij de hoge en de lage brandstofprijs 5,40 euro m² respectievelijk 4,29 euro m².

Tabel 36. Opbrengsten en kosten (euro m²) van de referentieteelt Freesia.

Post	Hoge brandstofprijs	Lage brandstofprijs
Opbrengst	52,06	52,06
Energiekosten	5,40	4,29
Arbeidskosten	14,82	14,82
Overige kosten	6,01	6,01
Jaarkosten investering ¹	-	-

¹ Niet bepaald.

De totale arbeidsbehoefte voor teeltgebonden arbeid bedraagt 860 uur per 1000 m², waarvan 260 uur gewasarbeid en 600 uur oogst en verwerking per 1000 m². Dit betekent voor een bedrijf van 4 ha 34.400 uur teeltgebonden arbeid per jaar. Per jaar is ca. 2400 uur aan algemene arbeid (4 ha).

3.7.3 Gevolgen van energiebesparende maatregelen bij Freesia

De consequenties van de in paragraaf 2.2 beschreven energiebesparende maatregelen voor energieverbruik, gewasproductie en -kwaliteit en economisch perspectief zijn onderzocht.

In Tabel 37 is een overzicht gegeven van de besparing in gasverbruik per energiebesparende maatregel.

Tabel 37. Gasverbruik van Freesia in de referentiesituatie ($m^3 m^{-2}$) in de vier kwartalen van het jaar. De gevolgen van energiebesparende maatregelen zijn gegeven t.o.v. de referentie (%).

		Gasverbruik per jaar ($m^3 m^{-2}$)		Gasverbruik per kwartaal ($m^3 m^{-2}$)			
				1 ^e	2 ^e	3 ^e	4 ^e
Referentie		12.9		4.2	2.0	2.8	3.9
			% verschil	% verschil t.o.v. referentie			
M1	Temperatuursetpoint	12	-7	-20	+3	+3	-4
M2	Temp. integratie 24 uur	12.2	-5.4	-9	-4	-3	-4
M3	RV-setpoint	9.3	-27.9	-18	-21	-45	-30
M4	Verhoging lichtintensiteit	11.8	-8.5	-11	0	0	-16
M5	Regeling op dauwpunt	13	0.8	+1	0	0	+1
M6	Energiescherm	12.1	-6.2	-14	0	0	-6
M7	Verdubbeling PAR	12.8	-0.8	0	0	0	0
M8	Verhoging buffercapaciteit	12.9	0	+1	0	0	0
M9	Verdamping	12.6	-2.3	-3	-2	-2	-3
M10	Temp. integratie 72 uur	12	-7	-12	-5	-3	-6
M11	Isolatie	10.5	-18.6	-30	-12	-5	-19
M12	Lichtdoorlatendheid	12.6	-2.3	-2	-3	-2	-2
M13	Koeling	13.3	3.1	+1	+2	+6	+2

Tabel 38. Mogelijke consequenties van de maatregelen op de groei en kwaliteit van Freesia.

Maatregel	Omschrijving	Productie	Kwaliteit
		% verschil t.o.v. de referentie	
M1	Temperatuursetpoint	-5%	0
M2	Temp. integratie 24 uur	0	0
M3	RV-setpoint	-15%	(Botrytis)
M4	Verhoging intensiteit belichting	+10% (winter)	+
M5	Regeling op dauwpunt	+	+
M6	Energiescherm kierregeling	-15%	(Botrytis)
M7	Verdubbeling PAR van lampen	+10% (winter)	+
M8	Verhoging buffercapaciteit	+	+
M9	Verdamping	0	0
M10	Temp. integratie 72 uur	0	0
M11	Isolatie	0	0
M12	Lichtdoorlatendheid	+	+
M13	Koeling	+ (zomer en herfst)	0

Toelichting

M1. Temperatuur setpoint.

In het winterseizoen zal bij een setpoint verlaging van 2 graden een vertraging in de teelt ontstaan van ca. 1 maand, wat resulteert in een productieafname van ongeveer 5% (zie ook Figuur 37).

M2. Temperatuurintegratie (1 dag)

Tussen oktober 2002 en januari 2003 is in het experimentele onderzoek bij PPO gewerkt met een temperatuurintegratie van 7 dagen met een bandbreedte van 8°C. Deze behandeling heeft de productie en kwaliteit niet negatief beïnvloedt, en daarom zal deze temperatuurintegratie (2 °C voor 24 uur) dat ook niet doen.

M3. Verhogen van het RV-setpoint (5%)

De relatieve luchtvochtigheid in de kassen is al hoog in het stookseizoen (zie ook Figuur 37). Met een verhoging van 5% neemt de kans op Botrytis sterk toe.

M4. Verhoging intensiteit van belichten

Belichten (5000 lux) van Freesia resulteert in een verkorting van de teelt, iets zwaardere takken en geen verdroging van de haken (zie ook Figuur 37).

M5. Inbrengen van een andere luchtvochtigheidsregeling (op basis van dauwpuntsverschillen)

Bij koude teelten staan de luchtramen open zolang het niet vriest. Dus als het niet vriest, is er geen luchtvochtigheidsregeling aanwezig. Alleen als de RV meer dan 92% is, gaan de luchtramen verder open, of er wordt een minimumbuis-regeling gebruikt.

M6. Inbrengen van een andere energieschermregeling

In de winter wordt geschermd, 1 uur na zonsopgang en 1 uur voor zonsondergang. Er zijn geen negatieve effecten te verwachten hierdoor, wel als meer geschermd wordt. In dat geval kan er verhoging in de RV optreden met meer kans op Botrytis.

M7. Verhoging van het PAR rendement van de lampen (verdubbeling)

Lampen met een hoger rendement betekent dat er minder lampen worden opgehangen, met lagere kosten en energiebesparing als consequenties. In de literatuur is de 1% lichtregel m.b.t. Freesia niet eenduidig, maar algemeen mag verwacht worden dat een verhoging van het PAR rendement een toename in productie zal betekenen.

M8. Verhogen van de Buffercapaciteit

Er wordt weinig gestookt in de freesiateelt, dus er zal ook weinig CO₂ met rookgassen gedoseerd worden. Het gebruik van zuivere CO₂ komt niet voor in de praktijk. Er is wel een positief effect bij zuivere CO₂ te verwachten in de zomerperiode. Een hogere productie van 10% is mogelijk met een goede kwaliteit. Dit komt vooral tot uiting in zwaardere takken.

M9. Verlaging van de plantverdamping (10%)

In vergelijking met de referentiateelt zal het gewas zachter worden met mogelijk kwaliteitsverlies. Een schatting van de grootte van het effect is moeilijk te maken, omdat er weinig bekend is over de verdamping van een vrijwel niet gestookte teelt als Freesia.

M10. Temperatuurintegratie (3 dagen)

Zie M2.

M11. Kasdek met een hogere isolatiewaarde

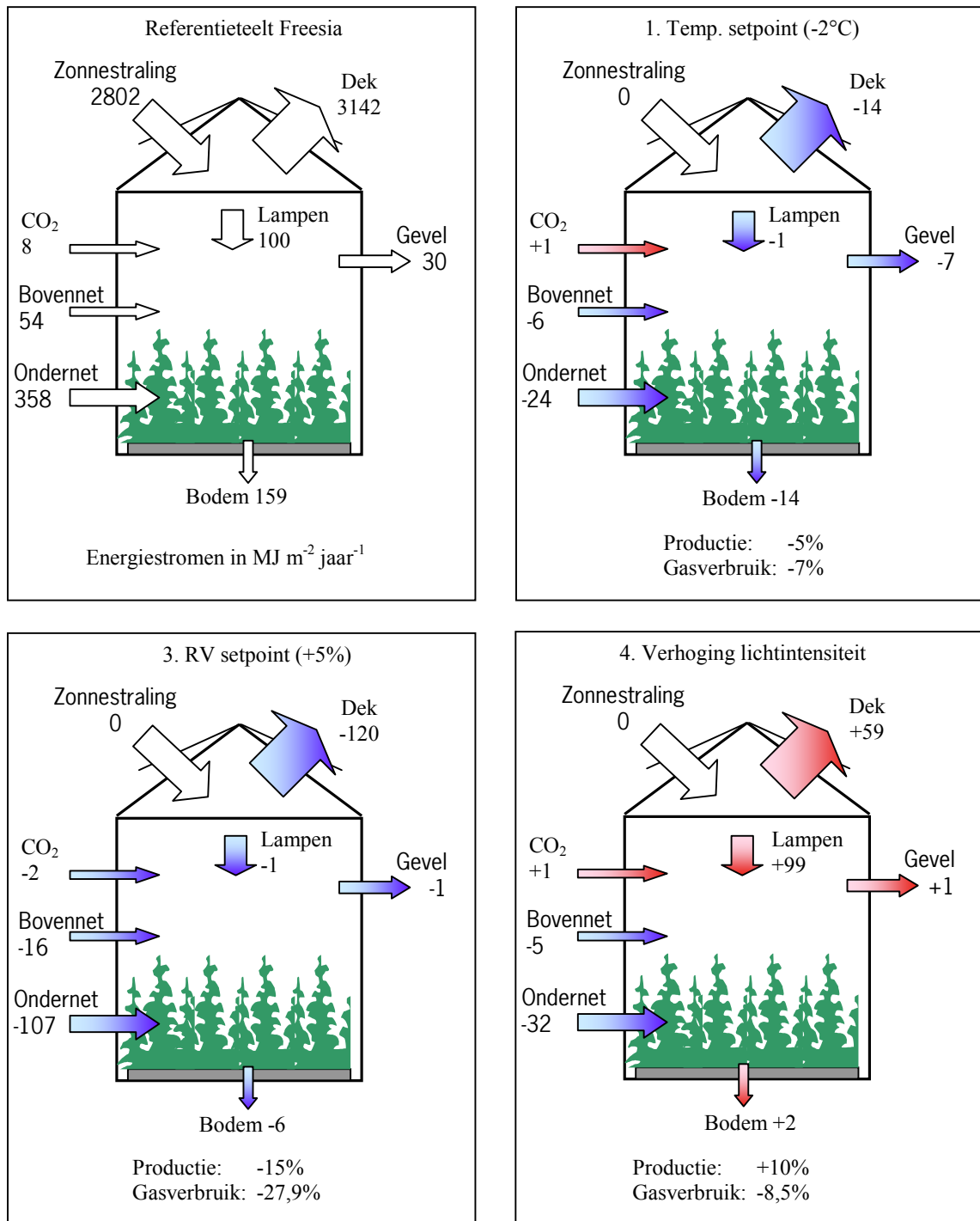
Als een hogere isolatiewaarde van het kasdek leidt tot een hogere temperatuur in de zomer, dan zal het negatieve gevolgen hebben, zie M1. Als het tevens leidt tot een verlaging van de ventilatie frequentie, zal dit in de teelt tot problemen leiden. Hogere temperaturen resulteren in vertraging in de knopaanleg, teeltduur en verlenging van de oogstperiode.

M12. Kasdek met hogere lichtdoorlatendheid

Teveel licht wordt nu al in de zomer weggeschermd, omdat dit tot ongewenste ruimte- en bodemtemperaturen leidt. Als de gewenste temperatuur kan worden gehandhaafd zal deze maatregel een positief effect hebben op de productie (meer knollen per m²) met gelijk stengelgewicht en kwaliteit.

M13. Kaskoeling

Deze maatregel zal een zeer positief effect hebben in een warme zomer, zie 1.



Figuur 37. Energiestromen (in MJ m² jaar⁻¹) voor de referentieteelt freesia (links boven). Daarnaast zijn de absolute veranderingen (in MJ m² jaar⁻¹) van 3 energiebesparende maatregelen op de energiestromen weergegeven. Rood betekent een toename in de energiestromen, blauw betekent een afname, en een witte pijl betekent geen verandering t.o.v. de overeenkomstige energiestroom in de referentieteelt. Voor elke maatregel zijn de relatieve verandering (%) in de productie en energiebenutting t.o.v. de referentieteelt weergegeven. 32 MJ m² jaar⁻¹ komt overeen met 1 m³ gasverbruik.

Gevolgen van energiebesparende maatregelen op bedrijfseconomie

Uit Tabel 39 blijkt dat de maatregelen 1 en 7 een positief saldo laten zien ten opzichte van de referentiesituatie en wordt vooral bepaald door de toename van de geldopbrengsten. Bij beide maatregelen nemen echter de energiekosten toe. Bij maatregel 7 (verdubbelen PAR rendement) zijn de extra investeringen nog niet verdisconteerd. Het positieve saldo levert een investeringsruimte op van 1,35-1,40 euro m². Dit zal waarschijnlijk niet toereikend zijn. De overige maatregelen behalen een slechter economisch resultaat dan de referentietoestand en in bijzonder de maatregelen 3, 6, 4 en 11.

Tabel 39. Saldo van opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het verschil in saldi t.o.v. de referentie a.g.v. de energiebesparende maatregelen bij een hoge brandstofprijs en lage brandstofprijs (alle bedragen in euro m²).

	Saldo van opbrengsten en kosten (euro m ²)	
	Hoge brandstofprijs	Lage brandstofprijs
Referentie niveau	25,84	26,95
	Verschil t.o.v. referentie	
1. Temperatuursetpoint	1,16	1,09
2. Temperatuurintegratie 1 dg	-0,75	-0,81
3. RV-setpoint	-5,11	-5,42
4. Verhoging lichtintensiteit	-2,56	-2,66
5. Regeling op dauwpunt	-0,83	-0,82
6. Energiescherm kierregeling	-4,91	-4,98
7. Verdubbelen PAR lamp*	0,24	0,23
8. Verhoging buffercapaciteit	-1,02	-1,02
9. Verdamping	-0,80	-0,83
10. Temperatuurintegratie 3 dg	-0,70	-0,78
11. Isolatie	-2,62	-2,82
12. Lichtdoorlatendheid	-1,96	-1,98
13. Koeling*	-0,87	-0,84

* Excl. jaarkosten investering.

Brandstofprijs

De hoogte van de gasprijs heeft een matig effect op het economisch resultaat (Tabel 39). Dit wordt verklaard door het lage energieverbruik, waardoor gasprijsveranderingen minder sterk tot uitdrukking komen.

Fysieke productie

De fysieke productie wordt positief beïnvloed door de maatregelen 1, 4 en 7. Bij maatregel 4 (verhogen belichtingsintensiteit) leidt dit niet tot een beter economisch resultaat, waarbij de kosten van netverzwaring nog niet zijn verdisconteerd. De maatregelen verhogen RV-setpoint (3) en scherm kierregeling (6) vertonen een opvallend sterke daling van de geldopbrengsten en bepalen daardoor het grote negatieve resultaat ten opzichte van de referentie. De overige maatregelen hebben weinig effect op het productieniveau.

Productkwaliteit

Voor de verschillende maatregelen zijn de effecten op de productkwaliteit niet gekwantificeerd en dus niet vertaald naar hun impact op het economische resultaat.

3.7.4 Conclusies m.b.t. Freesia

Het toepassen van een groot aantal van deze energiebesparende maatregelen bij Freesia leidt niet alleen tot energiewinst, maar ook tot verbeteringen van productie en kwaliteit. Wanneer bij Freesia assimilatiebelichting wordt toegepast (M4 en M7), wordt zowel de productie als de kwaliteit in de winter verhoogd als gevolg van teeltduur verkorting en zwaardere takken.

In principe zal meer licht in de kas (M12) resulteren in een hogere productie maar toepassen van deze maatregel gaat gepaard met een verhoogde lucht- en bodemtemperatuur. Bij Freesia wordt een lager temperatuur gewenst, en indien deze wel gehandhaafd kan worden, worden er meer takken geproduceerd.

Freesia is erg gevoelig voor *Botrytis* bij verhoogde RV, waardoor bij toepassing van deze maatregel (M3), minder gas wordt gebruikt (-28%), maar de productievermindering wordt geschat op 15%.

Maatregelen 1 (verlaging temperatuur setpoint) en 7 (verdubbeling PAR) laten een positief bedrijfseconomische saldo zien ten opzichte van de referentiesituatie en wordt vooral bepaald door de toename van de geldopbrengsten. Bij beide maatregelen nemen de energiekosten echter toe. Bij maatregel 7 (verdubbelen PAR rendement) zijn de extra investeringen niet verdisconteerd en de positieve saldo zal waarschijnlijk niet toereikend zijn.

De overige maatregelen behalen een slechter economisch resultaat dan de referentieteel.

3.8 Spatiphyllum

3.8.1 Referentieteel

Kasklimaat

De kas heeft dezelfde afmetingen als beschreven bij het gewas tomaat.

Het verwarmingssysteem is opgebouwd uit een verwarmde betonvloer en 4 pijpen van \varnothing 51mm per kap.

CO₂ dosering vindt plaats door middel van ketelrookgassen van zonopkomst tot een uur voor zonsondergang. De doseersnelheid is 120 kg h⁻¹ per ha en het setpoint voor de CO₂-concentratie in de kas is 500 ppm.

Spatiphyllum wordt belicht met een lampvermogen van 12 W m². Boven zonstralingsniveaus van 100 W m² worden de lampen uitgeschakeld en tussen 20.00 en 24.00 uur zijn de lampen ook uit.

Er wordt een transparant beweegbaar dubbel scherm gebruikt bestaande uit een combinatie van het type SLS 10 ultra plus en LS17 dat geopend wordt bij stralingsniveaus boven 100 W m² en buitentemperaturen boven 10°C.

Meer details over de setpoints zijn gegeven in de bijlagen.

Gewas- en teeltgegevens

Voor het gewas Spatiphyllum is de referentie een jaarrondteelt. In de referentieteel van Spatiphyllum is een plant van 12 cm hoog. De teeltduur is \pm 20 weken, verdeeld in twee fasen. De duur van beide fasen bedraagt 10 weken. In de eerste fase worden 70 planten m² geteeld en in de tweede fase 24 planten m².

3.8.2 Energiestromen Referentieteel

Schema energiestromen

Voor de referentieteel Spatiphyllum is in Tabel 40 een overzicht gemaakt van de belangrijkste energiestromen.

Tabel 40. Overzicht van de energiestromen van de referentieteelt *Spatiphyllum*.

Energiebronnen	Energie (MJ m ² jaar ⁻¹)				Totaal
	Straling	Convectie	Ventilatie voelbaar	latent	
Instraling zon, PAR/NIR lampen	2802				2802
Warmteafgifte ondernet	0	0			0
Warmteafgifte bovennet	431	430			861
Warmteafgifte lampen	99		100		199
Energietoevoer CO ₂ -dosering			8	8	16
<i>Totaal</i>					<i>3878</i>
Energie Tussenstations					
Verhoging luchttemperatuur		2256			
Verhoging bladtemperatuur					
Gewasverdamping	1407				
Energiebestemmingen					
Gewasfotosynthese					
Verlies via dek	1530	860	829	1026	4245
Verlies via gevel	65	73			138
Verlies via bodem	-187	-316			-503
<i>Totaal</i>					<i>3880</i>

De energie die door de vloerverwarming in de kas wordt gebracht is niet als aparte post opgevoerd. De systeemgrens ligt namelijk aan het bodemoppervlak. In de balans is deze energie verdisconteerd in de (daardoor lagere) verliespost via de bodem.

Bedrijfseconomie

Voor de uitgangspunten en berekeningswijze wordt verwezen naar Bijlage IV.

De productie van een referentieteelt *Spatiphyllum* bedraagt omgerekend 92,9 afgeleverde planten m². Dit resulteert in een opbrengst van 96,14 euro m² bij een middenprijs van 1,03 euro per plant.

De energiekosten voor de referentieteelt bedragen bij een gasverbruik van 46,5 m³ m² bij de hoge en de lage brandstofprijs 13,92 euro m² respectievelijk 9,98 euro m².

Tabel 41. Opbrengsten en kosten (euro m²) van de referentieteelt *Spatiphyllum*.

Post	Hoge brandstofprijs	Lage brandstofprijs
Opbrengst	96,14	96,14
Energiekosten	13,92	9,98
Arbeidskosten	6,12	6,12
Overige kosten ¹	58,18	58,18
Jaarkosten investering ²	-	-

¹⁾ Incl. overige teeltkosten.

²⁾ Niet bepaald.

De totale arbeidsbehoefte voor teeltgebonden arbeid bedraagt 23,8 uur per 1000 m² en bestaat voor het merendeel uit oogst en verwerkingswerkzaamheden. Dit betekent voor een bedrijf van 4 ha 12.380 uur teeltgebonden arbeid per jaar. Per jaar is ca. 2400 uur aan algemene arbeid (4 ha).

3.8.3 Gevolgen van energiebesparende maatregelen bij Spatiphyllum

De consequenties van een aantal energiebesparende maatregelen voor energieverbruik, gewasproductie en -kwaliteit en economisch perspectief zijn onderzocht. Bij maatregel 6 wordt het (dubbele) scherm gesloten bij de volgende combinatie van buitentemperaturen en straling: bij -15 °C onder 500 W m²; bij -4 °C onder 220 W m²; bij 8 °C onder 60 W m², en boven 10 °C onder 1 W m².

In Tabel 42 is een overzicht gegeven van de gasverbruik per energiebesparende maatregel

Tabel 42. Gasverbruik van Spatiphyllum in de referentiesituatie (m³ m⁻²) in de vier kwartalen van het jaar. De gevolgen van energiebesparende maatregelen zijn gegeven t.o.v. de referentie (%).

	Gasverbruik per jaar (m ³ m ⁻²)	Gasverbruik per kwartaal (m ³ m ⁻²)					
		1 ^e	2 ^e	3 ^e	4 ^e		
Referentie	46.5	15.8	7.8	7.7	15.2		
	% verschil	% verschil t.o.v. referentie					
M1	Temperatuursetpoint	45.8	-1.5	-6	+4	+6	-3
M2	Temp. integratie 24 uur	46.5	0.0	-1	-1	+1	0
M3	RV-setpoint	44.5	-4.3	-6	-2	-1	-6
M4	Verhoging lichtintensiteit	44.1	-5.2	-6	-4	-2	-6
M5	Regeling op dauwpunt	46.6	0.2	0	0	0	0
M6	Energiescherm	45.1	-3.0	-5	-1	0	-3
M7	Verdubbeling PAR	48.5	4.3	+5	+3	+2	+5
M8	Verhoging buffercapaciteit	46.5	0.0	0	0	0	0
M9	Verdamping	45.7	-1.7	-2	-1	-1	-2
M10	Temp. integratie 72 uur	46.4	-0.2	-1	-1	+1	0
M11	Isolatie	39.4	-15.3	-19	-11	-9	-17
M12	Lichtdoorlatendheid	45.6	-1.9	-2	-3	-2	-2
M13	Koeling	47.8	2.8	+2	+6	+5	+1

Effecten van energiebesparende maatregelen op productie en op productkwaliteit

In het algemeen laten de berekeningen geen grote verschillen zien. Belangrijker echter zijn de gerealiseerde verschillen in productie op bepaalde tijdstippen of in bepaalde tijden van het jaar. Om dit te ondervangen is per onderdeel teeltinformatie gegeven uit verschillende onderzoeken met Spatiphyllum door de jaren heen.

M1. Temperatuur setpoint.

Verlagen van het temperatuursetpoint met 2 °C vertraagt de groei van Spatiphyllum, en bij een gemiddelde verschil van 2 °C wordt verwacht dat de teeltduur ongeveer 3 weken langer wordt. Verlaging van de temperatuur zal ook resulteren in een afname van het vers- en drooggewicht van de plant (zie ook Figuur 38). Temperaturen onder de 14 graden geven 'koudeschade', temperaturen boven de 25 graden resulteren in bloeiuitstel.

De berekende uitkomsten laten een gemiddelde temperatuurverlaging over het jaar zien van 1.1 graad, een RV-verlaging van 1.3%, een verlaging van CO₂-gem van 7 ppm.

M2. Temperatuurintegratie (1 dag)

Toepassing van temperatuurintegratie (verhoging van de bandbreedte met 2°C) zodat de temperatuursom gelijk blijft over een periode van 24 uur heeft geen invloed op de productie. Extreme temperatuurintegratie, dus wanneer de bandbreedte (veel) groter is dan 2°C, resulteert in een vertraging van de bloei. Er is ook geen invloed op de productkwaliteit te verwachten, mits de dag- of nachttemperaturen niet vaak en lang boven de 25 °C komen, omdat dit bloeiuitstel en meer bruine bladpunten (droge bladpunten) geeft. De kwaliteit wordt ook niet nadelig beïnvloed zolang de temperatuur niet onder de 14°C komt, omdat dat bladdeformatie, minder groei en uiteindelijk afsterven tot gevolg heeft.

M3. Verhogen van het RV-setpoint (5%)

Een verhoging van de RV-setpoint met 5% zal geen negatieve invloed hebben op de productie, maar kan wel leiden tot kwaliteitsverlies. Verhogen van het RV-setpoint geeft vooral hogere RV's van week 46 t/m week 12. Door langere perioden met hoge RV's (> 90%) ontstaan vooral in combinatie met hoge potttemperaturen zgn. 'natte' bladpunten. De plant kan een teveel aan vocht niet afvoeren, omdat er te weinig verdamping plaatsvindt. Op dat moment kunnen de cellen barsten en lopen de intercellulaire holtes vol. De opengebarsten cellen verkleuren bruin en geven de bruine bladpunten of bladranden.

M4. Verhoging intensiteit van belichten

In principe zou maatregel 4 alleen voor roos en chrysant gelden, maar effecten ervan kunnen ook verwacht worden in spatiphyllum. De teeltduur zal verkort worden met 1-2 weken, maar als assimilatiebelichting wordt toegepast, geeft het meer groei door meer en zwaardere scheuten per plant met donkerder blad.

Overmatige assimilatiebelichting op jonge planten uit zich in onregelmatig bobbelig, donkergroen bladeren. Dit ontstaat door een overmaat aan assimilaten, die als zetmeel worden opgeslagen in blad en vanuit de literatuur is bekend dat harder blad ontstaat bij Spatiphyllum onder assimilatiebelichting. Bij hogere belichtingsintensiteiten ($50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \pm 4200 \text{ lux}$) en bij langere belichtingsduur kan lichtgroene tot lichtgele bladverkleuring optreden en dat leidt uiteindelijk tot lichtgroene of zelfs gele planten. Deze bladverkleuring ontstaat omdat de plant door een overschot aan assimilaten en energie overgaat tot herverdeling of zelfs afbraak van chlorofyl.

M5. Inbrengen van een andere luchtvochtigheidsregeling (op basis van dauwpuntsverschillen)

Omdat de verschillen met de referentieteeelt klein zijn, is er geen verandering in de productie en kwaliteit te verwachten.

M6. Inbrengen van een andere energieschermregeling

Er zijn vrijwel geen verschillen te zien in temperatuur en RV bij een schermkierregeling in stappen, daarom is er ook geen invloeden op productie en kwaliteit te verwachten (zie ook Figuur 38).

M7. Verhoging van het PAR rendement van de lampen (verdubbeling)

Hiervoor geldt hetzelfde als maatregel 4.

M8. Verhogen van de Buffercapaciteit

Een verhoging van de buffer, en dus de Buffercapaciteit met een factor 1.5 leidt niet tot een verandering in de productie, maar resulteert in zwaardere planten (meer vers- en drooggewicht). Een verhoging van de CO₂-concentratie tussen week 15-40 zou interessant zijn, omdat daar CO₂ limiterend kan zijn ten opzichte van de instraling.

M9. Verlaging van de plantverdamping (10%)

Er is geen invloed op de productie te verwachten door een verlaging van de plantverdamping, maar de kwaliteit is erg afhankelijk van de gerealiseerde temperaturen en vochniveaus. De klimaatberekeningen laten geen grote RV-verlaging zien, maar wanneer die wel lager wordt, zou het kunnen resulteren in kwaliteitsverlies met verbranding van bladranden enerzijds door het niet kunnen afvoeren van het teveel aan vocht, en anderzijds door het te weinig kunnen aanvoeren van voedingselementen. Hierdoor worden de bladranden zwak en necrotisch. Eventueel zou het nog problemen kunnen geven bij de groei en bloei als de planttemperatuur te hoog oploopt.

M10. Temperatuurintegratie (3 dagen)

Toepassing van temperatuurintegratie (verhoging van de bandbreedte met 2°C) zodat de temperatuursom gelijk blijft over een periode van 3 dagen heeft geen invloed op de productie. Bij een temperatuurintegratie van 3 dagen waarbij de extremen groter mogen zijn en langer mogen duren, kan vertraging van de bloei optreden. Wanneer de dag- of nachttemperaturen vaker en langer boven de 25 °C komen, mag ook een vermindering van de kwaliteit verwacht worden, dat zich uit in bloeiuitsel en meer bruine bladpunten (droge bladpunten). Temperaturen onder de 14°C kunnen aanleiding geven tot bladdeformatie, minder groei en uiteindelijk afsterven.

M11. Kasdek met een hogere isolatiewaarde

Bij een 10% hoger isolatiewaarde bij gelijke transmissie van de globale straling laten berekeningen een hogere temperatuur zien en gelijkblijvend vocht, met een iets lagere maximale CO₂ concentratie in de kas. Dit zal leiden tot een teeltversnelling van 1 week zonder nadelig gevolgen voor de kwaliteit. De hogere temperatuur hoeft geen probleem te zijn voor de vegetatieve groei (zie ook Figuur 38). Voor de bloei wil men liefst zo weinig mogelijk temperaturen boven de 25°C. Een gelijkblijvend vochniveau is goed voor het gewas en een verschil in CO₂-niveau is niet heel belangrijk omdat het verschil vooral in de winter is en dan is er toch al genoeg CO₂.

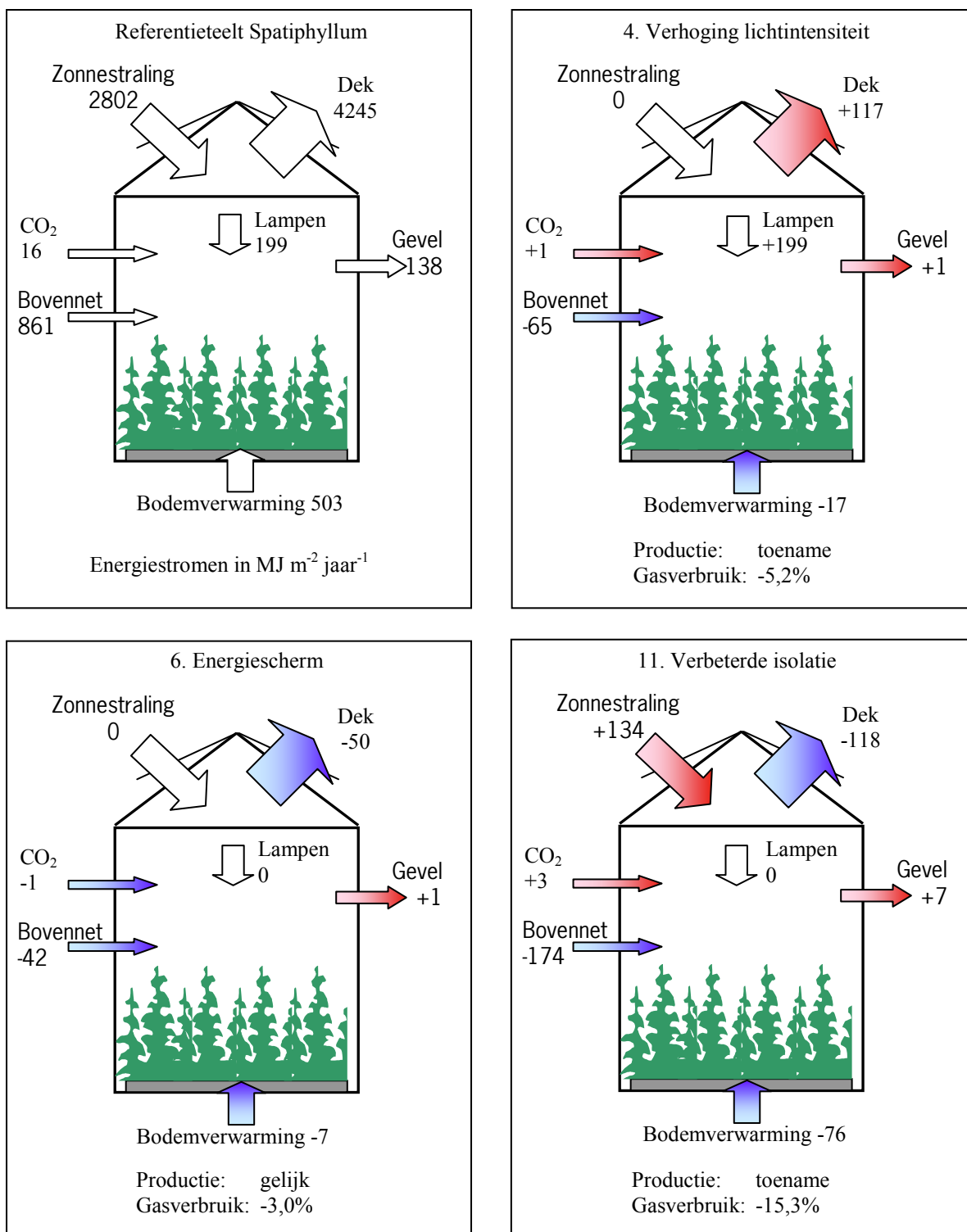
M12. Kasdek met hogere lichtdoorlatendheid

De berekeningen laten geen grote verschillen zien bij een 10% hogere transmissie van de globale straling bij gelijke isolatiewaarde. In theorie zou de hogere lichtdoorlatendheid effecten op de productie en kwaliteit moeten hebben. De hogere lichtdoorlatendheid heeft als consequentie dat globaal tussen week 42 en week 10 een teeltduurversnelling op zal treden omdat de planten meer licht zullen ontvangen, waardoor ze sneller groeien, zwaarder worden en eerder met gibbereline behandeld kunnen worden.

Meer licht leidt tot een toename in de kwaliteit tussen week 42 en week 10. Voor een goede teelt in de rest van het jaar zal er eerder (in februari) en zwaarder gekrijt/geschermd moeten worden om kwaliteitsproblemen te voorkomen. De kwaliteit wordt m.n. door bladranden verminderd. Wanneer bladranden optreden worden de arbeidskosten hoger, en kunnen de planten niet geveild worden.

M13. Kaskoeling

Omdat de temperatuur in het voorjaar en najaar iets lager is dan bij de referentieteelt kost dit enige productie. De RV in de zomer is iets hoger, waardoor de productie iets toe zal nemen. Het totaal effect zal ongeveer 0 zijn. De RV wordt hoger in de zomerperiode door kaskoeling, maar zal het gewas zal kwalitatief weinig verbeteren.



Figuur 38. Energiestromen (in MJ m² jaar¹) voor de referentieteelst spatiphyllum (links boven). Daarnaast zijn de absolute veranderingen (in MJ m² jaar¹) van 3 energiebesparende maatregelen op de energiestromen weergegeven. Rood betekent een toename in de energiestromen, blauw betekent een afname, en een witte pijl betekent geen verandering t.o.v. de overeenkomstige energiestroom in de referentieteelst. Voor elke maatregel zijn de relatieve verandering (%) in de productie en energiebenutting t.o.v. de referentieteelst weergegeven. 32 MJ m² jaar¹ komt overeen met 1 m³ gasverbruik.

Gevolgen van energiebesparende maatregelen op bedrijfseconomie

Uit Tabel 43 blijkt dat maatregel 7 een duidelijk positief saldo laat zien en in mindere mate de maatregelen 2, 3 en 11. De laatste drie maatregelen behalen wel lagere energiekosten. Dit in tegenstelling tot maatregel 7, die een toename vertoont. In het saldo van maatregel 7 is nog geen rekening gehouden met extra investeringen t.b.v. het verdubbelen van het PAR rendement. De investeringsruimte bedraagt 13-14 euro per m² en lijkt voldoende om de maatregel interessant te laten zijn.

Bij de maatregelen 5, 8, 9 en 10 houden de extra opbrengsten en extra kosten elkaar min of meer in evenwicht. De overige maatregelen behalen een slechter economisch resultaat dan de referentietoestand en in bijzonder de maatregelen 1 en 4.

Tabel 43. Saldo van opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het verschil in saldi t.o.v. de referentie a.g.v. de energiebesparende maatregelen bij een hoge brandstofprijs en lage brandstofprijs (alle bedragen in euro m²).

Referentie niveau	Saldo van opbrengsten en kosten (euro m ²)	
	Hoge brandstofprijs	Lage brandstofprijs
	17,93	21,87
	Verschil t.o.v. referentie	
1. Temperatuursetpoint	-3,72	-3,77
2. Temp. integratie 24 uur	0,17	0,17
3. RV-setpoint	0,57	0,41
4. Verhoging lichtintensiteit	-2,06	-2,26
5. Regeling op dauwpunt	-0,11	-0,09
6. Energiescherm kierregeling	0,48	0,36
7. Verdubbelen PAR lamp*	2,20	2,43
8. Verhoging buffercapaciteit	-0,14	-0,08
9. Verdamping	-0,11	-0,12
10. Temp. integratie 72 uur	-0,01	0,03
11. Isolatie	0,73	0,17
12. Lichtdoorlatendheid	-0,23	-0,26
13. Koeling*	-0,21	-0,14

* Excl. jaarkosten investering.

Brandstofprijs

De hoogte van de gasprijs heeft een matig tot redelijk effect op het economisch resultaat (Tabel 43). Bij een hogere gasprijs veranderen in het algemeen de energiekosten ten opzichte van de referentie sterker, ongeacht of het een energiebesparing of een toename betreft.

Fysieke productie

De fysieke productie wordt positief beïnvloed door de maatregelen 4, 7, 11 en 12. Bij maatregel 4 (verhogen belichtingsintensiteit) en 12 (hogere lichttransmissie) leidt dit niet tot een beter economisch resultaat; bij maatregel 4 zijn de kosten van netverzwaring hierin nog niet betrokken. Een temperatuursetpointverlaging laat een aanzienlijke opbrengstdaling zien (ca. 12 euro m²). Dit verklaart het grote negatieve resultaat ten opzichte van de referentie. De overige maatregelen hebben weinig of geen effect op het productieniveau.

Productkwaliteit

Voor de verschillende maatregelen zijn de effecten op de productkwaliteit niet gekwantificeerd en dus niet vertaald naar hun impact op het economische resultaat.

3.8.4 Conclusies m.b.t. Spatiphyllum

De productie wordt positief beïnvloedt door M4 (hoger lichtintensiteit), M7 (verdubbeling PAR), M11 (verbeterde isolatie) en M12 (hogere lichtdoorlatendheid). Bij meer licht (M4) wordt er ruim 4% minder gasverbruik berekend en meer licht zou in principe de teeltduur met enkele weken verkorten. Spatiphyllum heeft echter een lage lichtbehoefte waardoor er kwaliteitsverminderingen (onregelmatig, donkere bladeren) te verwachten zijn bij toepassen van deze maatregel. Een verbeterde kasdekisolatie is voor Spatiphyllum een voordelige maatregel omdat het de teeltduur verkort met één week, terwijl veel minder gas gebruikt hoeft te worden. De kwaliteit blijft gehandhaafd.

Voor wat betreft de bedrijfseconomie, M7 (verdubbeling PAR) blijkt een duidelijk positief saldo te laten zien en in mindere mate de maatregelen 2, 3 en 11 (24 uren temperatuurintegratie, verhoging RV setpoint en verbeterde isolatie). De laatste drie maatregelen behalen wel lagere energiekosten, in tegenstelling tot M7, dat een toename vertoont. In het saldo van maatregel 7 is nog geen rekening gehouden met extra investeringen t.b.v. het verdubbelen van het PAR rendement, maar de investeringsruimte lijkt voldoende om de maatregel interessant te laten zijn. Vooral de maatregelen 1 en 4 (verlaging temperatuur setpoint en verhoging lichtintensiteit) behalen een slechter economisch resultaat dan de referentieteelt.

4. Discussie

Een goede inschatting van de mogelijkheden van energiebesparing in de glastuinbouw is nodig om een helder overzicht te krijgen van de belangrijkste energiestromen in de kas. Door het nemen van (energiebesparende) maatregelen in de kas veranderen deze energiestromen in meer of minder mate.

Hierdoor wordt het kasklimaat beïnvloedt en daarmee de condities voor fotosynthese en groei, wat gevolgen heeft voor de productie en kwaliteit van de betreffende teelt. Veranderingen in energiestromen hebben ook gevolgen voor het totale energieverbruik. Een analyse van de kosten en baten van het nemen van dergelijke maatregelen kan de beoordeling van de maatregelen ondersteunen.

Vooraf zijn er 13 maatregelen, waarvan twee voor belichte teelten, gekozen met als achterliggende gedachte dat hun toepassing potentieel tot energiebesparing of tot verbeterde energiebenutting zou kunnen leiden. De omvang van elke maatregel is bij de aanvang van het project vastgesteld.

Het is goed mogelijk dat een maatregel een ander effect heeft op iedere gewas vanwege hun verscheidenheid aan kasklimatologische behoeften. Het is ook waarschijnlijk dat per gewas de verschillende maatregelen een andere uitwerking kunnen hebben op de productie en kwaliteit van het gewas.

De effecten van de 13 energiebesparende maatregelen zijn onderzocht voor 8 gewassen die het volledige spectrum van energiebehoefte in de Nederlandse kasteelt dekken.

Effect van de maatregelen: per gewas

Per gewas is eerst gekeken naar het effect van de maatregelen op de energiebesparing in relatie tot de productie en kwaliteit van de teelt. De maatregelen waarvan een grote of juist kleine energiebesparende werking uitgaan worden per gewas hieronder besproken in relatie tot productie en kwaliteit.

Tomaat

De energiebesparing bij tomaat is het grootste voor temperatuur setpoint verlaging (M1) en verbeterde isolatie (M11) waarbij minder gestookt hoeft te worden. Hierdoor wordt de grootste toename in energiebenutting (MJ kg^{-1} vrucht) bereikt. Bij deze maatregelen is er minder warmteafgifte van het verwarmingssysteem door het lagere temperatuur setpoint, of is er minder warmteverlies door het dek. Daar staat tegenover dat de productie en kwaliteit bij M1 achteruit gaat met 5% omdat de gewasontwikkeling (bladoppervlak) aan het begin van de teelt wordt vertraagd, in combinatie met reductie in de fotosynthesesnelheid. Bij een verbeterde isolatie van het kasdek wordt de CO_2 concentratie lager doordat er minder gestookt wordt waardoor de fotosynthese en vruchtproductie daalt met 3%. De kans op *Botrytis* en scheuren van de vruchten neemt toe.

Met een kasdek met hogere lichtdoorlatendheid is de warmte behoefte kleiner, en door de grotere hoeveelheid geabsorbeerde PAR neemt de productie van tomaat toe met 10% in de winter en 6% op jaarbasis.

Komkommer

Net als bij tomaat, is de energiebesparing (en toename in energiebenutting) bij komkommer het grootste voor maatregelen 1 en 11 doordat er minder gestookt hoeft te worden. Bij verlaging van het temperatuur setpoint gaat de besparing aan energie (13% minder gasverbruik) gepaard met een productie verlies van ruim 9%, wat niet door telers geaccepteerd zal worden. In het geval van verbeterde isolatie is de productie verlies echter minder dan 1%, maar de besparing in gasverbruik bedraagt bijna 22%. Een verhoging van de RV-setpoint (M3) resulteert in 7% minder gasverbruik (minder luchten), en 2.2% minder productie en kwaliteitsverlies door vrucht verkleuring. Een andere energieschermregeling (M6) veroorzaakt dezelfde effecten als M3, vooral in het najaar en winter.

Net als bij tomaat wordt er bij een verhoogde transmissie van de kasdek minder gas gebruikt (2%), en bij komkommer wordt er een productiewinst van ruim 7% gerealiseerd door verhoogde PAR absorptie. Ook bij M9 (verlaging plantverdamming) wordt er productiewinst berekend, met name in de zomer tot stand komt.

Het effect van de maatregelen op de kwaliteit is klein. De grootste effect op kwaliteit was door maatregel 13 (kasdek koeling) waar de kwaliteit wordt verbeterd met 2%, maar een hogere energieverbruik (-3%) wordt berekend.

Chrysant

Ook bij chrysant lijkt bij toepassing van energiebesparende maatregelen een grote mate van energiebesparing mogelijk. De productie wordt daarbij verhoogd, maar de kwaliteit van het gewas neemt in het algemeen af. Dit geldt vooral voor maatregelen 2, 3, 6 en 10 waar temperatuur een rol speelt. Productieverhogingen worden m.n. in de 2^e en 4^e kwartalen gerealiseerd bij deze vier maatregelen, maar door de optredende temperatuurschommelingen gaan deze gepaard met een hoog risico op schimmelinfecties (roest). In een aantal landen rust op chrysant met roestinfectie een import verbod.

Ook een temperatuur setpoint verlaging (M1) leidt tot energiebesparing (9%), maar de productie en kwaliteit hebben bij lagere temperaturen, m.n. in de winter, sterk te lijden (9 en 10% verlies). Toepassing van maatregel 4 (verhoging van de lichtintensiteit) en in mindere mate M12 (verhoogde lichtdoorlatendheid van de kasdek) leiden tot een vermindering van het gasverbruik, en resulteren tevens in een sterk verhoogde productie en productkwaliteit. In beide gevallen wordt meer PAR geabsorbeerd en vooral in de winter heeft dit meer bloemen en betere bloemkleur tot gevolg.

Roos

De gevolgen van energiebesparende maatregelen bij roos lijken in grote lijn op die bij chrysant. Bij een verlaging van de temperatuur setpoint of toepassing van temperatuurintegratie worden zowel de productie als kwaliteit nadelig beïnvloed. Indien maatregelen worden toegepast waar de straling of RV worden gevarieerd, wordt niet alleen energiebesparingen gerealiseerd, ook de berekende productie en geschatte kwaliteit neemt toe. Dit gaat gepaard met verbeterde energiebenutting, behalve bij M4 (verhoging lichtintensiteit) waar de energiebenutting gelijk bleef. Deze maatregelen leiden tot hogere temperaturen in de kas in de winter, en vooral dan, onder warmere condities, wordt zowel het aantal takken als de taklengte van roos verhoogd.

Wederom kost toepassing van kasdeckoeling (zonder warmteopslag) extra (gas)energie, en leidt tot productievermindering.

Sla

Sla neemt een aparte plaats in vanwege het gebruik van heteluchtverwarming i.p.v. een ketel met verwarmingspijpen om in de winter warmte in de kas te brengen. Er kunnen relatief hoge besparingen op stookkosten bij sla gerealiseerd worden. Temperatuur speelt hierbij een grote rol en door temperatuur setpoint verlaging, temperatuurintegratie, energieschermregeling en verbeterde isolatie worden besparingen in gasverbruik berekend die oplopen tot 50% t.o.v. de referentieteel. Echter, bij deze maatregelen wordt zowel de productie als de productkwaliteit nadelig beïnvloed door een tragere ontwikkeling en groei waardoor minder slakroppen worden geteeld per jaar. Van deze temperatuureffecten wordt ook een verhoogde kans op glazigheid, valse meeldauw en rand in de zomer verwacht. Onder een kasdek met hogere lichtdoorlatendheid (M12) wordt wel winst berekend in termen van productie en kwaliteit in relatie tot het gasverbruik in de winter.

Ficus

In het geval van minder warmteafgifte door temperatuur setpoint verlaging (M1), temperatuur integratie (M2, M10) of verbeterde isolatie (M11) is er veel winst in gasverbruik berekend voor Ficus. De gevolgen van deze maatregelen verschillen echter voor wat betreft de productie en kwaliteit. Bij M1, M2 en M10 wordt een lagere productie berekend als gevolg van tragere ontwikkeling en groei bij lagere temperaturen en (berekende) CO₂ concentratie. Als gevolg van een beter geïsoleerde kas (M11) wordt bij een iets hogere opbrengst, meer bladval en aantasting door trips en woluis verwacht, wat de kwaliteit nadelig beïnvloed. Onder een kasdek met meer lichtdoorlatendheid (M12) is energiewinst haalbaar, vooral in de winter doordat er meer licht de kas inkomt en minder gas wordt gebruikt. Hierbij wordt vooral in de winter een grote toename in productie en kwaliteit (minder bladval en beter vertakking) verwacht.

Freesia

Het toepassen van een groot aantal van deze energiebesparende maatregelen leidt niet alleen tot minder gasverbruik, maar ook tot verbeteringen van productie en kwaliteit. Freesia is erg gevoelig te zijn voor *Botrytis* bij verhoogde RV, waardoor bij toepassing van deze maatregel (M3), minder gas wordt gebruikt (-28%), maar de productievermindering wordt geschat op 15%. Wanneer bij Freesia assimilatiebelichting wordt toegepast (M4 en M7), wordt zowel de productie als kwaliteit verhoogd in de winter als gevolg van teeltduur verkorting en zwaardere takken. In principe zal meer licht in de kas (M12) resulteren in een hogere productie maar gaat gepaard met een verhoogde lucht- en bodemtemperatuur. Bij Freesia wordt een lagere temperatuur gewenst, en indien deze wel gehandhaafd kan worden, worden er meer takken geproduceerd.

Spatiphyllum

Bij meer licht (M4) wordt er ruim 4% minder gasverbruik berekend en meer licht zou in principe de teeltduur met enkele weken verkorten. *Spatiphyllum* heeft echter een lage lichtbehoefte waardoor er kwaliteitsverminderingen (onregelmatig, donkere bladeren) te verwachten zijn bij toepassen van deze maatregel. Een verbeterde kas-isolatie is voor *Spatiphyllum* een voordelige maatregel omdat het de teeltduur verkort met één week, terwijl veel minder gas gebruikt hoeft te worden. De kwaliteit blijft gehandhaafd. Een kasdek met hogere transmissie (M12) heeft alleen een positief effect op groei en kwaliteit in de winter. Gedurende de rest van het jaar moet er toch gekrijt worden omdat teveel licht bij *Spatiphyllum* leidt tot het ontwikkelen van bladverkleuring.

Effect van de maatregelen: per maatregel

Van 13 maatregelen, waarvan twee voor belichte teelten, is voor de verschillende gewassen berekend wat de effecten zijn op het gasgebruik, de productie, productkwaliteit en energiebenutting. Na de berekeningen blijken sommige maatregelen over het gehele jaar weinig of geen besparing op te leveren en in enkele gevallen zelfs een toename van het gasgebruik te veroorzaken. Bij grote besparingen van de energie blijkt dat voor sommige gewassen de productie en/of de kwaliteit verminderd wordt.

Bij de bespreking van de invloeden per maatregel volgen twee overzichten van het gasverbruik (Tabel 4.1), en de energiebenutting per eenheid product (Tabel 4.2) en veranderingen op beide als gevolg van toepassing van de maatregelen.

In het volgende wordt een korte toelichting gegeven bij de gevonden effecten.

M1. Verlaging van de temperatuur setpoint

Het verlagen van de temperatuur setpoint leidt voor alle gewassen tot een daling van het gasverbruik van meer dan 5% op jaarbasis. Voor vier van de gewassen wordt er zelfs (veel) meer dan 10% energie bespaard. Echter, deze besparing vindt plaats in de winter wanneer er gestookt wordt, onder voor de fotosynthese en groei sub-optimale lichtomstandigheden. Hierdoor gaat de productie en kwaliteit van alle gewassen achteruit, behalve voor Freesia en Ficus. De productievermindering van Ficus wordt echter gecompenseerd door een toename in kwaliteit door verbeterde vertakking en minder bladval in de winter.

Tabel 44. *Overzicht van het gasverbruik in de referentieteelt ($m^3 m^2 jaar^{-1}$) en als gevolg van de 13 maatregelen (% verschil t.o.v. de referentie).*

	Gewassen							
	Tomaat	Komkommer	Chryasant	Roos	Sla	Ficus	Freesia	Spathiphyllum
	$m^3 m^2 jaar^{-1}$							
Referentie	45.3	47.3	41.9	47.9	11.9	44.4	12.9	46.5
	% verschil t.o.v. de referentieteelt							
M1	-15.5	-13.7	-11.5	-9.0	-39.5	-14.0	-7	-1.5
M2	-4.4	-3.4	-8.4	-5.6	-34.5	-5.6	-5.4	0.0
M3	-5.5	-7.0	-5.7	-12.1	0	-2.5	-27.9	-4.3
M4	nvt	Nvt	-10.3	-7.9	nvt	nvt	-8.5	-5.2
M5	-3.3	-1.7	+1.9	+0.2	+1.7	+2.3	+0.8	+0.2
M6	-5.7	-5.5	-7.4	-10.6	-16.8	-5.0	-6.2	-3.0
M7	nvt	Nvt	+1.9	+5.8	nvt	nvt	-0.8	+4.3
M8	0.7	+0.6	+0.5	+0.6	nvt	0.0	0	0.0
M9	-2.2	-2.1	-1.7	-2.9	-0.8	-1.1	-2.3	-1.7
M10	-4.4	-3.6	-8.1	-6.1	-34.3	-6.3	-7	-0.2
M11	-22.7	-21.6	-20.0	-19.0	-52.1	-27.9	-18.6	-15.3
M12	-2.2	-2.3	-1.4	-1.0	-3.4	-2.7	-2.3	-1.9
M13	+2.9	+2.5	+3.4	+3.3	+0.8	+1.6	+3.1	+2.8

Tabel 45. *Overzicht van de productie in de referentieteelt op jaarbasis ($m^3 m^2 jaar^{-1}$) en als gevolg van de 13 maatregelen (% verschil t.o.v. de referentie). Eenheden zijn $kg (m^2 jaar^{-1})$, aantal takken ($m^2 jaar^{-1}$), aantal planten ($m^2 jaar^{-1}$), of teeltduur (weken), afhankelijk van het gewas.*

	Gewassen							
	Tomaat	Komkommer	Chryasant	Roos	Sla	Ficus	Freesia	Spathiphyllum
	kg	kg	kg	takken	kg	planten	takken	teeltduur
Referentie	58.9	75.0	19.7	221.8	33.0	48	360	20
	% verschil t.o.v. de referentieteelt							
M1	-3.3	-9.2	+9.27	-8.6	-10	-8	+5	+3*
M2	-0.7	-0.7	+1.7	-1.7	-1	-2	0	0
M3	-0.1	-2.2	+1.0	+2.0	0	+2	-15	0
M4	-	-	+11.0	+4.8	-	-	+10	-1.5
M5	-0.2	+0.2	+0.3	-0.3	0	0	+	0
M6	-0.3	-2.0	+0.6	+1.7	0	+1	-15	0
M7	-	-	+6.4	+2.3	-	-	+10	-1.5
M8	0	-1.4	-1.1	-0.1	-	0	+	+
M9	-0.6	+2.0	-0.4	+0.5	0	0	0	0
M10	-0.8	-2.0	+1.4	-1.6	-1.5	-2	0	0
M11	-2.9	-0.8	-4.8	+5.0	-9	+1	0	-1
M12	+6.3	+7.6	+4.9	+4.2	+8	+8	+	-
M13	-0.2	-0.7	+3.2	-1.9	+3	0	+	0

* Een positief getal bij Spathiphyllum geeft aan dat de teeltduur langer is dan in de referentieteelt, en is nadelig voor de productie.

M2. 24-uurs temperatuurintegratie

Het instellen van temperatuurintegratie voor 24 uur met een temperatuur setpoint marge van 2 °C resulteert in een energiebesparing voor alle teelten. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een compensatie van de warmte toename door instraling overdag met minder stoken 's nachts. Dit levert voor sommige gewassen geen problemen, maar ook geen groot voordeel in termen van productie en kwaliteit. Voor andere gewassen, zoals roos en Ficus, wordt de productie met enkele procenten verminderd doordat er op jaarbasis meer dagen met een lagere temperatuur voorkomen.

M3. Verhoging van de RV-setpoint met 5%

Een verhoging van de RV-setpoint met 5% resulteert in minder gasverbruik. Door het verhogen van de RV- setpoint hoeft er minder gelucht te worden en warmte blijft daardoor langer in de kas. Het leidt niet tot verbetering van de kwaliteit, eerder tot vermindering door toename van de kans op ziektes. De productie van roos, chrysant en Ficus onder deze kasomstandigheden wordt verhoogd, maar die van Freesia gaat met 15% achteruit doordat bij deze luchtvochtigheid de kans op *Botrytis* sterk toeneemt.

M4. Verhoging van de lichtintensiteit

Een verhoging van de lichtintensiteit, en daardoor de hoeveelheid onderschepte PAR wordt toegepast bij roos, chrysant en Freesia. Hierdoor wordt veel energie bespaard doordat de lampen ook warmte leveren in de winter en er minder gestookt hoeft te worden. Meer PAR betekent een hogere productie en een kwalitatief beduidend beter eindproduct voor roos en chrysant, en resulteert in een verkorting van de teeltduur voor Freesia.

M5. Luchtvochtigheidsregeling op dauwpunt van de kas en gewastemperatuur

Deze maatregel heeft weinig invloed op energiebesparing, maar ook niet op de productie en kwaliteit. Het regelen op het verschil van gewastemperatuur en de dauwpuntstemperatuur van de kaslucht is een geheel andere wijze van vochtregulatie dan de gebruikelijke. Het idee is dat vochtregeling moet voorkomen dat (a) het gewas nat wordt, waardoor ziekten een kans krijgen en (b) voldoende gewasverdamping kan plaatsvinden. Het setpoint van 1.5 graden boven het dauwpunt is arbitrair gekozen, maar zo dat naar verwachting minder vocht wordt afgevoerd. De relatie tussen dit setpoint en bijvoorbeeld een setpoint voor de RV is echter niet zondermeer bekend. Dat heeft te maken met temperatuurinstellingen en soort gewas. Uit de berekeningen blijkt dat alleen tomaat en komkommer minder energie gaan gebruiken bij deze maatregel. De overige gewassen laten een toename van het gasverbruik zien, hetgeen er op neer komt dat voor die gewassen het setpoint van 1.5 graden stringenter is dan het oorspronkelijke RV-setpoint.

Bij deze maatregel treden de effecten (zowel positief als negatief) voornamelijk op in het najaar.

M6. Schermkierregeling met stappen en wachttijden

Het inbrengen van een andere energieschermregeling leidt tot grote energiebesparingen voor alle gewassen. De kaslucht temperatuur stijgt iets hierdoor waardoor er minder warmteafgifte van de onder- en bovennet nodig is in de winterseizoenen. Vooral voor roos en chrysant resulteert deze schermregeling tevens in verhoogde productie, maar bij chrysant neemt de kans op roest toe, en bij roos tot een verminderde houdbaarheid en dus een verlaging van de kwaliteit. Verwacht wordt dat in de winter tot vaker schermen en daardoor een verhoogde RV gaat leiden tot meer kans op *Botrytis* en dus een sterke productie afname.

M7. Verdubbeling van het PAR-rendement

Hier laat de berekening geen energiebesparing zien, wel een toename in de productie voor sommige gewassen. Bij de assimilatiebelichting treden een aantal effecten op. In de referentie wordt ca 50% van het geïnstalleerde vermogen direct omgezet in voelbare warmte, 25% in PAR en 25% in NIR. Door de verdubbeling van het PAR-rendement worden deze percentages respectievelijk 25, 50 en 25. Omdat in de berekeningen alle voelbare warmte in de kas komt, en een deel van het PAR via reflecties de kas weer verlaat, zal in het tweede geval minder warmte door de belichting in

de kas worden gebracht, zodat het gasverbruik omhoog gaat. Naarmate het geïnstalleerde vermogen kleiner is zijn de effecten kleiner. Bij deze maatregel zijn de effecten in de zomer het kleinst.

Op dit moment is het niet of nauwelijks mogelijk om deze verdubbeling van de rendement te realiseren zonder dat de totale warmteafgifte uit de lampen stijgt. Indien het wel mogelijk was, zou dit een positief effect hebben op het luchten, waardoor er meer CO₂ in de kas blijft en beter benut zou worden.

M8. Verhoging van CO₂ buffer en dosering

In principe moet een verhoging van de CO₂-concentratie in de kas kunnen leiden tot een verhoging van de productie. Echter, uitgangspunt bij de berekeningen rond CO₂-dosering is dat er geen warmte wordt vernietigt. Daarom is de doseerflux evenredig vergroot met de bufferafmeting. Als er wordt gedoseerd terwijl er geen of een kleine warmtevraag in de kas is, zal de ketel branden zolang de buffer niet vol is. Op die momenten wordt de warmte van de condensor in de kas gebracht omdat deze warmte niet in de buffer kan worden opgeslagen. Bij een grotere buffer zal er dus meer warmte via de buffer gaan op momenten dat er geen warmtevraag is, maar de condensor warmte die vrijkomt bij het vullen van de buffer gaat wel altijd via de kas. Wordt er dus meer gedoseerd dan wordt meer condensorwarmte in de kas gebracht die eigenlijk niet nodig is, waardoor het gasverbruik toeneemt. Het effect is kleiner naarmate de warmtevraag van het gewas kleiner is. De buffer komt dan niet leeg en er zal dan niet meer CO₂ worden gedoseerd.

Bij deze maatregel zal het effect in de winter niet optreden, in het voorjaar heeft het een (klein) positief effect, en in de zomer zal er slechts een gering effect zijn.

M9. Verlaging verdamping

Verdampingsremming door 10% hogere huidmondjesweerstand geeft op jaarbasis een energiebesparing van ongeveer 2% te zien. Dit heeft te maken met een aantal factoren: de verdamping in de nacht wordt nauwelijks beïnvloed, de totale verdamping neemt met minder dan 5% af en de verdamping in de zomer kost weinig fossiele energie. De effecten van deze maatregel zijn in de zomer nihil. De grootste besparing treedt op in het najaar.

M10. 3-daagse temperatuurintegratie

De gevolgen van een 3-daagse temperatuurintegratie lijken veel op die van maatregel 2 (1-daagse temperatuurintegratie). Er wordt wel iets meer energiebesparing berekend dan in M2 vanwege de langere integratieperiode.

M11. Verbeterde isolatie

Een kasdek met hogere isolatiewaarde maar dezelfde transmissie spaart in alle teelten veel energie. Een beter geïsoleerde kas onder deze omstandigheden werkt productieverhogend voor roos (toename in aantal en lengte van takken), en in mindere mate ook voor Ficus door de temperatuurverhoging. Voor een aantal andere gewassen (sla, tomaat, chrysant en komkommer) werkt een kasdek met hogere isolatiewaarde negatief op de productie en kwaliteit door dezelfde verhoging van de temperatuur. Het werkt negatief door vermindering van de kwaliteit (glazigheid en rand bij sla; vruchtverkleuring bij komkommer), in tomaat door een verhoogde kans op *Botrytis*, en de kans op roest en vermindering van de fotosynthese bij chrysant. Ook bij Ficus wordt hierdoor de kans op ziekte en plagen (aantasting door trips en wolluis) groter.

M12. Verhoogde lichtdoorlatendheid

Verhoging van de lichttransmissie van het kasdek leidt op jaarbasis tot een toename van de ingebrachte hoeveelheid energie, echter deze toename treedt voornamelijk op in de zomer als er weinig gasverbruik is. In de winter is de toename in absolute zin gering ten opzichte van de energiebehoefte van de kas, zodat de reductie van het gasverbruik in die periode klein blijft. Op jaarbasis zijn de gevolgen van een verhoogde lichttransmissie op de productie en kwaliteit van de gewassen overwegend positief. Bij deze maatregel wordt de optredende besparing voornamelijk gerealiseerd in de winter.

M13. Kasdek koeling

De toepassing van dekkoeeling laat in alle gevallen een (geringe) toename van het gasverbruik zien. Dat er geen energie bespaard wordt, komt omdat er geen warmte wordt opgeslagen voor gebruik in de koude perioden. Koeling van de kasdek heeft een klein positief effect op de productkwaliteit van een aantal gewassen. Het effect van toegenomen gasverbruik treedt vooral op in de zomer en heeft te maken met minder opslag van zonnearmte in bodem en kasdelen en hogere warmteafgifte van eventuele minimumbuis bij een lagere kasluchttemperatuur, immers door het gebruik van dekkoeeling zal de gemiddelde kasluchttemperatuur op deze momenten dalen.

Effect van de maatregelen op de bedrijfseconomie

In Tabel 46 is een overzicht opgenomen van de economische resultaten (saldo van opbrengsten en kosten t.o.v. de referentie) per maatregel en per gewas en uitgedrukt in een score (- tot ++).

Tabel 46. Economisch effect van de maatregelen per gewas (-, -, 0, +, ++)

Maatregel	Tomaat	Komkommer	Chrysant	Roos	Sla	Ficus	Freesia	Spathiphyllum
1	--	--	++	--	-/-	--	++	--
2	-	0	+	--	0	-	-	0
3	+	-	+	++	0	++	--	+
4 *	nvt	nvt	-	--	nvt	nvt	--	--
5	+	0	0	-	0	0	-	0
6	0/+	-	+	++	+	+	--	+
7	nvt	nvt	++	0/+	nvt	nvt	+	++
8	+	-	--	-	nvt	0	-/-	0
9	0	0	0	0/-	-	0	-	0
10	-	-	+	-/-	0/+	-	-	0
11	--	--	--	+ / ++	--	- / +	--	0 / +
12	++	0	++	-	--	++	--	-
13 *	-	-	+	--	+	-	-	0 / -

Verklaring: (-) = saldo < -1 euro m²; (-) = -1 < saldo < 0,2 euro m²; (0) = -0,2 < saldo < 0,2 euro m²; (+) = 0,2 < saldo < 1 euro m²; (++) = saldo > 1 euro m².

* Excl. jaarkosten investering.

Uit Tabel 46 blijkt dat de economische resultaten per gewas en per maatregel verschillen. Wel laat de tabel zien dat maatregel 4 (verhogen belichtingsintensiteit) zowel in economische opzicht als in energetisch opzicht geen verbetering is en geen bijdrage levert aan de energiebesparing. In deze studie is uitgegaan van belichting via het elektra vanuit het net. De economische resultaten zullen positiever uitpakken wanneer van eigen elektriciteitsopwekking via een wk zou zijn uitgegaan.

Maatregel 7 (verdubbelen PAR rendement) vertoont een (zeer) positief economische resultaat, maar zijn de extra investeringskosten nog niet verdisconteerd.

Bij de maatregelen 1, 2, 3, 6, 8, 10, 11, 12 en 13 variëren de saldi van zeer negatief tot zeer positief en is het gewas hierin zeer bepalend.

Bij maatregel 13 (kasdek koeling) zijn de investeringskosten nog niet meegenomen.

De maatregelen 5 (luchtvochtigheidsregeling op dauwpunt) en 9 (verlaging van de verdamping van het gewas) vertonen slechts een beperkt effect op het economisch resultaat.

Conclusies

Energiebesparende maatregelen hebben vaak óf een positief óf een negatief effect op het gasverbruik bij meerdere gewassen. Het toepassen van een maatregel kan echter heel andere consequenties hebben voor de productie of voor de productkwaliteit dan het heeft voor het gasverbruik. Een integratie van deze drie factoren bepalen vervolgens de bedrijfseconomie en biedt een basis waarop de teler kan beslissen voor het wel of niet toepassen van een energiebesparende maatregel.

Hier volgt een overzicht van de conclusies m.b.t. besparingen van het gasverbruik, met kanttekeningen waarbij een interactie met gewasproductie of productkwaliteit leidt tot een duidelijke uitspraak over het bedrijfseconomische resultaat.

Door toepassing van de volgende energiebesparende maatregelen is relatief de **grootste besparing** in gasverbruik te bereiken bij:

- **M11** (isolatie kasdek) leidt tot bijna 25% gasvermindering. Echter, deze maatregel heeft alleen een positief effect op de productie en economisch resultaat bij roos en ficus. Productie van de overige gewassen blijft neutraal of licht negatief t.o.v. de referentieteelten.
- **M1** (verlaging temperatuur setpoint 2°C) met een gemiddelde van 14% besparing van het gasverbruik. Echter, zowel de productie als kwaliteit wordt overwegend negatief beïnvloed door deze maatregel, waardoor het bedrijfseconomisch resultaat ook negatief uitvalt. Uitzonderingen zijn chrysanth en freesia met een verhoogde productie, resp. 9% en 5% en positief economisch resultaat.
- **M3** (verhoging RV-setpoint), waarbij 8% gasbesparing gerealiseerd kan worden. De gevolgen voor de productie zijn klein met een negatieve uitzondering (-15%) bij freesia. Ook de economische resultaten wisselen per gewas, en vallen positief uit vooral bij roos en ficus, maar negatief bij freesia
- **M4** (verhoging belichtingsintensiteit) resulteert in ca. 7% minder gasverbruik, al neemt de elektriciteitskosten wel toe. De gemiddelde productie voor belichte teelten wordt met 9% verhoogd, maar toch leidt deze maatregel tot een negatief economisch resultaat vanwege de elektriciteitskosten, nog afgezien van de extra kosten voor verzwaring van de netaansluiting.
- **M6** (schermkierregeling) met 7.5% gasbesparing resulteert dit in een productiestijging of daling van maximaal 2% verschil t.o.v. de referentieteelten. De uitzondering is freesia met een productieverlies van 15% als gevolg van *Botrytis* wanneer er geschermd wordt. Bedrijfseconomisch resultaat is overwegend positief, behalve voor freesia en komkommer.

In iets mindere mate dan de bovengenoemde maatregelen wordt het gasverbruik bespaard door toepassen van 24 en 72 uren temperatuurintegratie (**M2** en **M10**), met wisselende effecten op de productie, kwaliteit en bedrijfseconomie.

Voor wat betreft besparing op gasverbruik hebben de volgende maatregelen een **negatief effect**:

- Bij de gekozen regeling resulteert **M5** (luchtvochtigheidsregeling op dauwpunt) in een gasbesparing van 2-3% bij de vruchtgroenten, maar tot ca. 2% meer gasverbruik bij de overige gewassen. De gevolgen voor productie, kwaliteit en bedrijfseconomie zijn wisselend. Echter, het is wel mogelijk dat een ander verschil tussen kaslucht en gewas temperatuur dan de gekozen 1.5 °C wel effectief zou zijn.
- **M7** (verdubbeling PAR-rendament van de lampen) gaat ten koste van de warmteafgifte uit de lampen, die specifiek gebruikt wordt bij chrysanth, roos, Freesia en Spatiphyllum. Hierdoor wordt minder warmte door de lampen afgegeven aan de kaslucht en wordt er meer gas gebruikt bij chrysanth, Spatiphyllum en roos (2% tot 6%). Dit leidt tot productieverhoging voor de belichte gewassen, behalve bij Spatiphyllum, maar een positief bedrijfseconomisch resultaat voor alle vier gewassen.
- **M8** (verhoging buffercapaciteit) werkt niet gasbesparend. De effecten op productie en productkwaliteit zijn wisselend, zodat voor de bedrijfseconomie dit overwegend negatief uitpakt (uitzondering is tomaat).
- **M13** (kasdekkoeling) leidt als enige maatregel consequent tot een gemiddeld 2.6% verhoging van het gasverbruik. De productie en kwaliteit wisselt, en leidt tot een negatief economisch resultaat, behalve bij sla en chrysanth, die gebaat zijn bij kasdekkoeling.

Bijlage I.

Kasspecificaties voor de referentieteelten

Verklaring voor de tabel:

1. Twee setpoint waarden geven de dag- en nachtwaarden aan.
2. Tijdstip:
 - op – on : dag setpoint van zonopkomst tot zonondergang
 - op –1 – on +2 : van 1 uur voor zonopkomst tot 2 uur na zonondergang
 - o : de dag door (24 uur) de zelfde waarde

SETPOINTS	Tomaat		Kornkommer		Sla		Spathiphyllum	
	van	tot	van	tot	van	tot	van	tot
StookTemp (°C):	11-dec 10-jan 31-mrt 20-nov 11-dec	19 19-16.5 18-17 5	14-dec 1-feb 1-mei 22-mei 29-mei 1-aug 22-aug 29-aug 29-aug	1-feb 1-mei 22-mei 29-mei 1-aug 22-aug 29-aug 14-dec	21-20 20-18.5 22-21 21-19.5 20-17 22-21 21-18.5 20.5-17.5	11-7		22-20.5
StookTemp Tijdstip:		op+1-on+1		op+1-on+1		op+1-on+1		op-on
DodeZone:	11-dec 15-jan 15-mrt 1-okt 20-nov	2 1 0.5 1 20 0	14-dec 1-feb 15-apr 20-sep 14-dec	1-feb 15-apr 20-sep 14-dec	6 3 1 5 0	1	1-mrt 1-mei 1-sep	1-mei 1-sep 1-mrt 2 1 3 0
DodeZone Tijdstip:								
LichtVbeg:		100			100			120
LichtVend:		300			300			200
LichtV:	11-dec 10-jan 31-mrt 20-nov 11-dec	1 2 1.5 0	14-dec 15-feb 14-dec	15-feb 14-dec	2 1	2		1.5
SpRV:		85			85			88
SpCO2:	11-dec 20-nov	1000 200	14-dec 1-apr	1-apr 14-dec	650 750	300		500
MinBuisLow:	11-dec 20-nov	35 0			45-40	0	1-mei 1-sep	0-35 35
MinBuisLowTijdstip:		op+1-on		op+1-on		0	1-mei 1-sep	op-on-2 0
MinBuisUpp:		0			0	0	1-mei	40
MinBuisUppTijdstip:		0			0	0	1-sep	0

SETPOINTS	Roos		Freesia		Ficus		Chrysant LD		Chrysant KD	
	van	tot	van	tot	van	tot	van	tot	van	tot
StookTemp:	1-sep 1-jun	19 19-18	8-7	21-21	18.5- 21.5	op+1- on+1	op-on	op-on	18.5- 21.5	op-on
StookTempTijdstip:	1-sep 1-jun	0 op+1- on+1	op-on							
DodeZone:		2.5-1	2	1-mrt 1-mei 1-sep	1-mei 1-sep 1-mrt	2 1 3	1	1		1
DodeZoneTijdstip:		16.0- 20.50	0			0	0	0		0
LichtVbeg:		100	200			120	100	100		100
LichtVend:		300	600			200	300	300		300
LichtV:		2	2			1.5	2	2		2
SpRV:		85	87			90	87-90	87-90		87-90
SpCO2:		1000	600			500	900	900		900
MinBuisLow:	1-nov 1-mei	45 40	40-40-10	1-sep 1-mei	1-sep 1-mei	20-30 30	1-sep 1-apr	1-sep 1-apr	1-sep 1-apr	1-apr 1-sep
MinBuisLowTijdstip:		0	op-1-op- op+3	1-sep 1-mei	1-sep 1-mei	op-on-2 0	1-sep 1-apr	1-sep 1-apr	1-sep 1-apr	0 0
MinBuisUpp:		0	0			20-35	1-jan 1-mei	1-jan 1-mei	1-jan 1-mei	50-35 50-35
MinBuisUppTijdstip:		0	0			op+1-on- 1	1-okt 1-jan	1-okt 1-jan	1-okt 1-jan	50-40 50-40

Bijlage II.

Overzicht van de gevolgen van de maatregelen op de energiestromen in de kas

TOMAAAT

Alle waarden in	MJ m ⁻² a ⁻¹	ref	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	M 13
instraling zon	PAR/NIR	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2936,4	3068,4	2802,1
warmteafgifte ondernet		1347,5	1135,8	1287,4	1272,5		1284,7	1273,7		1355,2	1317,2	1285,7	1036,5	1318,6	1384,8
warmteafgifte bovennet		135,1	117	130	127,9		129,7	124,4		130,4	131,9	129,9	102,2	131,7	140,2
voelbare warmte uit luchtverhitter		0	0	0	0		0	0		0	0	0	0	0	0
latente warmte uit luchtverhitter		0	0	0	0		0	0		0	0	0	0	0	0
energieafgifte lamp	PAR/NIR/voelb	0	0	0	0		0	0		0	0	0	0	0	0
energie toevoer via CO2	voelbaar/latent	33,7	32,8	32,9	30,5		30,5	31,7		39,4	32,9	32,8	36,1	34,2	34,2
(Al)zon/buizen/lampen		4318,4	4087,8	4252,4	4233		4247	4231,9		4327,1	4284,1	4250,5	4111,1	4552,9	4361,2
dekverlies en ventilatie	totaal	4050,4	3867,5	3988,5	3965,4		3978,9	3963,8		4058,9	4015,3	3986,7	3834,7	4279,5	3426,8
Gevelverlies	totaal	88,9	74,5	88	89,3		89,5	89,5		89	89,3	88,3	91,7	90	84,6
Bodemverlies	totaal	179,9	146,9	176,2	179,1		179,4	179,3		180,1	180,4	176,2	186	184,6	175,9
Dakkoeling	totaal	0	0	0	0		0	0		0	0	0	0	0	549,9
verdamping van dakkoeling	totaal	0	0	0	0		0	0		0	0	0	0	0	125,6
(B) som verliezen		4319,2	4088,9	4252,7	4233,8		4247,8	4232,7		4328	4285	4251,2	4112,4	4554	3687,2
verhoging luchttemperatuur		2603,9	2411,5	2565	2554,1		2564	2550,7		2605,8	2639,3	2563,6	2340,5	2717,9	2724,3
Verdamping		1680,8	1643,4	1654,5	1648,4		1652,5	1649,5		1681,9	1612	1654	1734,5	1800,8	1602,8
Dekverlies	straling	1324	1229,1	1317,4	1324,6		1329,2	1317,3		1324,1	1322,4	1317,7	1069,2	1332	1196,9
Dekverlies	convectie	538,8	384,1	529,8	540,6		548,8	529,1		539,1	536,5	531,4	128,2	551,5	336,5
Ventilatie	voelbaar	763,1	790,1	749,9	722,6		723,6	730,5		765,6	781,8	747,6	964,3	851	634,7
Ventilatie	latent	1424,5	1464,2	1391,4	1377,6		1377,4	1386,9		1430,1	1374,5	1390,1	1672,9	1545	1258,6
Gevelverlies	straling	49	45,8	48,8	49,2		49	49,6		49	49,3	48,9	73,9	49,2	54,1
Gevelverlies	convectie	39,9	28,7	39,2	40,2		40,5	39,9		39,9	40	39,4	17,7	40,8	30,4
verlies bodem	straling	304	266,5	300,3	298,2		299,5	298,1		304,5	304,3	300,5	309,9	322,4	297,9
verlies bodem	convectie	-124,1	-119,6	-124,1	-119,1		-120	-118,8		-124,4	-123,9	-124,3	-123,9	-137,9	-122
balans (A-B)		-0,8	-1,2	-0,3	-0,8		-0,8	-0,8		-0,8	-0,9	-0,7	-1,2	-1,1	-1,5
Gasverbruik	m ³ m ⁻² a ⁻¹	45,3	38,3	43,3	42,8		43,2	42,7		45,6	44,3	43,3	35	44,3	46,6
Verdamping	kg m ⁻² a ⁻¹	686,1	670,8	675,3	672,8		674,5	673,3		686,5	658	675,1	708	735	654,2

KOMKOMMER

Alle waarden in	MJ m ² a ⁻¹	ref	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	M 13	
instraling zon	PAR + NIR	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2936,4	3068,4	2802,1
warmteafgifte ondernet		1403,2	1215,3	1354,1	1308,9		1378,5	1332,8		1410,1	1374,9	1351,7	1097,3	1371,5	1434,8	
warmteafgifte bovennet		139,3	120,2	134,2	127,5		135,9	127,5		135,8	135	134,2	107	135,4	146,2	
voelbare warmte uit luchtverhitter		0	0	0	0		0	0		0	0	0	0	0	0	
latente warmte uit luchtverhitter		0	0	0	0		0	0		0	0	0	0	0	0	
energieafgifte lamp	PAR/NIR/voelb	0	0	0	0		0	0		0	0	0	0	0	0	
energie toevoer via CO2	voelbaar/latent	29,4	29,5	28,5	26,2		28,7	27,2		31,9	28,9	28,4	31,7	30,1	28,9	
(A) zon+buizen+lampen		4374	4167,1	4318,9	4264,7		4345,2	4289,5		4379,9	4340,9	4316,4	4172,4	4605,3	4412	
dekverlies en ventilatie	totaal	4064,8	3899,4	4012	3954,1		4035,3	3978,6		4070,5	4031,5	4009,9	3853,6	4292,8	3457,7	
Gevelverlies	totaal	104,8	91,1	104	106,1		105,3	106		104,9	105,2	104,4	109,2	106,5	100,2	
Bodemverlies	totaal	210,4	183	207,6	210,6		210,7	211		210,7	210,8	207,7	222,8	217	205,4	
Dakkoeling	totaal	0	0	0	0		0	0		0	0	0	0	0	483,7	
verdamping van dakkoeling	totaal	0	0	0	0		0	0		0	0	0	0	0	167,7	
(B) som verliezen		4380	4173,5	4323,6	4270,9		4351,4	4295,6		4386	4347,4	4322	4185,6	4616,3	3763,3	
verhoging luchttemperatuur		2913,8	2770,8	2883,6	2856,5		2897,5	2871,2		2915,7	2937,8	2879,7	2647,9	3055,7	3021,9	
Verdamping		1430,8	1366,8	1406,9	1382		1419	1391,1		1432,3	1374,2	1408,3	1492,8	1519,6	1361,2	
Dekverlies	straling	1400,7	1311	1394,3	1407,4		1406	1405,7		1400,9	1399,2	1395,5	1117,3	1411,7	1271,6	
Dekverlies	convectie	656,4	512,3	648,1	669,4		666,9	665,5		656,9	654,6	650,7	202,8	674	453,7	
Ventilatie	voelbaar	852,6	911,4	842	796,1		832,1	810,9		854,2	863,6	836,2	1111,4	961,9	705,6	
Ventilatie	latent	1155,1	1164,7	1127,6	1081,2		1130,3	1096,5		1158,5	1114,1	1127,5	1422,1	1245,2	1026,9	
Gevelverlies	straling	54,1	51,1	53,9	54,4		54,1	54,5		54,1	54,4	54	80,1	54,5	58,5	
Gevelverlies	convectie	50,7	40	50,1	51,7		51,3	51,6		50,8	50,9	50,4	29,1	52	41,7	
verlies bodem	straling	379,2	362,6	376,4	373,1		377,8	374,8		379,7	378,7	376,1	404,8	408,2	364,6	
verlies bodem	convectie	-168,8	-179,7	-168,8	-162,5		-167,1	-163,8		-169	-167,9	-168,3	-182	-191,2	-159,2	
balans (A-B)		-6	-6,4	-4,6	-6,2		-6,2	-6,1		-6,1	-6,5	-5,6	-13,2	-11	-2,7	
Gasverbruik	m ³ m ² a ⁻¹	47,3	40,8	45,7	44		46,5	44,7		47,6	46,3	45,6	37,1	46,2	48,5	
Verdamping	kg m ² a ⁻¹	584	557,9	574,2	564,1		579,2	567,8		584,6	560,9	574,8	609,3	620,2	555,6	
gasverbruik t.o.v. referentie in %		86,3	96,6	93,0	0,0		98,3	94,5		100,6	97,9	96,4	78,4	97,7	102,5	

CHRYSANT 20% lange dag + 80% korte dag (GEM)

Alle waarden in	MJ m ⁻² a ⁻¹	ref	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	M 13
instraling zon	PAR + NIR	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1
warmteafgifte ondernet		283,6	293,8	278,5	275,1	258,1	288,1	262,5	287,5	288,2	280,1	279,2	226,5	280,3	291,7
warmteafgifte bovennet		1077,5	914,8	968,3	1007,5	964,8	1100,4	998,1	1099,0	1077,6	1059,2	969,0	861,2	1062,2	1106,9
voelbare warmte uit luchtverhitter		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
latente warmte uit luchtverhitter		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
energieafgifte lamp	PAR/NIR/voelb	293,2	293,2	293,2	293,2	586,4	293,2	293,2	293,2	293,2	293,2	293,2	293,2	293,2	293,2
energie toevoer via CO2	voelbaar/latent	30,0	31,0	26,6	26,9	32,5	30,1	29,7	31,4	31,5	29,7	26,6	32,4	30,9	29,7
(A) zon+buizen+lampen		4486,4	4334,8	4368,8	4404,8	4643,7	4513,9	4385,4	4513,1	4492,6	4464,4	4370,1	4349,7	4734,9	4523,6
dekverlies en ventilatie	totaal	4131,8	4023,2	4017,0	4050,2	4283,4	4160,3	4031,2	4157,5	4137,9	4109,0	4018,2	3985,3	4374,5	3459,1
Gevelverlies	totaal	121,8	107,6	122,2	121,1	123,9	121,5	120,9	121,6	121,9	122,1	122,3	124,9	123,2	116,7
Bodemverlies	totaal	237,0	209,7	233,2	236,2	241,1	236,5	235,7	238,2	237,1	237,6	233,3	244,7	242,5	233,6
dakkoeling	totaal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	488,8
verdamping van dakkoeling	totaal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	230,6
(B) som verliezen		4490,6	4340,5	4372,4	4407,5	4648,4	4518,2	4387,9	4517,4	4496,9	4468,8	4373,8	4355	4740,2	3809,4
verhoging luchttemperatuur		2505,6	2414,3	2426,9	2452,5	2294,3	2525,5	2421,8	2515,7	2509,1	2542,8	2426,2	2322,2	2649,3	2625,0
Verdamping		1657,6	1596,5	1622,1	1632,2	1730,7	1665,1	1640,7	1672,9	1658,9	1598,7	1624,0	1701,9	1761,6	1575,7
dekverlies	straling	1355,1	1273,3	1358,6	1338,8	1358,6	1338,6	1326,9	1361,2	1355,8	1351,2	1358,0	1107,5	1362,9	1223,0
dekverlies	convectie	599,3	465,1	610,8	578,8	605,3	571,6	556,9	608,2	600,0	592,7	609,7	191,5	610,9	381,1
ventilatie	voelbaar	865,8	942,8	800,0	847,4	937,3	900,0	853,1	868,4	867,7	888,3	799,3	1093,3	980,5	718,0
ventilatie	latent	1311,6	1341,9	1247,5	1285,3	1382,2	1350,1	1294,1	1319,7	1314,5	1276,8	1251,2	1592,9	1420,3	1137,0
gevelverlies	straling	65,5	63,0	65,0	65,8	66,4	66,5	66,7	65,1	65,5	65,8	65,2	93,6	65,7	73,5
gevelverlies	convectie	56,3	44,6	57,1	55,3	57,5	55,1	54,2	56,5	56,4	56,2	57,1	31,3	57,5	43,2
verlies bodem	straling	291,7	280,6	288,8	290,9	296,8	291,3	291,6	297,5	292,0	293,6	288,9	304,6	311,6	287,9
verlies bodem	convectie	-54,7	-71,0	-55,6	-54,7	-55,7	-54,9	-55,8	-59,2	-55,0	-56,0	-55,7	-59,9	-69,1	-54,4
balans (A-B)		-4,24	-5,62	-3,6	-2,78	-4,64	-4,48	-2,38	-4,24	-4,24	4,32	-3,68	-5,4	-5,22	-5,22
gasverbruik	m ³ m ⁻² a ⁻¹	41,9	37,1	38,4	39,5	37,6	42,7	38,8	42,7	42,1	41,2	38,5	33,5	41,3	43,0
verdamping	kg m ⁻² a ⁻¹	676,6	651,6	662,1	666,2	706,4	679,6	669,7	682,8	677,1	652,6	662,9	694,7	719,0	643,2
gasverbruik t.o.v. referentie in %		88,6	91,6	94,3	89,7	102,0	92,6	101,8	98,3	91,8	80,0	98,5	102,6	98,5	102,6

ROOS

BELICHT MET 72 W PER M²

Alle waarden in	MJ m ² a ⁻¹	Ref	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	M 13
instraling zon	PAR + NIR	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1
warmteafgifte ondernet		1429,9	1299,9	1348,7	1255,8	1311,4	1430,7	1277,9	1518,1	1437,6	1388,2	1342,9	1154,5	1414,1	1479,9
warmteafgifte bovennet		146,8	136,8	139,9	127,3	136,5	148,2	128	153,9	144,7	142	138,8	114,8	145	153,3
voelbare warmte uit		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
latente warmte uit luchtverhitter		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
energieafgifte lamp	PAR/NIR/voelb	951,3	951,3	951,3	951,3	1321,3	951,3	951,3	951,3	951,3	951,3	951,3	951,3	951,3	951,3
energie toevoer via CO2	voelbaar+latent	40,7	40,3	40,3	40,7	40,8	40,8	47,6	44	47,6	40,2	40,2	44,2	41,1	39,8
(A) zon+buizen+lampen		5370,8	5230,5	5282,4	5177,2	5612,1	5373,1	5206,9	5469,4	5383,3	5323,8	5275,4	5201,3	5619,9	5426,5
dekverlies en ventilatie	totaal	5038,2	4937	4957,6	4836,1	5268,5	5041,6	4867,4	5135,7	5050,7	4989,8	4950,3	4847,8	5282,6	4269,3
gevelverlies	totaal	112,2	99,7	110,8	115,8	116,4	112	114,9	111,3	112,3	113	111,1	120,1	113,7	106,3
bodemverlies	totaal	220,3	193,9	213,7	225,2	227,2	219,4	224,8	222,5	220,4	221,2	214	233,7	223,9	216,5
dakkoeling	totaal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	559,7
verdamping van dakkoeling	totaal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	276
(B) som verliezen		5370,8	5230,6	5282,1	5177,2	5612,1	5373,1	5207	5469,4	5383,4	5324	5275,4	5201,7	5620,3	4592
verhoging luchttemperatuur		2016,6	1917,8	1972,4	1862,7	1760,4	2018,7	1848,4	2059,5	2021,7	2040,2	1966,4	1778,2	2142,9	2212,4
verdamping		2362,2	2321	2318,3	2322,4	2489,6	2362,2	2359,6	2414,6	2362,7	2292,1	2317,4	2427,5	2484,6	2223
dekverlies	straling	1557,1	1461,9	1539,2	1546,7	1595,9	1554,9	1483	1561,8	1558,2	1553,4	1541,2	1195,5	1565,4	1390
dekverlies	convectie	904,4	751,5	878,7	892,2	964,6	906,1	785,2	912,7	906,2	899	880,1	324	917,7	640,6
ventilatie	voelbaar	901,5	964,5	895,8	815,3	957	903,2	905	936,5	904,7	910,4	888,2	1201,5	1002,1	780,4
ventilatie	latent	1675,2	1759	1643,8	1581,9	1751,1	1677,6	1694,2	1724,7	1681,5	1626,9	1640,9	2126,8	1797,4	1458,3
gevelverlies	straling	51,9	49,2	51,7	53,8	52,7	51,7	55,8	51,3	51,9	52,4	51,8	77,9	52,3	55,3
gevelverlies	convectie	60,3	50,6	59,1	62,1	63,7	60,3	59,1	60	60,4	60,6	59,2	42,2	61,4	51
verlies bodem	straling	295,5	272,6	289,9	289	295,2	294,7	292,2	310,7	296,1	294,5	289,8	292,5	304,1	296
verlies bodem	convectie	-75,1	-78,7	-76,2	-63,8	-68	-75,3	-67,4	-88,2	-75,6	-73,4	-75,8	-58,8	-80,2	-79,6
balans (A-B)		0	-0,1	0,3	0	0	0,1	-0,1	0	-0,1	-0,1	0	-0,4	-0,4	-1,3
gasverbruik	m ³ m ² a ⁻¹	47,9	43,6	45,2	42,1	44,1	48	42,8	50,7	48,2	46,5	45	38,8	47,4	49,5
verdamping	kg m ² a ⁻¹	964,2	947,4	946,3	947,9	1016,1	964,2	963,1	985,5	964,4	935,6	945,9	990,8	1014,1	907,3
gasverbruik t.o.v. referentie in %		91,0	94,4	94,4	87,9	92,1	100,2	89,4	105,8	100,6	97,1	93,9	81,0	99,0	103,3

SLA	MJ m ² a ⁻¹	Ref	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	M 13
instraling zon	PAR + NIR	2802.1	2802.1	2802.1	2802.1	2802.1	2802.1	2802.1	2802.1	2802.1	2802.1	2802.1	2936.4	3068.4	2802.1
warmteafgifte ondernet		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
warmteafgifte bovennet		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
voelbare warmte luchtverhitter		377	227.4	247.5	376.7	383.2	312.1	374.7	242.4	180.5	363.7	378.7	180.5	363.7	378.7
latente warmte luchtverhitter		39.4	23.8	25.9	39.4	40	32.6	39.2	25.3	18.9	38	39.6	18.9	38	39.6
energieafgifte lamp	PAR/NIR/voelb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
energie toevoer via CO2	voelbaar/latent	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(A) zon+buizen+lampen		3218.6	3053.2	3075.5	3218.2	3225.3	3146.8	3215.9	3069.8	3135.7	3470	3220.4	3135.7	3470	3220.4
dekverlies en ventilatie	totaal	3095.9	2956.1	2955.1	3095.6	3102.3	3024.4	3092.3	2949.1	2996.2	3338.5	2653.6	2996.2	3338.5	2653.6
gevelverlies	totaal	48.7	35.4	44.5	48.7	48.7	49	49	44.9	50.3	49.8	45.9	50.3	49.8	45.9
bodemverlies	totaal	83.9	67.6	78.5	83.9	83.9	82.6	84.8	78.9	94.6	92.4	76.8	94.6	92.4	76.8
dakkoeling	totaal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	463.1
verdamping van dakkoeling	totaal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-8.5
(B) som verliezen		3228.5	3059.1	3078.1	3228.2	3235	3156	3226	3072.8	3141.2	3480.7	2776.4	3141.2	3480.7	2776.4
verhoging luchttemperatuur		1977.4	2015.3	1988.1	1977.5	1976.3	1990.6	2023.3	1986.5	2064.9	2179.5	2018.8	2064.9	2179.5	2018.8
verdamping		824.7	786.8	814	824.6	825.8	811.5	778.8	815.6	871.5	888.8	783.3	871.5	888.8	783.3
dekverlies	straling	1032	980.4	1016.8	1032.1	1031.8	1007.8	1034.2	1018.2	910.1	1041.9	956.7	910.1	1041.9	956.7
dekverlies	convectorie	56.8	-30.1	34	56.8	56.3	21.9	60.2	36.1	-131.8	72.6	-68.1	-131.8	72.6	-68.1
ventilatie	voelbaar	1190.8	1225.4	1118.4	1190.6	1195	1189.5	1223.8	1108.8	1342.4	1343.6	995.4	1342.4	1343.6	995.4
ventilatie	latent	816.3	780.4	785.8	816.1	819.2	805.2	774	786	875.5	880.3	769.7	875.5	880.3	769.7
gevelverlies	straling	43.9	37.7	41.7	43.9	43.9	46.9	43.8	41.9	70.9	43.8	53.6	70.9	43.8	53.6
gevelverlies	convectorie	4.8	-2.3	2.8	4.8	4.8	2	5.1	3	-20.5	6.1	-7.6	-20.5	6.1	-7.6
verlies bodem	straling	342.4	348.7	344.5	342.4	342.3	332	346.2	344.5	387.3	388.4	309.5	387.3	388.4	309.5
verlies bodem	convectorie	-258.5	-281.1	-265.9	-258.5	-258.5	-249.5	-261.4	-265.6	-292.7	-296	-232.7	-292.7	-296	-232.7
balans (A-B)		-10	-5.9	-2.7	-10	-9.6	-9.1	-10.1	-3	-5.5	-10.6	-10.6	-5.5	-10.6	-10.6
gasverbruik	m ³ m ² a ⁻¹	11.9	7.2	7.8	11.9	12.1	9.9	11.8	7.7	5.7	11.5	12	5.7	11.5	12
verdamping	kg m ² a ⁻¹	336.6	321.2	332.2	336.6	337	331.2	317.9	332.9	355.7	362.8	319.7	355.7	362.8	319.7
gasverbruik t.o.v. referentie in %		60.5	65.5	100.0	60.5	101.7	83.2	99.2	64.7	47.9	96.6	100.8	47.9	96.6	100.8

FICUS

Alle waarden in	MJ m ² a ⁻¹	Ref	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	M 13
instraling zon	PAR + NIR	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1		2802,1	2802,1		2802,1	2802,1	2802,1	2936,4	3068,4	2802,1
warmteafgifte ondernet		0	0,1	0	0		0	0		0	0	0	0	0	0
warmteafgifte bovennet		1007,1	724,1	921,1	973,7		1039,3	943,2		1006,6	992,8	910,4	621	976,7	1023,8
voelbare warmte uit luchtverhitter		0	0	0	0		0	0		0	0	0	0	0	0
latente warmte uit luchtverhitter		0	0	0	0		0	0		0	0	0	0	0	0
energieafgifte lamp	PAR/NIR/voelb	0	0	0	0		0	0		0	0	0	0	0	0
energie toevoer via CO2	voelbaar/latent	10,7	10,1	9,2	10,4		10,9	10,3		11,3	10,7	9	9,7	11,3	10,2
(A) zon+buizen+lampen		3820	3536,4	3732,4	3786,3		3852,3	3755,7		3820	3805,7	3721,6	3567,1	4056,5	3836,2
dekverlies en ventilatie	totaal	4009	3828,1	3925,4	3971		4043,7	3934,3		4009,5	3991,9	3914,3	3718,3	4232,9	3321,1
gevelverlies	totaal	128,6	112,9	128,5	129,3		128,4	130,4		128,6	129	128,8	132,6	130,1	123,2
bodemverlies	totaal	-316,1	-403,4	-320,7	-312,8		-318	-307,8		-316,6	-313,7	-320,6	-281	-304,2	-326,2
dakkoeling	totaal	0	0	0	0		0	0		0	0	0	0	0	463,9
verdamping van dakkoeling	totaal	0	0	0	0		0	0		0	0	0	0	0	255,6
(B) som verliezen		3821,5	3537,6	3733,3	3787,5		3854,1	3757		3821,5	3807,2	3722,6	3569,9	4058,9	3118,1
verhoging luchttemperatuur		2408,3	2179,7	2342,3	2388,1		2430,2	2374		2407,7	2451	2331,9	2119,1	2548,1	2501,5
verdamping		1401	1346,6	1381	1387,7		1411,2	1371,4		1401	1344	1380,7	1438,2	1497,1	1324,5
dekverlies	straling	1440	1338,6	1434	1450,2		1431	1437,8		1440	1438,3	1434,2	1140	1447	1308
dekverlies	convectie	716,8	554,5	713,2	735,7		701,6	712,8		716,9	714,3	713,7	238,3	727,4	501,9
ventilatie	voelbaar	762,6	823,5	726,7	733,4		790,6	732		762,6	783,6	718	975,7	870,1	608,1
ventilatie	latent	1089,5	1111,5	1051,6	1051,7		1120,5	1051,8		1090	1055,7	1048,4	1364,4	1188,5	903,1
gevelverlies	straling	64,5	61,7	64,4	64,2		64,8	65,5		64,5	64,7	64,6	93,5	64,9	69,7
gevelverlies	convectie	64,2	51,1	64,1	65,1		63,6	64,9		64,2	64,3	64,3	39,1	65,2	53,5
verlies bodem	straling	-124,7	-166,5	-123,6	-122,6		-126,2	-120,3		-125	-121,4	-123,1	-89,6	-103,4	-135
verlies bodem	convectie	-191,4	-236,9	-197,1	-190,2		-191,8	-187,4		-191,6	-192,3	-197,5	-191,5	-200,8	-191,1
balans (A-B)		-1,4	-1,3	-0,9	-1,3		-1,7	-1,3		-1,5	-1,6	-1	-2,9	-2,4	-1,4
gasverbruik	m ³ m ² a ⁻¹	44,4	38,2	41,9	43,3		45,4	42,2		44,4	43,9	41,6	32	43,2	45,1
verdamping	kg m ² a ⁻¹	571,8	549,6	563,7	566,4		576	559,8		571,8	548,6	563,5	587	611	540,6
gasverbruik t.o.v. referentie in %		86,0	94,4	97,5	97,5	0,0	102,3	95,0	0,0	100,0	98,9	93,7	72,1	97,3	101,6

FRESIA

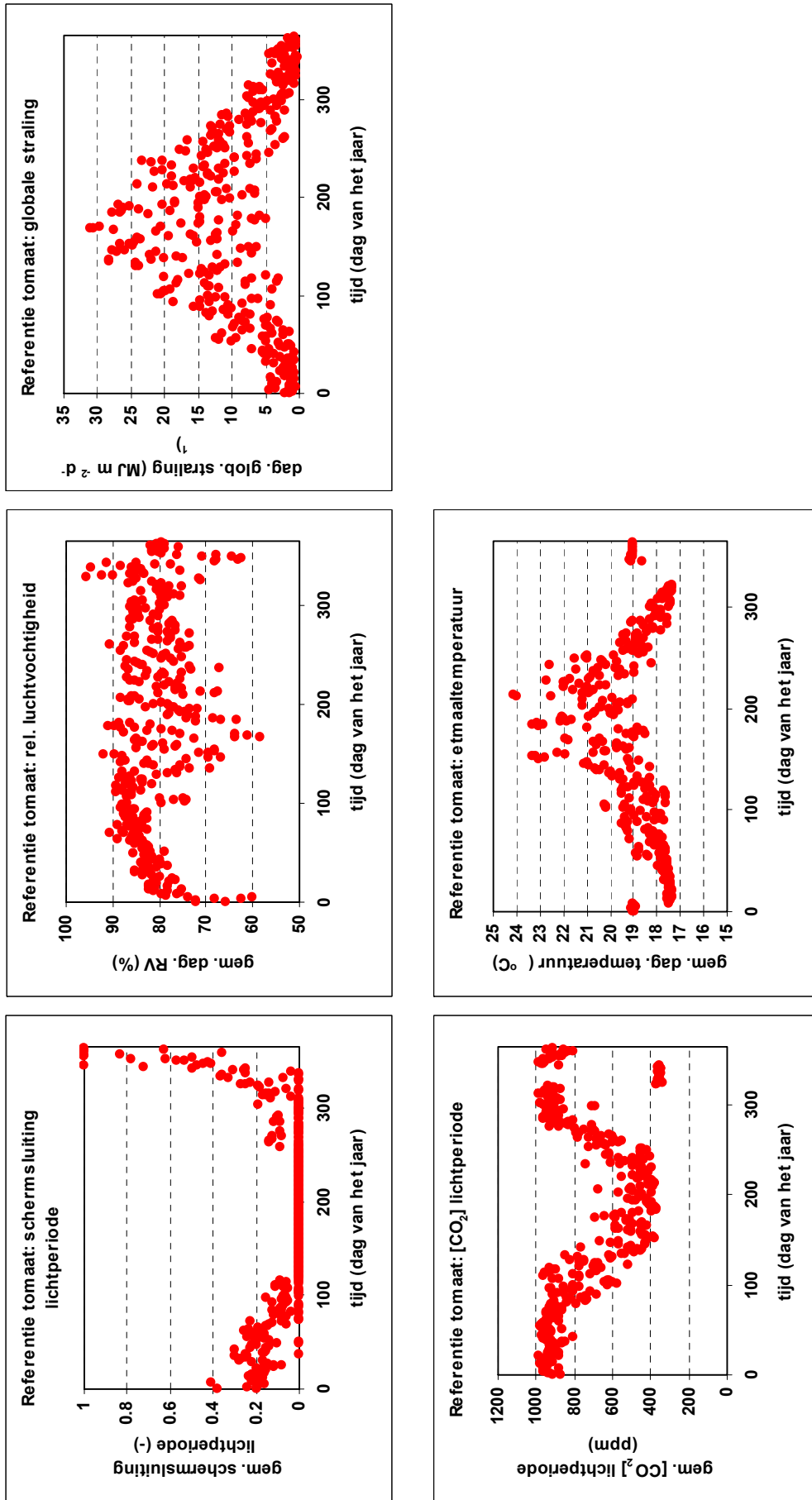
Alle waarden in	Ref	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	M 13
instraling zon	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2936,4	3068,4	2802,1
warmteafgifte ondernet	357	334,3	334,7	250,8	326,3	360,3	336,6	355,5	356,6	347,7	328	288,6	348,4	366,8
warmteafgifte bovennet	54,7	47,8	53,5	37,9	49	55,2	46,2	53,8	54,7	52,9	52,2	40,2	53,2	57,2
voelbare warmte uit luchtverhitter	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
latente warmte uit luchtverhitter	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
energieafgifte lamp	99,2	99,2	99,2	99,2	198,5	99,2	99,2	99,2	99,2	99,2	99,2	99,2	99,2	99,2
energieafoevoer via CO2	8,7	8,9	8,3	6,1	8,7	8,7	8,6	8,7	9,6	8,6	8,2	8,3	8,7	8,7
(A) zon+buizen+lampen	3321,7	3292,3	3297,9	3196,2	3384,5	3325,5	3292,8	3319,4	3322,3	3310,5	3289,7	3372,7	3577,9	3334,1
dekverlies en ventilatie	3141,5	3127,6	3117,6	3022,2	3201,3	3143,7	3110,6	3138,6	3142,2	3129,1	3109,3	3181,1	3388,7	2748,8
gevelverlies	29,7	23,1	29,1	29,3	30,8	30,1	30,5	29,6	29,7	29,9	29,3	32,5	30,7	27,7
bodemverlies	158,4	145,4	156,3	152,5	160,9	159,6	159,6	159	158,4	159,6	156	171	169,2	150,8
dakkoeling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	437,3
verdamping van dakkoeling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-22,2
(B) som verliezen	3329,6	3296	3303	3204	3393	3333,4	3300,7	3327,2	3330,2	3318,6	3294,6	3384,7	3588,5	2927,4
verhoging luchttemperatuur	2318,2	2311,6	2295,7	2210,3	2273	2321,9	2294,2	2316,3	2318,1	2359,5	2286	2320,8	2511,3	2366,3
verdamping	895,5	872,6	894,6	880,6	904,4	895,7	890,8	895,1	895,4	843,2	896,3	944,4	958,8	859,8
dekverlies	969,1	936,5	965,7	955,9	972,6	972,2	956,8	968,7	968,7	970,2	965,9	883,7	977,1	907,3
dekverlies	-44,8	-101	-50,4	-63,7	-37,7	-38,6	-63,4	-45,1	-45,4	-42,9	-50	-176,1	-32	-147,9
ventilatie	1338,7	1426,3	1328,4	1268,6	1378	1334	1337,6	1335,6	1339,6	1372,7	1317,9	1526,9	1500,7	1155,8
ventilatie	878,6	865,9	873,9	861,3	888,4	876,1	879,6	879,4	879,3	829,1	875,5	946,5	942,8	833,7
gevelverlies	32,7	29,4	32,5	33,8	33,3	32,7	35,1	32,6	32,7	32,8	32,7	54,1	32,8	41,1
gevelverlies	-3	-6,3	-3,4	-4,5	-2,6	-2,6	-4,7	-3	-3,1	-2,9	-3,4	-21,6	-2,2	-13,4
verlies bodem	358,6	357,4	357,3	345,8	361,6	359,1	356,7	361,5	358,5	361,5	356,7	382,3	395,2	339,1
verlies bodem	-200,2	-212,1	-201	-193,3	-200,6	-199,6	-197,1	-202,5	-200,1	-201,9	-200,7	-211,2	-226	-188,3
balans (A-B)	-7,9	-3,6	-5,1	-7,9	-8,5	-7,9	-7,9	-7,8	-7,9	-8,1	-5	-11,9	-10,6	-8,3
gasverbruik	12,9	12	12,2	9,3	11,8	13	12,1	12,8	12,9	12,6	12	10,5	12,6	13,3
verdamping	365,5	356,2	365,1	359,4	369,1	365,6	363,6	365,4	365,5	344,2	365,8	385,5	391,3	350,9
gasverbruik t.o.v. referentie in %	93,0	94,6	94,6	72,1	91,5	100,8	93,8	99,2	100,0	97,7	93,0	81,4	97,7	103,1

SPATIPHYLLUM

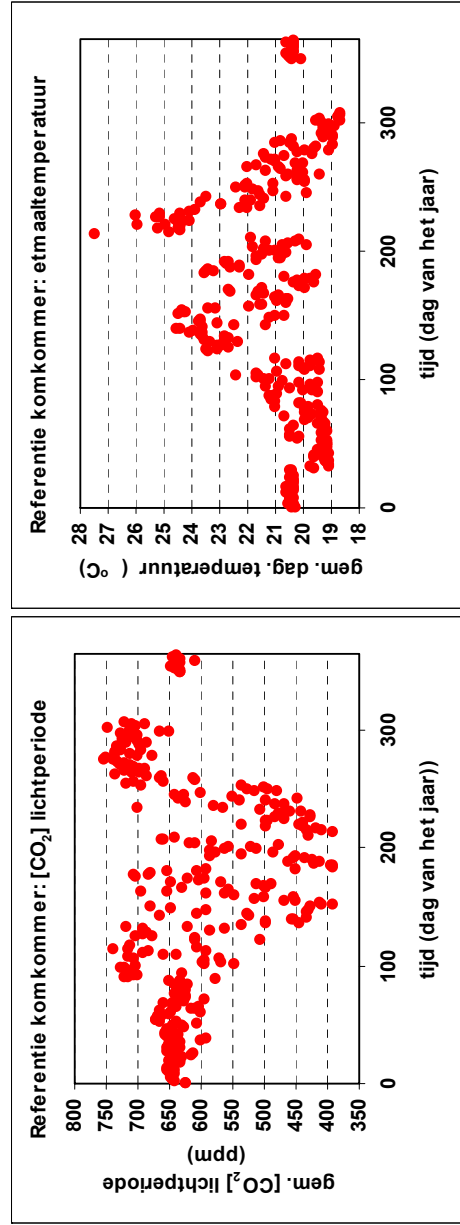
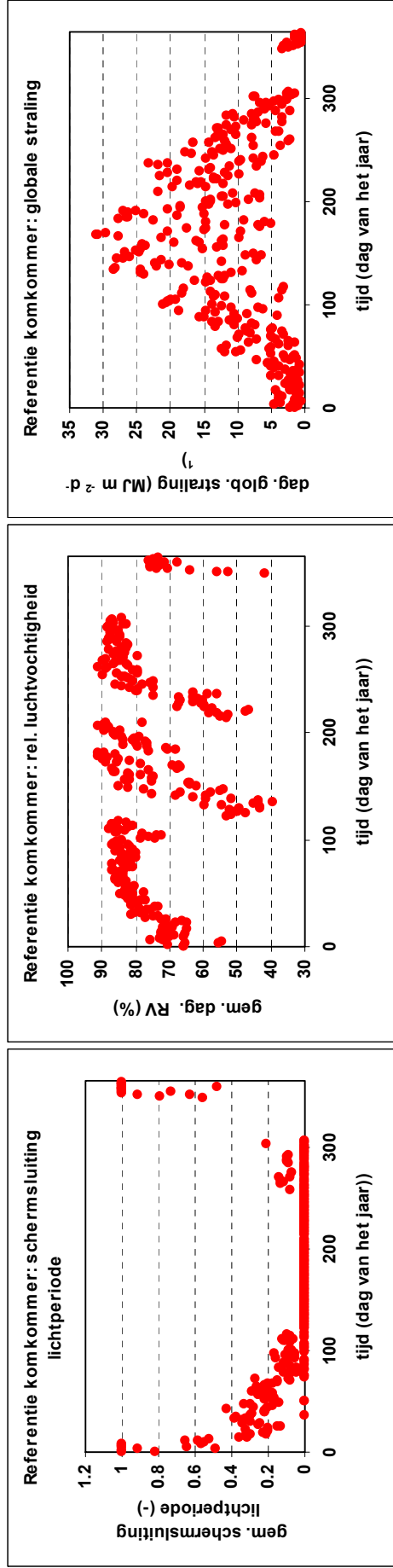
Alle waarden in	Ref	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	M 13
instraling zon	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2802,1	2936,4	3068,4	2802,1
warmteafgifte ondernet	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
warmteafgifte bovennet	860,6	792,9	849,5	810,4	795,8	864,6	819,1	924,1	860,4	839,6	847,2	686,6	841,3	888,3
voelbare warmte uit luchtverhitter	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
latente warmte uit luchtverhitter	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
energieafgifte lamp	199,1	199,1	199,1	199,1	398,2	199,1	199,1	199,1	199,1	199,1	199,1	199,1	199,1	199,1
energie toevoer via CO2	15,6	17,4	16,1	13,5	17,1	15,4	15,4	17,4	15,8	15,2	16,1	19,5	16,6	15
(A) zon+buizen+lampen	3877,5	3811,5	3866,9	3825,2	4013,2	3881,3	3835,8	3942,8	3877,4	3856,1	3864,5	3841,6	4125,4	3904,6
dekverlies en ventilatie	4245,1	4242,5	4248,1	4169,2	4361,8	4250	4195,2	4315,3	4244,9	4217,3	4244,8	4127,4	4478	3431,3
gevelverlies	136,9	125,2	133,9	140	139,1	136,8	138,5	136,2	136,9	137,8	134,2	145,2	138,6	130,5
bodemverlies	-502,8	-555	-514,5	-482,2	-485,9	-503,8	-496,1	-506,9	-502,7	-496,9	-513,9	-427,2	-487,8	-521,3
dakkoeling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	558,4
verdamping van dakkoeling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	307,7
(B) som verliezen	3879,2	3812,7	3867,4	3827	4015	3883,1	3837,6	3944,5	3879,2	3858,2	3865,1	3845,4	4128,8	3040,4
verhoging luchttemperatuur	2255,6	2209,9	2253,1	2245,8	2111,5	2259,8	2234,6	2268	2255,4	2300,9	2249,4	2095,5	2415,7	2360,1
verdamping	1407,2	1385,2	1398,6	1366,8	1486,4	1407	1386,7	1458,2	1407,2	1340,9	1400	1527,6	1494,1	1330,3
dekverlies	1530,1	1459	1510,8	1511,2	1556,3	1523,2	1512	1548,1	1530,1	1522,6	1512	1233,6	1538	1366,5
dekverlies	860,2	747,6	829,8	829,8	899,2	846,3	829,7	887,1	860,2	848,1	831,5	387,5	872,2	600,3
ventilatie	828,6	953,6	869,6	817,4	850,1	840,7	826,3	838	828,3	852,6	864	1137,4	947,4	638,5
ventilatie	1026,2	1082,3	1037,9	1010,8	1056,2	1039,8	1027,1	1042,1	1026,3	993,9	1037,4	1369	1120,4	826
gevelverlies	64,5	61,8	63,8	66,7	64,5	64,8	66	63,4	64,5	65,2	63,9	89,2	64,9	69,4
gevelverlies	72,5	63,4	70,1	73,3	74,5	72	72,4	72,7	72,5	72,6	70,3	56	73,6	61
verlies bodem	-187,2	-206,5	-190,6	-180,4	-174,3	-188,1	-186,2	-182,4	-187,1	-182,7	-190	-116,2	-156,8	-207,7
verlies bodem	-315,7	-348,5	-323,9	-301,8	-311,6	-315,6	-309,9	-324,5	-315,6	-314,2	-323,9	-311	-331	-313,6
balans (A-B)	-1,7	-1,2	-0,5	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,7	-1,7	-2	-0,6	-3,8	-3,3	-1,9
gasverbruik ketel	46,5	45,8	46,5	44,5	44,1	46,6	45,1	48,5	46,5	45,7	46,4	39,4	45,6	47,8
verdamping	574,4	565,4	570,8	557,9	606,7	574,3	566	595,2	574,4	547,3	571,4	623,5	609,8	543
gasverbruik t.o.v. referentie in %	98,5	100,0	100,0	95,7	94,8	100,2	97,0	104,3	100,0	98,3	99,8	84,7	98,1	102,8

Bijlage III.

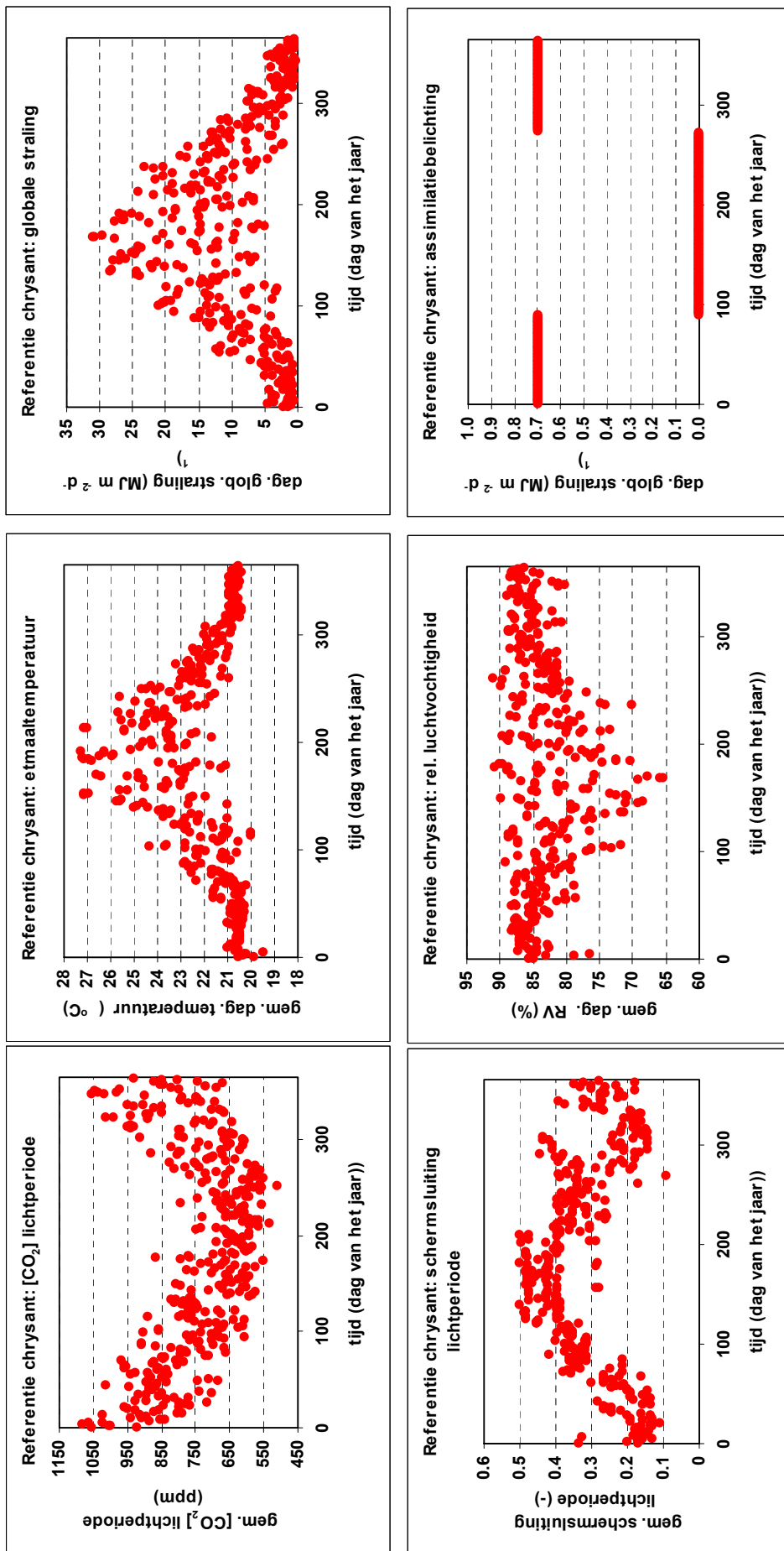
**Verloop van het kasklimaat voor de
referentieteelt voor tomaat, komkommer,
chrysant en roos**



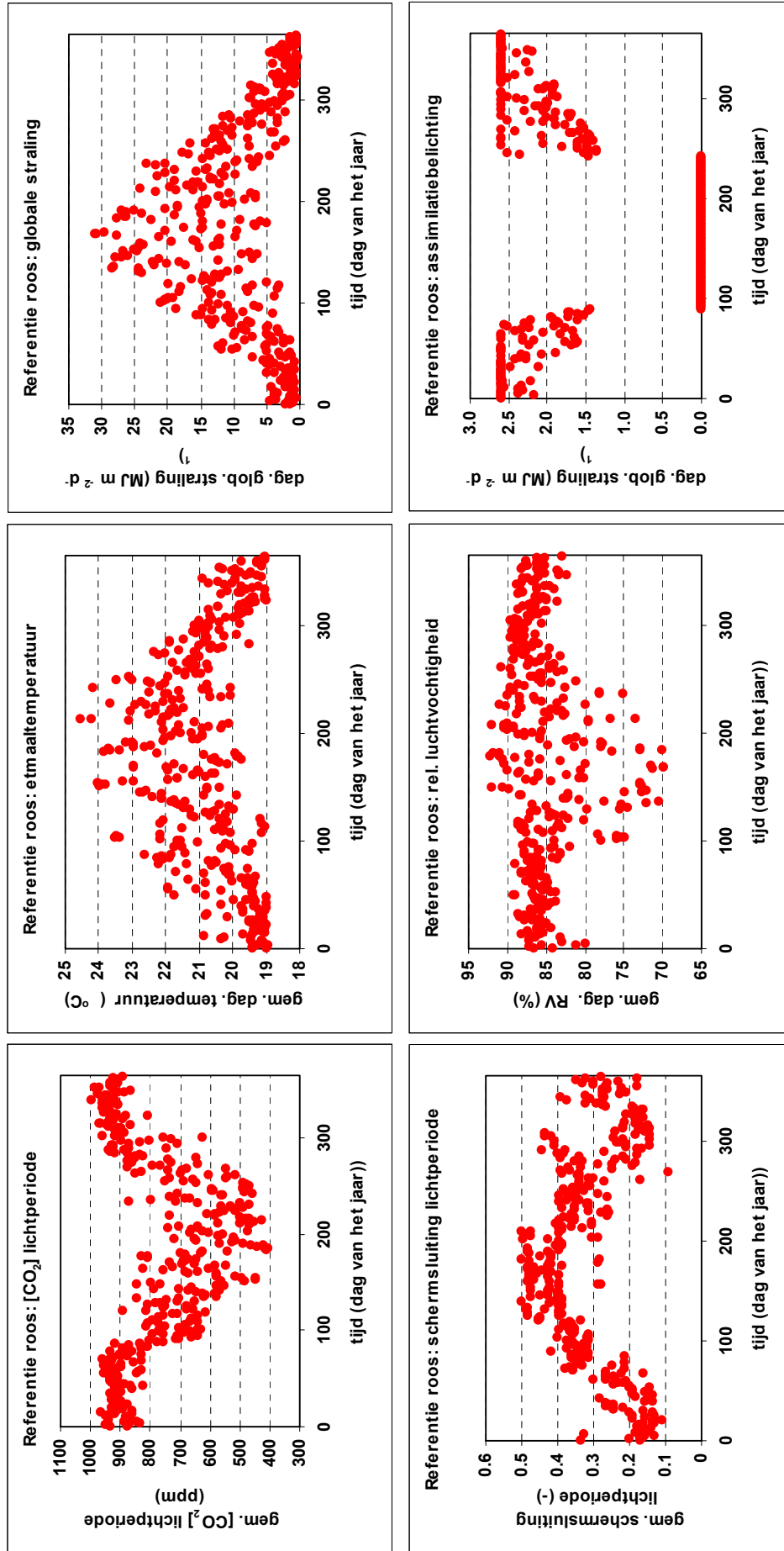
Figuur III-1. Voor de referentieteeelt van tomaat de dagelijkse globale straling, de gemiddelde dagelijkse etmaalteperatuur, de gemiddelde dagelijkse relatieve luchtvochtigheid, de gemiddelde CO₂-concentratie tijdens de lichtperiode, en het de gemiddelde fractie schermingsluiting tijdens de lichtperiode.



Figuur III-2. Voor de referentieteelt van komkommer de dagelijkse globale straling, de gemiddelde dagelijkse etmaaltemperatuur, de gemiddelde dagelijkse relatieve luchtvochtigheid, de gemiddelde CO_2 -concentratie tijdens de lichtperiode, en het de gemiddelde fractie schermsluiting tijdens de lichtperiode.



Figuur III-3. Voor de referentieteeelt van chrysant de dagelijkse globale straling, de gemiddelde dagelijkse etmaalttemperatuur, de gemiddelde dagelijkse relatieve luchtvochtigheid, de gemiddelde CO₂-concentratie tijdens de lichtperiode, en het de gemiddelde fractie schermsluiting tijdens de lichtperiode.



Figuur III-4. Voor de referentieteeelt van roos de dagelijkse globale straling, de gemiddelde dagelijkse etmaaltemperatuur, de gemiddelde dagelijkse assimilatiebelichting, de gemiddelde relatieve luchtvochtigheid, de gemiddelde CO₂-concentratie tijdens de lichtperiode, en het de gemiddelde fractie schermsluiting tijdens de lichtperiode.

Bijlage IV.

Bedrijfseconomische situatie

Tomaat

Inleiding

In dit onderdeel wordt de bedrijfseconomische situatie van de referentieteel voor tomatomaat beschreven. De bedrijfseconomische beoordeling betreft een partiële kosten-baten analyse, waarbij alleen de opbrengsten en de kostensoorten zijn uitgewerkt, die aan energie(besparende maatregelen) zijn gekoppeld en/of aan de productie zijn gerelateerd. De opbrengsten en kosten van de referentieteel zijn de maatstaf voor de beoordeling van de energiebesparende maatregelen, die in hoofdstuk 5 worden behandeld.

Aanpak

De kosten-baten analyse omvat een bedrijfseconomische waardering van opbrengsten en kosten, die samenhangen met het energie- en het productieaspect. De volgende kostensoorten worden onderscheiden: gaskosten, arbeidskosten, afzetkosten, overige teeltkosten en jaarkosten van investeringen.

Hierna worden de opbrengsten en kosten voor de referentiesituatie weergegeven. Voor de opbrengsten en gaskosten worden de niveaus aangegeven; voor de andere kostensoorten wordt beschreven hoe met de kosten in de studie wordt omgegaan.

In de kosten-baten analyse worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- algemene uitgangspunten
- uitgangspunten m.b.t. het energie en productieaspect.

De algemene uitgangspunten betreffen:

- een modern en zeer goed geleid bedrijf ('top'bedrijf);
- bedrijfsomvang: 4 ha glas;
- prijspeil 2002, tenzij anders is aangegeven.

De uitgangspunten voor energie en productie hebben betrekking op:

- kasconstructie, klimaatbeheersing en teeltwijze (zie 3.1 + Bijlage I);
- resultaten uit modelberekeningen voor gasverbruik en productie.

Specifieke uitgangspunten worden vermeld bij de behandeling van de betreffende opbrengsten of kostenposten.

De opbrengsten en kosten in de referentiesituatie dienen als vertrekpunt voor het analyseren van de opbrengsten- en kostenverschillen die samenhangen met de energiebesparende maatregelen. Het saldo van de verschillen in opbrengsten en in kosten geeft een indicatie over het economisch perspectief van de energiebesparende maatregelen. In het hoofdstuk 5 is nader op dit perspectief ingegaan.

Productie en opbrengsten

Om de opbrengsten van de referentieteel te bepalen is van de volgende gegevens uitgegaan:

- productie in kilo per periode uit modelberekeningen met INTKAM (PRI);
- productprijzen per kilogram uit Kwantitatieve informatie voor de glastuinbouw 2001-2002 (KWIN 2001; teeltcode G58). De kiloprijzen zijn het gewogen gemiddelde over drie jaren (1998-2000).

Tabel IV-1. Productie (kg m⁻²) voor de referentieteelt tomatomaat.

Periode van 4 weken vanaf 1 jan.	Productie (kg FW m ²)	Productie (%)	Duur (dagen)
1	0	0.0	28
2	0	0.0	28
3	0	0.0	28
4	6.68	11.3	28
5	8.23	14	28
6	7.88	13.4	28
7	8.59	14.6	28
8	7.8	13.2	28
9	6.32	10.7	28
10	5.68	9.6	28
11	4.9	8.3	28
12	2.81	4.8	28
13	0	0	28
Totaal	58.89	100.0	

De productie van een referentieteelt tomatomaat op een 'top'bedrijf bedraagt 58,89 kg per m². Dit resulteert in een opbrengst van 54,43 euro per m² en een middenprijs van 0,92 euro kg⁻¹.

Gaskosten

Ter bepaling van de gaskosten wordt uitgegaan van het Commodity Diensten Systeem (CDS), zoals dat in 2002 (door Westland Energie Services) werd gehanteerd voor de zogenaamde 'vrije' klanten.

Voor de berekening van de gaskosten volgens het CDS zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- bedrijf van 4 ha;
- hoge commodityprijs 15,93 Ect m³ (Velden, 2002; Interne notitie brandstofprijzen). In een gevoeligheidsanalyse zal een lage prijsmaatregel worden gehanteerd (7,34 Ect m³);
- gemiddelde netbeheerderskosten 1,36 Ect m³ (Velden, 2002, Interne notitie brandstofprijzen);
- locatie Westland: afstand tot Noordbroek = 200 km en tot entrypoint = 75 km;
- gasvolume voor 4 ha = 1.795.679 m³ (modeluitkomst KASPRO);
- maximale gasafname per uur = 199 m³ uur⁻¹ ha⁻¹ (modeluitkomsten KASPRO);
- meest recente tarieven. van Gasunie (Gasuniesite) en van WES (overzicht aardgascontracten vrije markt op PT site).

De gaskosten voor de referentieteelt bedragen voor een gasverbruik van 46.27 m³ m² bij de hoge en de lage brandstofprijsmaatregel 10,28 euro m² respectievelijk 6,31 euro m².

In de berekening van de gaskosten volgens het CDS zijn de opties incidentele capaciteit en uurflexibiliteit buiten beschouwing gelaten. Met het oog op energiekostenbeheersing is met beide opties de energiekosten te verlagen. Daar de inzet en omvang van beide opties sterk bepaald wordt door de teler in overleg met de adviseur, is hier van afgezien.

Arbeidskosten

Een belangrijke kostenpost is arbeid. Dit heeft betrekking op kosten voor teeltgebonden arbeid en voor algemene werkzaamheden (door de ondernemer).

De teeltgebonden arbeid en de algemene arbeid voor de referentieteelt is afgeleid van KWIN 2001-2002. De hoeveelheid teeltgebonden arbeid is in Tabel II-2 weergegeven (KWIN, 2001; teelcode G58).

Tabel IV-2. *Teeltgebonden arbeid voor referentieteelt trostomaat (per 1000 m² en per 4 ha).*

Periode	Teeltarbeid (uren)	
	Per 1000 m ²	Per 4 ha
1	35	1400
2	35	1400
3	45	1800
4	90	3600
5	95	3800
6	105	4200
7	100	4000
8	100	4000
9	90	3600
10	70	2800
11	55	2200
12	60	2400
13	65	2600
Totaal	945	37800

Per 1000 m² teelt is 945 uur teeltgebonden arbeid benodigd (normatief). Voor het 4 ha bedrijf is dit 37.800 uur per jaar.

Voor algemene arbeid wordt 2400 uur per jaar aangehouden voor een 4 ha bedrijf (KWIN, 2001; Tabel 88).

De teeltgebonden arbeid is bij trostomaat sterk gerelateerd aan de oogst en verwerking van de producten. Als vuistregel wordt gehanteerd dat 1% productieverandering ca. 0,5% verschil in teeltgebonden arbeid met zich meebrengt (mondelijke informatie Hendrix, voormalig IMAG-medewerker; Alleblas en Mulder, 1997).

Extra aandacht en controle van energiebesparende maatregelen leiden op de korte termijn tot extra algemene arbeid voor de ondernemer. Op de lange termijn zullen de maatregelen onderdeel van de normale bedrijfsvoering worden, waardoor de extra arbeid voor het overgrote deel komt te vervallen.

Voor beide arbeidsoorten wordt een verschillend arbeidstarief gehanteerd.

Met betrekking tot teeltgebonden arbeid wordt 15,7 euro uur⁻¹ aangehouden. Dit tarief is afgeleid van de totale arbeidskosten voor een bedrijf > 750 sbe (www.lei.dlo.nl; geïndexeerde Binternet cijfers) en de totale arbeidsbehoefte.

Het arbeidstarief voor algemene arbeid is gesteld op 20,45 euro uur⁻¹.

Afzetkosten

De afzetkosten zijn gerelateerd aan de productie en bestaan uit fust en verpakking en veilingkosten. De kosten voor fust en verpakking zijn gekoppeld aan de productie en bedragen 0,01 cent per kilo product. De veilingkosten bedragen 2,75% van de omzet (=opbrengst);

Daarnaast is er een post rente omlopend vermogen, die op 1% van de omzet is gesteld.

Jaarkosten investeringen

De bedrijfsopzet en bedrijfsuitrusting behorende bij de referentieteelteelst resulteert in een totaal investeringsbedrag en kosten voor afschrijving, onderhoud en rente. Deze bedragen zijn hier niet vermeld.

Bij de beoordeling van de energiebesparende maatregelen zal gekeken worden naar het verschil in jaarkosten, die samenhangen met een investering. Bij de bepaling van de jaarkosten wordt uitgegaan van de investeringsbedragen in een nieuwbouwsituatie.

De investering kan hierbij betrekking hebben op een vervanging van een bestaand bedrijfsmiddel, een aanpassing of een compleet nieuw bedrijfsmiddel.

Komkommer

Voorzover afwijkend van die voor tomaat wordt dit hieronder aangegeven.

Productie

Vermeld in kg en stuks en is gebaseerd op model INTKAM.

Productieprijzen per stuk afkomstig van KWIN.

Arbeid

De arbeidsbehoefte bestaat uit 970 uur per 1000 m² teeltgebonden arbeid en 2400 uur per 4 ha voor algemene arbeid. De teeltgebonden arbeid is gesplitst in gewas en oogsthandelingen.

Periode	Teeltarbeid in uren/ 1000 m ²	Totale teeltarbeid (4 ha)	Gewasarbeid (4 ha)	Oogst en verwerking (4 ha)
1	45,00	1800	1800	0
2	65,00	2600	1800	800
3	60,00	2400	1800	600
4	70,00	2800	1800	1000
5	100,00	4000	1800	2200
6	85,00	3400	1800	1600
7	110,00	4400	1800	2600
8	105,00	4200	1800	2400
9	115,00	4600	1800	2800
10	75,00	3000	1800	1200
11	45,00	1800	1200	600
12	50,00	2000	1600	400
13	45,00	1800	1800	0
	970,00	38800	22600	16200

Chrysant

Productie

Vermeld in aantal takken en is gebaseerd op model INTKAM.

Productieprijzen per stuk afkomstig van KWIN.

Arbeid

De arbeidsbehoefte bestaat uit 555 uur per 1000 m² teeltgebonden arbeid en 2400 uur per 4 ha voor algemene arbeid.

Periode	Teeltarbeid in uren/ 1000 m ²	Totale teeltarbeid (4 ha)	Gewasarbeid (4 ha)	Oogst en verwerking (4 ha)
1	35,00	1400	320	1080
2	45,00	1800	320	1480
3	50,00	2000	320	1680
4	50,00	2000	320	1680
5	45,00	1800	320	1480
6	40,00	1600	320	1280
7	40,00	1600	320	1280
8	45,00	1800	320	1480
9	40,00	1600	320	1280
10	45,00	1800	320	1480
11	40,00	1600	320	1280
12	40,00	1600	320	1280
13	40,00	1600	320	1280
	555,00	22200	4160	18040

Energiekosten

Voor de berekening van de gaskosten, zie gewas tomaat.

De maximale uurcapaciteit is de hoogste waarde van het KD- of LD-regime.

Voor de gewassen chrysant (Freesia, Spatiphyllum en roos) worden kosten in rekening gebracht voor elektriciteit. Het elektriciteitsverbruik op jaarbasis per uur is door het model INTKAM berekend.

Bij groeilicht is er vanuit gegaan, dat elektriciteit wordt betrokken uit het net en niet zelf op de bedrijven wordt opgewekt met een wk-installatie.

De kosten worden vervolgens bepaald door uit te gaan van onderstaande vergelijkingen:

- Kosten kWh tijdens plateau uren: $Y_{\text{plateau}} = 0.051 * X_{\text{plateau}} + 171.95$
- Kosten kWh tijdens daluren: $Y_{\text{dal}} = 0.017 * X_{\text{dal}} + 171.95$

De netkosten en kosten voor de REB worden bepaald door:

- Jaarverbruik tot 100.000 kWh: $Y_{\text{netreb}} = 2.2501(X_{\text{totaal}})^{0.6645}$
- Jaarverbruik vanaf 100.000 kWh: $Y_{\text{netreb}} = 0.0322 X_{\text{totaal}} + 1677.8$
- Totale kosten: $Y_{\text{plateau}} + Y_{\text{dal}} + Y_{\text{netreb}}$

Roos

Productie

Vermeld in aantal takken en is gebaseerd op model INTKAM.

Productieprijzen per stuk afkomstig uit KWIN en hebben betrekking op de cultivar Red Berlin.

Arbeid

De arbeidsbehoefte bestaat uit 1235 uur teeltgebonden arbeid per 1000 m² verdeeld over 351 uur gewasarbeid en 884 uur oogstarbeid per 1000 m². Daarnaast is er 2400 uur per 4 ha aan algemene arbeid.

Energiekosten

Voor de berekening van de gaskosten en elektriciteitskosten, zie gewas chrysant.

Periode	Teeltarbeid in uren/ 1000 m ²	Teeltarbeid (4 ha)	Gewasarbeid (4 ha)	Oogst en verwerking (4 ha)
1	70,00	2800	1080	1720
2	80,00	3200	1080	2120
3	85,00	3400	1080	2320
4	95,00	3800	1080	2720
5	110,00	4400	1080	3320
6	115,00	4600	1080	3520
7	115,00	4600	1080	3520
8	115,00	4600	1080	3520
9	115,00	4600	1080	3520
10	105,00	4200	1080	3120
11	85,00	3400	1080	2320
12	75,00	3000	1080	1920
13	70,00	2800	1080	1720
Totaal	1235,00	49400	14040	35360

Sla

Productie

De productie aantallen en de productprijzen zijn afkomstig van PPO.

Arbeid

De arbeidsbehoefte bedraagt 510 uur per 1000 m² teeltgebonden arbeid en ca. 2400 uur voor algemene arbeid bij 4 ha bedrijf.

Periode	Teeltarbeid in uren/ 1000 m ²	Teeltarbeid (4 ha)	Gewasarbeid (4 ha)	Oogst en verwerking (4 ha)
1	85	3400	0	3400
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	85	3400	0	3400
5	85	3400	0	3400
6	0	0	0	0
7	85	3400	0	3400
8	0	0	0	0
9	85	3400	0	3400
10	0	0	0	0
11	85	3400	0	3400
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
Totaal	510	20400	0	20400

Ficus

Productie

De productie aantallen zijn afkomstig van PPO. De plantprijzen zijn overgenomen uit Kwin.

Arbeid

De arbeidsbehoefte voor teeltgebonden arbeid is bepaald aan de hand van taaktijden uit Kwin en wordt uitgedrukt in 90,8 minuten per 100 planten. De arbeidsbehoefte bedraagt daardoor 510 uur per 1000 m² teeltgebonden arbeid en ca. 2400 uur voor algemene arbeid bij 4 ha bedrijf.

Teeltkosten

De kosten voor een Ficusteelt zijn overgenomen uit Kwin en zijn als volgt:

Teeltkosten	Kosten per 1.000 planten
Plantmateriaal	277,71
gwb + bemesting	21,33
Potgrond	114,8
Pot/container	115,26
Steunmateriaal	27,77
Subtotaal	556,87
Extra kosten per plant	0,56

Freesia

Productie

De productie aantallen zijn afkomstig van PPO. De productprijzen zijn overgenomen uit Kwin.

Arbeid

De arbeidsbehoefte voor arbeid is gebaseerd op de Kwin. De arbeidsbehoefte bedraagt daardoor 860 uur per 1000 m² teeltgebonden arbeid en ca. 2400 uur voor algemene arbeid bij 4 ha bedrijf.

Periode	Teeltarbeid in uren/ 1000 m ²	Totale teeltarbeid (4 ha)	Gewasarbeid (4 ha)	Oogst en verwerking (4 ha)
1	60,00	2400	800	1600
2	55,00	2200	800	1400
3	65,00	2600	800	1800
4	105,00	4200	800	3400
5	120,00	4800	800	4000
6	80,00	3200	800	2400
7	50,00	2000	800	1200
8	25,00	1000	800	200
9	30,00	1200	800	400
10	55,00	2200	800	1400
11	75,00	3000	800	2200
12	75,00	3000	800	2200
13	65,00	2600	800	1800
	860,00	34400	10400	24000

Spatiphyllum

Productie

De productie aantallen zijn afkomstig van PPO. De plantprijzen zijn overgenomen uit Kwin.

Arbeid

De arbeidsbehoefte voor teeltgebonden arbeid is bepaald aan de hand van informatie uit Kwin en is begroot op 20 minuten per 100 planten. De arbeidsbehoefte bedraagt daardoor 310 uur per 1000 m² teeltgebonden arbeid en ca. 2400 uur voor algemene arbeid bij 4 ha bedrijf.

Periode	Totale teeltarbeid in uren per 1000 m ²	Totale teeltarbeid (4 ha)
1	23,8	952
2	23,8	952
3	23,8	952
4	23,8	952
5	23,8	952
6	23,8	952
7	23,8	952
8	23,8	952
9	23,8	952
10	23,8	952
11	23,8	952
12	23,8	952
13	23,8	952
Totaal	310	12380

Teeltkosten

De kosten voor een Spatiphyllumteelt zijn overgenomen uit Kwin en zijn als volgt:

Teeltkosten	Kosten per m ²
Plantmateriaal	34.13
gwb + bemesting	1.39
Potgrond	3.65
Pot/container	3.80
Subtotaal	42.97
Extra kosten per plant (92,9 pl/m ²)	0.463

Bijlage V.

Bedrijfseconomische gevolgen van energiebesparende maatregelen

Tomaat

De bedrijfseconomische gevolgen worden zowel voor de korte termijn als voor de lange termijnsituatie weergegeven. Voor de korte termijnsituatie zal de toepassing van een energiebesparende maatregel leiden tot een bepaalde energiebesparing, effecten op de productie en productkwaliteit en bepaalde kosten met zich meebrengen (productie en/of geldopbrengst gerelateerde kosten en investeringskosten).

Voor de lange termijn worden de bedrijfseconomische gevolgen in kaart gebracht ten aanzien van gewijzigde uitgangspunten. De gewijzigde uitgangspunten kunnen betrekking hebben op energiebesparing, productie, productkwaliteit, teeltcondities, investeringen en exploitatiekosten.

Korte termijn gevolgen

De gevolgen van de energiebesparing, effecten op productie en productkwaliteit en productie/geldopbrengst gerelateerde posten zijn gebaseerd op de 'technische' resultaten in voorgaande paragrafen van dit hoofdstuk. De investeringen zijn bepaald op basis van de technische specificaties van de energiebesparende maatregelen (zie Bijlage I). De overige exploitatiekosten zijn ingeschat op basis van eerdere studies (w.o. Projectbureau GLAMI, 2000) en eigen schattingen.

De extra arbeidsinzet door de teler voor controlewerkzaamheden zijn als volgt ingeschat. Hierbij is de mate waarin negatieve kwaliteitseffecten zich kunnen voordoen als leidraad aangehouden:

- 50 uur per jaar: maatregelen 5, 8, 12 en 13;
- 100 uur per jaar: maatregelen 1, 2, 3, 6, 9, 10 en 11.

De berekeningswijze van de bedrijfseconomische effecten zijn uitgebreid beschreven in Bijlage IV.

Brandstofprijs

In Tabel V-1 en V-2 zijn de resultaten weergegeven bij een hoge en een lage brandstofprijs.

Tabel V-1. *Opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het saldo van opbrengsten en kosten voor de energiebesparende maatregelen t.o.v. de referentie bij een hoge brandstofprijs (alle bedragen in euro m²).*

	Opbrengst	Energiekosten	Arbeidskosten	Overige kosten	Jaarkosten investering	Saldo
Referentie niveau	55,61	10,28	16,16	2,69	-	26,48
	Verschil t.o.v. referentie					
1. Temperatuursetpoint	-5,28	-1,20	-0,22	-0,16	0	-3,69
2. Temperatuurintegratie 1 dg	-1,01	-0,30	-0,02	0,01	0	-0,70
3. RV-setpoint	-0,08	-0,58	0,00	0,05	0	+0,45
5. Regeling op dauwpunt	-0,23	-0,60	-0,01	0,01	0	+0,37
6. Energiescherm kierregeling	0,00	-0,06	0,00	0,03	0	+0,01
8. CO ₂ dosering	0,69	0,03	0,07	0,06	0,16	+0,37
9. Verdamping	-0,33	-0,25	-0,04	0,04	0	-0,08
10. Temperatuurintegratie 3 dg	-2,63	0,30	-0,18	-0,07	0	-2,69
11. Isolatie	-1,39	-1,41	-0,17	-0,01	2,55	-2,33
12. Lichtdoorlatendheid	3,56	-0,16	0,44	0,20	1,15	+1,93
13. Koeling*	-0,09	0,13	0,01	0,02	-	-0,25

* Saldo, excl. jaarkosten van de investeringen.

Tabel V-2. *Opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het saldo van opbrengsten en kosten voor de energiebesparende maatregelen t.o.v. de referentie bij een lage brandstofprijs (alle bedragen in euro m²).*

	Opbrengst	Energiekosten	Arbeidskosten	Overige kosten	Jaarkosten investering	Saldo
Referentie niveau	55,61	6,31	16,16	2,69	-	30,45
	Verschil t.o.v. referentie					
1. Temperatuursetpoint	-5,28	-0,55	-0,22	-0,16	0	-4,34
2. Temperatuurintegratie 1 dg	-1,01	-0,14	-0,02	0,01	0	-0,86
3. RV-setpoint	-0,08	-0,27	0,00	0,05	0	0,14
5. Regeling op dauwpunt	-0,23	-0,28	-0,01	0,01	0	0,05
6. Energiescherm kierregeling	0,00	-0,03	0,00	0,05	0	-0,02
8. CO ₂ dosering	0,69	0,01	0,07	0,06	0,16	0,39
9. Verdamping	-0,33	-0,12	-0,04	0,04	0	-0,21
10. Temperatuurintegratie 3 dg	-2,63	0,13	-0,18	-0,07	0	-2,52
11. Isolatie	-1,39	-0,65	-0,17	-0,01	2,55	-3,09
12. Lichtdoorlatendheid	3,56	-0,08	0,44	0,20	1,15	1,85
13. Koeling *	-0,09	0,06	0,01	0,02	-	-0,18

* Saldo, excl. jaarkosten van de investeringen.

Productkwaliteit

In Tabel V-1 en V-2 is er vanuit gegaan dat de energiebesparende maatregelen geen effecten hebben op de productkwaliteit. Energiebesparende maatregelen kunnen mogelijk effecten op de productkwaliteit hebben en zijn door PPO geschat. De drie effecten, namelijk het optreden van krimpscheuren, Botrytis en/of algemene scheuren zullen niet generiek voordoen. Met name voor gevoelige tomatencultivars zullen de in Tabel V-3 genoemde percentages gelden. Minder gevoelige cultivars laten nauwelijks of geen kwaliteitseffecten zien. Uit Tabel V-3 blijkt dat van de maatregelen 5, 9 en 13 nauwelijks of geen negatieve effecten worden verwacht op de productkwaliteit.

Tabel V-3. Indicatieve effecten van energiebesparende maatregelen op productkwaliteit (krimpscheuren, Botrytis en scheuren) in procenten t.o.v. de referentie.

	Krimp-scheuren	Botrytis	Scheuren	Prijs effect	Productie-effect
	Verschil t.o.v. referentie (%)				
1. Temperatuursetpoint	5	5	1	5	6
2. Temperatuurintegratie 1 dg	0	2	1	0	3
3. RV-setpoint	0	5	0	0	5
5. Regelen op dauwpunt	0	0	0	0	0
6. Energiescherm kierregeling	1	2	1	1	3
8. CO ₂ dosering	2	0	1	2	1
9. Verdamping	0	0	0	0	0
10. Temperatuurintegratie 3 dg	0	2	1	0	3
11. Isolatie	0	5	1	0	6
12. Lichtdoorlatendheid	0	0	1	0	1
13. Koeling	0	0	0	0	0

Bron: PPO Glastuinbouw.

In Tabel V-3 is tevens aangegeven hoe de kwaliteitseffecten doorwerken in de productprijs of productie.

Krimpscheuren in tomaten leiden tot een declassering, waardoor een lagere productprijs wordt behaald. Tomaten met Botrytis of algemene scheuren zijn onverkoopbaar en betekenen een productiederving.

De prijs- en productie-effecten zijn als volgt meegenomen in de bedrijfseconomische beoordeling:

- *productprijs*: lagere geldopbrengsten. Een effect van x% houdt in, dat x% van de productie een lagere productprijs oplevert. Voor de declassering is een prijsverlaging aangehouden van 10% (in de praktijk komen prijsdalingen tot 30% voor). De geldopbrengst gerelateerde kosten wijzigen in dezelfde mate.
- *productie*: lagere geldopbrengsten ter grootte van x%. Er wordt vanuit gegaan, dat de arbeid voor oogst en verwerking nauwelijks verandert, omdat de producten ook dan worden geoogst en gesorteerd. De productie en geldopbrengst gerelateerde kosten wijzigen navenant.

De economische gevolgen van de kwaliteitseffecten zijn in Tabel V-4 vermeld.

Tabel V-4. Productkwaliteitseffecten van energiebesparende maatregelen op opbrengsten, kosten en saldo van opbrengsten en kosten t.o.v. de basisberekening (alles in euro m²).

	Opbrengst	Afzet- en overige kosten	Saldo
	Verschil tov basisberekening		
Temperatuursetpoint	-3,27	-0,16	-3,12
Temperatuurintegratie 1 dg	-1,63	-0,08	-1,55
RV-setpoint	-2,78	-0,14	-2,64
Regelen op dauwpunt	0,00	0,00	0,00
Energiescherm kierregeling	-1,72	-0,09	-1,64
CO ₂ dosering	-0,67	0,03	-0,62
Verdamping	0,00	0,00	0,00
Temperatuurintegratie 3 dg	-1,59	-0,07	-1,51
Isolatie	-3,25	-0,17	-3,10
Lichtdoorlatendheid	-0,59	-0,03	-0,56
Koeling	0,00	0,00	0,00

De economische gevolgen gelden zowel bij een hoge als een lage brandstofprijs.

Lange termijn gevolgen

Bij de lange termijn gevolgen wordt met gewijzigde uitgangspunten gerekend. Dit heeft betrekking op:

- productkwaliteit
- exploitatiekosten, i.c. extra arbeid voor controle.

Productkwaliteit en extra arbeid voor controle

In het onderstaande worden de gevolgen van gewijzigde uitgangspunten ten aanzien van productkwaliteit en extra arbeid voor controle aangegeven.

Op de lange termijn wordt verwacht dat de teler voldoende is toegerust met kennis en ervaring, zodat nauwelijks of geen productkwaliteitseffecten optreden (bij gevoelige cultivars of overschakeling op minder gevoelige cultivars) en de energiebesparende maatregelen onderdeel zijn geworden van de normale bedrijfsvoering (vraagt geen extra tijd meer voor het energiemanagement).

Dit betekent voor de productkwaliteit dat de in Tabel V-4 vermelde bedrijfseconomische gevolgen niet of nauwelijks zullen optreden. De voor sommige maatregelen aanzienlijke ongunstige bedrijfseconomische gevolgen blijven daardoor achterwege.

Wat betreft het wegvallen van de extra tijd voor het energiemanagement houdt dit het volgende in:

- maatregel 5, 8, 12 en 13: kostenreductie van 0,025 euro m²;
- maatregel 1, 2, 3, 6, 9, 10 en 11: kostenreductie van 0,05 euro m².

Voor de lange termijn levert deze kostenreductie slechts een beperkte bijdrage aan het verbeteren van het economisch resultaat.

Komkommer

Korte termijn gevolgen

De extra arbeidsinzet door de teler voor controlewerkzaamheden zijn als volgt ingeschat. Hierbij is de mate waarin negatieve kwaliteitseffecten zich kunnen voordoen als leidraad aangehouden:

- 50 uur per jaar: maatregelen 5, 8, 12 en 13;
- 100 uur per jaar: maatregelen 1, 2, 3, 6, 9, 10 en 11.

De berekeningswijze van de bedrijfseconomische effecten zijn uitgebreid beschreven in Bijlage II.

Brandstofprijs

In Tabel V-5 en V-6 zijn de resultaten weergegeven bij een hoge en een lage brandstofprijs.

Tabel V-5. Opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het saldo van opbrengsten en kosten voor de energiebesparende maatregelen t.o.v. de referentie bij een hoge brandstofprijs (alle bedragen in euro m²).

	Opbrengst	Energiekosten	Arbeidskosten	Overige kosten	Jaarkosten investering	Saldo
Referentie	43,90	10,45	16,55	3,75	-	13,15
	Verschil t.o.v. referentie					
1	-4,49	-1,27	-0,44	-0,36	0,00	-2,42
2	-0,06	-0,26	0,00	-0,02	0,00	0,22
3	-1,46	-0,52	-0,15	-0,97	0,00	0,18
5	0,04	-0,14	0,03	0,01	0,00	0,15
6	-1,06	-0,41	-0,10	-0,08	0,00	-0,48
8	-0,52	0,04	-0,05	-0,05	0,16	-0,62
9	0,10	-0,16	0,10	0,05	0,00	0,11
10	-1,16	-0,27	-0,15	-0,09	0,00	-0,66
11	-0,90	-2,30	-0,10	-0,05	2,55	-1,00
12	1,75	-0,17	0,27	0,22	1,15	0,27
13	-0,62	0,18	0,00	-0,90	0,00	0,10

Tabel V-6. *Opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het saldo van opbrengsten en kosten voor de energiebesparende maatregelen t.o.v. de referentie bij een lage brandstofprijs (alle bedragen in euro m²).*

	Opbrengst	Energiekosten	Arbeidskosten	Overige kosten	Jaarkosten investering	Saldo
Referentie	43,90	6,38	16,55	3,75	-	17,22
	Verschil t.o.v. referentie					
1	-4,49	-0,71	-0,44	-0,36	0,00	-2,98
2	-0,06	-0,12	0,00	-0,02	0,00	0,08
3	-1,46	-0,23	-0,15	-0,97	0,00	-0,11
5	0,04	-0,06	0,03	0,01	0,00	0,07
6	-1,06	-0,18	-0,10	-0,08	0,00	-0,71
8	-0,52	0,02	-0,05	-0,05	0,16	-0,60
9	0,10	-0,07	0,10	0,05	0,00	0,02
10	-1,16	-0,12	-0,15	-0,09	0,00	-0,81
11	-0,90	-1,42	-0,10	-0,05	2,55	-1,88
12	1,75	-0,08	0,27	0,22	1,15	0,18
13	-0,62	0,08	0,00	-0,90	0,00	0,20

Productkwaliteit

Uitgegaan is van de kwaliteitseffecten die door PPO zijn aangegeven.

De economische gevolgen van de kwaliteitseffecten zijn bepaald door een procentuele kwaliteitsverslechtering te vertalen in een dito percentage productie waarvan de productprijs is gehalveerd. Bij een procentuele kwaliteitsverbetering wordt het dito percentage gehanteerd als prijsverbetering voor de gehele fysieke productie

Tabel V-7. *Productkwaliteitseffecten van energiebesparende maatregelen op opbrengsten, kosten en saldo van opbrengsten en kosten t.o.v. de basisberekening (alles in euro m²).*

	Opbrengst	Afzet + overige kosten	Saldo
	Verschil t.o.v. basisberekening		
1	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00
3	-0,21	-0,01	-0,20
5	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00
9	-0,22	-0,01	-0,21
10	0,00	0,00	0,00
11	-0,65	-0,02	-0,62
12	-0,23	-0,01	-0,22
13	0,43	0,02	0,42

Lange termijn gevolgen

Productkwaliteit en extra arbeid voor controle

Op de lange termijn wordt verwacht dat de teler voldoende is toegerust met kennis en ervaring, zodat nauwelijks of geen productkwaliteitseffecten optreden en de energiebesparende maatregelen onderdeel zijn geworden van de normale bedrijfsvoering. Dit betekent voor de productkwaliteit dat de in Tabel V-7 vermelde bedrijfseconomische gevolgen niet of nauwelijks zullen optreden. De voor sommige maatregelen aanzienlijke ongunstige bedrijfseconomische gevolgen blijven daardoor achterwege.

Wat betreft het wegvallen van de extra tijd voor het energiemanagement houdt dit het volgende in:

- maatregel 5, 8, 12 en 13: kostenreductie van 0,025 euro m²;
- maatregel 1, 2, 3, 6, 9, 10 en 11: kostenreductie van 0,05 euro m².

Chrysant

Korte termijn gevolgen

De extra arbeidsinzet door de teler voor controlewerkzaamheden zijn als volgt ingeschat:

- 50 uur per jaar: maatregelen 5, 8, 12 en 13;
- 100 uur per jaar: maatregelen 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10 en 11.

De berekeningswijze van de bedrijfseconomische effecten zijn uitgebreid beschreven in Bijlage II.

De relatie productie en teeltgebonden arbeid is bepaald op basis van de cijfers uit Kwin en wordt uitgedrukt door:

Y teeltgebonden arbeid = $0,0019 * X$ takken + 7,96.

De vaste component betreft gewasarbeid en de variabele component staat voor oogstarbeid. Voor elke extra tak productie is 0,0019 extra uur benodigd.

Ter bepaling van de investeringsruimte voor de varianten 7 en 13 zijn de volgende jaarkostenpercentages van de investeringen aangehouden:

	<u>Dubbele PAR-rendement</u>	<u>Kasdekkooling</u>
Afschrijving %	10	7
Onderhoud %	1	5
Rente %	6	6
Totaal %	7	18.

De investeringsruimte is het jaarlijkse saldooverschil gedeeld door het totaal jaarkostenpercentage.

Voorbeeld: saldo = 0,5 euro en jaarkosten = 15%. Investeringsruimte = $0,5 / 0,15 = 3,33$ euro.

Brandstofprijs

In Tabel V-8 en V-9 zijn de resultaten weergegeven bij een hoge en een lage brandstofprijs.

Bij de berekening van de gaskosten is voor variant 1 een lagere aansluitwaarde (contractcapaciteit) aangehouden van 162 m³ per ha per uur.

Tabel V-8. *Opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het saldo van opbrengsten en kosten voor de energiebesparende maatregelen t.o.v. de referentie bij een hoge brandstofprijs (alle bedragen in euro m²).*

	Opbrengst	Energiekosten	Arbeidskosten	Overige kosten	Jaarkosten investering	Saldo
Referentie	48,40	13,71	10,00	6,02		18,68
			Verschil t.o.v. referentie			
1	0,74	-0,99	0,18	0,10	0,00	1,46
2	0,56	-0,51	0,12	0,07	0,00	0,88
3	0,40	-0,42	0,10	0,05	0,00	0,67
4	8,57	3,59	0,96	1,03	3,78	-0,79
5	0,11	0,11	0,04	0,01	0,00	-0,05
6	0,06	-0,60	0,07	0,01	0,00	0,58
7	4,68	0,10	0,54	0,56	0,00	3,48
8	-0,44	1,17	-0,02	-0,06	0,16	-1,70
9	-0,07	-0,11	0,03	-0,01	0,00	0,03
10	0,42	-0,50	0,09	0,05	0,00	0,77
11	-1,35	-1,70	-0,18	-0,17	2,55	-1,84
12	3,02	-0,16	0,41	0,37	1,15	1,26
13	1,00	0,13	0,22	0,13	0,00	0,52

Tabel V-9. *Opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het saldo van opbrengsten en kosten voor de energiebesparende maatregelen t.o.v. de referentie bij een lage brandstofprijs (alle bedragen in euro m²).*

	Opbrengst	Energiekosten	Arbeidskosten	Overige kosten	Jaarkosten investering	Saldo
Referentie	48,40	10,10	10,00	6,02		22,29
			Verschil t.o.v. referentie			
1	0,74	-0,58	0,18	0,10	0,00	1,05
2	0,56	-0,21	0,12	0,07	0,00	0,58
3	0,40	-0,21	0,10	0,05	0,00	0,46
4	8,57	3,96	0,96	1,03	3,78	-1,16
5	0,11	0,04	0,04	0,01	0,00	0,02
6	0,06	-0,33	0,07	0,01	0,00	0,31
7	4,68	0,04	0,54	0,56	0,00	3,54
8	-0,44	0,50	-0,02	-0,06	0,16	-1,03
9	-0,07	-0,05	0,03	-0,01	0,00	-0,03
10	0,42	-0,21	0,09	0,05	0,00	0,48
11	-1,35	-0,97	-0,18	-0,17	2,55	-2,57
12	3,02	-0,11	0,41	0,37	1,15	1,21
13	1,00	0,03	0,22	0,13	0,00	0,62

Productkwaliteit

Uitgegaan is van de kwaliteitseffecten die door PPO zijn aangegeven.

De economische gevolgen van de kwaliteitseffecten zijn als volgt bepaald.

Voor elke 10% kwaliteitsverandering is de takprijs met 5 eurocent gewijzigd voor de varianten 3, 6 en 11 voor de perioden 3, 4, 10, 11 en 13. Voor de varianten 1, 2, 4, 5, 7, 9 en 12 geldt een prijsverandering van 2 eurocent per tak per 10% kwaliteitsverandering in periode 1, 2, 3, 12 en 13.

Tabel V-10. Productkwaliteitseffecten van energiebesparende maatregelen op opbrengsten, kosten en saldo van opbrengsten en kosten t.o.v. de basisberekening (alles in euro m²).

	Opbrengst	Afzet + overige kosten	Saldo
	Verschil t.o.v. basisberekening		
1	-1,42	-0,15	-1,27
2	-0,41	-0,04	-0,37
3	-12,97	-1,36	-11,61
4	2,75	0,29	2,46
5	0,69	0,07	0,62
6	-5,32	-0,56	-4,76
7	3,26	0,34	2,92
8	0	0	0
9	-1,01	-0,11	-0,91
10	-1,57	-0,16	-1,40
11	-4,04	-0,42	-3,61
12	0,89	0,09	0,80
13	0	0	0

Lange termijn gevolgen

Productkwaliteit en extra arbeid voor controle

Op de lange termijn wordt verwacht dat de teler voldoende is toegerust met kennis en ervaring, zodat mogelijk nauwelijks productkwaliteitseffecten optreden en de energiebesparende maatregelen onderdeel zijn geworden van de normale bedrijfsvoering. Dit betekent voor de productkwaliteit dat de in Tabel V-10 vermelde bedrijfseconomische gevolgen niet of nauwelijks zullen optreden. De vraag is of dit ook zal gelden voor de maatregelen 3, 6 en 11, omdat deze maatregelen grote kwaliteitseffecten lieten zien. In het bijzonder geldt dat voor de maatregel verghogen RV-setpoint (3).

Wat betreft het wegvallen van de extra tijd voor het energiemanagement houdt dit het volgende in:

- maatregel 5, 8, 12 en 13: kostenreductie van 0,025 euro m²;
- maatregel 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10 en 11: kostenreductie van 0,05 euro m².

Roos

Korte termijn gevolgen

De extra arbeidsinzet door de teler voor controlewerkzaamheden zijn als volgt ingeschat:

- 50 uur per jaar: maatregelen 5, 8, 12 en 13;
- 100 uur per jaar: maatregelen 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10 en 11.

De berekeningswijze van de bedrijfseconomische effecten zijn uitgebreid beschreven in Bijlage II.

De relatie productie en teeltgebonden arbeid is bepaald op basis van de cijfers uit Kwin en wordt uitgedrukt door:

$$Y \text{ teeltgebonden arbeid} = 0,004 * X \text{ takken} + 27,30.$$

De vaste component betreft gewasarbeid en de variabele component staat voor oogstarbeid. Voor elke extra tak productie is 0,004 extra uur benodigd.

Ter bepaling van de investeringsruimte voor de varianten 7 en 13 zijn de volgende jaarkostenpercentages van de investeringen aangehouden, dubbele PAR-rendement: 17% en kasdekkooling: 18% (zie bij chryasant).

Brandstofprijs

In Tabel V-11 en V-12 zijn de resultaten weergegeven bij een hoge en een lage brandstofprijs.

Bij de berekening van de gaskosten is voor variant 1 een lagere aansluitwaarde (contractcapaciteit) aangehouden van 183 m3 per ha per uur.

Tabel V-11. Opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het saldo van opbrengsten en kosten voor de energiebesparende maatregelen t.o.v. de referentie bij een hoge brandstofprijs (alle bedragen in euro m²).

	Opbrengst	Energiekosten	Arbeidskosten	Overige kosten	Jaarkosten investering	Saldo
Referentie	56,36	21,45	20,74	4,33		9,83
			Verschil t.o.v. referentie			
1	-4,96	-0,24	-1,15	-0,38	0,00	-3,20
2	-1,19	0,27	-0,19	-0,08	0,00	-1,19
3	1,53	-0,23	0,34	0,10	0,00	1,32
4	3,82	11,63	0,73	0,25	5,41	-14,20
5	-0,25	0,70	-0,02	-0,02	0,00	-0,91
6	1,22	-0,34	0,29	0,08	0,00	1,19
7	1,66	1,13	0,37	0,11	0,00	0,05
8	-0,07	0,73	0,04	-0,01	0,12	-0,96
9	0,18	0,46	0,11	0,02	0,00	-0,41
10	-1,09	0,24	-0,17	-0,08	0,00	-1,08
11	3,34	-1,43	0,75	0,24	2,55	1,24
12	1,85	0,60	0,61	0,16	1,15	-0,67
13	-1,33	0,94	-0,22	-0,09	0,00	-1,96

Tabel V-12. *Opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het saldo van opbrengsten en kosten voor de energiebesparende maatregelen t.o.v. de referentie bij een lage brandstofprijs (alle bedragen in euro m²).*

	Opbrengsten	Energiekosten	Arbeidskosten	Overige kosten	Jaarkosten investering	Saldo
Referentie	56,36	17,71	20,74	4,33		13,57
			Verschil t.o.v. referentie			
1	-4,96	-0,24	-1,15	-0,38	0,00	-3,20
2	-1,19	0,12	-0,19	-0,08	0,00	-1,04
3	1,53	-0,10	0,34	0,10	0,00	1,19
4	3,82	11,59	0,73	0,25	5,41	-14,16
5	-0,25	0,32	-0,02	-0,02	0,00	-0,53
6	1,22	-0,28	0,29	0,08	0,00	1,13
7	1,66	0,52	0,37	0,11	0,00	0,66
8	-0,07	0,33	0,04	-0,01	0,12	-0,56
9	0,18	0,21	0,11	0,02	0,00	-0,16
10	-1,09	0,11	-0,17	-0,08	0,00	-0,95
11	3,34	-1,02	0,75	0,24	2,55	0,83
12	1,85	0,27	0,61	0,16	1,15	-0,34
13	-1,33	0,43	-0,22	-0,09	0,00	-1,45

Productkwaliteit

De mogelijke kwaliteitseffecten zijn in economisch opzicht niet bepaald, omdat de effecten moeilijk kwantitatief zijn te vast te stellen. Dit wil echter niet zeggen dat er geen economische effecten zouden kunnen optreden.

Lange termijn gevolgen

Extra arbeid voor controle

Op de lange termijn wordt verwacht dat de teler voldoende is toegerust met kennis en ervaring, zodat de energiebesparende maatregelen onderdeel zijn geworden van de normale bedrijfsvoering. Wat betreft het wegvallen van de extra tijd voor het energiemanagement houdt dit het volgende in:

- maatregel 5, 7, 8, 12 en 13: kostenreductie van 0,025 euro m²;
- maatregel 1, 2, 3, 4, 6, 9, 10 en 11: kostenreductie van 0,05 euro m².

Sla

Korte termijn gevolgen

De extra arbeidsinzet door de teler voor controlewerkzaamheden zijn als volgt ingeschat:

- 50 uur per jaar: maatregelen 5, 12 en 13;
- 100 uur per jaar: maatregelen 1, 2, 3, 6, 9, 10 en 11.

De berekeningswijze van de bedrijfseconomische effecten zijn uitgebreid beschreven in Bijlage II.

De relatie productie en teeltgebonden arbeid is bepaald op basis van de cijfers uit Kwin en levert een gemiddelde arbeidstijd per geogoste krop op.

Brandstofprijs

In Tabel V-13 en V-14 zijn de resultaten weergegeven bij een hoge en een lage brandstofprijs.

Bij de berekening van de gaskosten is voor variant 1 een lagere aansluitwaarde (contractcapaciteit) aangehouden van 107 m³ per ha per uur.

Tabel V-13. Opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het saldo van opbrengsten en kosten voor de energiebesparende maatregelen t.o.v. de referentie bij een hoge brandstofprijs (alle bedragen in euro m²).

	Opbrengst	Energiekosten	Arbeidskosten	Overige kosten	Jaarkosten investering	Saldo
Referentie	25,73	3,72	9,29	3,10		9,62
			Verschil t.o.v. referentie			
1	-3,03	-0,98	-0,81	-0,34	0,00	-0,90
2	-0,46	-0,64	-0,10	-0,06	0,00	0,33
3	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	-0,05
5	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	-0,06
6	0,00	-0,51	0,05	0,00	0,00	0,46
9	-0,32	-0,01	-0,03	-0,03	0,00	-0,25
10	-0,35	-0,67	-0,03	-0,03	0,00	0,39
11	-2,30	-1,59	-0,65	-0,27	2,55	-2,34
12	-2,30	-0,07	-0,67	-0,27	1,15	-2,44
13	0,77	0,00	0,29	0,09	0,00	0,39

Tabel V-14. Opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het saldo van opbrengsten en kosten voor de energiebesparende maatregelen t.o.v. de referentie bij een lage brandstofprijs (alle bedragen in euro m²).

	Opbrengst	Energiekosten	Arbeidskosten	Overige kosten	Jaarkosten investering	Saldo
Referentie	25,73	2,70	9,29	3,10		10,64
			Verschil t.o.v. referentie			
1	-3,03	-0,58	-0,81	-0,34	0,00	-1,30
2	-0,46	-0,30	-0,10	-0,06	0,00	-0,01
3	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	-0,05
5	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	-0,04
6	0,00	-0,33	0,05	0,00	0,00	0,28
9	-0,32	-0,01	-0,03	-0,03	0,00	-0,25
10	-0,35	-0,31	-0,03	-0,03	0,00	0,03
11	-2,30	-1,06	-0,65	-0,27	2,55	-2,87
12	-2,30	-0,03	-0,67	-0,27	1,15	-2,48
13	0,77	0,00	0,29	0,09	0,00	0,39

Productkwaliteit

De kwaliteitseffecten zijn gekwantificeerd, waarbij voor elk procent kwaliteitsvermindering 1% van de productieomvang in productprijs halveert.

Tabel V-15: Productkwaliteitseffecten van energiebesparende maatregelen op opbrengsten, kosten en saldo van opbrengsten en kosten t.o.v. de basisberekening (alles in euro m²).

	Opbrengst	Afzet + overige kosten Verschil t.o.v. basisberekening	Saldo
1	-0,11	0,00	-0,11
2	-0,06	0,00	-0,06
3	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00
9	-0,13	0,00	-0,12
10	-0,06	0,00	-0,06
11	-0,23	-0,01	-0,23
12	0,00	0,00	0,00
13	0,27	0,01	0,26

Lange termijn gevolgen

Productkwaliteit en extra arbeid voor controle

Op de lange termijn wordt verwacht dat de teler voldoende is toegerust met kennis en ervaring, zodat mogelijk nauwelijks negatieve productkwaliteitseffecten optreden en de energiebesparende maatregelen onderdeel zijn geworden van de normale bedrijfsvoering. Dit betekent voor de productkwaliteit dat de in Tabel V-13 vermelde bedrijfseconomische gevolgen niet of nauwelijks zullen optreden. Het is denkbaar dat het positief kwaliteitseffect van kasdekkooling in de toekomst zelfs kan worden vergroot.

Wat betreft het wegvallen van de extra tijd voor het energiemanagement houdt dit het volgende in:

- maatregel 5, 12 en 13: kostenreductie van 0,025 euro m²;
- maatregel 1, 2, 3, 6, 9, 10 en 11: kostenreductie van 0,05 euro m².

Ficus

Korte termijn gevolgen

De extra arbeidsinzet door de teler voor controlewerkzaamheden zijn als volgt ingeschat:

- 50 uur per jaar: maatregelen 5, 8, 12 en 13;
- 100 uur per jaar: maatregelen 1, 2, 3, 6, 9, 10 en 11.

De berekeningswijze van de bedrijfseconomische effecten zijn uitgebreid beschreven in Bijlage II.

De relatie productie en teeltgebonden arbeid is bepaald op basis van de cijfers uit Kwin en resulteert in een gemiddelde arbeidstijd per afgeleverde plant.

Brandstofprijs

In Tabel V-16 en V-17 zijn de resultaten weergegeven bij een hoge en een lage brandstofprijs.

Tabel V-16. Opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het saldo van opbrengsten en kosten voor de energiebesparende maatregelen t.o.v. de referentie bij een hoge brandstofprijs (alle bedragen in euro m²).

	Opbrengst	Energiekosten	Arbeidskosten	Overige kosten	Jaarkosten investering	Saldo
Referentie	96,02	9,80	12,71	8,74		64,78
	Verschil t.o.v. referentie					
1	-7,68	-1,36	-0,87	-2,84	0,00	-2,62
2	-1,92	-0,27	-0,18	-0,71	0,00	-0,76
3	1,92	-0,27	0,28	0,71	0,00	1,20
5	0,00	-0,04	0,03	0,00	0,00	0,01
6	0,96	-0,20	0,17	0,35	0,00	0,64
8	0,00	-0,19	0,05	0,00	0,12	0,02
9	0,00	-0,11	0,05	0,00	0,00	0,06
10	-1,92	-0,40	-0,18	-0,71	0,00	-0,63
11	0,96	-2,72	0,17	0,35	2,55	0,61
12	7,68	-0,39	0,94	2,84	1,15	3,14
13	0,00	0,30	0,05	0,00	0,00	-0,35

Tabel V-17. Opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het saldo van opbrengsten en kosten voor de energiebesparende maatregelen t.o.v. de referentie bij een lage brandstofprijs (alle bedragen in euro m²).

	Opbrengst	Energiekosten	Arbeidskosten	Overige kosten	Jaarkosten investering	Saldo
Referentie	96,02	5,99	12,71	8,74		68,59
	Verschil t.o.v. referentie					
1	-7,68	-0,83	-0,87	-2,84	0,00	-3,15
2	-1,92	-0,18	-0,18	-0,71	0,00	-0,85
3	1,92	-0,18	0,28	0,71	0,00	1,11
5	0,00	-0,13	0,03	0,00	0,00	0,10
6	0,96	-0,02	0,17	0,35	0,00	0,46
8	0,00	-0,20	0,05	0,00	0,12	0,03
9	0,00	-0,07	0,05	0,00	0,00	0,02
10	-1,92	-0,16	-0,18	-0,71	0,00	-0,87
11	0,96	-1,66	0,17	0,35	2,55	-0,45
12	7,68	-0,29	0,94	2,84	1,15	3,04
13	0,00	0,23	0,05	0,00	0,00	-0,28

Productkwaliteit

De kwaliteitseffecten zijn gekwantificeerd door voor elke 10% procent kwaliteitsvermindering een prijsverandering van 5% in te rekenen.

Tabel V-18. Productkwaliteitseffecten van energiebesparende maatregelen op opbrengsten, kosten en saldo van opbrengsten en kosten t.o.v. de basisberekening (alles in euro m²).

	Opbrengst	Afzet + overige (teelt) kosten	Saldo
	Verschil t.o.v. basisberekening		
1	4,42	0,35	4,06
2	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00
11	-4,85	-0,39	-4,46
12	5,19	0,41	4,77
13	2,40	0,19	2,21

Lange termijn gevolgen

Productkwaliteit en extra arbeid voor controle

Op de lange termijn wordt verwacht dat de teler voldoende is toegerust met kennis en ervaring, zodat mogelijk nauwelijks negatieve productkwaliteitseffecten optreden en de energiebesparende maatregelen onderdeel zijn geworden van de normale bedrijfsvoering. Dit betekent voor de productkwaliteit dat de in Tabel V-18 vermelde negatieve bedrijfseconomische gevolgen voor maatregel 11 (kasdekisolatie) nauwelijks zouden kunnen optreden. Het is denkbaar dat het positief kwaliteitseffect van de maatregelen 1, 12 en 13 in de toekomst mogelijk kan worden vergroot.

Wat betreft het wegvallen van de extra tijd voor het energiemanagement houdt dit het volgende in:

- maatregel 5, 8, 12 en 13: kostenreductie van 0,025 euro m²;
- maatregel 1, 2, 3, 6, 9, 10 en 11: kostenreductie van 0,05 euro m².

Freesia

Korte termijn gevolgen

De extra arbeidsinzet door de teler voor controlewerkzaamheden zijn als volgt ingeschat:

- 50 uur per jaar: maatregelen 5, 8, 12 en 13;
- 100 uur per jaar: maatregelen 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10 en 11.

De berekeningswijze van de bedrijfseconomische effecten zijn uitgebreid beschreven in Bijlage II.

De relatie productie en teeltgebonden arbeid is bepaald op basis van de cijfers uit Kwin.

Brandstofprijs

In Tabel V-19 en V-20 zijn de resultaten weergegeven bij een hoge en een lage brandstofprijs. De aansluitwaarde (contractcapaciteit) is bij variant 1 verlaagd tot 98 m³/uur.ha.

Tabel V-19. Opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het saldo van opbrengsten en kosten voor de energiebesparende maatregelen t.o.v. de referentie bij een hoge brandstofprijs (alle bedragen in euro m²).

	Opbrengst	Energiekosten	Arbeidskosten	Overige kosten	Jaarkosten investering	Saldo
Referentie	52,06	5,40	14,82	6,01		25,84
			Verschil t.o.v. referentie			
1	2,60	0,41	0,73	0,30	0,00	1,16
2	0,00	0,69	0,05	0,00	0,00	-0,75
3	-7,81	0,19	-1,99	-0,90	0,00	-5,11
4	1,65	2,23	0,44	0,19	1,35	-2,56
5	0,00	0,81	0,03	0,00	0,00	-0,83
6	-7,81	-0,01	-1,99	-0,90	0,00	-4,91
7	1,65	0,78	0,44	0,19	0,00	0,24
8	0,00	0,80	0,05	0,00	0,17	-1,02
9	0,00	0,74	0,05	0,00	0,00	-0,80
10	0,00	0,65	0,05	0,00	0,00	-0,70
11	0,00	0,02	0,05	0,00	2,55	-2,62
12	0,00	0,79	0,03	0,00	1,15	-1,96
13	0,00	0,81	0,05	0,00	0,00	-0,87

Tabel V-20. Opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het saldo van opbrengsten en kosten voor de energiebesparende maatregelen t.o.v. de referentie bij een lage brandstofprijs (alle bedragen in euro m²).

	Opbrengst	Energiekosten	Arbeidskosten	Overige kosten	Jaarkosten investering	Saldo
Referentie	52,06	4,29	14,82	6,01		26,95
			Verschil t.o.v. referentie			
1	2,60	0,48	0,73	0,30	0,00	1,09
2	0,00	0,75	0,05	0,00	0,00	-0,81
3	-7,81	0,50	-1,99	-0,90	0,00	-5,42
4	1,65	2,33	0,44	0,19	1,35	-2,66
5	0,00	0,80	0,03	0,00	0,00	-0,82
6	-7,81	0,06	-1,99	-0,90	0,00	-4,98
7	1,65	0,79	0,44	0,19	0,00	0,23
8	0,00	0,80	0,05	0,00	0,17	-1,02
9	0,00	0,77	0,05	0,00	0,00	-0,83
10	0,00	0,73	0,05	0,00	0,00	-0,78
11	0,00	0,22	0,05	0,00	2,55	-2,82
12	0,00	0,81	0,03	0,00	1,15	-1,98
13	0,00	0,78	0,05	0,00	0,00	-0,84

Productkwaliteit

De kwaliteitseffecten zijn niet gekwantificeerd.

Lange termijn gevolgen

Productkwaliteit en extra arbeid voor controle

Op de lange termijn wordt verwacht dat de teler voldoende is toegerust met kennis en ervaring, zodat mogelijk nauwelijks negatieve productkwaliteitseffecten optreden en de energiebesparende maatregelen onderdeel zijn geworden van de normale bedrijfsvoering.

Wat betreft het wegvallen van de extra tijd voor het energiemanagement houdt dit het volgende in:

- maatregel 5, 8, 12 en 13: kostenreductie van 0,025 euro m²;
- maatregel 1, 2, 3, 6, 9, 10 en 11: kostenreductie van 0,05 euro m².

Spathiphyllum

Korte termijn gevolgen

De extra arbeidsinzet door de teler voor controlewerkzaamheden zijn als volgt ingeschat:

- 50 uur per jaar: maatregelen 5, 8, 12 en 13;
- 100 uur per jaar: maatregelen 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10 en 11.

De berekeningswijze van de bedrijfseconomische effecten zijn uitgebreid beschreven in Bijlage II.

De relatie productie en teeltgebonden arbeid is bepaald op basis van de cijfers uit Kwin. Voor elke 100 extra afgeleverde plant is 0,33 uur benodigd.

Brandstofprijs

In Tabel V-21 en V-22 zijn de resultaten weergegeven bij een hoge en een lage brandstofprijs.

Tabel V-21. *Opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het saldo van opbrengsten en kosten voor de energiebesparende maatregelen t.o.v. de referentie bij een hoge brandstofprijs (alle bedragen in euro m²).*

	Opbrengst	Energiekosten	Arbeidskosten	Overige kosten	Jaarkosten investering	Saldo
Referentie	96,14	13,92	6,12	58,18		17,93
			Verschil t.o.v. referentie			
1	-12,20	-0,53	-0,57	-7,38	0,00	-3,72
2	0,00	-0,22	0,05	0,00	0,00	0,17
3	0,00	-0,62	0,05	0,00	0,00	0,57
4	7,53	3,30	0,43	4,56	1,30	-2,06
5	0,00	0,08	0,03	0,00	0,00	-0,11
6	0,00	-0,53	0,05	0,00	0,00	0,48
7	7,53	0,34	0,43	4,56	0,00	2,20
8	0,00	-0,04	0,05	0,00	0,13	-0,14
9	0,00	0,06	0,05	0,00	0,00	-0,11
10	0,00	-0,04	0,05	0,00	0,00	-0,01
11	4,89	-1,64	0,30	2,96	2,55	0,73
12	1,97	-0,27	0,13	1,19	1,15	-0,23
13	0,00	0,16	0,05	0,00	0,00	-0,21

Tabel V-22. *Opbrengsten en kosten in de referentiesituatie en het saldo van opbrengsten en kosten voor de energiebesparende maatregelen t.o.v. de referentie bij een lage brandstofprijs (alle bedragen in euro m²).*

	Opbrengst	Energiekosten	Arbeidskosten	Overige kosten	Jaarkosten investering	Saldo
Referentie	96,14	9,98	6,12	58,18		21,87
			Verschil t.o.v. referentie			
1	-12,20	-0,48	-0,57	-7,38	0,00	-3,77
2	0,00	-0,22	0,05	0,00	0,00	0,17
3	0,00	-0,46	0,05	0,00	0,00	0,41
4	7,53	3,50	0,43	4,56	1,30	-2,26
5	0,00	0,06	0,03	0,00	0,00	-0,09
6	0,00	-0,41	0,05	0,00	0,00	0,36
7	7,53	0,11	0,43	4,56	0,00	2,43
8	0,00	-0,10	0,05	0,00	0,13	-0,08
9	0,00	0,07	0,05	0,00	0,00	-0,12
10	0,00	-0,08	0,05	0,00	0,00	0,03
11	4,89	-1,08	0,30	2,96	2,55	0,17
12	1,97	-0,24	0,13	1,19	1,15	-0,26
13	0,00	0,09	0,05	0,00	0,00	-0,14

Productkwaliteit

De economische gevolgen van de kwaliteitseffecten zijn niet gekwantificeerd.

Lange termijn gevolgen

Productkwaliteit en extra arbeid voor controle

Op de lange termijn wordt verwacht dat de teler voldoende is toegerust met kennis en ervaring, zodat mogelijk nauwelijks productkwaliteitseffecten optreden en de energiebesparende maatregelen onderdeel zijn geworden van de normale bedrijfsvoering

Wat betreft het wegvallen van de extra tijd voor het energiemanagement houdt dit het volgende in:

- maatregel 5, 8, 12 en 13: kostenreductie van 0,025 euro m²;
- maatregel 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10 en 11: kostenreductie van 0,05 euro m².

