



Perspectief HNT voor Cymbidium

Marcel Raaphorst en Arca Kromwijk



Referaat

Energiebesparende maatregelen voor de Cymbidiumteelt zijn te onderscheiden in algemene energiebesparingen en vochttolerantiegrens-zoekende maatregelen. Isolatie en schermen, temperatuurintegratie, het afdekken van de bodem en het verder uitkoelen van rookgassen zijn algemene energiebesparingsmiddelen. Als er meer inzicht is over de vochttolerantie van het Cymbidiumgewas, kunnen hulpmiddelen, zoals het inblazen van buitenlucht, het werken met infraroodcamera's en het toepassen van warmtestoten, zorgen voor nog meer energiebesparing.

Abstract

Energy-saving measures for growing Cymbidium can be distinguished in general energy savings and in balancing the humidity tolerance level. Insulation, temperature integration, insulation, covering the soil and using the exhaust gas heat are general energy savings. If the lack of knowledge about the humidity tolerance of Cymbidium is filled in, tools such as infrared cameras, the injection of outdoor air and the application of heat pulses, can be used to achieve more energy savings.

© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw.

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1 Bleiswijk
: Postbus 20, 2265 ZG Bleiswijk
Tel. : 0317-485606
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	Samenvatting	5
	Inleiding	7
1	Berekeningen gasverbruik	9
	1.1 Uitgangspunten	9
	1.2 Berekeningen	10
2	Energiebesparende maatregelen	13
	2.1 Scherm	13
	2.2 Temperatuurintegratie	13
	2.3 Inblazen droge buitenlucht	14
	2.4 Ventilatoren	14
	2.5 Voorkomen van vocht uit de bodem	14
	2.6 Warmtestoot	15
	2.7 Infraroodmeting	15
	2.8 Hoogte van de verwarmingsbuizen	15
	2.9 Verwarmend oppervlak	16
	2.10 Lagere temperatuur late bloei	16
	2.11 Discussie RV	16
3	Conclusies en aanbevelingen	17
	3.1 Conclusies	17
	3.2 Aanbevelingen	18
4	Referenties	19
Bijlage I	Uitgangspunten berekening Kaspro	21

Samenvatting

Om een keuze te kunnen maken tussen verschillende energiebesparingsmaatregelen voor de Cymbidiumteelt, is een consultancy uitgevoerd met financiering uit het programma Kas als Energiebron. In eerste instantie zijn voor vijf verschillende teelten (jonge planten, extra vroege bloei, vroege bloei (kerst), midbloei en late bloei) berekeningen uitgevoerd, hoe het energieverbruik zou zijn bij verschillende streefwaarden van de RV. De jaarverbruiken van deze berekeningen zijn weergegeven in Tabel a. Het verloop en het totale jaarverbruik bij een streefwaarde van 85% RV blijkt vrij goed overeen te komen met de praktijk.

Tabel a. Berekend gasverbruik (m^3/m^2 .jaar) bij verschillende teeltafdelingen en bij verschillende RV streefwaarden.

	<i>jong</i>	<i>evroeg</i>	<i>vroeg</i>	<i>mid</i>	<i>laat</i>	<i>Gemiddeld</i>
Geen vochtregeling	15,2	19,6	19,1	13,6	12,5	16,0
95% RV	15,3	19,6	19,2	13,8	12,7	16,1
90% RV	16,1	20,6	20,0	15,0	13,9	17,1
85% RV	20,5	25,1	24,4	20,3	18,9	21,8
80% RV	28,3	32,7	31,9	28,7	27,1	29,7

Indien de luchtvochtigheid bij Cymbidium geen issue zou zijn, en er dus alleen maar gestookt hoeft te worden om de kas op temperatuur te houden, dan zou het gewas kunnen worden verwarmd met gemiddeld $16 m^3/m^2$ jaar aan aardgas equivalenten. Dat is ruim $5 m^3/m^2$.jaar, of 27% minder dan in de praktijk gebruikelijk is.

Het gewas met een late bloeiperiode vraagt de minste hoeveelheid warmte omdat deze in de winterperiode geen hoge kastemperatuur nodig heeft. Voor de extra vroege teelt is de meeste warmte nodig omdat deze al vanaf februari een hoge temperatuur moet krijgen. Het jonge gewas wordt het hele jaar door bij een hoge temperatuur geteeld en zou daarbij de hoogste warmtevraag moeten hebben. Een deel van deze warmtevraag wordt echter geleverd door de lampen, waardoor het gasverbruik van jonge planten gemiddeld uitvalt.

Veel energiebesparende maatregelen zijn al standaard aanwezig op de Cymbidiumteeltbedrijven. Hierbij valt te denken aan handmatige temperatuurintegratie en het gebruik van energieschermen. De besparing kan worden vergroot door deze maatregelen uit te breiden.

1. Voor de vroege en extra vroege teelt kan een extra schermdoek of een vast folie worden overwogen om gedurende de winter een voldoende hoge kastemperatuur te realiseren en ongeveer $2,5 m^3/m^2$.jaar te besparen. Voor de mid- en late teelt is een derde scherm laag minder snel terug te verdienen.
2. Als temperatuurintegratie op langere termijn (maanden) de bloemontwikkeling niet negatief beïnvloedt, dan kan met name de extra vroege bloei met ongeveer $1 m^3/m^2$ minder aardgas worden uitgevoerd.
3. Met een hoger verwarmend oppervlak en daarmee een lagere watertemperatuur kunnen de rookgassen verder worden uitgeoeld, wat enkele procenten besparing geeft. Een investering hierin kan niet worden terugverdiend met energiebesparing.
4. Door het afdekken van de bodem, of door het opvangen van drainwater kan worden voorkomen dat veel vocht vanuit de bodem verdamp, en voor energieverlies en een hoge luchtvochtigheid zorgt.

Besparing op de warmtevraag leidt vaak tot vochtproblemen. De meeste extra energiebesparing kan daarom worden bereikt door te leren telen op 'het scherpst van de snede'. Indien bekend is hoeveel luchtvochtigheid een gewas kan verdragen en als goed gemeten wordt welke luchtvochtigheid rond het gewas en de bloemen heerst, kan al veel energie worden bespaard en worden ook meer isolatiemaatregelen interessant. Voor het telen op het scherpst van de snede is het volgende nodig:

1. Kennis over de vochttolerantie van Cymbidium is nodig om de luchtvochtigheid te heersen met een minimale hoeveelheid energie. Hierbij moet vooral worden gelet of tijdens perioden met hoge instraling na een (lange) periode met een hoge luchtvochtigheid, ongewenste verschijnselen optreden. Hierbij valt te denken aan knopval of het vervroegd sluiten van huidmondjes.
2. Het meten met infraroodmeters kan de teler houvast bieden om meer op het scherpst van de snede te telen. Hierbij moet wel grote aandacht worden besteed aan een juiste meting of simulatie van de bloemtemperatuur.
3. Het inbrengen van droge buitenlucht onder het gewas is een mogelijkheid om de luchtvochtigheid en de gewasverdamping nauwkeurig te beheersen. Tijdens de bloeiperiode is hiervoor juist luchtinbreng en luchtbeweging boven het gewas nodig.
4. Het toepassen van warmtestoten kan interessant om met een gemiddeld lagere kasttemperatuur Botrytis te voorkomen tijdens de bloeiperiode. Wel moet nog worden nagegaan of dit een afdoende preventie tegen Botrytis biedt.

Verder onderzoek zou zich kunnen richten op het effect op bloeitijdstip van langdurige temperatuurintegratie, en op het effect op fotosynthese en knopval van het 'activeren' van het gewas.

Indien het gebruik van warmtestoten daadwerkelijk de ontwikkeling van Botrytis remt, dan zal dat ook energiebesparingsmogelijkheden bieden voor andere gewassen.

Inleiding

In de Cymbidiumteelt wordt in vergelijking met andere gewassen weinig gas verbruikt. Het gasverbruik ligt rond de 20-30 m³/m².jaar. Energiebesparing is wel gewenst en lijkt ook mogelijk omdat Cymbidium relatief weinig verdampt en in de winter enkele maanden bij een lage temperatuur kan worden geteeld.

Twee belangrijke knelpunten op het gebied van energiegebruik bij Cymbidium betreffen de beheersing van de luchtvochtigheid:

1. Omdat de stooktemperatuur vaak dicht bij buitentemperatuur ligt, is extra energie nodig voor de ontvochtiging. Het gaat er bij Cymbidium om dat de bloemen niet nat mogen worden. Om dit te voorkomen wordt gestookt (minimum buis) en gelucht. Alternatieven zijn:
 - a. het gebruik van een energiescherm om te voorkomen dat de bloemen warmte uitstralen naar het koude kasdek en daarmee tijdens heldere nachten kouder worden dan de kaslucht.
 - b. het inblazen van buitenlucht onder het gewas. Hierbij loop je het risico dat de gewasverdamping wordt gestimuleerd en dat de opstijgende vochtige lucht alsnog condenseert op de koude bloemen, die boven het gewas staan.
 - c. het gebruik van luchtbeweging zodat de bloemen niet (veel) kouder worden dan de kaslucht, zodat daar minder snel condensatie plaatsvindt.
 - d. het gebruik van een groeibuis dicht bij de bloemen
 - e. het opvangen en direct afvoeren van drainwater waardoor er minder vocht verdampt vanaf de bodem, minder vocht in de kaslucht komt en daardoor minder vocht afgevoerd hoeft te worden.
2. Schommelingen in de luchtvochtigheid worden als negatief gezien voor de groei. Als 's ochtends de plant nauwelijks hoeft te verdampen en plotseling komt de zon door, dan reageert het gewas daar langzaam op. De planttemperatuur kan dan sterk stijgen en de fotosynthese blijft (mogelijk) achter. Om deze plotselinge stijging op te vangen, wordt 's ochtends opgestookt (ook 's zomers), wat uiteraard energie kost.

Hierbij komt de vraag naar voren hoeveel energie er nodig is om een Cymbidiumteelt op temperatuur te houden en hoeveel er nodig is om de luchtvochtigheid voldoende laag te houden. Door hier meer inzicht in te verschaffen, kan beter worden geadviseerd over het perspectief van energiebesparende maatregelen voor Cymbidium. Te denken valt hierbij aan temperatuurintegratie, extra scherm, vast folie in het voorjaar, ventilatoren, lagere temperatuur in de winter, meer stralingsafhankelijk telen en/of gerichte ontvochtiging (inblazen buitenlucht).

Met behulp van het simulatiemodel Kaspro zijn in dit onderzoek, dat is gefinancierd door het programma "Kas als Energiebron", verschillende varianten voor Cymbidium doorgerekend. Op basis van de berekeningen worden adviezen gegeven over de meest rendabele energiebesparende maatregelen voor Cymbidium.

In dit onderzoek wordt niet ingegaan op de plantkundige vragen betreffende Cymbidium. Zo zou door het laag houden van de planttemperatuur, meer licht kunnen worden toegelaten door minder te krijten of schermen. Andere plantkundige vragen zijn, of een plotselinge daling in de luchtvochtigheid daadwerkelijk leidt tot minder fotosynthese bij Cymbidium, of dat langdurige temperatuurintegratie zonder productiederving kan worden toegepast. Voor beantwoording van deze vragen kan niet worden volstaan met simulaties, maar zullen gewasproeven moeten worden opgezet.

1 Berekeningen gasverbruik

Met het simulatiemodel Kaspro is berekend hoe het kasklimaat en het gasverbruik er in een standaard buitenklimaat (2005) uit zien, als geen vochtregeling (geen minimum buis, en met een minimum raam pas boven 90% RV) bij de Cymbidiumteelten wordt gehanteerd.

1.1 Uitgangspunten

Het temperatuurregime van de teeltafdelingen met jonge planten, extra vroege bloei, vroege bloei, midboei en late bloei, zijn weergegeven in Tabel 1. De dagtemperatuur ligt gemiddeld 3 graden hoger dan de nachttemperatuur. In de praktijk wordt nauwelijks gebruik wordt gemaakt van een geautomatiseerde temperatuurintegratie, maar wordt, vooral in het voorjaar, op zonnige dagen een hogere temperatuur getolereerd die dan op donkere dagen wordt gecompenseerd. In de berekening is een temperatuurintegratie aangehouden met een bandbreedte van 4 °C. De temperatuurafwijking mag niet oplopen tot meer dan 100 graduren en dient binnen 1 week te zijn gecompenseerd.

Alleen de jonge planten worden belicht, en wel met een intensiteit van 4000 lux, gedurende 2000 uur per jaar met een maximum van 16 uur/etmaal.

Er wordt geschermd met twee schermen met bandjesweefsel, waarvan 1 met heldere bandjes (energiedoek) en 1 met aluminiumbandjes, afgewisseld met open bandjes (schaduwdoek). In Tabel 1. is het aantal schermuren voor energiebesparing opgenomen. De schermuren tegen teveel zon zijn niet in de tabel meegenomen. Wel gaat de berekening uit van verneveling in de zomer om de temperatuur en het vochtdeficiet niet te ver op te laten lopen.

De perioden met bloeiende bloemen, waarin het hanteren van een lage luchtvochtigheid van belang is om schimmelvorming (Botrytis) te voorkomen, zijn in Tabel 1. oranje gearceerd.

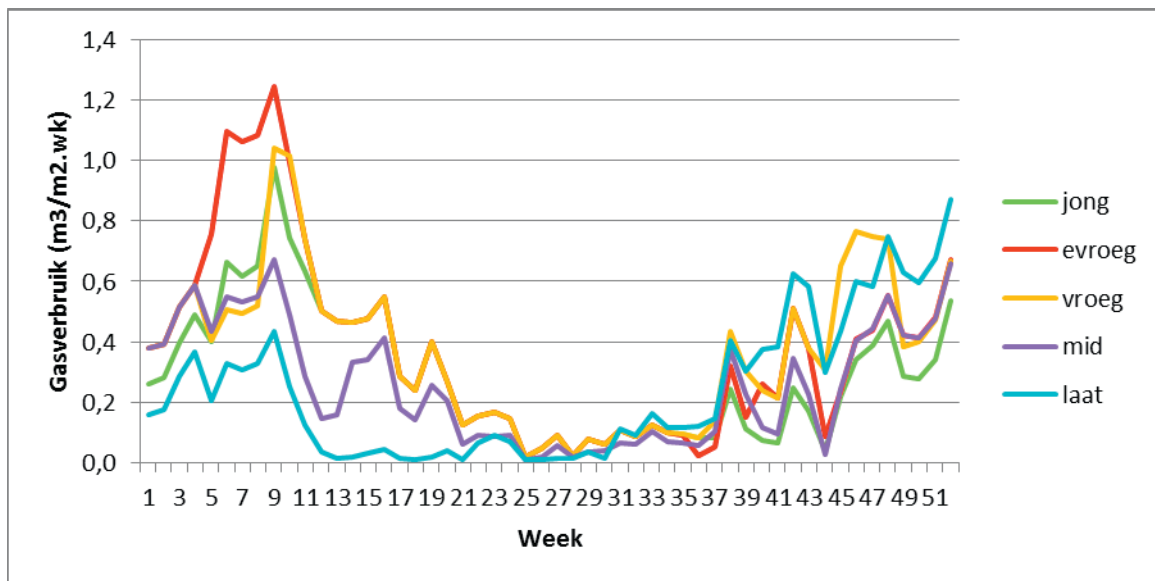
Tabel 1. Regimes voor etmaaltemperatuur (°C) en het aantal uren voor belichting en schermen bij 5 verschillende teeltafdelingen.

	jonge planten	extra vroeg	vroeg	mid	laat
jan	15	13	13	13	10
feb	18	20	13	13,5	10
mrt	20	20	20	14	10
apr	20	20	20	18	10
mei	20	20	20	18	10
jun	20	20	20	18	18
jul	20	20	20	19	18
aug	20	20	20	19	20
sep	20	18	20	19	20
okt	18	18	18	16	20
nov	16	13	18	13	16
dec	15	13	13	13	16
Belichtingsuren	2000	0	0	0	0
Schermuren 1	4235	4142	4200	4087	2766
Schermuren 2	2630	2606	2599	2584	1933

Een gedetailleerd voorbeeld van de uitgangspunten is weergegeven in Bijlage 1.

1.2 Berekeningen

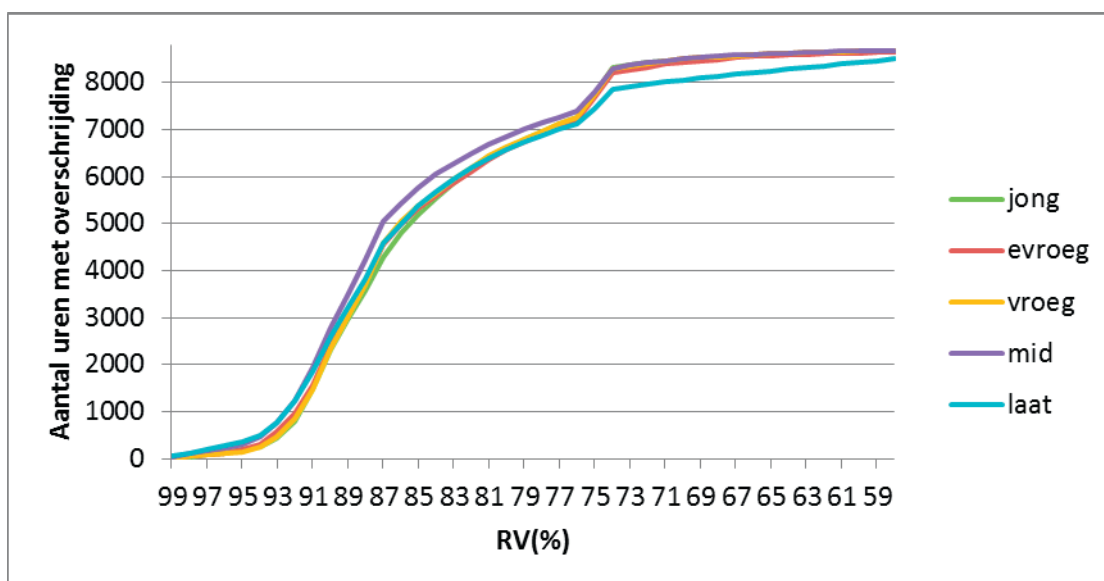
Het verloop van het berekende gasverbruik per week is weergegeven in Figuur 1. De Figuur geeft het verschil weer tussen de teelten. Vooral de late teelt heeft in de winter maar weinig warmte nodig om de streeftemperatuur van 10 °C te behalen.



Figuur 1. Berekend gasverbruik ($m^3/m^2.wk$) voor de vijf verschillende teeltafdelingen indien er geen vochtregeling wordt aangehouden.

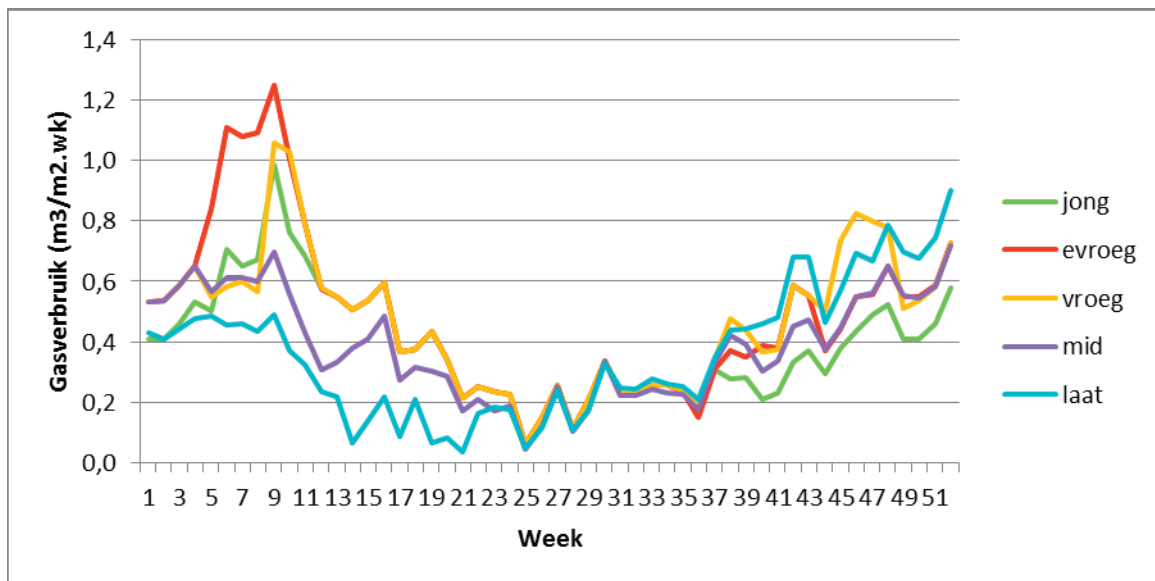
Indien er niet op vocht wordt geregeld kan de RV sterk oplopen. In Figuur 2. is weergegeven hoeveel uren de RV wordt overschreden, als er geen vochtregeling is. Zo blijkt een RV van 90% gedurende 2000 tot 3000 uren per jaar te worden overschreden. Ruim de helft van de tijd is de RV hoger dan 85%.

In de kromme is een afbuiging te zien bij 75%. Dit is veroorzaakt door de verneveling. Als de RV lager wordt dan 75% dan wordt ervan uitgegaan dat de verneveling aangaat. De verneveling voorkomt hiermee dat het klimaat al te droog wordt.



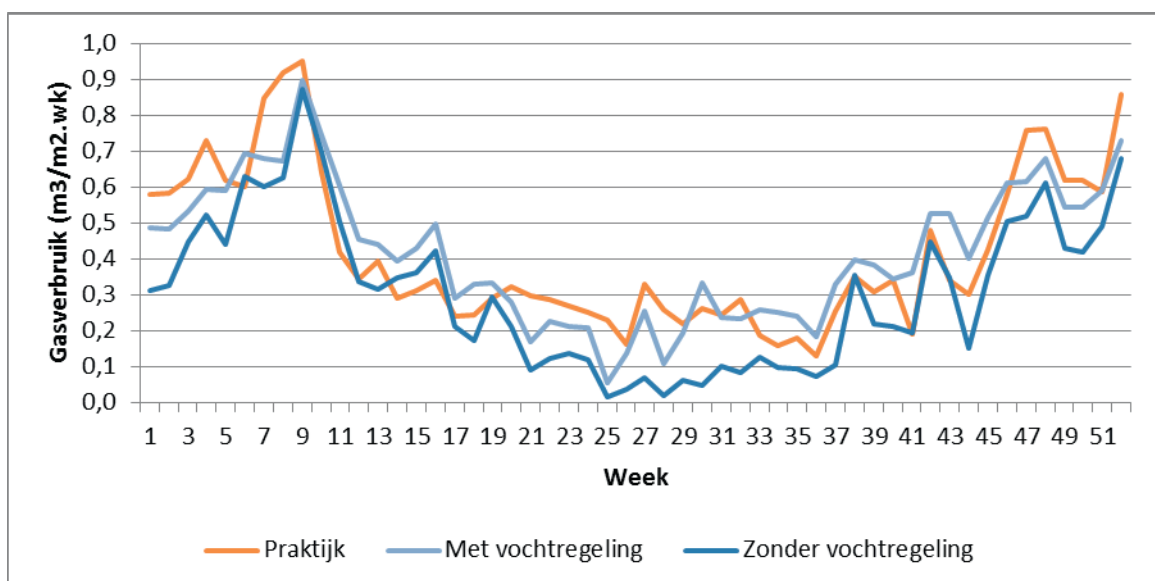
Figuur 2. Jaarduurkromme; het aantal uren is dat een bepaalde RV is overschreden is uitgezet tegen de RV.

In Figuur 3. is het gasverbruik aangegeven als de kas verder zou moeten worden opgestookt als een RV van 85% moet worden nagestreefd. Dit betekent dat gedurende het hele jaar voor iedere 5% dat de RV hoger is dan 85%, de kastemperatuur met 1 °C wordt verhoogd. Het blijkt dat deze vochtregeling over het hele jaar energie kost.



Figuur 3. Gasverbruik ($m^3/m^2 \cdot wk$) voor de vijf verschillende teeltafdelingen, indien de kas verder moet worden opgestookt om een luchtvochtigheid (RV) van minder dan 85% te verkrijgen.

In Figuur 4. wordt het gemiddelde gerealiseerde gasverbruik per week van enkele praktijkbedrijven vergeleken met het gemiddelde berekende gasverbruik van de vijf teelten. Hierbij zijn twee berekeningen uitgevoerd: 1 berekening zonder vochtregeling en 1 berekening met een vochtregeling waarbij 85% RV wordt nagestreefd. Het totale berekende gasverbruik met vochtregeling ($21,8 m^3/m^2$, zie ook Tabel 2.) is precies gelijk aan het gemiddelde gasverbruik op de praktijkbedrijven, al is dat zeker niet iedere week gelijk. Zonder vochtregeling is het berekende gasverbruik het hele jaar een stuk lager, waarmee het totale gasverbruik op $16,0 m^3/m^2$ uit zou komen.



Figuur 4. Gasverbruik ($m^3/m^2 \cdot wk$) gemiddeld bij praktijkbedrijven, en volgens de berekeningen zonder vochtregeling en met vochtregeling (streefwaarde 85% RV).

In Tabel 2. is de berekening weergegeven van het minimale gasverbruik voor de verschillende teelten, indien het hele jaar door een bepaalde RV wordt nagestreefd. Duidelijk is te zien dat het gasverbruik exponentieel stijgt met een lagere streefwaarde van de RV. Een streefwaarde van 95% geeft maar weinig extra warmtevraag ten opzichte van een strategie zonder vochtregeling. Een streefwaarde van 90% RV geeft al iets meer warmtevraag, en naarmate de streefwaarde RV nog lager wordt, loopt de warmtevraag steeds meer op.

Tabel 2. Berekend gasverbruik (m^3/m^2 .jaar) bij verschillende teeltafdelingen en bij verschillende RV streefwaarden.

	<i>jong</i>	<i>evroeg</i>	<i>vroeg</i>	<i>mid</i>	<i>laat</i>	<i>Gemiddeld</i>
Geen vochtregeling	15,2	19,6	19,1	13,6	12,5	16,0
95% RV	15,3	19,6	19,2	13,8	12,7	16,1
90% RV	16,1	20,6	20,0	15,0	13,9	17,1
85% RV	20,5	25,1	24,4	20,3	18,9	21,8
80% RV	28,3	32,7	31,9	28,7	27,1	29,7

2 Energiebesparende maatregelen

Bij Cymbidium zijn meerdere energiebesparende maatregelen mogelijk. Enkele daarvan worden al in de praktijk toegepast. De belangrijkste maatregelen worden in dit hoofdstuk behandeld. Aan het einde van het hoofdstuk wordt het belang van een vochtregeling bediscussieerd.

2.1 Scherm

In de berekeningen in de vorige paragraaf is uitgegaan van een dubbel beweegbaar scherm, waarvan een scherm een energiescherm is en het andere scherm een (open) schaduw scherm. In plaats daarvan kan ook worden gekozen voor beweegbaar scherm in combinatie met een vast folie. Bijvoorbeeld voor de jonge planten en de extra vroege bloei kan een vast folie in het vroege voorjaar interessant zijn. Zelfs voor de late teelt is een tweede scherm economisch rendabel. Een vast folie is niet interessant voor de late teelt, gezien de lage kasttemperatuur in de winter en de hoge kasttemperatuur in het najaar. Een vast scherm in het najaar zal te veel licht wegnemen. De besparing van het tweede scherm met helder dicht doek is bij de late teelt meer dan $5 \text{ m}^3/\text{m}^2$.jaar ten opzichte van alleen een schaduw scherm. Voor de vroege en extra vroege teelt kan een derde scherm worden overwogen. Dit bespaart ongeveer $2,5 \text{ m}^3/\text{m}^2$.jaar. Voor de overige teelten ligt de besparingspotentie lager en lijkt een derde schermdoek niet rendabel.

Een scherm is niet alleen RV-verhogend. Het kan tijdens de bloeiperiode ook voorkomen dat de bloemen bij heldere nachten te veel warmte uitstralen naar het koude kasdek (zie paragraaf 3.7). Een scherm tussen het gewas en het kasdek kan afkoeling en condensatie op de bloemen vermijden. Een pyrgometer kan helpen om de schermstrategie te verfijnen. Zo zou het scherm bij veel uitstraling eerder moeten sluiten dan bij weinig uitstraling.

Verder kan een schermkier er voor zorgen dat er meer vocht gaat condenseren tegen het koude kasdek, waardoor de RV in de kas lager wordt.

2.2 Temperatuurintegratie

In de berekeningen is uitgegaan van temperatuurintegratie met een bandbreedte van $4 \text{ }^\circ\text{C}$. De temperatuurafwijking mag hierbij niet oplopen tot meer dan 100 graden en dient binnen 1 week te zijn gecompenseerd. In de praktijk wordt nauwelijks gebruik gemaakt van een temperatuurintegratiereling, maar wordt wel in de gaten gehouden dat het benodigde aantal graden over een bepaalde termijn (1 à 2 weken) wordt behaald. Een beperking voor temperatuurintegratie bij Cymbidium is, dat een te hoge temperatuur kan leiden tot verminderde fotosynthese, knopval en een remming op de takstrekking. Hier wordt momenteel onderzoek naar gedaan in het door PT gefinancierde project "Zomerklimaat Cymbidium".

Het kan interessant zijn om te onderzoeken of Cymbidium ook op langere termijn kan compenseren. In tegenstelling tot de meeste andere glastuinbouwgewassen, bloeit Cymbidium slechts een keer per jaar. Indien de extra vroege teelt kan worden vervroegd door gedurende de zomernachten een hogere temperatuur aan te houden om een lagere temperatuur in het vroege voorjaar te compenseren, dan kan hiermee voor de extra vroege teelt ongeveer $1 \text{ m}^3/\text{m}^2$.jaar aan aardgas worden bespaard.

Stralingsafhankelijk telen heeft enkele overeenkomsten met temperatuurintegratie, maar verschilt hierin wezenlijk doordat stralingsafhankelijk telen niet zozeer gericht is op energiebesparing, maar op het verwerken van de geproduceerde assimilaten. Bij veel licht is hierbij een hogere temperatuur nodig om de grotere hoeveelheid assimilaten te verwerken. Deze hogere temperatuur hoeft niet tegelijkertijd met de hoge lichthoeveelheid te gebeuren, maar kan (indien dat energiezuiniger is) ook een of meerdere dagen later.

2.3 Inblazen droge buitenlucht

Het inblazen van droge buitenlucht is de laatste jaren een van de belangrijkste speerpunten van Het Nieuwe Telen. De droge buitenlucht bespaart in principe geen energie ten opzichte van het hanteren van een raamkier of een schermkier om te ontvochtigen. In beide gevallen wordt immers vochtige kaslucht uitgewisseld met droge buitenlucht, waarbij vocht en warmte wordt afgevoerd. Het grote voordeel van ingeblazen droge buitenlucht is echter de grote beheersbaarheid van het kasklimaat. Het maakt het voor de teler eenvoudiger om precies de juiste RV te hanteren en niet meer vocht en warmte af te voeren dan noodzakelijk is. Hiermee komen andere energiebesparende maatregelen, zoals temperatuurintegratie en dubbele schermen, beter tot hun recht.

De meeste telers die droge buitenlucht actief inblazen, maken gebruik van luchtslangen onder of tussen het gewas. Bij Cymbidium bestaat het risico dat luchtslangen onder het gewas de condensatie op de bloemen vergroten. Er wordt dan immers vocht vanuit de (vaak natte) bodem en vanuit de onderste bladeren naar boven geblazen. Anderzijds kan de lucht van onderaf wel zorgen voor meer gewasverdamping en daarmee een "actiever gewas" (zie paragraaf 3.11).

Eventueel zouden de luchtslangen tijdens de bloeiperiode boven het gewas kunnen worden gehangen om de droge lucht direct bij de bloemen te brengen. Deze maatregel neemt echter wel licht weg bij het gewas. Bovendien zal de slang ook zodanig moeten worden opgehangen dat deze de oogstwerkzaamheden niet hindert. Voor luchtslangen boven het gewas zijn nog geen haalbare configuraties bedacht. Een mogelijk alternatief is het gebruik van "ventilation jets", waarbij gericht lucht via openingen in het scherm naar beneden wordt geblazen en verspreid over de kas. De lucht boven het scherm is meestal minder droog dan buitenlucht, maar altijd droger dan kaslucht. De ventilation jets worden momenteel getest op een Phalaenopsisbedrijf.

2.4 Ventilatoren

Er zijn verschillende uitvoeringen van ventilatoren. De meest toegepaste zijn de axiale ventilatoren die de kaslucht horizontaal uitblazen. Indien de ventilatoren juist zijn opgehangen, kunnen ze zorgen voor een betere horizontale temperatuurverdeling. Ook zijn er ventilatoren die vooral gericht zijn op verticale luchtbeweging, zoals de nivolatoren en het verti-fan systeem.

Losse ventilatoren die de kaslucht rondblazen, worden soms toegepast om een "dood klimaat" te vermijden. Ook kan luchtbeweging voorkomen dat de bloemen tijdens heldere nachten te sterk afkoelen (zie paragraaf 3.7). Een nadeel van ventilatoren is, dat ze elektriciteit kosten. Bovendien zorgt de geforceerde luchtbeweging langs het scherm of het kasdek voor meer warmteverlies.

Tijdens perioden met veel instraling kan de planttemperatuur van het Cymbidiumgewas sterk oplopen, waardoor de fotosynthese wordt stilgelegd. Luchtbeweging langs het blad kan de bladtemperatuur doen verlagen. Ventilatoren zullen echter bij wijd open ramen slechts een kleine verhoging geven aan de luchtbeweging langs het gewas.

2.5 Voorkomen van vocht uit de bodem

Bij meeste Cymbidiumbedrijven is de bodem niet afgedekt. Planten staan op rekken en drainwater loopt uit de pot op de grond. In praktijk wordt vaak gestuurd op 30-50% drain om ervoor te zorgen dat ook droogste/grootste planten voldoende water krijgen. Verdamping van de drain uit de potten en van vocht uit de bodem is in de zomer welkom omdat de RV in de zomer bij Cymbidium erg laag kan worden. Op de momenten met lage gewasverdamping kan dit vocht op de grond echter ongewenst zijn, omdat het de gewasverdamping nog verder beperkt. Door het drainwater op te vangen voordat het op de grond terecht komt, of de grond af te dekken met gronddoek zodat het vocht minder makkelijk verdampt in de kas, hoeft de kas minder vaak te worden drooggestookt. Voor zover bekend heeft nog maar een Cymbidiumteler in alle afdelingen de bodem met folie afgedekt en gronddoek getrokken. Dit heeft duidelijk positief effect gehad op het energiegebruik. Nadeel is dat dit veel arbeid kost bij aanleg omdat afdelingen met grote planten helemaal leeg moeten worden gesjouwd. Bovendien zou onder warme en zonnige omstandigheden het extra vocht juist wel welkom zijn.

2.6 Warmtestoot

Enkele telers passen warmtestootregeling toe tijdens de bloeiperiode. Dit houdt in, dat enkele malen per nacht gedurende 45 minuten een temperatuursverhoging van enkele graden wordt aangehouden. Het doel daarvan is dat het gewas dan even opdroogt, waardoor kiemende Botrytissporen opdrogen en afsterven. De rest van het etmaal kan een lagere temperatuur en een hogere RV worden aangehouden, zodat per saldo energie wordt bespaard. In de literatuur is niet gevonden of gekiemde Botrytissporen daadwerkelijk afsterven tijdens een korte periode van droogte [Köhl *et al.* 2007].

2.7 Infraroodmeting

Infraroodmeters meten de temperatuur van een object op basis van het spectrum van de warmtestraling die het object uitzendt. Zo kun je met IR-meters de planttemperatuur, de kasdektemperatuur of de hemeltemperatuur (pyrgeometers) bepalen. De energiebesparende potentie van een IR-meter ligt in het inschatten van het gevaar van een hoge RV bij de bloemen. Aangezien Botrytis al kan ontkiemen bij een RV boven 93% [Snow, 1949] zou er een correctie moeten komen op de RV van de kaslucht. In vereenvoudigde formule hiervoor is in het gebied van 15-20 °C als volgt:

$$RV_{kas} < 93\% - (T_{kas} - T_{bloem}) * 6\%$$

Ofwel, als de bloemtemperatuur 1 °C kouder is de kastemperatuur dan moet de RV in de kas lager zijn dan $93\% - 6\% = 87\%$ om Botrytis in die bloem te voorkomen. Indien de bloemtemperatuur 1 °C warmer is dan de kastemperatuur, dan hoeft een kasRV van 99% nog niet tot problemen te leiden.

Nu is het meten van de bloemtemperatuur lastig te bepalen. Een planttemperatuurmeter heeft vaak een brede scope, waarbij vaak ook het gewas en mogelijk ook de bodem of de verwarmingsbuizen worden meegenomen.

De bloemtemperatuur kan wel gesimuleerd worden door de uitstraling naar het kasdek te schatten aan de hand van de kasdek/schermttemperatuur. Zo is de uitstraling van een bloem van 20 °C naar een kasdek van 0 °C gelijk aan 100 W/m². De afkoeling van de bloem ten opzichte van de kaslucht is dan zeer groot bij stilstaande lucht. Bij een luchtsnelheid van 0,05 m/s, een kasdektemperatuur van 0 °C en een kasluchttemperatuur van 20 °C zou de bloem al af kunnen koelen naar 14 °C. De warmtestraling van o.a. de verwarmingsbuizen kan de bloemtemperatuur juist weer verhogen ten opzichte van de kastemperatuur. Voor een goede simulatie van de bloemtemperatuur zijn dus de volgende metingen/schattingen nodig:

- kastemperatuur
- kasdek/schermttemperatuur
- luchtsnelheid
- temperatuur en afstand van de buizen

In plaats van een kasdek/schermttemperatuur kan ook een pyrgeometer worden toegepast om de kasdektemperatuur te schatten, maar voor de berekening van de bloemtemperatuur zal dan ook de schermstand en de warmtetransmissie van het scherm moeten worden meegenomen.

2.8 Hoogte van de verwarmingsbuizen

De hoogte van de verwarmingsbuizen heeft invloed op het energieverbruik. Verwarmingsbuizen boven het gewas zorgt ervoor dat de helft van de straling tegen het scherm of het kasdek terecht komt. Ook zal door convectie de temperatuur boven in de kas warmer worden dan beneden, waardoor veel warmte via het kasdek verloren gaat. Geschat wordt dat het gaat om 5-10% warmteverlies. Ten behoeve van de gewasverwarming en het stimuleren van de gewasverdamping verdienen verwarmingsbuizen onder het gewas dan ook de voorkeur.

Toch zijn er redenen om ook te kiezen voor verwarming boven het gewas. Dit komt met name voor als niet zozeer de gewasverdamping moet worden gestimuleerd, maar als de bloemen moeten worden beschermd tegen condensatie. Als namelijk alleen onder het gewas wordt verwarmd, terwijl de bloemen boven het gewas sterk afkoelen onder een koud kasdek, kan de toegenomen gewasverdamping de luchtvochtigheid rond de koude bloemen verhogen (zie paragraaf 3.7). Verwarming met de buizen boven het gewas wordt daarom alleen geadviseerd als er bloemen zijn en als er risico is op condensatie van de bloemen.

2.9 Verwarmend oppervlak

Door het verhogen van het verwarmend oppervlak (meer buizen) kan met een lagere watertemperatuur worden gewerkt en kunnen de rookgassen van de ketel verder worden uitgekoeld. Dit kan enkele procenten besparing opleveren, al weegt deze besparing zelden op tegen de investeringskosten van een extra buis. Een lagere buistemperatuur zal verder zorgen dat de verhouding tussen stralingswarmte en convectieve warmte iets verschuift richting stralingswarmte. Hiermee wordt relatief meer verdamping en iets minder luchtbeweging door de verwarming gegenereerd.

2.10 Lagere temperatuur late bloei

In de berekeningen is bij de late bloei uitgegaan van een stooktemperatuur van 16 °C in november en december. Over deze te hanteren temperatuur bestaat in de praktijk discussie: een lagere temperatuur vertraagt weliswaar de bloei, wat voor een late bloei juist gewenst is, maar het versnelt de inductie van nieuwe knoppen, zodat dit mogelijk het volgende jaar juist tot vroegere bloei leidt. Indien in november en december een lagere temperatuur (13 ipv 16 °C) voor de late bloei kan worden aangehouden, dan bespaart dat 1,2 m³/m² voor deze teelt.

2.11 Discussie RV

Uit de berekeningen in dit rapport blijkt dat *Cymbidium* toe zou kunnen met 16 m³/m².jaar, indien een hoge RV geen gewasproblemen geeft, terwijl de praktijk 21,8 m³/m².jaar gebruikt. Dat betekent dat de vochtregeling ruim 5 m³/m².jaar kost. In de praktijk wordt de RV laag gehouden om twee redenen:

1. Het voorkomen van *Botrytis* in de bloemen,
2. Het “actief houden” van het gewas.

Ad 1.

Aangezien de periode dat een gewas bloemen heeft beperkt is tot enkele maanden (zie de oranje arceringen in Tabel 1.), zal het handhaven van een lagere RV (85%) in die periode niet zo veel (1 tot 2 m³/m².jaar) extra warmte hoeven te kosten.

Ad 2.

Onder het “actief houden” van het gewas wordt over het algemeen verstaan dat het gewas voldoende moet verdampen. De grootste vrees is dat bij weinig verdamping worden minder nieuwe wortels aangemaakt, zodat de plant niet voorbereid zou zijn op perioden met veel zon. Een lange periode met somber weer, gevolgd door een periode met zonnig weer, blijkt in de praktijk veel knopval veroorzaken. Dit wordt gewijst aan verdroging van de plant. Telers, die enige tijd voordat de zonnige periode aanbreekt, gebruik maken van een minimumbuis, hebben veel minder last van knopval.

In hoeverre het *Cymbidium*gewas daadwerkelijk last heeft van een hoge RV of van sterke wisselingen in de luchtvochtigheid, is echter nog niet onderbouwd door onderzoeksresultaten. Onder geconditioneerde omstandigheden zijn wel metingen uitgevoerd waarbij een drie dagen durende periode met een lage RV (VPD van 2,1 kPa, ofwel een RV van 45% bij een temperatuur van 28 °C) nog geen problemen gaf [Baas *et al.* 2004]. Ook bleek een kortdurende RV-verlaging geen meetbare fotosyntheseverlaging te geven. Hierbij is niet vermeld wat de voorgeschiedenis van de planten was en of deze planten dus ‘voorbereid’ waren op een lage luchtvochtigheid.

3 Conclusies en aanbevelingen

3.1 Conclusies

Indien de luchtvochtigheid bij Cymbidium geen issue zou zijn, en er dus alleen maar gestookt hoeft te worden om de kas op temperatuur te houden, dan zou het gewas kunnen worden verwarmd met gemiddeld $16 \text{ m}^3/\text{m}^2$ jaar aan aardgas equivalenten. Dat is ruim $5 \text{ m}^3/\text{m}^2$ jaar, ofwel 27% minder dan in de praktijk gebruikelijk is.

Het gewas met een late bloeiperiode vraagt de minste hoeveelheid warmte omdat deze in de winterperiode geen hoge kastemperatuur nodig heeft. Voor de extra vroege teelt is de meeste warmte nodig omdat deze al vanaf februari een hoge temperatuur moet krijgen. Het jonge gewas wordt het hele jaar door bij een hoge temperatuur geteeld en zou daarbij de hoogste warmtevraag moeten hebben. Een deel van deze warmtevraag wordt echter geleverd door de lampen, waardoor het gasverbruik van jonge planten gemiddeld uitvalt.

Veel energiebesparende maatregelen zijn al standaard aanwezig op de Cymbidiumteeltbedrijven. Hierbij valt te denken aan handmatige temperatuurintegratie en het gebruik van energieschermen. De besparing kan worden vergroot door deze maatregelen uit te breiden.

1. Voor de vroege en extra vroege teelt kan een extra schermdoek of een vast folie worden overwogen om gedurende de winter een voldoende hoge kastemperatuur te realiseren en ongeveer $2,5 \text{ m}^3/\text{m}^2$ jaar te besparen. Voor de mid- en late teelt is een derde scherm laag minder snel terug te verdienen.
2. Als temperatuurintegratie op langere termijn (maanden) de bloemontwikkeling niet negatief beïnvloedt, dan kan met name de extra vroege bloei met ongeveer $1 \text{ m}^3/\text{m}^2$ minder aardgas worden uitgevoerd.
3. Met een hoger verwarmend oppervlak en daarmee een lagere watertemperatuur kunnen de rookgassen verder worden uitgekoeld, wat enkele procenten besparing geeft. Een investering hierin kan niet worden terugverdiend met energiebesparing.
1. Door het afdekken van de bodem, of door het opvangen van drainwater kan worden voorkomen dat veel vocht vanuit de bodem verdampt, en voor energieverlies en een hoge luchtvochtigheid zorgt.

Besparing op de warmtevraag leidt vaak tot vochtproblemen. De meeste extra energiebesparing kan daarom worden bereikt door te leren telen op 'het scherpst van de snede'. Indien bekend is hoeveel luchtvochtigheid een gewas kan verdragen en als goed gemeten wordt welke luchtvochtigheid rond het gewas en de bloemen heerst, kan al veel energie worden bespaard en worden ook meer isolatiemaatregelen interessant. Voor het telen op het scherpst van de snede is het volgende nodig:

1. Kennis over de vochttolerantie van Cymbidium is nodig om de luchtvochtigheid te heersen met een minimale hoeveelheid energie. Hierbij moet vooral worden gelet op tijdens perioden met hoge instraling na een (lange) periode met een hoge luchtvochtigheid. Ongewenste verschijnselen optreden. Hierbij valt te denken aan knopval of het vervroegd sluiten van huidmondjes.
2. Het meten met infraroodmeters kan de teler houvast bieden om meer op het scherpst van de snede te telen. Hierbij moet wel grote aandacht worden besteed aan een juiste meting of simulatie van de bloemtemperatuur.
3. Het inbrengen van droge buitenlucht onder het gewas is een mogelijkheid om de luchtvochtigheid en de gewasverdamping nauwkeurig te beheersen. Tijdens de bloeiperiode is hiervoor juist luchtinbreng en luchtbeweging boven het gewas nodig.
4. Het toepassen van warmtestoten kan interessant om met een gemiddeld lagere kastemperatuur Botrytis te voorkomen tijdens de bloeiperiode. Wel moet nog worden nagegaan of dit een afdoende preventie tegen Botrytis biedt.

3.2 Aanbevelingen

Cymbidiumtelers die energie willen besparen zullen in eerste instantie baat hebben bij een extra scherm. Deze zal vooral voor de (extra) vroege bloeiers interessant zijn.

Om te bepalen of verdere energiebesparing mogelijk is, zal moeten worden achterhaald hoe het gewas reageert op lange-termijn temperatuurintegratie en op een 'minder actief' klimaat.

Tijdens de bloeiperiode kan de bovenverwarming worden gebruikt om Botrytis in de bloemen te voorkomen. Buiten deze periode verdient verwarming onder het gewas de voorkeur.

Niet alleen voor Cymbidium, maar ook voor vele andere gewassen, zou het interessant zijn om te onderzoeken of het drie keer per nacht kort opstoken van de temperatuur kan voorkomen dat Botrytis zich ontwikkelt.

4 Referenties

Baas, R., Kromwijk, A., en Schapendonk, A. (2004).

Effecten van luchtvochtigheid, temperatuur en CO₂ op de fotosynthese van Cymbidium. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Sector Glastuinbouw. Aalsmeer.

Köhl, J., de Visser, P.H.B., en Wubben, J. (2007).

Risico's op schimmelaantasting in vruchtgroenten: literatuurstudie : rapportage van project 'Risicoschatter voor schimmelaantasting in vruchtgroenten: voorfase' van onderzoeksprogramma energie (LNV-DK-03-06). Nota 467. Wageningen UR, Glastuinbouw. Wageningen.

Snow, D. (1949).

The germination of mould spores at controlled humidities. Annals of Applied Biology 36, 1, p. 1-13.

Bijlage I Uitgangspunten berekening Kaspro

cymbidiumLaat.pcf

KASCONSTRUCTIE

Dimensies

Akas:	40000
Padbreedte:	3
hGutter:	5
Roofslope:	22.5
Kapbreedte:	9.6
Vakmaat:	4.5

Eigenschappen

GHorient:	0
frSunAir:	0.055
Dekmateriaal:	enk_Venlo_400x450
InclusiefGevel:	Ja
Leakage:	0.8e-4

Luchtramen 1

Windowlength:	2.25
Windowheight:	1.2
fr_Window:	0.0556

Geoinformatie

Latitude:	52
-----------	----

VERWARMINGSNETTEN

KiPipe:	0.96
KpPipe:	6
PrimNet:	Low

Ondernet

Ondernettype:	51-er
nLowPerKap:	12

Bovennet

Bovennetype:	28-er
nUppPerKap:	6

Vloerverwarming

Vloerverwarming:	nee
nSlangPerKap:	5
Slangdiameter:	32
EbVloed:	ja

VERWARMINGSUNITS

K e t e l

Pketel:	120
Ketelverlies:	1
TrookgasKetel:	140
Vultemp:	95
Ketelcondensator:	combi

WARMTEOPLAG

B u f f e r

Buffervolume:	100
AlsBufVol:	stoppen

SETPOINTS

T e m p e r a t u u r

StookTemp:	01/01 01/06 10
"	01/06 01/08 18
"	01/08 01/11 20
"	01/11 01/01 16
StookTempTijdstip:	0
DodeZone:	3
DodeZoneTijdstip:	0
LichtVbeg:	100
LichtVend:	300
LichtV:	1.5
BuientempAfhVerl:	0

V o c h t

SpVocht:	90
SpVochtTijdstip:	0
KpRV:	(5,2)#(12,4)
KpDX:	0
KpDTcan:	0
Vochtmetbuis:	nee
C O 2	
SpCO ₂ :	600#####900#####500
SpCO ₂ Tijdstip:	0#####op+2###on
CO ₂ bron:	ketel
kgCO ₂ :	70

T e m p e r a t u u r i n t e g r a t i e

Bandbreedte:	2
IntegratiePeriode:	168
maxGraaduren:	100

Luchtramen 2

Vorstgrens:	-1
StartWhet:	50
WinLeeMin:	0
WinWhetMin:	0
WinLeeMax:	100
WinWhetMax:	100
MaxWin:	45
PI_regeling:	Nee
KpVent:	20

Buizen

MinBuisLow:	0
MinBuisLowTijdstip:	0
MinBuisUpp:	0
MinBuisUppTijdstip:	0
MinBuisBeg:	100
MinBuisEnd:	250
MaxBuisLow:	65
MaxBuisLowTijdstip:	0
MaxBuisUpp:	65
MaxBuisUppTijdstip:	0
T2ndAcc:	60

Fogging

Fogging:	Ja
FoggingDose:	200
MaxTemp:	24
MinVocht:	75
MinVochtTijdstip:	0
Stoptijd:	4

BELICHTING

Belichting:	15/09 15/03 Nee
"	15/03 15/09 Nee
Lampvermogen:	4000
Setpoints 1	
MaxIGlob:	125
MaxLichtsom:	1500
UitPerEtmaal:	8
BlokUitBegin:	18

Lampeigenschappen

FracPAR:	0.3
FracNIR:	0.25
FracSens:	0.45

_____ SCHERM _____

Gevelschem:	beweegbaar
OndersteScher	
Scher:	Ja
Schermtpe:	BandjesScher
IGlobOpen:	01/01 01/02 150
"	01/02 01/01 50
TbuitMax:	01/01 01/06 8
"	01/06 01/01 14
Scrfile:	none
VerduisterScherOpenDicht:	0#####0
MaxTexcess:	1.5
VoorloopScherkier:	2
MaxVochtKier:	4
BovensteScher	
ScherBoven:	15/11 15/03 ja
"	15/03 15/11 nee
SchermtpeBoven:	SchaduwScher
IGlobOpenBoven:	1000
TbuitMaxBoven:	6
ScrfileBoven:	none
VerduisterScherOpenDichtBoven:	0#####0
MaxTexcessBoven:	25
VoorloopScherkierBoven:	3
MaxVochtKierBoven:	10
Krijten	
Krijten:	nee
Krijtfactor:	0

