



Energie-innovaties van de DaglichtKas

Monitoring Energiebesparing en Teeltervaringen bij Energie-innovaties

A. Boedijn en H.F. de Zwart

Rapport WPR-1010

Referaat

De DaglichtKas is een innovatief kasconcept waarin meerdere energie-innovaties samenkomen. Een van meest opvallende innovaties is het unieke zonnecollectorsysteem waarmee direct zonlicht wordt afgevangen om zo duurzame warmte te verzamelen. Dit rapport bevat de resultaten van het monitoringstraject van de DaglichtKas bij het phalaenopsis-bedrijf Ter Laak Orchids, dat Wageningen University & Research heeft uitgevoerd binnen het kader van het innovatie- en actieprogramma Kas als Energiebron. Het monitoringstraject is opgezet om de prestaties en daarmee de potentie van de DaglichtKas als energie-innovatie voor de glastuinbouwsector in beeld te brengen.

Abstract

The Daylight Greenhouse is an innovative greenhouse concept in which several energy innovations are combined. One of its most striking features is the unique solar collector system that captures direct sunlight and stores it as a source of sustainable energy. This report contains the results of the monitoring project that was focused on the Daylight Greenhouse located at the phalaenopsis grower Ter Laak Orchids. The project was executed by Wageningen University & Research as a part of the innovation program Kas als Energiebron with the aim to determine the performance and the potential of the Daylight Greenhouse as an energy innovation for the greenhouse horticulture sector.

Rapportgegevens

Rapport WPR-1010

Projectnummer: 3742294200

DOI-nummer: 10.18174/530207

Thema: Energie en klimaat



Dit project is tot stand gekomen door de bijdrage van Kas als Energiebron, Glastuinbouw Nederland en het ministerie van LNV en met medewerking van Ter Laak Orchids en Technokas.

Disclaimer

© 2020 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw, Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, www.wur.nl/plant-research.

Kamer van Koophandel nr.: 09098104

BTW nr.: NL 8113.83.696.B07

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

Stichting Wageningen Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Adresgegevens

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

glastuinbouw@wur.nl

www.wur.nl/glastuinbouw

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
	1.1 Monitoren energie-innovaties in de praktijk	7
	1.2 Bedrijfssituering en aanpak	7
2	De DaglichtKas omschreven	9
	2.1 Zonnecollectorsysteem	9
	2.2 Koeling	9
	2.3 Dubbelglas	9
	2.4 Transmissie	10
	2.5 Diffuus licht	10
	2.6 Belichting	10
	2.7 Ontvochtigingsinstallatie	10
3	Teeltaspecten en kasuitrusting	11
	3.1 Teeltfasen	11
	3.1.1 Temperatuur	11
	3.1.2 Luchtvochtigheid	11
	3.1.3 Licht	11
	3.2 Kasuitrusting	12
4	Warmtevraag en -verzameling	13
	4.1 Warmtevraag	13
	4.1.1 Dubbelglas	13
	4.1.2 Ontvochtiging	14
	4.2 Warmteverzameling met zonnecollectoren	15
	4.3 Warmteverzameling uit koeling	17
	4.4 Overzicht warmtehuishouding	18
5	Elektriciteitsvraag	21
	5.1 Belichting	21
	5.2 Warmtepompen	21
6	Effecten in de teelt	23
	6.1 Licht	23
	6.2 Luchtvochtigheid	24

7	Conclusies	27
7.1	Zonnecollector	27
7.2	Koeling	27
7.3	Dubbelglas	27
7.4	Transmissie	27
7.5	Diffuus licht	28
7.6	Belichting	28
7.7	Ontvochtiging met luchtbehandelingskasten	28
7.8	Teeltversnelling	28
7.9	De DaglichtKas als energie-innovatie voor de sector	28
	Literatuur	31

Samenvatting

De DaglichtKas is een innovatief kasconcept dat gebruik maakt van een zonnecollectorsysteem waarmee direct zonlicht wordt afgevangen om zo duurzame warmte te verzamelen. De werking is gebaseerd op fresnellenzen in het kasdek die het invallende zonlicht bundelen op collectorbuizen die boven in de kas hangen. Vandaar wordt de warmte afgevoerd en opgeslagen als duurzame warmtebron voor de verwarming op andere momenten. Om inzicht te krijgen in de prestaties van de DaglichtKas is er binnen het kader van het innovatieprogramma Kas als Energiebron, data verzameld van kasafdelingen mét en zonder DaglichtKasinstallatie op het phalaenopsis-bedrijf Ter Laak Orchids.

De zonnecollector van de Daglichtkas is in staat om tenminste 26% van het directe zonlicht om te zetten naar duurzame warmte. Voor 2019 staat dit gelijk aan 512 MJ/m² of 16.2 m³ a.e. per m². Aangezien het temperatuurniveau van de verzamelde warmte laag is, gemiddeld 31°C, zal er een warmtepomp gebruikt moeten worden om de duurzame warmte te kunnen benutten voor de verwarming. Kassen zullen daarmee naast deze duurzame warmte ook elektriciteit in plaats van gas voor de verwarming gaan gebruiken. Het stroomverbruik voor warmtepompen is minder dan de verbruiken zoals we die voor de belichting in de tuinbouw kennen. Een DaglichtKas voor een intensief tuinbouwbedrijf zoals Ter Laak Orchids zou voor de warmtepompen 66 kWh/(m² jaar) gebruiken, terwijl het verbruik voor de belichting rond de 100 kWh/(m² jaar) ligt.

Het DaglichtKassysteem vangt zonlicht af als bron van duurzame energie en belet daarmee dat dit licht het gewas bereikt. Voor lichtminnende gewassen, zoals de groentegewassen concurreert de warmteverzameling dan met de gewasgroei, maar voor schaduwminnende gewassen is het intensief wegvangen van zonlicht een voordeel omdat het systeem selectief precies de pieken in het zonlicht absorbeert. Bovendien maakt het systeem al het licht in de kas diffuus. Voor kassen met een relatief lage warmtebehoefte, zoals veel schaduwminnende potplanten is deze 16 m³ a.e. per m² voldoende om de kas volledig met duurzame energie te kunnen verwarmen (mits het stroomverbruik van de warmtepompen uit duurzame bron wordt betrokken). Dit komt mede doordat het DaglichtKassysteem niet alleen duurzame warmte verzamelt, maar ook de warmtevraag beperkt door het dubbelglas wat nodig is als ondersteuning van de lenzen.

In de orchideeënteelt wordt ook duurzame warmte verzameld uit koeling van de kascompartimenten waar de plant tot bloei wordt geforceerd. Als de DaglichtKas, zoals die op dit moment door Ter Laak wordt gebruikt, zou worden beschouwd als een op zichzelf staand bedrijf voor phalaenopsisteelt, wordt 51% van de benodigde warmte door duurzame zonne-energie ingevuld. De warmtevraag is namelijk 1412 MJ/(m² jaar) en de warmteverzameling door het collectorsysteem en de koeling bedraagt 720 MJ/(m² jaar). In de referentiesituatie, op het oude bedrijf waar de duurzame warmte alleen vanuit de koeling komt, bedraagt deze niet meer dan 13%.

Naast de investering in duurzame warmteverzameling met de DaglichtKas heeft Ter Laak Orchids gekozen voor energiezuinige belichting door LED te combineren met SON-T (in een 50-50 verhouding). Daarnaast is een ontvochtigingssysteem op basis van buitenluchtaanzuiging toegepast, waarmee op het warmteverbruik bespaard kan worden. In het teeltjaar 2019 zijn beide energie-innovaties echter niet ingezet om op energie te besparen, maar voor een intensivering van de teelt. De hybride belichting is gebruikt om bij gelijkblijvend stroomverbruik tot hogere lichtsommen in de winter te komen. De ontvochtigingsinstallatie is ingezet om droger te gaan telen. Met name op dagen met watergift is de piek in luchtvochtigheid in de DaglichtKas minder hoog en is de luchtvochtigheid sneller terug naar normaal. Vanuit teeltkundig oogpunt wordt de goede regelbaarheid die met deze installatie kan worden gerealiseerd zeer gewaardeerd.

Ondanks deze intensivering van de teelt is de warmtevraag van de DaglichtKas 7% lager dan die van de referentiekas; van 1522 MJ/(m² jaar) in de referentiekas naar 1412 MJ/(m² jaar). In kwalitatieve zin geeft de teler aan dat hij met de DaglichtKas daarnaast een beter product kan voortbrengen, maar deze verbetering kon in dit project niet worden gekwantificeerd.

1 Inleiding

1.1 Monitoren energie-innovaties in de praktijk

De DaglichtKas is een innovatief kasconcept waarin meerdere energie-innovaties samenkomen en is daarom opgenomen in het monitoringsonderzoek van het innovatieprogramma Kas als Energiebron. Het doel van Kas als Energiebron is om energiebesparing en het gebruik van duurzame energie in de glastuinbouw te stimuleren middels ontwikkeling van kennis en (teelt)technieken. Het monitoringsproject is bedoeld om de potentie van nieuwe technieken te tonen en, samen met tuinders waar deze technieken worden toegepast, te zoeken naar de wijze waarop deze nieuwe technieken het beste kunnen worden ingezet.

1.2 Bedrijfssituering en aanpak

Om inzicht te krijgen in de prestaties van de DaglichtKas is vanaf juli 2018 tot 2020 data verzameld van kasafdelingen mét en zonder DaglichtKasinstallatie op het phalaenopsis-bedrijf Ter Laak Orchids. Figuur 1 toont een overzicht van het bedrijf. In totaal beschikt Ter Laak Orchids over bijna 12.7 ha kas. De bestaande kas beslaat 7.4 ha. De DaglichtKas die eind juni 2018 is voltooid heeft een oppervlakte van 4.9 ha. Ook is er een eerdere uitvoeringsvorm van de DaglichtKas aanwezig. Deze beslaat zo'n 4000 m² en is in 2014 in gebruik genomen.



Figuur 1 Overzicht van Ter Laak Orchids. Na de uitbreiding in 2018 met 5 ha DaglichtKas bedraagt het totale kasoppervlak bijna 12.7 ha. Foto: Google Earth.

Tijdens het monitoringsonderzoek is de bestaande kas gebruikt als referentiekas waarmee de DaglichtKas wordt vergeleken. Voor beide kassen bestaat de verzamelde data uit het buitenklimaat, kasklimaat, warmte- en koudevraag, elektriciteitsvraag en duurzame warmteverzameling. In dit rapport wordt aan de hand van deze data een overzicht van de energiehuishouding gepresenteerd en de potentie van de DaglichtKas als energie-innovatie voor de glastuinbouwsector in beeld gebracht.

2 De DaglichtKas omschreven

Het ontwerp van de Daglichtkas zoals bij Ter Laak Orchids gerealiseerd, bevat verschillende elementen die middels duurzame warmteverzameling en energiebesparing kunnen bijdragen aan een fossielvrije glastuinbouw.

2.1 Zonnecollectorsysteem

Meest opvallend is het unieke zonnecollectorsysteem waarmee duurzame warmte wordt verzameld. Het zuidwaarts gerichte kasdekvlak van de DaglichtKas is voorzien van fresnellenzen die het invallende directe zonlicht bundelen in een brandlijn. In deze brandlijn worden collectorbuizen geplaatst die het geconcentreerde zonlicht omzetten in warmte. Deze collectorbuizen, te zien in Figuur 2, hangen boven in de kas en doorlopen voor alle dagen van februari tot en met oktober een speciaal voor die dag opgesteld baantje om de door de nok verplaatsende brandlijn te kunnen volgen. Zo wordt zonne-energie gebruikt om het water dat door de collectorbuizen stroomt op te warmen. Vervolgens wordt het warme water opgeslagen en ingezet als duurzame warmtebron. De werking van fresnellenzen en het zonnecollectorsysteem worden uitgebreid beschreven door De Zwart and Van Noort (2012). Aangezien het zonnecollectorsysteem direct zonlicht wegvangt en daarmee een forse schaduwwerking oplevert is de DaglichtKas in eerste instantie interessant voor schaduwminnende teelten.



Figuur 2 Fresnellenzen verwerkt in het kasdek van de DaglichtKas bundelen het invallende zonlicht op collectorbuizen waar water doorheen stroomt. Foto: Hans van Tilborgh, Technokas Ingenieursbureau.

2.2 Koeling

Naast het zonnecollectorsysteem wordt ook warmte verzameld uit de kaskoeling. Dit vindt zowel in de nieuwe DaglichtKas, als in de referentie-afdelingen plaats. Voor de teelt van phalaenopsis is er namelijk een koelfase nodig om tot gesynchroniseerde bloei-inductie te komen. Een deel van de kasafdelingen bij Ter Laak Orchids is daarom uitgerust met actieve koeling. Het koude water, benodigd voor de airco-units in de kas, wordt gemaakt door warmtepompen. De warmte die wordt onttrokken aan de gekoelde afdelingen wordt ingezet als duurzame warmtebron.

2.3 Dubbelglas

Behalve duurzame energieverzameling zijn er ook aspecten van de DaglichtKas die op energiebesparing zijn gericht. Het kasdek van dubbelglas verhoogt de isolatiewaarde en zorgt daarmee voor een verlaging van de warmtevraag ten opzichte van een enkelglas dek, met name in de warme afdelingen.

2.4 Transmissie

Om er voor te zorgen dat de transmissie van de kas hoog blijft, is het dubbelglas kasdek voorzien van een vierzijdige antireflectiecoating. Een hogere transmissie betekent dat er meer zonlicht beschikbaar is in de kas dat dient als verwarmingsenergie en licht voor de gewasproductie.

2.5 Diffuus licht

Aan de noordzijde is de binnenste ruit van diffuus glas gemaakt. Het directe licht dat door het zuiddek valt, wordt door de fresnellenzen gebundeld in brandlijnen op de collectorbuizen. Maar zelfs als de collectorbuizen het geconcentreerde zonlicht niet zouden afvangen, is het licht op gewasniveau diffuus. Dit komt doordat het licht na de brandlijn verstrooid raakt. Hierdoor wordt het gewas nooit blootgesteld aan direct zonlicht. Voor met name schaduwminnende gewassen zoals phalaenopsis is dit gunstig aangezien blootstelling aan een te hoge lichtintensiteit schadelijk kan zijn.

2.6 Belichting

De belichting in de DaglichtKas bestaat deels uit LED-lampen, waarmee het elektriciteitsverbruik per eenheid groeilicht kan worden verlaagd ten opzichte van SON-T-lampen.

2.7 Ontvochtigingsinstallatie

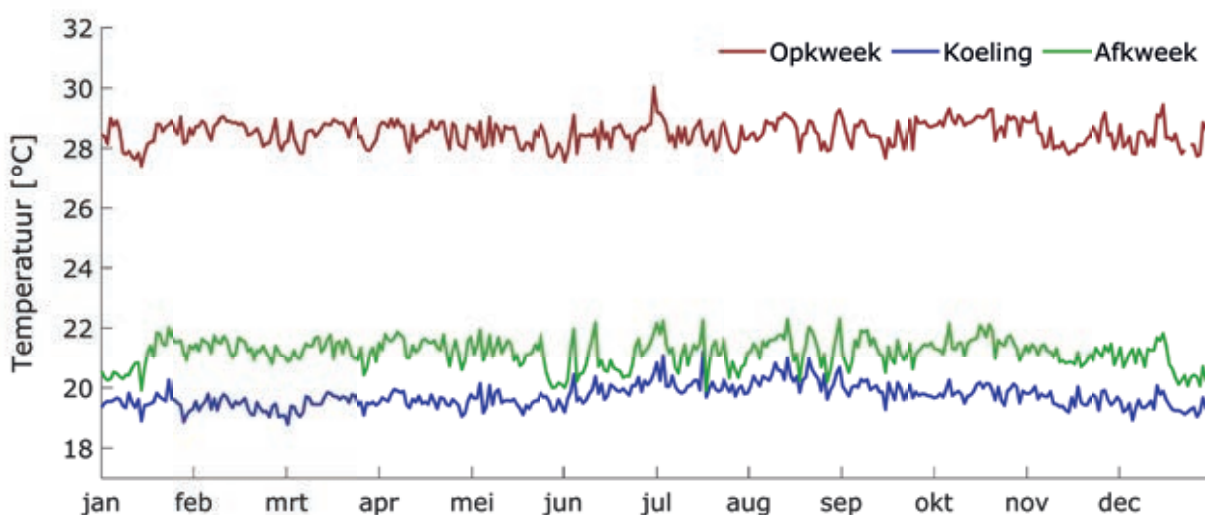
Verder is de kas uitgerust met een ontvochtigingsinstallatie waarmee de luchtvochtigheid nauwkeurig kan worden geregeld. Met luchtbehandelingskasten kan droge buitenlucht worden ingeblazen, die homogeen over de kas wordt verdeeld. De buitenlucht wordt daarbij eerst met een verwarmingsblok op kasluchttemperatuur gebracht. Dit verwarmingsblok gebruikt daarvoor uiteraard warmte, maar als de luchtvochtigheid in de kas bij gebruik van zo'n systeem gelijk wordt gehouden aan dat van een kas zonder buitenluchtinblaasinstallatie wordt het verbruik van dit verwarmingsblok meer dan gecompenseerd door een afname van de warmtevraag in de buizen. Dit komt doordat het verdringingsprincipe van de buitenluchtaanzuiging tot een hogere schermtemperatuur leidt en meer condensatie op het kasdek. Een hogere schermtemperatuur leidt tot minder uitstraling van het gewas en meer condensatie tegen het kasdek leidt tot een kleinere luchtuitwisselingsbehoefte en een stukje terugwinning van latente warmte. In het rapport Buitenluchtaanzuiging bij Phalaenopsis van De Zwart, Voogt *et al.* (2012) wordt het werkingsprincipe duidelijk beschreven evenals de voorwaarden waaronder luchtbehandelingskasten energiebesparing opleveren. Kort samengevat wordt daar gesteld dat er alleen een besparing verwacht kan worden als de tuinder tegelijk met het gebruik van zo'n ontvochtigingsinstallatie het gebruik van een minimumbuis temperatuur en schermkieren vermindert en (daarmee) een gemiddeld hogere luchtvochtigheid aanhoudt. Of er met de buitenluchtaanzuiging bij Ter Laak Orchids een energiebesparing wordt gerealiseerd hangt dus af van de gebruikswijze. Als er juist een intensievere ontvochtiging wordt toegepast resulteert dit in een toename van de warmtevraag. Toch is een hoger energieverbruik niet noodzakelijkerwijs nadelig voor de energie-efficiëntie. Wanneer het toegenomen energieverbruik tot een duidelijk verminderde plantuitval leidt, ofwel een duidelijke toename van de hoeveelheid planten die per m² worden afgeleverd, is zo'n intensivering ook vanuit energetisch oogpunt zinvol.

3 Teeltaspecten en kasuitrusting

3.1 Teeltfasen

3.1.1 Temperatuur

Bij de teelt van phalaenopsis doorloopt het gewas verschillende groeistadia. Er is een opkweekfase waar hoge kasluchttemperaturen worden aangehouden van 27 - 30°C. Daarna komt er een koelfase, waarin de bloei wordt geïnduceerd. In de koelfase moet de kas rond de 18 - 20°C worden gehouden. Na de koelfase wordt de plant nog een aantal weken afgekweekt. In die periode is de marge qua temperaturen wat groter. De kas wordt dan tussen de 19 - 24°C gehouden. Figuur 3 toont de gemiddelde etmaaltemperaturen gedurende een jaar voor de drie teeltfasen bij Ter Laak Orchids. Omdat de phalaenopsisteelt als continubedrijf plaatsvindt, zijn steeds alle verschillende groeistadia aanwezig, en zijn er dus drie verschillende klimaatzones in de kas.



Figuur 3 Gemiddelde etmaaltemperatuur van de kaslucht voor de drie teeltfasen van phalaenopsis.

Opvallend en typerend voor het moderne phalaenopsis-bedrijf is dat er vrijwel geen seizoensinvloeden in de teelttemperaturen zichtbaar zijn. Elke afdeling heeft het hele jaar door vrijwel gelijke omstandigheden.

3.1.2 Luchtvochtigheid

Luchtvochtigheid wordt gestuurd om de verdampingssnelheid van de planten op peil te houden maar wordt ook beheerst om uitval door bacterieziekten zoals pseudomonas te beperken. Vooral tijdens de opkweekfase kan een hoge luchtvochtigheid tot problemen leiden (Raaphorst, Garcia *et al.* 2011). De streefwaarde voor de luchtvochtigheid tijdens de opkweek ligt dus lager dan tijdens de koel- en afkweekfase. Tabel 1 geeft een overzicht van de streefwaarden voor het klimaat tijdens de drie teeltfasen die Ter Laak Orchids hanteert.

3.1.3 Licht

Phalaenopsis is een schaduwminnend gewas en bij te hoge lichtintensiteiten kan er verbranding op het blad optreden. De hoeveelheid toelaatbaar licht verschilt per teeltfase. Bij Ter Laak Orchids is de opkweekfase verdeeld in verschillende stadia waarin telkens meer licht wordt toegelaten. In de opkweek wordt 4 tot 6 mol/(m² dag) en in de koel- en afkweekfase 7 tot 8 mol/(m² dag).

Tabel 1

Streefwaarden voor het klimaat tijdens de drie teeltfasen bij Ter Laak Orchids.

Teeltfase	Temperatuur (°C)	RV (%)	PAR-niveau ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	PAR-som ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{dag}$)
Opkweek	29	55 – 65	80 – 175	4 – 6
Koeling	18 – 20	65 – 75	150 – 225	7 – 8
Afkweek	19 – 24	65 – 75	150 – 225	7 – 8

De hoeveelheid licht die per dag voor het gewas gewenst is, is zeer veel lager dan in bijvoorbeeld de groententeelt. In de belichte tomatenteelt wordt gestreefd naar lichtsommen van tenminste 18 $\text{mol}/(\text{m}^2 \text{ dag})$ en worden hoeveelheden van meer dan 25 $\text{mol}/(\text{m}^2 \text{ dag})$ pas als 'veel' bestempeld.

3.2 Kasuitrusting

Om de benodigde klimaatzones te realiseren zijn de afdelingen bij Ter Laak Orchids uitgerust met verschillende kasinstallaties. Zowel in de referentiekas als de DaglichtKas zijn alle afdelingen voorzien van verwarming, scherming en belichting. Het nieuwe gedeelte en een klein deel van de referentie-afdelingen beschikt over een ontvochtigingssysteem waarmee droge buitenlucht wordt ingeblazen die homogeen over de kas wordt verdeeld. De buitenlucht wordt hierbij eerst met een verwarmingsblok op kasluchttemperatuur gebracht. De afdelingen voor koeling en afkweek hebben daarnaast ook een koelsysteem. In tegenstelling tot de referentiekas is de DaglichtKas uitgerust met dubbelglas en het zonnecollectorsysteem. De combinatie van verschillende klimaatzones en kasuitrustingen levert voor Ter Laak Orchids 7 verschillende typen kas op. Tabel 2 toont de omvang van die verschillende typen kas en de aanwezige kasinstallaties.

Tabel 2

Bedrijfsoverzicht Ter Laak Orchids op basis van teeltfase en kasuitrusting.

Type kas	Oppervlak (m^2)	Koeling	Ontvochtiging	Dubbel glas	Zonnecollector
Referentiekas	Opkweek	41,740 (56%)	Nee	Nee *	Nee
	Koeling	13,820 (19%)	Ja	Nee	Nee
	Afkweek	18,440 (25%)	Ja	Nee	Nee
DaglichtKas	Opkweek	15,720 (32%)	Nee	Ja	Ja
	Opkweek 2 ^{de}	9,640 (20%)	Nee	Nee **	Ja
	Koeling	9,430 (19%)	Ja	Ja	Ja
	Afkweek	14,145 (29%)	Ja	Ja	Ja

* Een klein deel van de opkweek in de referentiekas beschikt wel over luchtbehandelingskasten voor ontvochtiging.

** Een deel van de opkweekfase bevindt zich boven de bedrijfsruimtes en beschikt in de DaglichtKas niet over luchtbehandelingskasten voor ontvochtiging.

4 Warmtevraag en -verzameling

4.1 Warmtevraag

De gemeten warmtevraag per type kas voor het jaar 2019 is weergegeven in Tabel 3. Deze bestaat uit de warmte gebruikt voor buisverwarming en, indien aanwezig, voor de ontvochtigingsinstallatie. Wanneer de totale warmtevragen van de verschillende afdelingen worden gewogen naar hun relatieve aandeel in het oppervlak blijkt dat de warmtevraag van de DaglichtKas 1412 MJ/(m² jaar) bedraagt en die van de referentiekas 1522 MJ/(m² jaar). De besparing op warmte bedraagt dus ruim 7%.

Tabel 3

Warmtevraag per type kas.

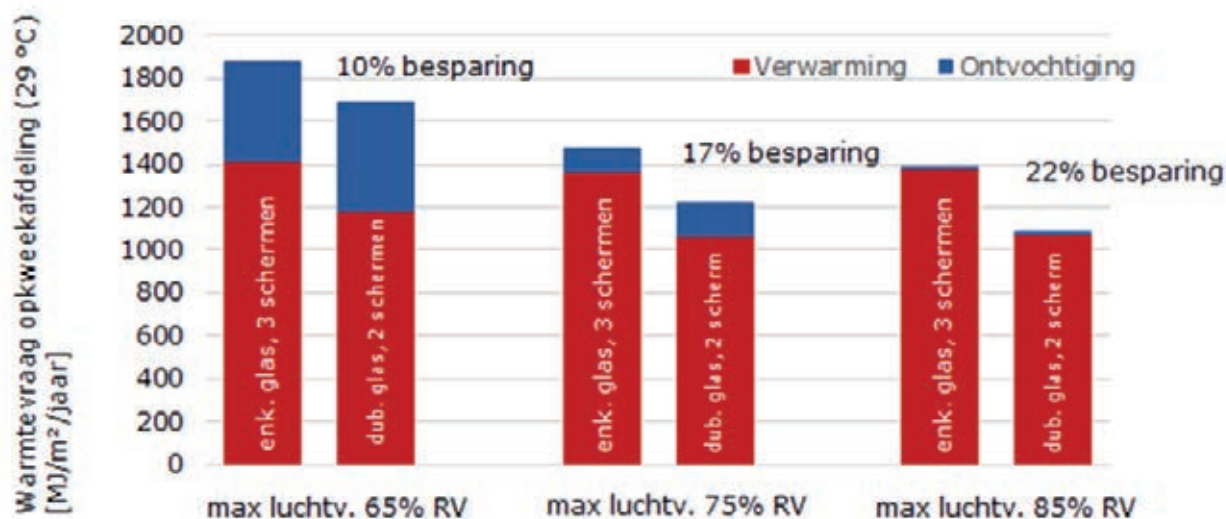
Type kas		Buisverwarming (MJ/m ² /jaar)	Ontvochtiging (MJ/m ² /jaar)	Totaal (MJ/m ² /jaar)
Referentiekas	Opkweek	1663	NVT	1663
	Koeling	1271	NVT	1271
	Afkweek	1397	NVT	1397
DaglichtKas	Opkweek	1364	368	1732
	Opkweek 2 ^{de}	1294	NVT	1294
	Koeling	930	289	1219
	Afkweek	1002	265	1267

4.1.1 Dubbelglas

De fresnellenzen van de DaglichtKas zijn gemaakt van dun geprofileerd kunststof, wat geen grote overspanningen kan overbruggen. Bovendien moeten de lenzen schoon blijven. Om deze twee redenen zijn de lenzen in de spouw van een dubbele glasplaat geplaatst. Behalve de constructieve functie geeft dit dubbele glas uiteraard ook een belangrijke verhoging van de isolatiegraad van de kas.

Het feit dat de DaglichtKas slechts 7% minder warmte gebruikt dan de referentiekas is dan ook misschien verbazend. De geringe besparing komt vooral door de duidelijk intensievere ontvochtiging die in het nieuwe kasgedeelte wordt aangehouden. Telen bij een lagere luchtvochtigheid leidt tot een grotere warmtevraag en ook het feit dat er bij gebruik van dubbelglas minder condensatie optreedt en er dus meer lucht moet worden uitgewisseld om het vocht af te voeren, beperkt het energiebesparende effect van het dubbelglas. Daar komt nog bij dat er in de referentiekas in de opkweekafdelingen permanent een energiedoek gesloten gehouden wordt.

Om enig inzicht te geven in het effect dat van het dubbelglas verwacht mag worden bij gelijkblijvende luchtvochtigheidsregeling, is het kasklimaatmodel Kaspro gebruikt om het jaarlijks warmteverbruik van de opkweekafdelingen voor beide deksystemen te vergelijken. In deze simulatie wordt een enkelglas afdeling met 3 schermen (een energiedoek, een lichtafschermingsdoek en een schaduwdoek) vergeleken met een dubbelglas afdeling met 2 schermen (een lichtafschermingsdoek en een schaduwdoek). Deze vergelijking is gemaakt voor 3 luchtvochtigheids-setpoints (65%, 75% en 85%). In alle gevallen is gebruik gemaakt van een buitenluchtinblaassysteem met een capaciteit van 6 m³/(m² uur), en is er geen minimumbuis temperatuur toegepast, waardoor precies kan worden berekend hoe groot het aandeel van ontvochtiging is in de totale warmtevraag. Figuur 4 toont de energieverbruiken voor verwarming en ontvochtiging.

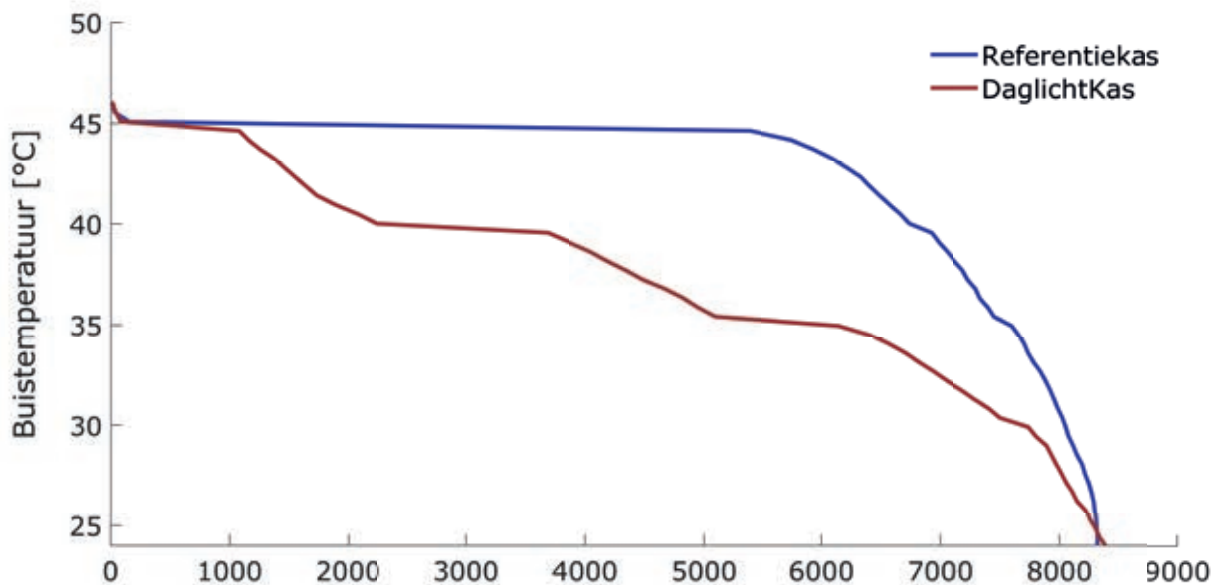


Figuur 4 Berekende energiebesparing door gebruik dubbelglas in Daglichtkas indien luchtvochtigheidsregeling gelijk zou zijn geweest bij verschillende luchtvochtigheidscriteria.

De simulatieresultaten laten zien dat bij luchtvochtigheidsinstellingen zoals die in de opkweekafdeling worden toegepast, het besparingspotentieel van dubbelglas sterk wordt verminderd door de intensieve luchtuitwisseling met de buitenlucht. Dat de besparing die in de praktijk is gemeten kleiner is dan wat in Figuur 4 wordt getoond, komt omdat in de referentieafdelingen bij Ter Laak Orchids geen buitenluchtaanzuiging wordt gebruikt (op een klein proefgedeelte na, wat buiten de vergelijking valt). In die afdelingen is de luchtvochtigheid dan ook merkbaar hoger dan in het nieuwe gedeelte (zie paragraaf 6.2).

4.1.2 Ontvochtiging

Tabel 3 laat zien dat opwarming van buitenlucht in de luchtbehandelingskasten een substantieel aandeel in de totale warmtevraag van de kas vormt. Doordat de DaglichtKas een apart instrument voor de ontvochtiging heeft, lijkt de hoeveelheid warmte die daarmee gemoeid is bekend, maar ook in de warmtevraag van de buisverwarming is een deel gerelateerd aan ontvochtiging. De meest bekende maatregel voor luchtvochtigheidsbeheersing is namelijk de minimumbuis temperatuur. Op veel tuinbouwbedrijven, en zeker bij Ter Laak Orchids, wordt de buis temperatuur naar beneden toe begrensd, waardoor er ook momenten voorkomen dat de buizen warmte af blijven geven zelfs als de kas op de gewenste temperatuur is. Dit leidt tot extra ventilatie, verdamping en vochtafvoer, maar uiteraard ook tot een extra warmtevraag. Figuur 5 geeft de jaarbelastingduurkromme weer van de buis temperatuur in de afkweekfase voor de referentiekas en de DaglichtKas. Hoewel de referentiekas een groot deel van het jaar een hogere minimumbuis temperatuur aanhoudt (5500 uur wordt de temperatuur op 45°C gehouden), is duidelijk te zien dat ook in de DaglichtKas een minimumbuis wordt aangehouden (6000 uur meer dan 35°C waarvan 3500 uur meer dan 40°C).

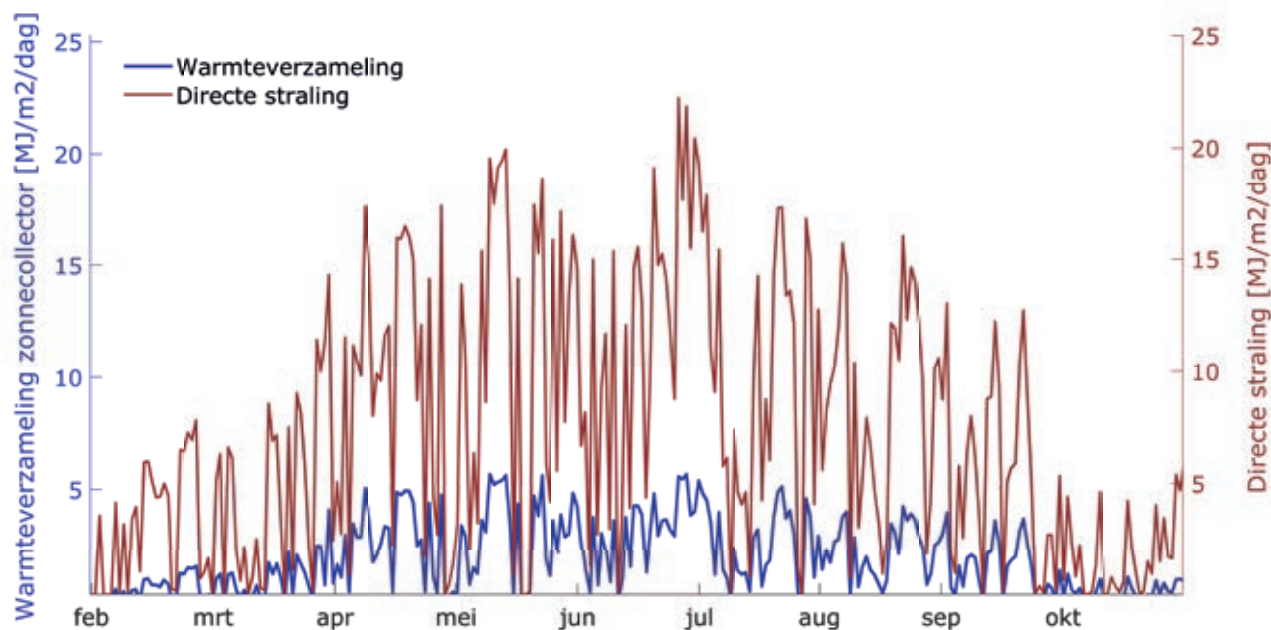


Figuur 5 Jaarbelastingduurkromme van de buistemperatuur in de afweekfase van de referentiekas en DaglichtKas.

4.2 Warmteverzameling met zonnecollectoren

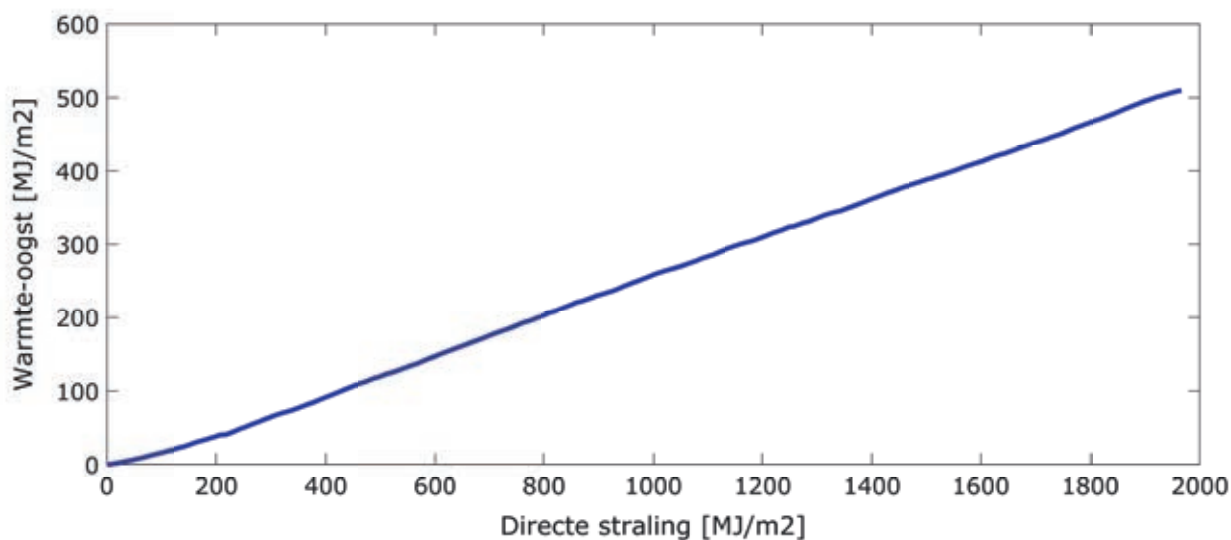
Na de uitbreiding van Ter Laak Orchids met 4.9 hectare DaglichtKas wordt op het bedrijf een aanzienlijke hoeveelheid duurzame warmte verzameld met het zonnecollectorsysteem. Het werkingsprincipe van het zonnecollectorsysteem is gebaseerd op het afvangen van direct zonlicht. Lenzen in het kasdek bundelen het invallende zonlicht in een brandlijn op collectorbuizen die boven in de kas hangen. De positie van de brandlijn is afhankelijk van de stand van de zon en verplaatst zich dus gedurende de dag. De collectorbuizen bewegen mee aan de hand van een geautomatiseerd katrollensysteem. Zodoende warmt het geconcentreerde zonlicht het water op dat door de collectorbuizen heen wordt gepompt.

Het zonnecollectorsysteem is in werking van februari tot en met oktober. Aangezien de warmteverzameling afhangt van de beschikbare hoeveelheid direct zonlicht, wordt er meer warmte verzameld op heldere, stralingsrijke dagen dan op bewolkte dagen met overwegend diffuus licht. Dit is duidelijk te zien in Figuur 6 waarin het verloop van de directe straling en de resulterende warmteverzameling is weergegeven voor het jaar 2019.



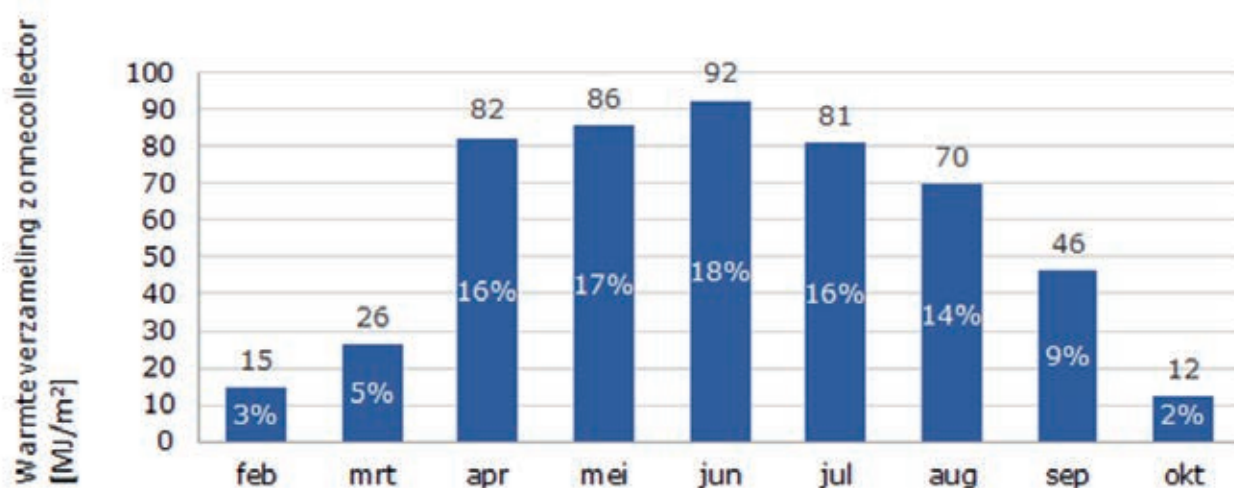
Figuur 6 Warmteverzameling van het zonnecollectorsysteem en de directe straling in de periode februari tot en met oktober 2019.

Afhankelijk van de weersomstandigheden kan de warmteverzameling per dag dus sterk verschillen, maar de relatie tussen de warmteverzameling en de directe straling is vrij constant. Dit is te zien in Figuur 7, waarin de cumulatieve warmteverzameling is uitgezet tegen de cumulatieve directe straling.



Figuur 7 Cumulatieve warmteverzameling uitgezet tegen de cumulatieve directe straling in de periode februari tot en met oktober 2019.

De totale beschikbare directe straling in de periode februari tot en met oktober 2019 bedroeg 1966 MJ/m². Het zonnecollectorsysteem heeft daarvan 26% omgezet naar duurzame warmte, wat neer komt op circa 512 MJ per vierkante meter kasoppervlak¹. Daarbij moet wel worden vermeld dat de positie van de collectorbuizen op 1 april is bijgesteld zodat deze beter in de brandlijn van de lenzen kwamen te liggen, waarna de efficiëntie met enkele procenten omhoog ging. Ook lagen de collectorbuizen uit focus na het verzetten van de klok op 31 maart en 27 oktober. De totale warmteverzameling had daarom 2-8 MJ/m² hoger kunnen zijn. In Figuur 8 is weergegeven hoeveel warmte er per maand is verzameld en hoeveel de maand heeft bijgedragen aan het totaal.



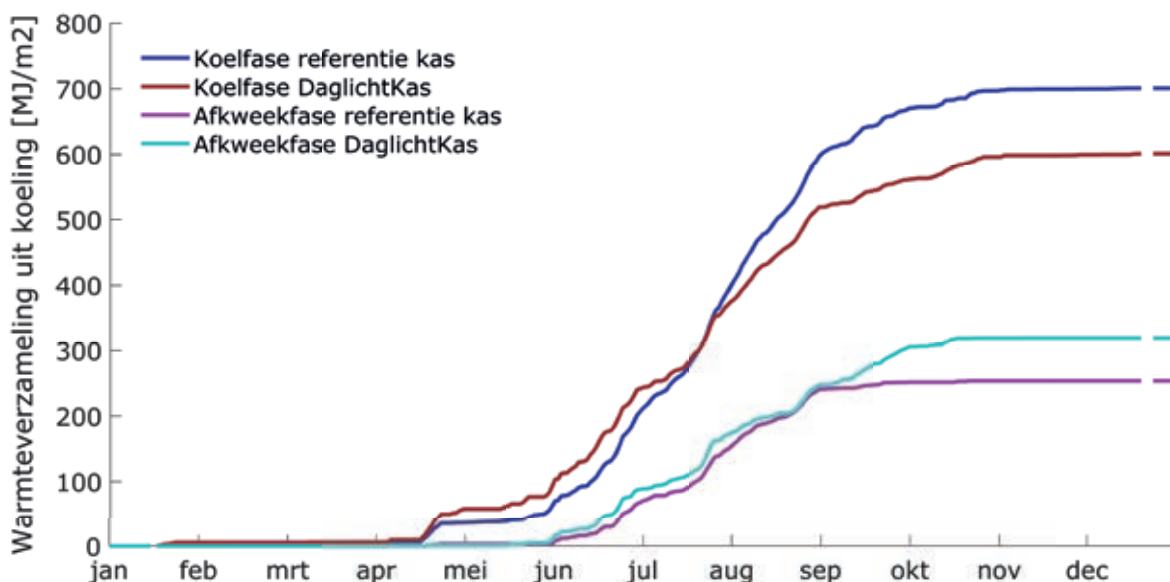
Figuur 8 Warmteverzameling van het zonnecollectorsysteem per maand in de periode februari tot en met oktober 2019.

Circa 80% van de warmte is verzameld in de maanden april tot en met augustus. Aangezien de warmtevraag voornamelijk in de wintermaanden ligt, wordt gebruik gemaakt van een warmte-koude opslag om de periode tussen warmteverzameling en gebruik te overbruggen. Het warme water vanuit het zonnecollectorsysteem wordt opgeslagen met een gemiddelde temperatuur van 31°C. Dit is uiteraard te laag om direct kassen mee te kunnen verwarmen en dus wordt er gebruik gemaakt van warmtepompen om de warmte op het gewenste temperatuurniveau te brengen (40 - 45°C).

4.3 Warmteverzameling uit koeling

De kasafdelingen voor koeling en afkweek beschikken over airco-units waarmee de kaslucht gekoeld wordt. Het koude water waarmee de airco-units de lucht koelen, wordt geproduceerd door dezelfde warmtepompen die het verwarmingswater op temperatuur brengen. De warmte die wordt onttrokken aan de gekoelde afdelingen vormt een bron voor duurzame warmte voor de kasverwarming. Deze warmteverzameling loopt bij Ter Laak Orchids dus gelijk op met de koelvraag van het bedrijf. Figuur 9 geeft de cumulatieve warmteverzameling uit koeling in 2019 weer voor zowel de koel- als afkweekfase van de referentiekas en de DaglichtKas.

¹ Met 'kasoppervlak' wordt het totale vloeroppervlak, inclusief paden en randen bedoeld. Om rekening te houden met schuin invallend licht heeft het kasdek aan de oost- en westkant brede stroken zonder lens, waardoor het oppervlak kas-met-lens 8% kleiner is. De opbrengst van het kasgedeelte met lenzen is dus iets groter, 554 MJ/m² per jaar in 2019.



Figuur 9 Cumulatieve warmteverzameling uit koeling in 2019 voor de koel- en afkweekfases in de referentiekas en DaglichtKas.

Figuur 9 laat duidelijk zien dat de warmteverzameling uit koeling voornamelijk tijdens de zomerperiode plaatsvindt. In totaal heeft de referentiekas in de koelfase 701 MJ/m² aan duurzame warmte verzameld en 254 MJ/m² in de afkweekfase. De DaglichtKas heeft 601 MJ/m² in de koelfase verzameld en 319 MJ/m² in de afkweekfase. Daarmee is de koelvraag van de koelfase in de DaglichtKas 14.3% lager dan in de referentiekas. Met name in augustus en september is de koelbehoefte in de koelfase van de DaglichtKas lager dan in de referentie-afdeling, 190 MJ/m² tegenover 278 MJ/m². De koelvraag in de afkweekfase van de DaglichtKas komt juist hoger uit, 25.6% meer dan in de referentiekas. Gewogen naar de verschillende oppervlakken leveren de gekoelde afdelingen in de referentiekas 447 MJ/(m² gekoelde afdeling) aan duurzame warmte en in de Daglichtkas 430 MJ/(m² gekoelde afdeling). Gewogen naar het totale kasoppervlak bedraagt de duurzame warmteverzameling uit koeling in de referentiekas 197 MJ/(m² jaar) en in de Daglichtkas 207 MJ/(m² jaar).

4.4 Overzicht warmtehuishouding

Tabel 4 laat een overzicht zien van de warmtehuishouding. Deze kan gebruikt worden om verscheidene scenario's te beoordelen. Ten eerste, uitgaande van de totale warmtevraag en warmteverzameling op het gehele bedrijf, kan 27% van de warmtevraag bij Ter Laak Orchids worden ingevuld met duurzame warmte afkomstig van het zonnecollectorsysteem en de koeling. De DaglichtKas afdelingen vormen daarbij een 'wingewest' voor de rest van het bedrijf omdat daar drie keer zoveel duurzame warmte wordt verzameld dan in de referentieafdelingen en de warmtevraag minder is. In de referentiesituatie, zonder nieuw gebouwde Daglichtkas kwam de duurzame warmte alleen uit de koeling en was het aandeel niet meer dan 13%.

Als de DaglichtKas afdelingen worden beschouwd als een op zichzelf staand bedrijf voor phalaenopsisteelt, wordt 51% van de benodigde warmte duurzaam ingevuld. De warmtevraag is namelijk 1412 MJ/(m² jaar) en de warmteverzameling door het collectorsysteem en de koeling bedraagt 720 MJ/(m² jaar). Bij de opwaardering van de duurzame warmte door middel van een warmtepomp is elektriciteit nodig en deze elektrische energie komt aan de warme kant van de machine in de vorm van warmte beschikbaar. Dit brengt de verwarmingsenergie die beschikbaar is uit warmteverzameling inclusief elektrische energie van de warmtepomp op $720 \times 1.33 = 958$ MJ/(m² jaar). De factor 1.33 in deze formule is de 4/3 verhouding tussen de warmte- en koudeproductie die door de bank genomen met een warmtepomp kan worden gerealiseerd. De resterende vraag naar verwarmingsenergie is dan $1412 - 958 = 454$ MJ/(m² jaar), ofwel 14.3 m³ a.e. /(m² jaar). Op dit moment wordt die resterende warmtevraag ingevuld met warmte uit de WKK die veelvuldig wordt ingezet voor de invulling van de eigen elektriciteitsvraag en levering aan het openbare net.

Tabel 4

Overzicht warmtehuishouding bij Ter Laak Orchids.

Type kas		Oppervlak	Warmtevraag	Verzameling duurzame warmte	Aandeel duurzame warmte
		(m ²)	(MJ/m ² /jaar)	(MJ/m ² /jaar)	(%)
Referentiekas	Opkweek	41,740 (56%)	1663	0	0
	Koeling	13,820 (19%)	1271	701	55
	Afkweek	18,440 (25%)	1397	254	18
DaglichtKas	Opkweek	15,720 (32%)	1732	512	30
	Opkweek 2 ^{de}	9,640 (20%)	1294	512	40
	Koeling	9,430 (19%)	1219	1113	91
	Afkweek	14,145 (29%)	1267	831	66

Indien het DaglichtKassysteem met dezelfde eigenschappen zoals gebouwd bij Ter Laak Orchids zou worden gebruikt voor andere schaduwminnende teelten (potplanten zoals Bromelia, Ficus, Spathiphyllum, Anthurium) zou de warmteverzameling van 512 MJ/(m² jaar) meer in verhouding kunnen komen te staan met de warmtevraag. Vaak worden deze gewassen geteeld bij een warmtevraag van minder dan 25 m³ a.e. / (m² jaar) en aangezien 512 MJ na opwerking van de temperatuur met een warmtepomp zo'n 21 m³ a.e. aan warmte oplevert, zouden deze teelten voor meer dan 80% op duurzame energie kunnen worden gerealiseerd (aangenomen dat de elektriciteit voor de warmtepomp uit duurzame bron afkomstig is).

5 Elektriciteitsvraag

5.1 Belichting

Het overgrote deel van de elektriciteitsvraag op het bedrijf komt van de belichting. De assimilatiebelichting in de DaglichtKas bestaat voor de helft uit hoge druk natrium lampen (SON-T) en de andere helft uit LED. De referentiekas maakt gebruik van alleen SON-T lampen. Als wordt aangehouden dat HPS lampen een efficiëntie hebben van $1.75 \mu\text{mol/J}$ en de LED lampen $2.5 \mu\text{mol/J}$, betekent dit dat er in de DaglichtKas 18% aan elektriciteit wordt bespaard per gegeven mol.

Daarentegen zijn er, met name in de opkweek, in de DaglichtKas, hogere lichtsommen aangehouden. In de opkweek is er daarom gemiddeld 15% meer elektriciteit gebruikt voor belichting dan in de referentiekas. Deze intensievere belichting in combinatie met de hogere belichtingsefficiëntie resulteert in een toename van 39.5% in mol PAR door assimilatiebelichting.

In de koeling en afkweek is er minder elektriciteit gebruikt voor belichting, respectievelijk 12.7% en 17.8%. Een overzicht van het elektriciteitsgebruik en effect op de PAR som wordt gegeven middels Tabel 5.

Tabel 5

Overzicht elektriciteitsgebruik van de DaglichtKas voor belichting.

Teeltfase	Verdeling oppervlakte DaglichtKas	Elektriciteits-gebruik belichting	Afname elektriciteitsvraag belichting	Toename PAR som belichting
	(%)	(kWh/m ² /jaar)	(%)	(%)
Opkweek	52	97	-14.9	39.5
Koeling	19	119	12.7	6.1
Afkweek	29	99	17.8	-0.1
Gemiddeld		102	-0.2	21.7

Het gebruik van hybride belichting heeft in de DaglichtKas niet geleid tot een afname in elektriciteitsgebruik per m² vergeleken met de referentiekas. Wel zijn er met een gelijkblijvend stroomverbruik hogere lichtsommen gerealiseerd. Omdat Ter Laak Orchids ook wijzigingen in het assortiment en plantkwaliteit doorgevoerd heeft, is niet direct aan te geven of de hogere lichtsommen ook tot een hogere productie hebben geleid. In het algemeen leidt meer licht echter tot meer productie zodat het aannemelijk is dat de toepassing van de LED's tot een efficiëntieverbetering heeft geleid.

5.2 Warmtepompen

Voor het inzetten van de duurzame warmte uit de zonnecollector en koeling is een deel elektriciteit nodig. De laagwaardige warmte (31°C) die wordt verzameld moet eerst worden opgewaardeerd met behulp van warmtepompen (40-45°C) voordat het naar de warmtenetten en luchtbehandelingskasten in de kas gaat. Hoewel er geen data is verzameld van het elektriciteitsverbruik van de warmtepompen bij Ter Laak Orchids, kan de orde grote wel worden afgeleid uit de duurzame warmteverzameling.

Zoals is besproken in paragraaf 4.4 wordt er 720 MJ/(m² jaar) in de DaglichtKas aan duurzame warmte verzameld. Hiervan wordt middels warmtepompen en elektriciteit 958 MJ/(m² jaar) verwarmingsenergie van gemaakt. Het elektriciteitsgebruik van de warmtepompen is dan $958 - 720 = 238 \text{ MJ/(m}^2 \text{ jaar)}$, ofwel 66 kWh/(m² jaar). Dit komt overeen met 40% van het elektriciteitsgebruik van de Daglichtkas.

6 Effecten in de teelt

De teelt is intensiever geworden: meer licht en een droger klimaat. Er kunnen echter geen concluderende uitspraken worden gedaan over de effectiviteit van de intensivering omdat Ter Laak Orchids tegelijk met de in gebruik name van de nieuwe DaglichtKas wijzigingen heeft aangebracht in het assortiment en de kwaliteit van de geproduceerde orchideeën. Qua teelt zijn de DaglichtKas en het oude gedeelte van het bedrijf dan ook moeilijk vergelijkbaar. In kwalitatieve zin is Ter Laak Orchids zeer tevreden over het teeltklimaat dat in de nieuwe DaglichtKas gerealiseerd kan worden. De stabiele licht-omstandigheden die door de zonnecollector worden gerealiseerd en de goede stuurbaarheid van de luchtvochtigheid met de buitenluchtaanzuiging geven het gevoel goed in-control te zijn met betrekking tot de teeltomstandigheden.

6.1 Licht

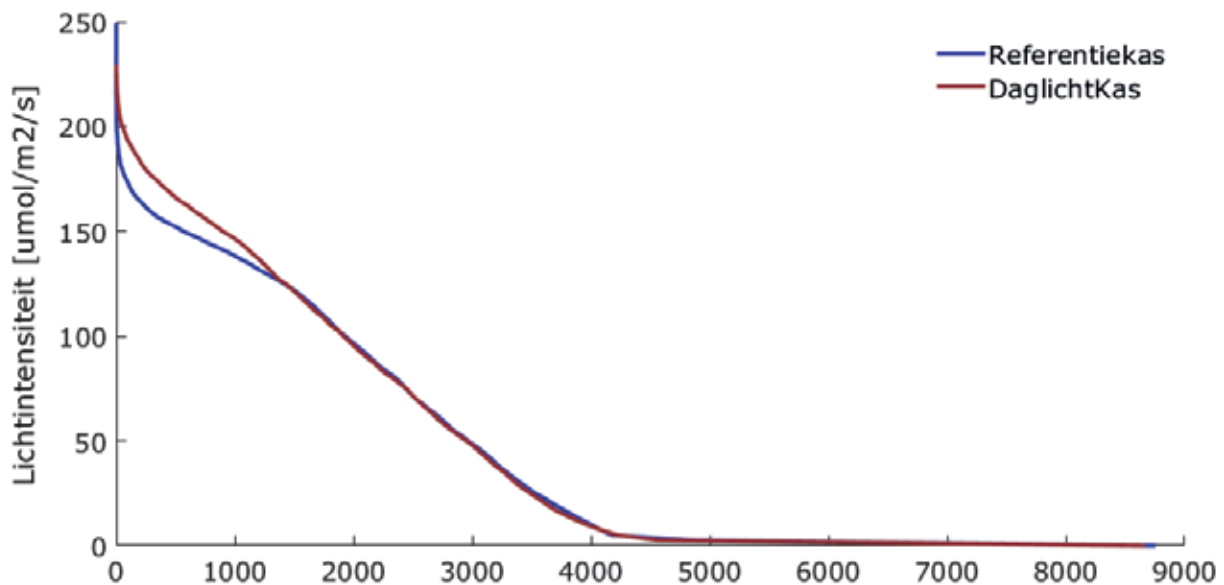
Met name in de opkweek is er een hogere lichtsom aangehouden. In Tabel 6 is te zien dat deze toename in de totale lichtsom, zonlicht en belichting, voornamelijk afkomstig is van de intensievere belichting.

Tabel 6

Overzicht van de toename in lichtsommen per teeltfase in de DaglichtKas.

Teeltfase	Toename PAR som	Toename PAR som	Toename PAR som door belichting
	(mol/m ² /jaar)	(%)	(mol/m ² /jaar)
Opkweek	134	7.6	116
Koeling	28	1.1	20
Afkweek	17	0.7	0

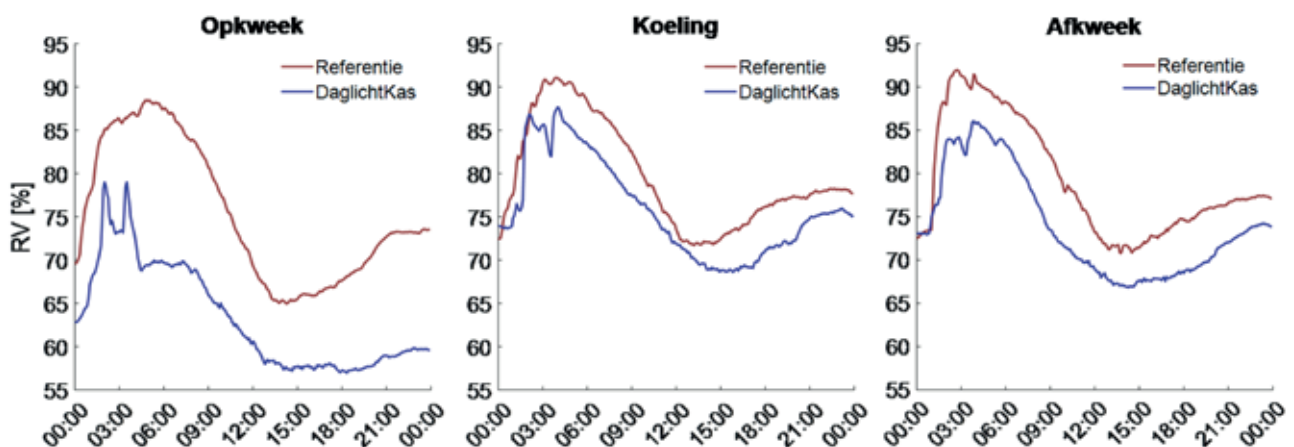
In Figuur 10 wordt de jaarbelastingduurkromme van het lichtniveau uit zonlicht in de opkweek gegeven voor de referentiekas en de DaglichtKas. Daarin is te zien dat het aandeel extra licht door zonlicht in de DaglichtKas voornamelijk voortkomt uit de periodes met een hoge lichtintensiteit. Aangezien de schermen bij hoge intensiteiten dicht liggen, lijkt het erop dat het schaduw scherm in de DaglichtKas wat minder licht wegneemt dan in de referentiekas.



Figuur 10 Jaarbelastingduurkromme lichtintensiteit door zonlicht in de opkweekfase.

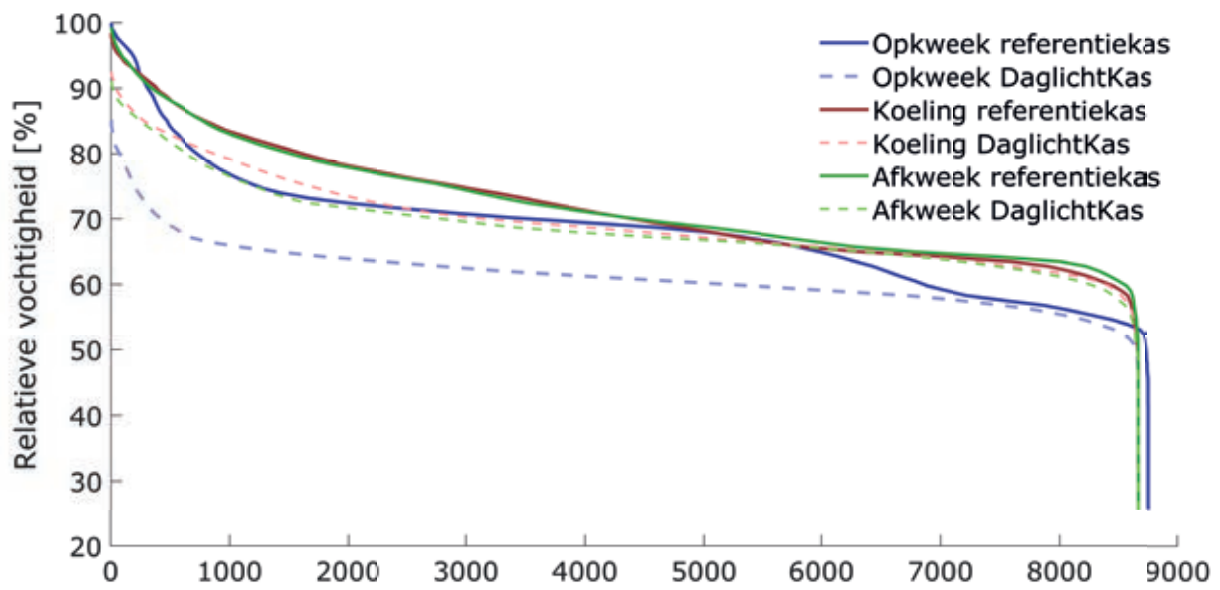
6.2 Luchtvochtigheid

Het intensieve gebruik van de luchtbehandelingskasten voor de ontvochtiging heeft tot een duidelijk lagere relatieve luchtvochtigheid geleid in de DaglichtKas. Vooral op dagen met watergift wordt dit duidelijk. In Figuur 11 is te zien dat de piek in relatieve vochtigheid, veroorzaakt door het bovenover water geven, minder lang duurt en minder hoog is in alle teeltfasen van de DaglichtKas.



Figuur 11 Gemiddeld etmaalverloop van de relatieve vochtigheid van de kaslucht op watergeefdagen in de drie teeltfasen voor de referentiekas en DaglichtKas.

Ook op de dagen zonder watergift wordt er een droger klimaat aangehouden. Zo is de relatieve vochtigheid in de opkweek van de DaglichtKas 70% van de tijd minimaal 2% lager. De jaarbelastingduurkrommen in Figuur 12 illustreren de intensievere ontvochtiging in de DaglichtKas voor alle drie de teeltfasen.



Figuur 12 Jaarbelastingduurkrommen RV in de drie teeltfasen voor de referentiekas en DaglichtKas.

7 Conclusies

7.1 Zonnecollector

De zonnecollector van de Daglichtkas is in staat om tenminste 26% van het directe zonlicht om te zetten naar duurzame warmte. Voor 2019 staat dit gelijk aan 512 MJ/m^2 of $16.2 \text{ m}^3 \text{ a.e. per m}^2$. Tijdens de monitoringperiode zijn er enkele verbeteringen doorgevoerd en heeft de zonnecollector op momenten in storing gestaan waardoor er minder of geen warmte kon worden verzameld. Het is dan ook de verwachting dat de prestatie van de zonnecollector het komende jaar nog 1-3% toeneemt. Uitgaande van 28% efficiëntie en een directe zonnestralingssom van $1800 - 1950 \text{ MJ/(m}^2 \text{ jaar)}$ verzamelt de DaglichtKas $504 - 546 \text{ MJ/(m}^2 \text{ jaar)}$ aan duurzame warmte. Dit staat gelijk aan $15.9 - 17.3 \text{ m}^3 \text{ a.e. per m}^2$.

7.2 Koeling

Voor 2019 is er in de koelfase 601 MJ/m^2 verzameld en in de afkweekfase 319 MJ/m^2 . Uitgedrukt in aardgas equivalenten is dit respectievelijk $19 \text{ m}^3 \text{ per m}^2$ en $10 \text{ m}^3 \text{ per m}^2$. In de referentiekas werden vrijwel dezelfde hoeveelheden gemeten zodat de DaglichtKas en de referentiekas op dit punt nauwelijks van elkaar verschillen.

7.3 Dubbelglas

Het dubbele glas in het kasdek komt 'automatisch' mee met het DaglichtKassysteem omdat de lenzen in de spouw van het zuiddek geplaatst zijn. Hierdoor worden de lenzen goed ondersteund en blijven ze schoon. In theorie zou het noorddek enkel glas kunnen blijven, maar een symmetrisch kasdek heeft grote constructie-technische voordelen. Bovendien draagt het dubbelglas bij aan de verbetering van de isolatiewaarde.

De mate waarin dubbelglas de warmtevraag verlaagt hangt samen met de luchtvochtigheid waarmee er in de kas geteeld wordt. Dit geldt zowel voor de absolute energiebesparing als voor de relatieve energiebesparing. Omdat de DaglichtKas op veel meer punten dan alleen het dubbele glas verschilt van de referentiekas kan er op grond van de meetdata geen uitspraak worden gedaan over de precieze omvang van de energiebesparing door het dubbele glas. Vastgesteld kon worden dat de DaglichtKas als geheel een 7% besparing op de warmtevraag heeft opgeleverd. Deze besparing is afkomstig van het dubbele glas en de ontvochtigingsinstallatie, maar waarvan het besparingspotentieel deels weer gebruikt is om bij een lagere gemiddelde luchtvochtigheid te telen.

Simulatieresultaten geven aan dat voor de opkweekafdeling de absolute besparing door dubbel glas (ten opzichte van enkel glas en een permanent gesloten energiescherm) van $186 \text{ MJ/(m}^2 \text{ jaar)}$, ofwel $5.8 \text{ m}^3 \text{ a.e.}$, bij een luchtvochtigheidsregeling op 65% RV oploopt naar een besparing van $297 \text{ MJ/(m}^2 \text{ jaar)}$, ofwel $9.4 \text{ m}^3 \text{ a.e.}$, bij een luchtvochtigheidsregeling op 85% RV.

7.4 Transmissie

De lichttransmissie van de DaglichtKas voor de opkweekafdelingen bleek gelijk aan die van de opkweekafdelingen in de referentie. Dat komt omdat in warme afdelingen van de referentie altijd een energiescherm dicht ligt. In de gekoelde afdelingen, waar in de referentie-afdelingen minder geschermd wordt, is lichttransmissie van de Daglichtkas iets lager.

7.5 Diffuus licht

Het effect van diffuus licht kan in een monitoringsproject als dit, waarbij tal van factoren tussen de referentiekas en de Daglichtkas verschillend zijn niet worden gekwantificeerd. In kwalitatief opzicht meldt de teler dat het diffuse karakter van het licht het kasklimaat aangenamer maakt en de zorgen om eventuele schade door een hoge lichtintensiteit verkleint.

7.6 Belichting

Het gebruik van de combinatie van LED (50% van de licht-output) en SON-T (50%) heeft op dit bedrijf niet geleid tot een verlaging van het elektriciteitsverbruik, maar tot een verhoging van de lichtintensiteit en de lichtsom. Met name in de opweekfase is in de winter meer belicht. De intensievere toepassing van belichting heeft de teelt in de DaglichtKas nog constanter gemaakt dan in de referentiekas.

7.7 Ontvochtiging met luchtbehandelingskasten

De ontvochtigingsinstallatie is ingezet om droger te gaan telen. Met name op dagen met watergift is de piek in luchtvochtigheid in de DaglichtKas minder hoog, en is de luchtvochtigheid sneller terug naar normaal. Vanuit teeltkundig oogpunt wordt de goede regelbaarheid die met deze installatie kan worden gerealiseerd zeer gewaardeerd.

Vanuit energetisch oogpunt kan alleen theoretisch worden gesteld dat een buitenluchtaanzuigsysteem tot een vermindering van het energieverbruik voor de ontvochtiging leidt. In dit monitoringproject zijn er namelijk tegelijkertijd met de ingebruikname van een buitenluchtaanzuigsysteem tal van andere factoren veranderd. Vooral de beduidend drogere kaslucht die in de DaglichtKas is gerealiseerd, is belemmerend voor een directe vergelijking van de warmtevraag-patronen.

7.8 Teeltversnelling

Door gebrek aan teelt data kan er helaas geen conclusie worden getrokken over de beoogde teeltversnelling die de verhoogde lichtsom en droger klimaat moeten bewerkstelligen.

7.9 De DaglichtKas als energie-innovatie voor de sector

De DaglichtKas bij Ter Laak Orchids laat zien dat met deze techniek een robuust systeem voor handen is waarmee een overschot aan (direct) zonlicht kan worden omgezet in bruikbare warmte voor de verwarming. Aangezien het temperatuurniveau laag is, gemiddeld 31°C, zal hier altijd ook een warmtepomp bij gebruikt moeten worden. Kassen zullen daarmee naast duurzame zonne-energie ook elektriciteit in plaats van gas voor de verwarming gaan gebruiken. Het stroomverbruik voor warmtepompen is minder dan de verbruiken zoals we die voor de belichting in de tuinbouw kennen. Op een intensief tuinbouwbedrijf als Ter Laak Orchids beloopt het stroomverbruik voor warmtepompen 66 kWh/(m² jaar), terwijl het verbruik voor de belichting rond de 100 kWh/(m² jaar) ligt.

Het DaglichtKassysteem vangt zonlicht af als bron van duurzame energie en voorkomt daarmee dat dit licht het gewas bereikt. Voor lichtminnende gewassen, zoals de groentegewassen concurreert de warmteverzameling dan met de gewasgroei, maar voor schaduwminnende gewassen is het intensief wegvangen van zonlicht een voordeel. Een mooie bijkomstigheid is dat het systeem selectief precies de pieken absorbeert.

Qua hoeveelheid verzamelde warmte staat de teller op dit moment in de ontwikkeling op 16 m³ aardgas equivalenten per m² per jaar. Voor kassen met een relatief lage warmtebehoefte, zoals veel schaduwminnende potplanten is deze hoeveelheid voldoende om de kas volledig met duurzame energie te kunnen verwarmen (mits het stroomverbruik van de warmtepompen uit duurzame bron wordt betrokken). Dit komt mede doordat het DaglichtKassysteem niet alleen duurzame warmte verzamelt, maar ook de warmtevraag beperkt door het dubbelglas wat nodig is als ondersteuning van de lenzen.

Literatuur

De Zwart, H. F. and F. Van Noort (2012).

Praktijkervaringen met de DaglichtKas, Wageningen University & Research

De Zwart, H. F., J. Voogt and A. Dieleman (2012).

Buitenluchtaanzuiging bij Phalaenopsis, Wageningen UR Glastuinbouw.

Raaphorst, M. G. M., N. Garcia, A. Kromwijk and F. Kempkes (2011).

Teeltbegeleiding semi-gesloten Phalaenopsis, Wageningen University & Research.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research,
BU Glastuinbouw
Postbus 20
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1
2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
www.wur.nl/glastuinbouw

Rapport WPR-1010

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 12.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.