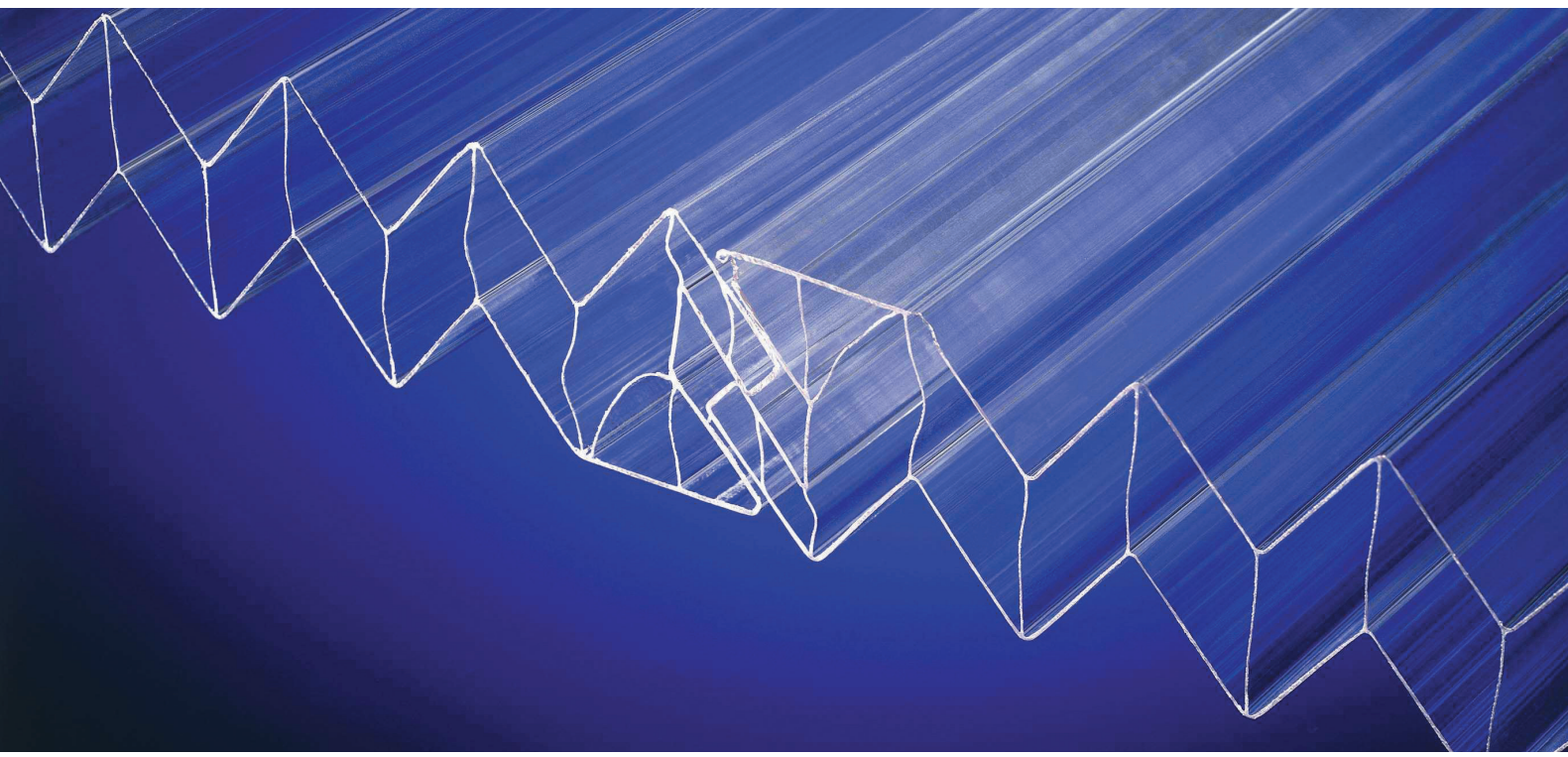
WAGENINGEN UR
For quality of life

Gewasgroei en energiegebruik in kassen onder een Lexan-ZigZag kasdek in vergelijking met verschillende soorten kasdekken

Frank Kempkes & Erik van Os



Nota 428

WAGENINGEN UR
For quality of life

Gewasgroei en energiegebruik in kassen onder een Lexan-ZigZag kasdek in vergelijking met verschillende soorten kasdekken

Frank Kempkes & Erik van Os

Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen
december 2006

Nota 428

© 2006 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Wageningen UR Glastuinbouw

Wageningen UR Glastuinbouw.

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

Inhoudsopgave

		pagina
Voorwoord		1
Samenvatting		3
1. Inleiding		7
2. Methoden		9
2.1 Klimaat & Energie		9
2.1.1 Vochthuishouding		9
2.1.2 Temperatuur		10
2.1.3 Energieverbruik		10
2.2 Licht		11
2.3 Gewasgroei en Ontwikkeling		11
2.4 Bijen- en hommelactiviteit		13
3. Resultaten en discussie		15
3.1 Klimaat & Energie		15
3.1.1 Vochthuishouding		15
3.1.2 Temperatuur		17
3.1.3. Energieverbruik		20
3.2 Licht		25
3.2.1 Eigenschappen toegepaste materialen		25
3.2.2 Transmissie van de kas		26
3.2.3 On-line lichtmeting		28
3.2.4 Constructie		31
3.3 Gewasgroei en Ontwikkeling		34
3.4 Bijen- en Hommel-activiteit		38
3.4.1 Licht onder de verschillende kasdekken		39
3.4.2 Oriëntatiegedrag van honingbijen en hommels		40
3.4.3 Vliegactiviteit: aantal vertrekkende en terugkerende bijen		40
4. Conclusies en aanbevelingen		43
5. Literatuur		45
Bijlage I. Rapportage PPO-bijen		21 pp.

Voorwoord

In het kader van het convenant Glastuinbouw en Milieu (GLAMI) hebben de overheid (Ministeries van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Economische Zaken) en de glastuinbouwsector (LTO Nederland) afspraken gemaakt over de maatschappelijke randvoorwaarden, met als horizon 2010. Als energiedoelen zijn afgesproken dat het energiegebruik per eenheid product met 65% gereduceerd moet worden ten opzichte van 1980 en dat het aandeel duurzame energie tot 4% toegenomen moet zijn. De overheid heeft hier aan toegevoegd dat de glastuinbouw haar bijdrage moet leveren aan het terugdringen van de CO_2-uitstoot.

Tegen deze achtergrond is in de periode van oktober 2004 tot en met juni 2006 in opdracht van het ministerie van LNV en het Productschap Tuinbouw (PT projectnummer 116109) door Wageningen UR Glastuinbouw en PPO-Bijen te Wageningen onderzoek gedaan naar de werkelijke transmissie, energiebesparing en de productie en kwaliteit die onder een hoog isolerend kasdekmateriaal van Lexan-ZigZag[1] onder praktijkomstandigheden gerealiseerd kan worden.

Hoewel fabrikant GE met verschillende tuinders in overleg was over de bouw van kassen met Lexan-ZigZag-dek, bleek er grote terughoudendheid in de tuinbouwpraktijk. Eerst zien dan geloven is het motto. In dit project wordt door metingen in de praktijk geprobeerd aan te tonen dat de theoretisch bepaalde energiebesparing gehaald kan worden zonder dat het nadelige effecten voor de teelt ten gevolge heeft.

Daarnaast is er bij onder andere tomatentuinders zorg dat de kleine verschuiving van de spectrale verdeling van het licht ten opzichte van glas een nadeel is, omdat hommels (bestuiving) en ook bijen de UV-straling van de zon gebruiken voor hun oriëntatie. Hiervoor is door PPO-Bijen een experiment met hommels en bijen uitgevoerd.

Aan dit onderzoek is meegewerkt door Tjeerd Blacquière, Jeannette van der Aa-Furnée, Bram Cornelissen en Jeroen Donders (PPO-Bijen), Feije de Zwart, Gert-Jan Swinkels en Silke Hemming (Wageningen UR Glastuinbouw)
Wij willen hen allen hartelijk danken voor hun inbreng in dit project

Daarnaast bedanken wij Corn. Bak bv en in het bijzonder Eline de Vos en Hans Fenger voor hun constructieve bijdrage in dit project en de gastvrijheid die wij mochten ontvangen bij de vele bezoeken in Assendelft.

Frank Kempkes en Erik van Os

[1] Lexan-ZigZag is een geregistreerd handelsmerk van General Electric co., USA

Samenvatting

Na de ontwikkeling van het Lexan-ZigZag-plaatmateriaal, blijkt er grote terughoudendheid in de tuinbouwpraktijk te blijven bestaan om het materiaal toe te passen: wordt de geclaimde energiebesparing bij een zelfde lichtdoorlatendheid onder praktijkomstandigheden wel gehaald? De energiebesparingpotentie is destijds, op basis van simulatieberekeningen, geschat op ca. 20% op jaarbasis bij energie-intensieve groentegewassen. Voor potplantenbedrijven mag een nog grotere potentie verwacht worden. Om de prestaties van dit Lexan-ZigZag kasdekmateriaal te bepalen is op een bedrijf dat dit kasdek heeft aangeschaft, een praktijkproef uitgevoerd.

In deze praktijkproef zijn uiteindelijk vier verschillende soorten kasdekken enkellaags glas (glas) als referentie, 2 laags Lexan-ZigZag-polycarbonaat plaat (Lexan-ZigZag), 2 laags acrylaat plaat (PMMA) en 3 laags polycarbonaat plaat (PC) met elkaar vergeleken. Gedurende een periode van 16 maanden zijn klimaatdata verzameld, 9 teeltproeven uitgevoerd, is uitgebreid naar de transmissie van de verschillende kasdekken gekeken en is het gedrag van bijen en hommels onder de verschillende kasdekmaterialen bepaald.

Vanuit de verzamelde klimaatdata is vooral gekeken naar de gerealiseerde klimaat-, vocht- en temperatuur-huishouding. Doordat men tijdens de uitvoer van de proef op het bedrijf in één van de afdelingen (glas) naast Bromelia ook een ander gewas is gaan telen met andere klimaatsetpoints, is het vergelijken van het gerealiseerde klimaat en energiegebruiken gecompliceerd gebleken.

De afdelingen met kunststof kasbedekkingsmaterialen zijn vooral in de winter vochtiger dan de glas-afdeling waar meer vocht wordt afgevoerd door extra condensatie. De dektemperatuur van de glazen afdeling zal door de slechtere isolatiegraad lager zijn dan van de kunststof kasdekken. De Lexan-ZigZag-afdeling heeft hierbij geen andere vochthuishouding dan “vergelijkbare” andere isolerende kunststof kasbedekkingsmaterialen.

Het energiegebruik van de Lexan-ZigZag-afdeling bedraagt 46% van dat van de glas-afdeling bij vergelijkbare setpoints en in een “steady state” situatie. Dit is wat hoger dan voorspeld, maar wordt mogelijk veroorzaakt door minder ventilatielek in de nieuwe Lexan-ZigZag-afdeling dan in de glas-afdeling. Juist in een periode met gesloten ramen kan dit een behoorlijke invloed hebben. Kwantificering van de noodzaak tot het toepassen van een minimumbuis en het bijbehorende energiegebruik van de toegepaste minimumbuistemperaturen bleek niet mogelijk te zijn omdat deze in de verschillende afdelingen anders geregeld wordt. In de PC- en de Lexan-ZigZag-afdeling en in mindere mate in de afdeling met glas en PMMA komt druip voor. De meeste druip komt voor rondom het moment van openen van het scherm. Uit gesprekken is naar voren gekomen dat vooral afdelingen met nieuwe (kort na installatie) kunststofdekken altijd meer druip hebben. Om het gewas als gevolg hiervan droog te krijgen is er gekozen voor de toepassing van een minimumbuistemperatuur. Hierbij zou kritisch gekeken moeten worden naar het moment en tijdsduur van de inzet van deze minimumbuistemperatuur. Inzet van een minimumbuis alleen op dat moment zou dan een logisch gevolg zijn. Jaarrond inzet van een (kleine, ca. 40 °C) minimumbuis kost ca. 15% extra energie in een kas met Lexan-ZigZag ten opzichte van het niet toepassen van een minimumbuistemperatuur in een kas met dit kasdek. Een deel van het besparingspotentieel van het Lexan-ZigZag-plaatmateriaal maar ook van het PC-plaatmateriaal gaat hiermee dan ook alsnog verloren. Door de veranderingen in setpoints en de verschillen in toepassing van de minimumbuis (tijdsduur, plaats van inzet en de reden van toepassing) tijdens deze meetperiode, is het niet mogelijk een “over all” energiegebruiksplaatje te presenteren voor de gehele meetperiode. Er is zeker een verschil tussen de momentane energiebesparing in de “steady state” situatie en een besparing op jaarrond basis waarbij de vochtregulatie een grote rol speelt. In deze teelt kan de besparing oplopen tot 35 á 40% ten opzichte van enkel glas.

Onder laboratorium omstandigheden is de transmissie van Lexan-ZigZag goed vergelijkbaar met glas en is deze beter dan PMMA (2 laags acrylaat) en PC (3 laags polycarbonaat), vooral bij diffuus licht. Voor de lichtopbrengst in deze afdelingen is gebruik gemaakt van de standaard aanwezige sensoren in de afdelingen. Daarnaast zijn ter verificatie van deze continue lichtmeting ook enkele metingen uitgevoerd om de totale transmissie van het kasdek te bepalen.

Kunststof materialen zijn in meer of mindere mate waterdampdoorlatend. Hierdoor is het mogelijk dat in de spouw condensatie kan ontstaan. Goede afdichting van de kopse kant moet er zorg voor dragen dat er geen verontreiniging bij dit water kan komen. In de PC-afdeling, is in de holle ruimte tussen de platen duidelijk condensatie waar te nemen. Dit heeft ook een negatief effect op de totale transmissie.

Bij het bepalen van de totale transmissie van de kasafdelingen bij Corn. Bak bv, kwamen er bij de herhalingsmeting verschillen naar voren. Er lijkt in de tijd een lichte achteruitgang te hebben plaatsgevonden voor het Lexan-ZigZag-dek. Er is geen duidelijk aanwijsbare oorzaak gevonden. In de Lexan-ZigZag-afdeling blijkt wel enige ontwikkeling van algen tegen het plaatmateriaal te zijn ontstaan, echter de Lexan-ZigZag-afdeling was in tegenstelling tot de overige afdelingen aan de binnenkant tijdens de meetperiode niet schoongemaakt. Na de oplevering van deze afdeling was hier nog geen aandacht aan besteed. Aan het schoonmaken/houden is in dit onderzoek geen specifieke aandacht besteed. Uit gesprekken met Corn. Bak bv is wel naar voren gekomen dat de geometrie bij het verwijderen van het krijt zorgt voor een kleine extra tijdbesteding en wat extra oplosmiddel omdat het dek van 2 kanten besproeid moet worden. Bij het schoonmaken aan de binnenkant wordt het verschil in tijdsbesteding ten opzichte van een gladde plaat marginaal genoemd.

Uit de continue lichtmetingen blijkt dat gedurende de gehele winterperiode de transmissie van de Lexan-ZigZag-afdeling achterblijft. Een goede verklaring is hier niet voor te geven, maar vervuiling kan een invloed hebben, De vervuilingsgraad is niet of moeilijk met het blote oog te bepalen. Een tweede punt dat de momentane transmissie kan beïnvloeden is de mate en vorm van de condensdruppels. Condensatie vindt op alle materialen plaats, echter de verschijningsvorm van de condensdruppels en de invloed van de druppelvorm op de transmissie is niet nader onderzocht.

Een derde punt dat van invloed kan zijn is de oriëntatie van het materiaal. De nokrichting is noord–zuid. Dat betekent dat bij lage zonstanden de transmissie wat lager is dan bij een oost–west nokrichting.

Door al deze verschillende parameters als scherm, krijt, condensvorming, vervuiling en oriëntatie van de kas, zijn er bij vergelijking van de verschillende kasdekken, door het jaar heen grote verschillen in totale lichtsom ontstaan die het gewas heeft ontvangen. Door het seizoen ontstaan nog grotere verschillen in “totale lichtsom” en op sommige dagen kan dit oplopen tot wel meer dan 40%.

De teeltwaarnemingen hebben zich geconcentreerd op de toename van het versgewicht en het drogestof percentage bij een drietal Bromelia gewassen. Hiervoor zijn drie partijen Aechmea ‘Primera’, twee partijen Guzmannia ‘Ostara’ en een partij Vriesea ‘Splenriet’ gevolgd. Alle partijen zijn in één afdeling (PMMA) gezaaid en tot eerste verspening opgekweekt. Na verspenen zijn de trays verdeeld over de vier afdelingen. Op het moment van verspening of verkoop is een tweede meting van versgewicht en drogestof verricht om de groei te kunnen bepalen.

De variatie in groei is groot, ca. 80-120% ten opzichte van glas (=100%). Door de klimaatregelstrategie is niet eenduidig te zeggen dat een bepaald kasdek een hogere of lagere opbrengst geeft. Er is geen gewasschade (in groeiachterstand) geconstateerd bij teelten met relatief veel licht (in de PMMA-afdeling met krijt, maar zonder scherm). Dit betekent wellicht dat onbewust opbrengst wordt verspeeld. Algemeen kan gesteld worden dat meer licht en hogere temperatuur een grotere toename van het versgewicht geven bij de geteelde gewassen.

In bloembezoek gespecialiseerde insecten als bijen en hommels foerageren vooral op zicht. Visuele prikkels zijn belangrijk bij hun zoekgedrag en voor oriëntatie. Bijen en hommels maken daarbij gebruik van 'licht' vanaf ultraviolet tot het geeloranje deel van het spectrum. Normaal gedrag, wanneer bijenvolken worden uitgezet, is dat de bijen beginnen met het vliegen van kleine horizontale cirkels rond de kast. Deze cirkels worden steeds groter, en na een paar cirkels vliegen de bijen weg in een horizontale richting. Na een paar minuten komen de eerste bijen terug naar de kast. In de glazen en PMMA kas werd dit herkenbare gedrag gezien. In de Lexan-ZigZag-afdeling kwamen de bijen naar buiten, vlogen hoogstens één cirkel en verdwenen daarna meteen terwijl ze loopings vlogen in de richting van de ventilatieramen boven in de kas. Daar bleven ze ‘gevangen’ tegen het insectengaas in de open luchtramen hangen. Er kwamen nauwelijks bijen terug naar de kasten. Ook het gedrag van de hommels was in de Lexan-ZigZag afdeling ongeveer hetzelfde als dat van de honingbijen. Een honingraat met verse honing, neergelegd op ongeveer

2 meter van de bijenkast werd onder PMMA gemakkelijk gevonden door de bijen, minder goed onder glas, en slecht onder Lexan-ZigZag. Bijen in de Lexan-ZigZag-afdeling, die probeerden te landen op de honingraat misten de raat vaak en landden op een paar decimeters afstand naast de raat. De waarnemingen uit deze studie lijken er op uit te wijzen dat polycarbonaat (Lexan-ZigZag- en 3 laags polycarbonaat) als materiaal voor kasdekken voor teelten waarbij bestuivende insecten (hommels en honingbijen) nodig zijn minder geschikt is. Het probleem wordt veroorzaakt door de absorptie van het ultraviolette licht. Uit de literatuur blijkt evenwel dat hommels en honingbijen kunnen leren zich te oriënteren bij UV arme omstandigheden. Dit kon nog niet worden onderzocht. Een oplossing kan mogelijk ook gevonden worden door bijvoorbeeld in de luchtramen een alternatief materiaal te plaatsen dat wel UV door laat (PMMA, glas).

Het Lexan-ZigZag kasdekmateriaal, is een materiaal dat een grote energiebesparing weet te combineren met goede transmissie eigenschappen. Daarnaast zijn de stevige structuur (stormschade) en de brandveiligheid voor de gebruiker van groot belang. De transmissie lijkt in de winter tegen te vallen. De oorzaak hiervan wordt onder andere veroorzaakt door de lagere diffuse transmissie van dit materiaal ten opzichte van glas. In de winterdag is het aandeel aan diffuus licht juist wat groter en daarnaast wordt een lagere diffuse transmissie meestal veroorzaakt door een lagere transmissie bij kleine hoeken, die juist in de winter veel voorkomen door de lage zonstand. Verbetering hiervan zal voornamelijk in de grondstof gezocht moeten worden. Hoe dit materiaal presteert bij gewassen met een grote vochtproductie en/of gebruik maken van bestuivende insecten, blijft onbekend. Er is in ieder geval een gunstig klimaat te creëren voor teelten die een hoge luchtvochtigheid nodig hebben. Punten van aandacht zijn het minimaliseren van condensatie in de spouw en de oriëntatie van bestuivende insecten. Daarnaast zou een “eenvoudig” ontvochtigingssysteem het besparingspotentieel van kunststof dekken verder kunnen vergroten. Hoewel het LEXAN-ZigZag materiaal goed is schoon te maken, zou overwogen moeten worden niet te krijten maar met een schermінstallatie(s) de juiste reductie van inkomend licht te bereiken. Hiermee wordt ook nog eens extra flexibiliteit gecreëerd.

1. Inleiding

Recent is een hoog isolerend kasdekmateriaal (Lexan-ZigZag) ontwikkeld voor toepassing in de tuinbouwsector. De energiebesparingpotentie is destijds op basis van simulatieberekeningen geschat op ca. 20% op jaarbasis bij energie-intensieve groentegewassen. Voor potplantenbedrijven mag een nog grotere potentie verwacht worden. Na het ontwikkelen van het Lexan-ZigZag-plaatmateriaal, dat mede werd gefinancierd door PT, heeft General Electric (GE) het plaatmateriaal verder ontwikkeld, zodat het met minder constructiedelen in een kas gemonteerd kan worden.

Hoewel GE met verschillende tuinders in overleg is (geweest) over de bouw van kassen met Lexan-ZigZag-dek, is er grote terughoudendheid in de tuinbouwpraktijk. Eerst zien dan geloven is het motto.
Mogelijk wordt dit veroorzaakt door de volgende factoren:

- De werkelijke transmissie van een praktijkkas met het goede materiaal is nog niet gemeten (wat is de lichtwinst nu in werkelijkheid).
- De daadwerkelijk gerealiseerde energiebesparing onder praktijkomstandigheden is nog onbekend.
- Er zijn geen praktijkgegevens over de luchtvochtigheid die onder een dergelijk dek ontstaat.
- Er zijn geen praktijkgegevens over de productie en de kwaliteit die onder het Lexan-ZigZag-dek wordt gehaald. Daarnaast is er bij onder andere tomatentuinders zorg dat de kleine verschuiving van de spectrale verdeling van het licht ten opzichte van glas een nadeel is, omdat hommels (bestuiving) en ook bijen de UV-straling van de zon gebruiken voor hun oriëntatie.

Het ontbreken van hard cijfermateriaal blijft een belemmering voor de sector om grootschalig voor deze besparingsoptie te kiezen. De beste overtuiging kan geleverd worden als de voordelen van het materiaal op praktijkschaal worden gekwantificeerd bij professionele tuinders.

In dit project wordt door metingen bij een tuinder in de praktijk geprobeerd aan te tonen dat de theoretisch bepaalde energiebesparing gehaald kan worden zonder dat het nadelige effecten voor de teelt ten gevolge heeft.

Om dit te bereiken zijn de volgende doelstellingen gedefinieerd:

- Vaststellen van de lichtdoorlatendheid van een praktijkkas voorzien van een Lexan-ZigZag-kasdek.
- Vaststellen van de daadwerkelijke energiebesparing onder praktijkomstandigheden door de toepassing van een Lexan-ZigZag-kasdek.
- Vaststellen van de effecten op gewasproductie en kwaliteit bij toepassing van een Lexan-ZigZag-kasdek.
- Inventariseren van eventuele problemen met te hoge luchtvochtigheid en de mede als gevolg daarvan noodzakelijke aanpassingen aan het teeltregime onder een Lexan-ZigZag-kasdek.
- Bepalen of de kleine spectrale verschuiving geen invloed heeft op de groei van planten en het oriëntatievermogen van bijen/hommels

2. Methoden

In dit project is op verschillende fronten naar de prestaties van het Lexan-ZigZag-kasdek gekeken. In dit hoofdstuk is dit in een viertal disciplines onderverdeeld: Klimaat & Energie, Licht, Gewasgroei en Ontwikkeling en Bijen en Hommel activiteit. Omdat er bij de start van dit project maar één bedrijf was dat het Lexan-ZigZag-kasdek had aangeschaft, zijn de in dit hoofdstuk beschreven werkwijzen regelmatig sterk toegeschreven op de situatie op dit ene bedrijf, en zijn deze misschien wat minder algemeen toepasbaar. Het bedrijf is op zich wel bijzonder, enerzijds door de toepassing van meerdere soorten kasdekmaterialen in sterk vergelijkbare afdelingen van behoorlijke omvang (ca. 4000 m^2), anderzijds door de teelt van verschillende soorten jonge bromeliaplanten. Zo zijn er afdelingen met enkellaags glas (glas) als referentie, 2 laags Lexan-ZigZag-polycarbonaat plaat (Lexan-ZigZag), 2 laags acrylaat plaat (PMMA) en 3 laags polycarbonaat plaat (PC). Er zijn dus 2 afdelingen waarvan het kasdekmateriaal uit polycarbonaat bestaat. De Lexan-ZigZag-afdeling zal als Lexan-ZigZag en de afdeling met 3 laags polycarbonaat plaat als PC worden betiteld. De afdelingen met Lexan-ZigZag, glas en PMMA zijn aan elkaar geschakeld en hebben een gelijke nokrichting (noord – zuid), per afdeling zijn er 3 kappen van 12.8 m breed en 96 m diep; de PC-afdeling heeft een nokrichting van zuidoost – noordwest en heeft 2 kappen van 12.8 m breed en 140 meter diep. Hierdoor is er een unieke situatie om deze materialen met elkaar te vergelijken op bovengenoemde punten.

2.1 Klimaat & Energie

Om de gevolgen op het klimaat en het uiteindelijke energiegebruik bij toepassing van het Lexan-ZigZag kasdekmateriaal en de andere materialen te bepalen moet een groot aantal parameters gevolgd worden. Hierbij kan onderscheid gemaakt worden in drie hoofdgroepen:

- setpoint instellingen kasklimaat
- gerealiseerd (kas)klimaat
- buitenklimaat

De eerste twee hoofdgroepen zijn voor alle te vergelijken afdelingen (glas, PC, PMMA en Lexan-ZigZag) gevolgd. In onderstaande paragraaf zijn de genoemde hoofdgroepen verder uitgewerkt.

Het klimaat kan worden beschreven door een aantal onderdelen, zoals de vochthuishouding en temperatuur. Door het grote scala aan afdelingen en kasbedekkingsmaterialen, is het goed mogelijk dat er forse klimaatverschillen tussen de afdelingen ontstaan. Om deze te kunnen karakteriseren zijn een groot aantal parameters gevolgd. Deze gegevens zijn uit de klimaatcomputer gehaald. Het aantal gevolgde parameters is waarschijnlijk te uitgebreid. Echter omdat op voorhand niet exact aangegeven kan worden welke parameters absoluut noodzakelijk en welke van minder belang zijn, wat onder andere afhankelijk is van de gebruikte instelmogelijkheden in de klimaatcomputer, is er voor gekozen om zoveel mogelijk parameters te loggen. In eerste instantie zijn van deze gegevens 5 minuut waarden gebruikt. Na enkele maanden is kritisch naar alle verzamelde gegevens gekeken en is er omwille van de handelbaarheid overgestapt naar een log interval van 15 minuten. Dit ook omdat gebleken is dat er rustig geregeld wordt en het gerealiseerde klimaat ook weinig variatie kent.

2.1.1 Vochthuishouding

Een belangrijk onderdeel in dit project is de luchtvochtigheid bij toepassing van een Lexan-ZigZag-kasdek. Door de waterhuishouding in kaart te brengen, hoeveel vocht wordt er (op welk moment) in de kas gebracht, kunnen er uitspraken gedaan worden over de vochtigheid van de kaslucht en de eventuele gevolgen hiervan op het energieverbruik bij toepassing van een Lexan-ZigZag-kasdek. Immers bij een eventueel hoger of te hoog vochtniveau in de kas zal waarschijnlijk meer energie verbruikt gaan worden om het vochtsetpoint te kunnen handhaven. Bij veel gewassen kan dit via meting van de gewasverdamping bepaald worden. Het bleek echter dat het (goed) uitvoeren van deze metingen aan de gewasverdamping op dit bedrijf vrijwel onmogelijk was, omdat deels automatisch en deels met de

hand wordt watergegeven waarbij geen inzicht bestaat over de exacte hoeveelheid. Het bleek ook niet mogelijk door het installeren van één of enkele watermeters daar inzicht in te krijgen. Gezien de structuur van het watergeven zouden meer dan 20 watermeters nodig zijn, die dan ook nog moeten worden geregistreerd (in de tijd met een vaste interval).

Na het maken van een kosten baten analyse is gesteld dat het meten van de verdamping uit de watergift en drain, op een manier die toegevoegde waarde levert, op dit bedrijf niet mogelijk is. Met behulp van de gerealiseerde kaslucht RV zal gecontroleerd worden of er in enige afdeling ook daadwerkelijke vochtproblemen voorkomen.

2.1.2 Temperatuur

Een groot aantal parameters (voornamelijk setpoints) is van invloed op de uiteindelijk gerealiseerde temperatuur. Temperatuur en licht (zie paragraaf 2.2 licht) zijn de belangrijkste voorwaarden voor de groei. De stuurmogelijkheden van de verschillende afdelingen zijn niet exact gelijk. Zo heeft de afdeling met het PMMA bijvoorbeeld geen scherminstallatie, maar deze wordt het grootste deel van het jaar gekrijt. Krijt is echter (bijna) altijd aanwezig, terwijl bij een scherminstallatie ieder moment beslist kan worden of deze ook gesloten moet worden. Dit alles kan invloed hebben op de gerealiseerde kasluchttemperatuur. De volgende parameters zijn gevolgd om de temperaturen in de afdelingen te kunnen vergelijken.
Setpoint instellingen kasklimaat

- setpoint verwarmen
- setpoint ventilatie
- minimumbuistemperatuur
- criterium scherm sluiten en openen

Gerealiseerd (kas)klimaat

- kasluchttemperatuur
- raamstand (lij- en loef-zijde)
- schermstand

2.1.3 Energieverbruik

Het energiegebruik van de afzonderlijke afdelingen is niet direct voor een aanvaardbare prijs te meten. Inpassing van warmtemeters in de bestaande situatie is niet eenvoudig (te weinig ruimte voor een goede betrouwbare meting) en daarnaast kent iedere afdeling 2 verwarmingsnetten. Ook de buistemperaturen zijn geen goed direct vergelijk voor het energieverbruik tussen de afdelingen. Door de verschillende bouwjaren van de afdelingen en de verschillende kasbedekkingsmaterialen, zijn de buisconfiguraties van de afdelingen niet gelijk. Zo zijn er afdelingen met alleen de bekende ronde 51 mm buizen, terwijl er in andere afdelingen combinaties van ronde en rechthoekige buizen zijn, waarbij het aantal buizen ook nog eens varieert. Alle afdelingen zijn uitgerust met 2 verwarmingsnetten, altijd een onder- en bovennet. Vanuit de buistemperatuur (aanvoerwatertemperatuur, de retourwatertemperatuur wordt niet overal gemeten) moet de warmteafgifte berekend worden. Daarnaast wordt er ook door de klimaatcomputer een warmteafgifte berekend. Voor de berekening van de warmteafgifte door de klimaatcomputer wordt gebruik gemaakt van de aanvoerwatertemperatuur en een veronderstelde delta–T (temperatuurverschil tussen aanvoer- en retourwater) om de retourtemperatuur in te schatten. De schatting van de retourwatertemperatuur is door de klimaatcomputerinstallateur gemaakt op basis van metingen en dimensionering van het verwarmingssysteem (pompdebiet en waterinhoud van het verwarmingsnet). Aan de hand van beide waarnemingen wordt het energiegebruik van de afdelingen bepaald. Een alternatief om ook retourtemperaturen te gaan meten is wel mogelijk, echter bijzonder omslachtig in te passen.

2.2 Licht

Licht is één van de belangrijkste productiefactoren. Ondanks het feit dat Bromelia een schaduwplant is, waardoor er veelvuldig geschermd moet worden, blijft het licht in de winterdag toch een beperkende factor. Om de verschillen in gewasontwikkeling en het klimaat te kunnen verklaren, is de transmissie van de kas van belang. Daarnaast kan de overall transmissie van de afdelingen beïnvloed worden door de soort en de gebruiksduur van de schaduwschermen. De stand en het gebruik van de schermen worden met behulp van de klimaatcomputer gelogd. Eén afdeling (PMMA) heeft geen scherminstallatie en wordt globaal van eind februari - begin maart tot en met half oktober gekrijt, waarbij het krijtpercentage kan variëren. Ook in de andere afdelingen wordt in sommige perioden een deel (vaak alleen de luchtramen) van het dek gekrijt. De in de kas aanwezige lichtsensoren zullen als basis dienen voor de lichtsom die het gewas ontvangt. Deze sensoren zijn in alle afdelingen op gelijke wijze gemonteerd en meten dus ook het effect van het krijten en schermen. Deze sensoren worden door Corn. Bak bv jaarlijks geijkt.

Daarnaast is tijdens de meetperiode de (diffuse) transmissie van de afdelingen gemeten. Hiervoor is in een grid tussen een tweetal spantvakken van goot tot goot op gelijke afstand een lichtmeting (spot) uitgevoerd bij diffuse lichtomstandigheden. Tegelijkertijd is met een gelijke sensor buiten het stralingsniveau gemeten. De ratio van het gemiddelde van alle spotmetingen in de kas en het gemiddelde van de buitenstraling tijdens deze (spot) metingen is de transmissie van de kas. Deze transmissie meting moet qua trend passen in de metingen zoals die continue in de kas plaats vinden.

2.3 Gewasgroei en Ontwikkeling

Uit de veelheid van gewassen die in de verschillende afdelingen zijn geteeld is gekozen voor twee, commercieel, zeer grote gewassen en één gewas dat zeer lange tijd in de kas verblijft. In het algemeen worden alle drie de gewassen gezaaid, een of tweemaal verspeend en vervolgens afgeleverd. Aechmea 'Primera' is een relatief snelgroeiend gewas dat sterk op lichthoeveelheid reageert. Guzmannia 'Ostara' is een langzamer groeiend gewas, wordt tweemaal verspeend. Vriesea 'Splenriet' wordt ook tweemaal verspeend. Door de teelt van bovengenoemde gewassen te volgen in de verschillende kasafdelingen kan de invloed van het kasdek hierop worden beoordeeld.

2.3.1.1 Plantwaarnemingen

Een eerste oriënterende meting aan de planten is uitgevoerd om de juiste parameters te bepalen die de groei beïnvloeden.



Figuur 1. Oriënterende metingen aan Aechmea 'Primera' (linker twee) en Guzmania 'Ostara' (rechter twee).

Onderzocht (Figuur 1) zijn de lengte van de bladeren, de diameter van de plant, het versgewicht van de groene delen, het aantal bladeren, het blad- en plantoppervlak en de partijgrootte. Hieruit kwam naar voren dat versgewicht en drooggewicht de meest onderscheidende parameters voor groei waren die met een grote betrouwbaarheid en in een redelijke tijd waren te meten. Blad- en plantoppervlak waren ook goede indicatoren voor de groei, maar zijn zeer arbeidsintensief om te bepalen. Lengte van het blad en diameter van de stengel waren niet onderscheidend in relatie

tot groei. Een partijgrootte van 25 planten bleek te volstaan om geen grote verschuivingen in de gemiddelde uitkomst te krijgen (kleine, gelijkblijvende, standaardafwijking).

In nauwe samenwerking met Corn. Bak bv is vervolgens de proefopzet bepaald. Drie partijen Aechmea 'Primera', twee partijen Guzmannia 'Ostara' en een partij Vriesea 'Splenriet' zijn vooraf aangemerkt om te volgen. Alle partijen zijn in één afdeling (PMMA) gezaaid en tot eerste verspening opgekweekt. Na verspenen zijn de trays verdeeld over de vier afdelingen (Figuur 2). Binnen één container zijn 5 trays visueel gesorteerd op gelijke grootte (middensortering) en gemerkt en uit één van die trays is van 25 planten individueel het versgewicht van de groene delen bepaald. Afgesneden planten worden verpakt waarna bij Wageningen UR Glastuinbouw na minimaal 48 uur in een stoof bij 70 °C het gezamenlijke drooggewicht van de 25 planten bepaald is.

Afhankelijk van het gewas is bij het volgende verspeenmoment een volgende meting uitgevoerd. Hierbij worden uit de 4 trays per afdeling uit elke tray 25 planten gehaald, gewogen en het drooggewicht bepaald. Bij de twee gewassen die voor een tweede maal worden verspeend vindt een nieuwe basismeting plaats en worden van één sortering, na de 2e maal verspenen, 25 planten individueel versgewicht bepaald en een gezamenlijk drooggewicht. Per kas worden weer vier trays van gelijke grootte gemerkt en bij afleveren versgewicht en drooggewicht bepaald. Aan de hand van bovenstaand protocol is een meetschema ontstaan. In totaal zijn er 10 groeiperioden, waarvan 3 direct afleveren en 7 met een verspening er tussen.



Figuur 2. Links overzicht kasafdeling; rechts proefplanten geplaatst na de basismeting, boven de groene etiketten.

Wijzigingen in de oorspronkelijke proefopzet

In eerste instantie was het de bedoeling om 9 teelten te volgen, echter de in de Tabel 5 genoemde teelt 10 heeft een zeer beperkt aantal waarnemingen. De proefplanten waren door een communicatie fout voor een deel al verkocht voordat de metingen hadden plaatsgevonden. Daarom is, om toch voldoende waarnemingen te krijgen, teelt 8 toegevoegd. Hierdoor is enige vertraging in de uitvoering van de proef ontstaan.

Het meten van het waterverbruik in de vier afdelingen en specifiek op de proefplanten bleek een praktisch onmogelijke opgave. In elke kasafdeling zitten drie rondgaande banen met containers. Als de containers vooraan in de kas komen kan daar via een sproeiboom worden watergegeven. Een deel van dit water valt buiten de trays en de containers op de grond. Registratie van het waterverbruik van de sproeiboom is moeilijk omdat de watergeefunit per kap op drie verschillende watertappunten kan worden aangesloten en er bovendien verschillende watergeefunits op het bedrijf worden gebruikt. Daarnaast komen in de (proef)afdelingen niet dezelfde gewassen voor, waardoor de waterbehoefte per afdeling verschillend is. Tenslotte wordt er ook nog wel handmatig met een broeskop water gegeven. Reden om te besluiten dat het registreren van het waterverbruik geen meerwaarde oplevert.

Voor het registreren van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen gold ook dat in dezelfde afdeling niet de zelfde gewassen zijn geteeld waardoor andere plagen kunnen optreden op een ander moment. Vergelijking met voorgaande jaren is niet mogelijk omdat sinds vorig jaar een beleid is ingezet van “minder preventief de gehele kas-afdeling spuiten” naar een beleid van “meer curatieve haardbestrijding”.

2.4 Bijen- en hommelactiviteit

Door PPO-Bijen is onderzoek gedaan naar de oriëntatie en het zoekgedrag van bijen en hommels onder de verschillende kasdekken. Hiermee wordt een indicatie verkregen over de geschiktheid van deze kasdekken voor de teelten waarin bestuivers worden ingezet.

Bestuiving door hommels en bijen (+ in sommige gevallen nog andere insecten) in kassen is een belangrijke activiteit bij een aantal groentegewassen (tomaat, aubergine, paprika, courgette) en sierteeltgewassen (Cymbidium) en bij zaadteelt van diverse gewassen. Echt in bloembezoek gespecialiseerde insecten foerageren vooral op zicht: visuele prikkels zijn belangrijk bij hun zoekgedrag en voor oriëntatie. Bijen en hommels maken daarbij gebruik van 'licht' vanaf ultraviolet tot het geeloranje deel van het spectrum. Rood wordt niet waargenomen (wat niet wil zeggen dat een rood object niet gezien wordt, het is voor de insecten echter zwart). De visuele informatie die de bijen en hommels tot hun beschikking hebben verschilt onder kasdekken van verschillende makelij: glas laat naast het voor ons visuele deel van het zonnespectrum (dat is ook het deel dat voor plantengroei (fotosynthese) en ontwikkeling (morfogenese) belangrijk is) een deel van de ultraviolette straling (300–380 nm) door. Het ultraviolet-B (< 320 nm) wordt amper doorgelaten. Kunststofdekken hebben een heel andere transmissie: PMMA laat alle ultraviolette straling door, polycarbonaat nagenoeg niets. Dit betekent dat bijen onder een polycarbonaat-dek bloemen moeten zoeken in een grauwe grijze wereld, bloemen die zelf ook nog eens weinig opvallend zijn omdat hun karakteristieke ultraviolette reflectiepatronen ontbreken. Naast het zien gebruiken bijen en hommels nog informatie uit het licht voor oriëntatie, evenwicht en communicatie. Het gaat om de stand van de zon (de zon zelf, bij dichte bewolking de lichtste plek van de hemel, of het relatieve aandeel ultraviolet in het licht), en de polarisatie van het licht (waargenomen in het ultraviolet). In kassen is de polarisatie veranderd door de passage van het licht door het dek, en in kassen met een Lexan-ZigZag-dek is het moeilijk de stand van de zon te ontdekken. De problemen van de insecten zullen verschillen tussen helder weer en (zwaar) bewolkte omstandigheden.

Doel van dit deel van het project is onderzoek te doen naar de oriëntatie en het zoekgedrag van bijen en hommels onder verschillende kasdekken en het geven van een indicatie over de geschiktheid van een aantal kasdekken voor teelten waarin bestuivers worden ingezet.

In Bijlage 1 is het rapport integraal opgenomen, in hoofdstuk 3.4 worden de resultaten in het kort besproken.

3. Resultaten en discussie

De gepresenteerde resultaten zijn afkomstig van een praktijkbedrijf met al zijn voor- en nadelen. Ondanks alle voorzorgsmaatregelen, zijn er in de meetperiode een paar dingen fout gelopen. Zo is bijvoorbeeld door een softwareupdate van de klimaatcomputer als gevolg van een interne omnummering enkele weken de meting van binnenstraling niet (juist) in de database opgeslagen. Gevolg hiervan is bijvoorbeeld dat van een aantal parameters die uit de klimaatcomputer komen delen ontbreken. In de grafieken zijn deze delen opengelaten. Daarnaast is door een fout in de interne communicatie bij Corn. Bak bv een plantmeting onbruikbaar geworden, waardoor een extra plantmeting is opgezet en er dus ook langer dan één jaar gemeten is. Hierdoor zijn in plaats van jaarrond gegevens, nu de resultaten weergegeven die de periode 1 februari 2005 tot en met 30 april 2006 (15 maanden) omvatten.

De meeste resultaten met betrekking tot het klimaat en de energiehuishouding en het licht zijn op twee manieren gepresenteerd. Om specifieke eigenschappen van afdelingen één op één met elkaar te kunnen vergelijken, is gezocht naar perioden dat er bijvoorbeeld niet geventileerd is, zodat het stookgedrag direct aan het gerealiseerde klimaat is toe te kennen. Dan wordt gedetailleerd naar enkele specifieke dagen gekeken. Daarnaast is voor de overall prestaties de lange termijn bepalend.

3.1 Klimaat & Energie

Er is gebleken dat het regelgedrag, het gerealiseerde klimaat en daarmee ook het energieverbruik van de afdelingen soms sterk van elkaar verschillen. De oorzaak hiervan is soms het gevolg van de verschillen tussen de afdelingen, echter vaak ook van verschillende instellingen. Zo is er in 3 van de 4 afdelingen een periode gebruik gemaakt van een minimumbuistemperatuur. De gevolgen hiervan zijn dat voor die periode het energieverbruik van die afdelingen behoorlijk hoger ligt dan voor de afdelingen zonder inzet van de minimumbuistemperatuur, terwijl dit verschil grotendeels onafhankelijk is van het toegepaste kasbedekkingsmateriaal.

De periode 28 februari tot en met 4 maart 2005, is een periode waar in geen van de afdelingen geventileerd is, doordat het vrijwel continue gevroren heeft. Daarnaast waren een aantal dagen uit deze periode behoorlijk licht voor de tijd van het jaar. Deze periode wordt gebruikt om de afdelingen één op één te vergelijken.

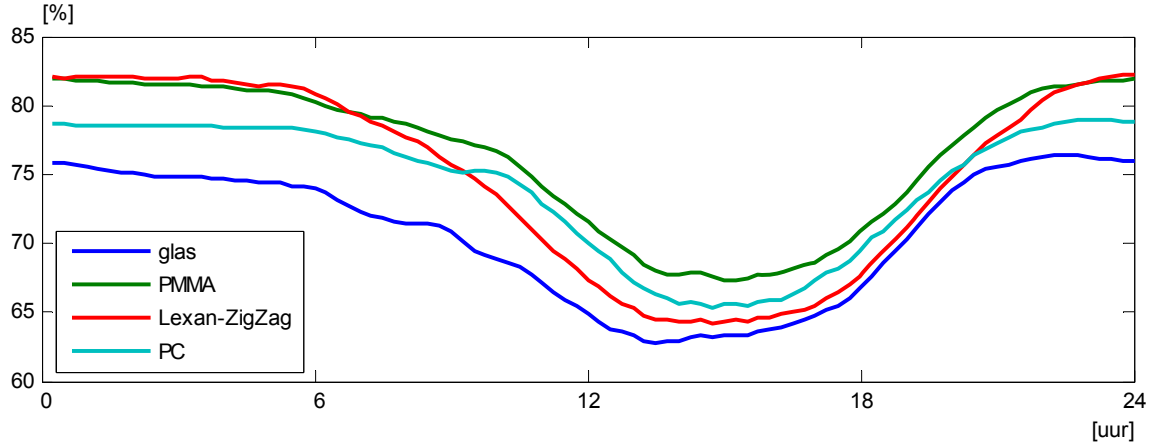
3.1.1 Vochthuishouding

De glas-afdeling is door de beperkte isolatiegraad van het dek behoorlijk afwijkend ten aanzien van het vochtniveau in vergelijking met de andere afdelingen. De condensatie aan het kasdek is veel groter dan in de afdelingen met een kunststof kasdek. De gerealiseerde kaslucht RV van de 4 afdelingen voor de periode 28 februari tot en met 4 maart 2005 is gedurende de dag redelijk constant, waarbij de glas-afdeling op een gemiddeld veel lager niveau uitkomt (59%; gemiddelde van genoemde periode) ten opzichte van de kunststofafdelingen (79, 75 en 77%) voor respectievelijk de PMMA-, PC- en Lexan-ZigZag-afdeling. In tegenstelling tot de meeste dagen, waar de RV tijdens de dag daalt (als gevolg van de ventilatie), is dit een periode waar tijdens de dag de RV juist stijgt. Doordat de PMMA-afdeling geen scherm heeft, daalt ondanks de isolerende werking van dit kunststofdek, in de avond het vochtniveau sneller dan in de Lexan-ZigZag- en de PC-afdeling, in welke het scherm dan al gesloten is.

In Figuur 3 is de RV gedurende het teeltjaar als een cyclisch gemiddelde weergegeven. Een cyclisch gemiddelde is de gemiddelde kaslucht RV van alle waarnemingen in deze periode op het zelfde moment van de dag van alle dagen in de periode. Zo is de gemiddelde RV om 12 uur het gemiddelde van de waarnemingen van 12 uur middags voor alle dagen.

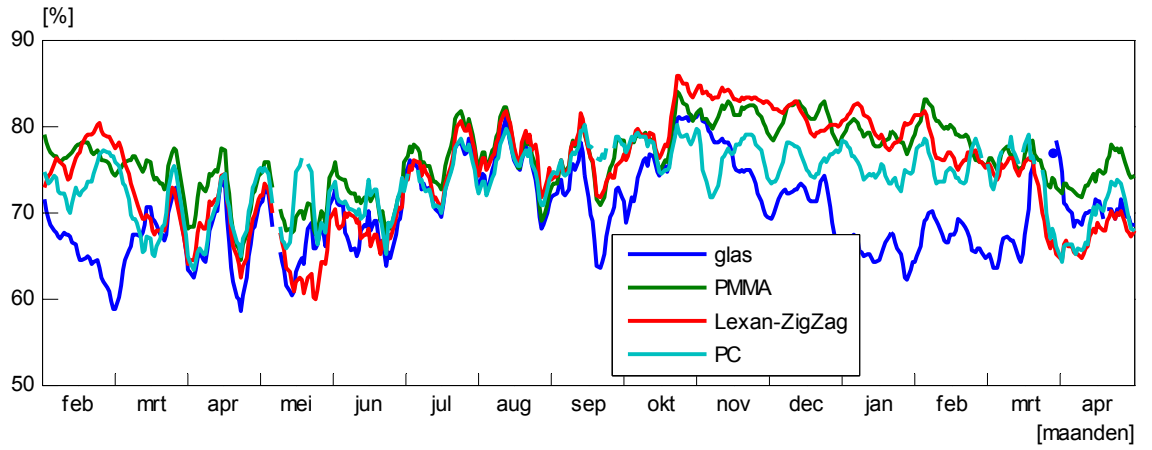
Figuur 3 maakt duidelijk dat de glas-afdeling droger is dan de kunststofafdelingen. Dat de Lexan-ZigZag-afdeling tijdens de nachturen een vergelijkbaar vochtniveau heeft als de PMMA-afdeling komt doordat in deze 2 afdelingen

geen minimumbuis gebruikt wordt (vanaf december 2005 wel in Lexan-ZigZag-afdeling, Figuur 14). Hierdoor wordt er ‘s nachts minder geventileerd, waardoor het vochtniveau hoger komt te liggen. Op jaarrondbasis (langere termijn) zijn dit grote verschillen, die invloed kunnen hebben op de gewasontwikkeling.



Figuur 3. *Cyclisch gemiddelde van de kaslucht RV van de 4 afdelingen voor de periode 1 februari 2005 tot en met 30 april 2006.*

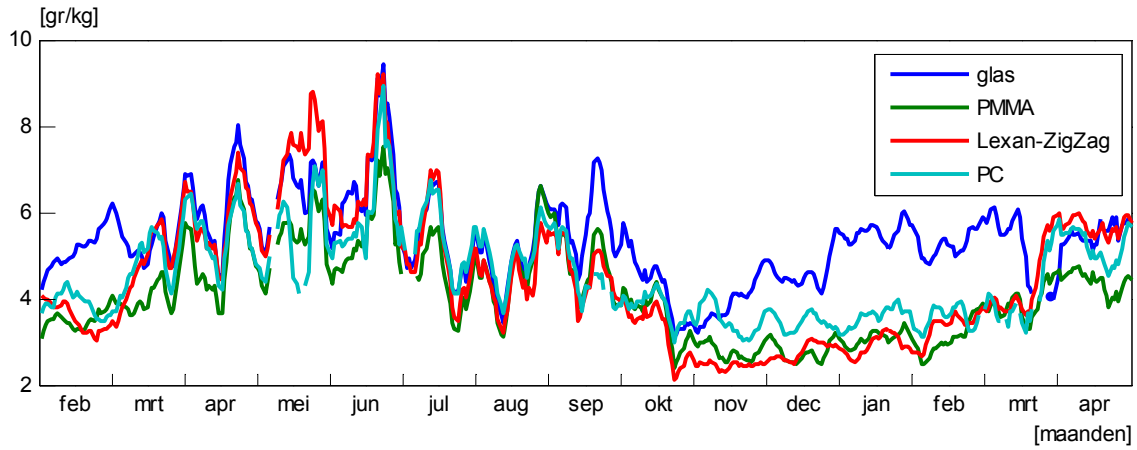
Om het verloop door het jaar te bekijken, is in Figuur 4 de daggemiddelde kaslucht RV van de 4 afdelingen voor de periode 1 februari 2005 tot en met 30 april 2006 weergegeven. Eind maart begin april 2006 lijkt de RV in de glas-afdeling spectaculair te stijgen, dit is echter het gevolg van een defecte sensor in die periode. Bij aanvang van het project is veel aandacht besteed aan mogelijke verschillen tussen afdelingen als gevolg van vochtlevering uit de bodem. Bij herhaalde metingen onder de containers is gebleken dat het vochtniveau van de bodem tussen de afdelingen slechts marginaal verschilt, waaruit geconcludeerd is dat dit geen invloed heeft op de vochthuishouding in de afdelingen.



Figuur 4. *Daggemiddelde kaslucht RV van de 4 afdelingen voor de periode 1 februari 2005 tot en met 30 april 2006, weergegeven als voortschrijdend gemiddelde over 7 dagen.*

Uit Figuur 4 blijkt dat er door de seizoenen grote variaties tussen de afdelingen voorkomen. Meest opvallend is dat de verschillen in RV in de periode december tot en met februari veel groter zijn dan in de rest van het jaar. Een

duidelijk voorbeeld is de koude periode van eind februari – begin maart 2005 en het winterseizoen 2006. In de glas-afdeling is de RV dan het laagst. De condensatie tegen het kasdek zal in deze periode erg groot zijn. Ook het effect van de eerste keer krijten in de PMMA-afdeling is duidelijk te zien (begin maart 2005). Waar in de andere afdelingen de gemiddelde RV daalt, blijft in de PMMA-afdeling door het minder hoeven ventileren de RV wat hoger. Dit is slechts een kortstondig effect omdat het stralingsniveau zodanig toeneemt dat het effectiviteit van het krijt weer enigszins afneemt en er in de andere afdelingen steeds meer geschermd gaat worden. In de PMMA-afdeling komt ondanks het krijten evenveel licht als in de schermende afdelingen. De PMMA-afdeling en de Lexan-ZigZag-afdeling zijn over het algemeen wel de vochtigste afdeling. De gemiddelde gerealiseerde RV's voor de gehele meetperiode zijn 70.7, 74.8, 76.3 en 73.8% voor respectievelijk de glas-, Lexan-ZigZag-, PMMA- en PC-afdeling. In de glasafdeling vindt snel condensatie aan het relatief koudere dek en daarmee ontvochtiging plaats. In de PC-afdeling zou verwacht kunnen worden dat er op grond van het 3 laagse dek de geringste ontvochtiging plaats vindt, echter deze afdeling laat het minste licht door waardoor het gewas minder zal verdampen. Hierdoor loopt de RV minder snel op dan in de Lexan-ZigZag- en PMMA-afdeling. Het gemiddelde vochtniveau van de glas-afdeling wordt nog enigszins gedrukt door het hogere setpointverwarmen, zie paragraaf temperatuur. In het midden van de zomer (juli – augustus) moet er in alle afdelingen zoveel geventileerd worden dat er vrijwel geen verschillen tussen de afdelingen meer is. Om de effecten door dit verschil in setpointtemperatuur zoveel mogelijk op te heffen, is in Figuur 5 het vochtdeficiet (ruimte aan vochtopname van de lucht voordat verzadiging is bereikt) gegeven.



Figuur 5. *Daggemiddelde vochtdeficiet van de 4 afdelingen voor de periode 1 februari 2005 tot en met 30 april 2006, weergegeven als voortschrijdend gemiddelde over 7 dagen.*

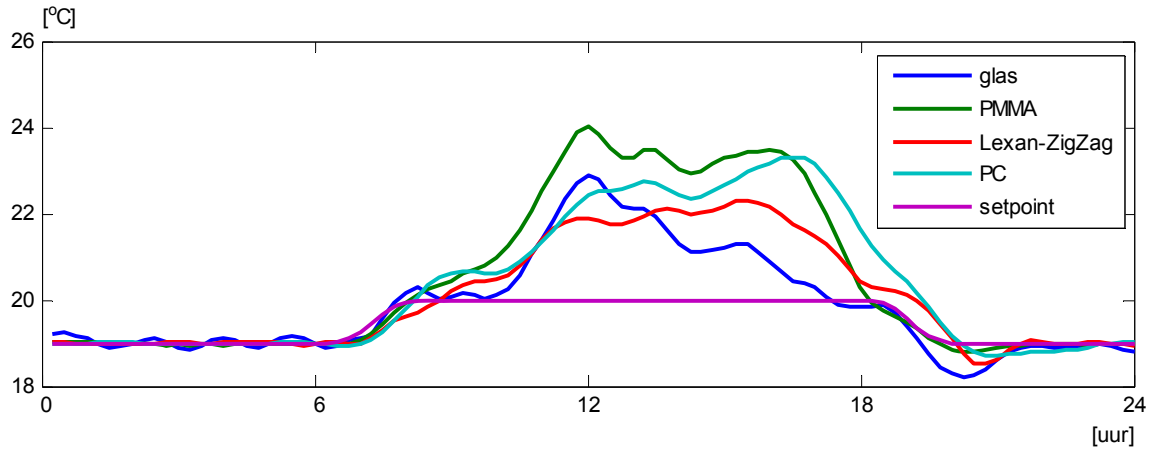
Een kapotte sensor in de glas-afdeling zorgt voor de daling in het vochtdeficiet tussen half maart en begin april 2006. De glas-afdeling blijft in de winterperiode duidelijk droger, waar de PMMA- en de Lexan-ZigZag-afdeling juist wat vochtiger zijn.

Samenvattend kan gesteld worden dat de glas-afdeling duidelijk droger is dan de afdelingen met kunststof kas-bedekkingsmaterialen. Voor Bromelia is een droger klimaat eerder een nadeel dan een voordeel. Door de winter heen is er weinig verschil tussen de PMMA- en Lexan-ZigZag-afdeling. Dat de PC-afdeling in deze periode wat droger is dan de PMMA- en Lexan-ZigZag-afdeling, kan goed het gevolg zijn van de minimumbuistemperatuur in de PC-afdeling. Vanaf half december (Figuur 14) is er in de Lexan-ZigZag-afdeling ook een minimumbuistemperatuur ingezet. Een effect is vrijwel niet zichtbaar.

3.1.2 Temperatuur

In Figuur 6 zijn de gerealiseerde kasluchttemperaturen van de 4 afdelingen en het setpoint verwarmen (alle 4 afdelingen hebben een gelijk setpoint) voor de periode 28 februari tot en met 4 maart 2005 als een cyclisch

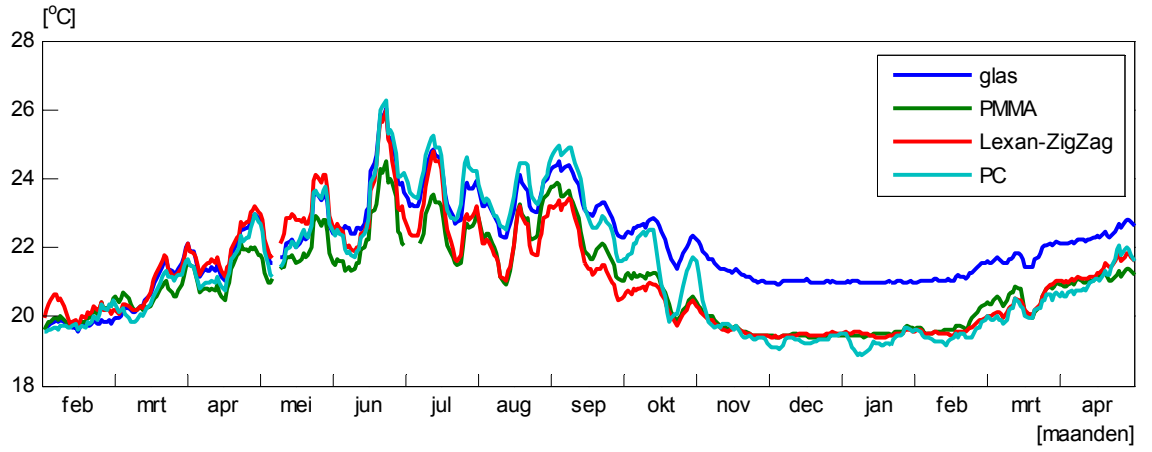
gemiddelde weergegeven. Uit Figuur 6 blijkt dat de afdelingen met de isolerende dekmaterialen overdag duidelijk warmer zijn dan de glas-afdeling. Het opstoken in de ochtend en het afkoelen in de avond verloopt in de PMMA-afdeling met minder pieken en dalen dan in de andere afdelingen omdat hier geen scherm aanwezig is. Hierdoor ontstaan geen pieken en dalen in de warmtevraag bij het openen en sluiten van het scherm zoals in de andere afdelingen. De afdelingen met een scherminstallatie hebben dus te maken met een temperatuurval als het scherm geopend wordt en een koudedipje in de avond rondom de sluitingstijd van het scherm. In de glas-afdeling is deze dip ook duidelijk groter dan in de afdelingen met de isolerende kasdekken.



Figuur 6. *Cyclisch gemiddelde van de gerealiseerde kasluchttemperaturen en het setpoint verwarmen van de 4 afdelingen voor de periode 28 februari tot en met 4 maart 2005.*

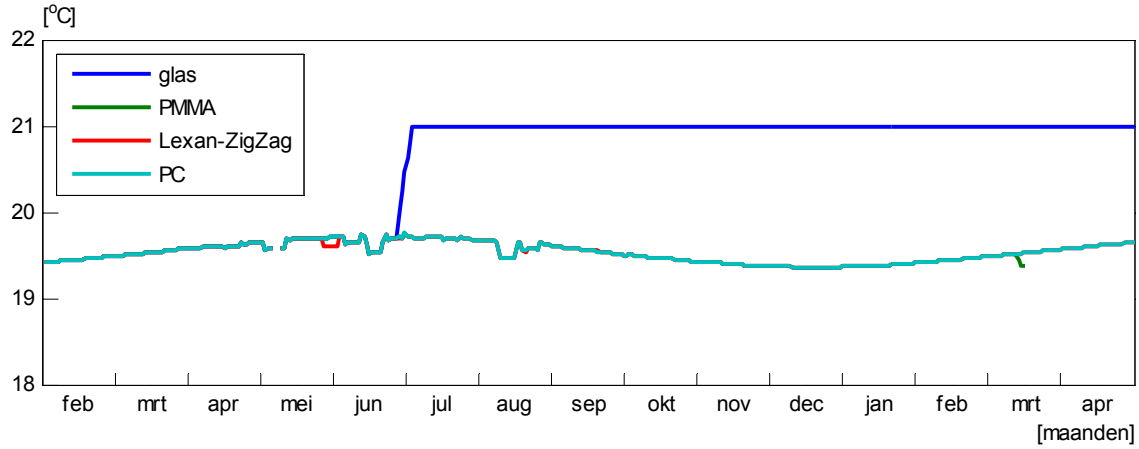
Figuur 6 maakt ook duidelijk dat de regeling in de glas-afdeling (in de nacht bij gelijke omstandigheden) enigszins onrustig is. Dit kan uiteindelijk tot een hoger verbruik leiden. De verschillen in temperatuur gedurende de dag worden veroorzaakt door de verschillende isolatiegraden van de materialen (glas het minste), de verschillende lichtdoorlatendheid van de kasdekken en de verschillen in (eventueel toegepaste) minimumbuistemperaturen.

In Figuur 7 is voor de gehele meetperiode de daggemiddelde kasluchttemperatuur weergegeven.



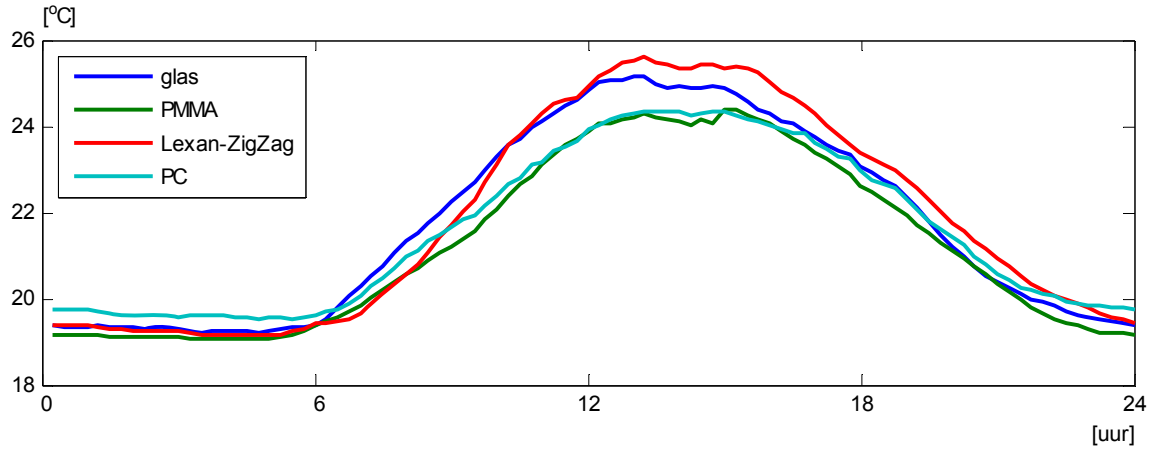
Figuur 7. *Daggemiddelde kasluchttemperatuur van de 4 afdelingen voor de periode 1 februari 2005 tot en met 30 april 2006, weergegeven als voortschrijdend gemiddelde over 7 dagen.*

Uit Figuur 7 blijkt dat er afwisselend tussen de verschillende afdelingen perioden zijn dat een afdeling kouder dan wel warmer is. Doordat de PMMA-afdeling na half maart 2005 (en ook in 2006) is gekrijt, heeft deze afdeling gemiddeld een lagere temperatuur na half maart. In 2006 is dit goed te zien omdat voor half maart de PMMA-afdeling juist warmer is dan de overige afdelingen en na half maart komen ze weer op hetzelfde niveau te liggen. De Lexan-ZigZag-afdeling is in de warme periode van eind mei zo stelselmatig te warm geweest dat er toen besloten is om een deel van deze afdeling ook te gaan krijten. In de Lexan-ZigZag-afdeling is toen ReduHeat aangebracht. Vervolgens lopen de afdelingen redelijk gelijk op. In het najaar is duidelijk te zien dat de glas-afdeling zo'n 1.5 °C warmer blijft dan de andere afdelingen. Zoals uit Figuur 8 blijkt, is dit het gevolg van een hoger setpoint in de glas-afdeling die eind juni 2005 is ingezet. Het setpoint is verhoogd omdat naast bromelia in deze afdeling ook andere plantsoorten zijn geplaatst die een hogere temperatuur verlangen. Daarnaast wordt er ook dag en nacht hetzelfde setpoint van 21 °C gehandhaafd. In de andere afdelingen wordt een dag nacht ritme van 19 – 20 °C aangehouden. Omdat de daglengte door het jaar varieert, wordt in de zomermaanden een hoger setpoint bereikt dan in de wintermaanden.



Figuur 8. *Daggemiddelde setpointtemperatuur verwarmen van de 4 afdelingen voor de periode 1 februari 2005 tot en met 30 april 2006, weergegeven als voortschrijdend gemiddelde over 7 dagen.*

In Figuur 9 is een cyclisch gemiddelde van de kasluchttemperatuur van de 4 afdelingen voor de periode 1 februari 2005 tot en met 30 juni 2005, weergegeven. Dit is de periode dat er geen verschillen in setpoint verwarmen gehanteerd zijn.



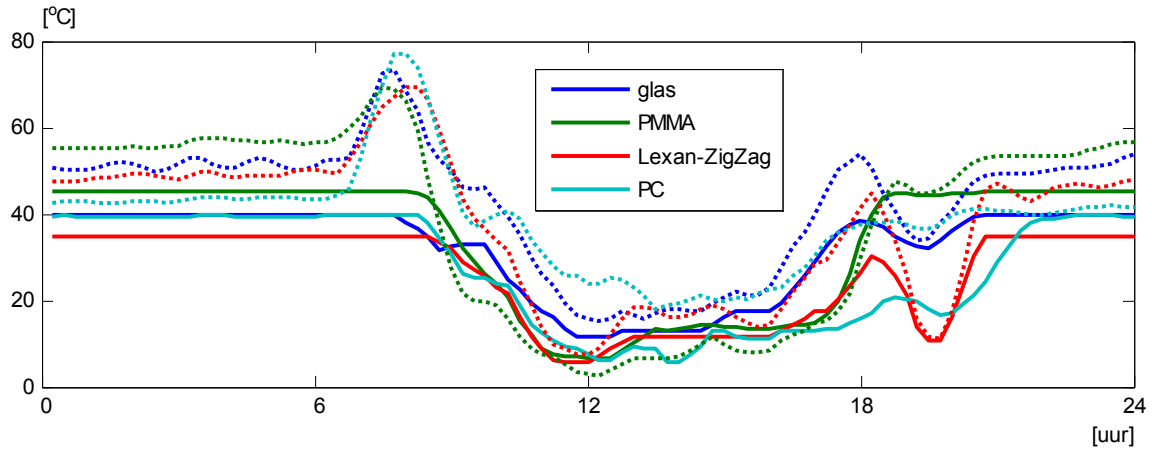
Figuur 9. *Cyclisch gemiddelde van de kasluchttemperatuur en het setpoint verwarmen van de 4 afdelingen voor de periode 1 februari 2005 tot en met 30 juni 2005.*

Uit Figuur 9 blijkt dat de afdeling met het Lexan-ZigZag-materiaal, in deze periode van 1 februari tot eind juni 2005 overdag gemiddeld gesproken (0.4 °C) warmer is dan de glas-afdeling en de PMMA- en PC-afdeling in het bijzonder die in de middag ca. 1.2 °C kouder zijn dan de Lexan-ZigZag-afdeling. De oorzaak hiervan moet gezocht worden in de beperkte ventilatiecapaciteit van de Lexan-ZigZag-afdeling, een iets andere ventilatielijn en het latere krijten in deze afdeling (meer licht). Hierop zal in paragraaf 3.2.3 nader worden ingegaan. Dat de PMMA-afdeling in dit figuur wat achterblijft, is het gevolg van het (vroege) krijten. Ook op donkere dagen doet het krijt z'n werk, zodat de temperatuur dan minder zal stijgen dan in een afdeling waar het zonnescherm geopend blijft op die dag (zie ook paragraaf 3.2). Daarnaast wordt er in de PMMA-afdeling wat sneller gelucht. De hogere temperatuur in de PC-afdeling is het gevolg van de inzet van een minimumbuistemperatuur in de nacht. In de glas-afdeling wordt deze ook ingezet, echter door het grotere warmteverlies van glas ten opzichte van een kunststof kasdekmateriaal, leidt dat in deze glas-afdeling niet tot een hogere kasluchttemperatuur. Hierop zal in de volgende paragraaf verder worden ingegaan.

3.1.3 Energieverbruik

Het gerealiseerde energieverbruik is bepaald met behulp van het berekende afgegeven vermogen van de twee verwarmingsnetten volgens de klimaatcomputer. Daarnaast wordt de berekende buistemperatuur als check gebruikt. Aan de hand van een controle meting is bepaald of de door de klimaatcomputer berekende warmteafgifte realistisch is. Hiertoe zijn de buistemperaturen enkele uren op een vaste waarde (50 °C en 40 °C voor respectievelijk het boven- en ondernet) gezet, waarna met behulp van een infraroodthermometer de gemiddelde buistemperatuur is bepaald. Met behulp van informatie uit het handboek glastuinbouw (Verveer, 1993), het aantal buizen en de gerealiseerde kasluchttemperatuur, is de warmteafgifte berekend en vergeleken met de door de klimaatcomputer berekende warmteafgifte. De verschillen zijn gebruikt als correctie getallen voor de energieberekeningen.

De in paragraaf 3.1.2 (Figuur 6) besproken koude periode van 28 februari tot en met 4 maart 2005, is een periode die een goede indicatie geeft over het energieverlies van de verschillende afdelingen. In Figuur 10 is van deze afdelingen de (berekende) buistemperatuur van beide netten in iedere afdeling gepresenteerd als een cyclisch gemiddelde. Indien er geen warmtevraag is, wordt de berekende buistemperatuur door de klimaatcomputer op 0 °C gezet, waardoor overdag de gemiddelde buistemperatuur onder de kasluchttemperatuur kan dalen (zie Figuur 6). De berekende buistemperaturen van het ondernet zijn weergegeven als de getrokken lijnen, die van het bovennet als gestippelde lijnen. Duidelijk is dat er op het ondernet een buistemperatuurbegrenzing van circa 40 °C is aangebracht, dit om de containers (wortels) niet te veel in temperatuur te laten stijgen. Dat de gemiddelde buistemperaturen overdag soms onder het setpoint verwarmen dalen betekent dan ook dat de warmtevraag op enkele dagen op die momenten is weggevallen.



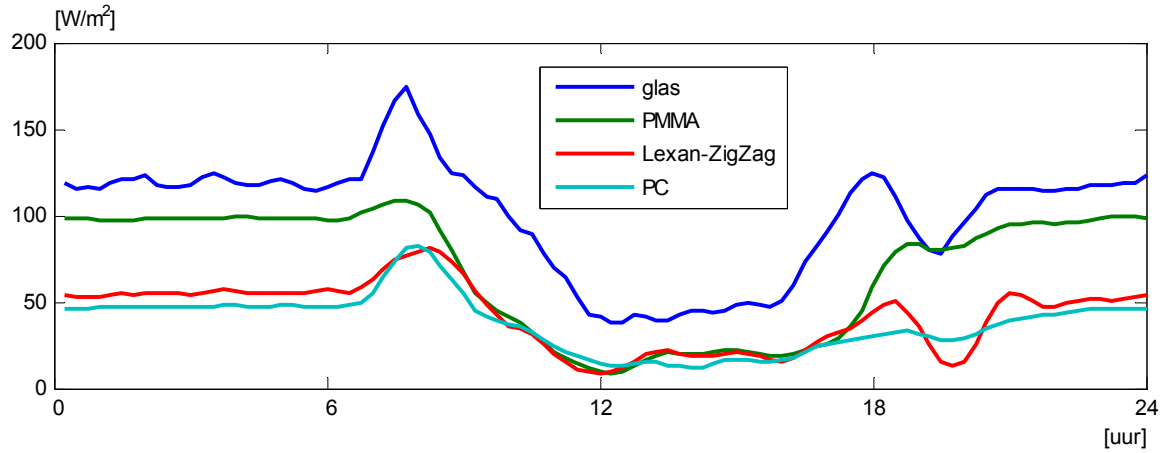
Figuur 10. Cyclisch gemiddelde van de gerealiseerde buistemperaturen van de 4 afdelingen voor de periode 28 februari tot en met 4 maart 2005. (getrokken lijn is het ondernet; stippellijn is het bovennet).

De gerealiseerde buistemperatuur zegt echter nog niets over het afgegeven vermogen. Dat is afhankelijk van het aantal en soort (maat) verwarmingsbuizen en de kasluchttemperatuur. In Tabel 1 is de configuratie van de verschillende verwarmingsnetten in de afdelingen opgenomen.

Tabel 1. Configuratie van de verwarmingsnetten, aantal en maatvoering van alle buizen in de kap.

verwarmingsnet	glas	Lexan-ZigZag	PMMA	PC
ondernet	14.7 x 60 x 20 /12.8 m	11.3 x 51 mm /12.8 m	9 x 51 mm /12.8 m 3.7 x 61 mm /12.8 m	12 x 60 x 20 /12.8 m
bovennet	12 x 80 x 40 /12.8 m	6 x 80 x 40 /12.8 m	9 x 51 mm /12.8 m	6 x 80 x 40 /12.8 m

Zoals uit Tabel 1 blijkt, is er een grote verscheidenheid aan buismaten en configuraties. Het aantal buizen is direct afhankelijk van de configuratie van de afdeling (wel / geen scherm, glas dan wel kunststof kasbedekkingsmateriaal). Het door de verwarmingsnetten afgegeven vermogen van deze periode is ten slotte weergegeven in Figuur 11 als cyclisch gemiddelde. De berekening van de warmteafgifte wordt hier niet door beïnvloed omdat daarvoor niet gemiddelden maar momentane waarden worden gebruikt.

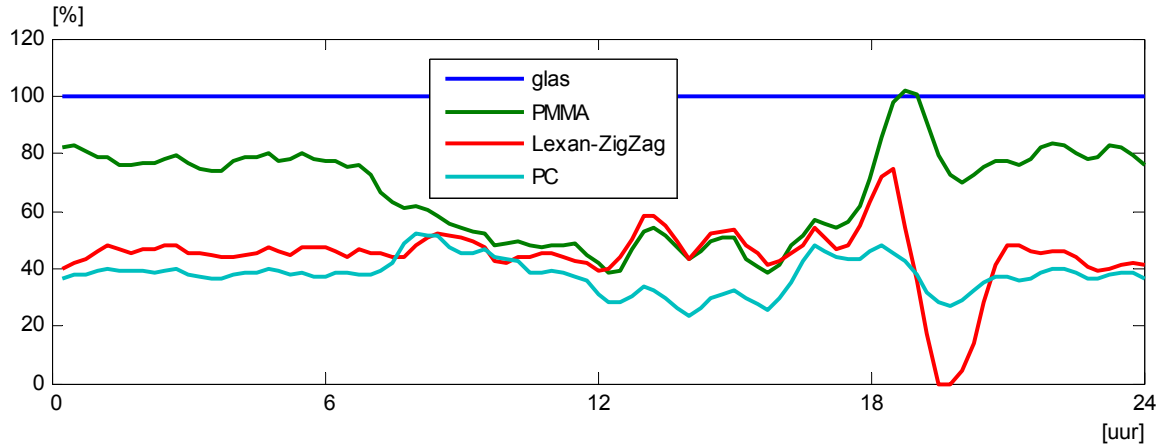


Figuur 11. Cyclisch gemiddelde van het afgegeven vermogen van de verwarmingsbuizen van de 4 afdelingen voor de periode 28 februari tot en met 4 maart 2005.

In deze periode is er een erg groot verschil in het warmteverlies van de afdelingen. Als het verbruik van de glas-afdeling op 100% wordt gesteld, dan is gedurende de nacht, van 0:00 tot en met 6:00 uur, (met een “steady state” situatie) het verbruik 46, 83 en 40% voor respectievelijk de Lexan-ZigZag-, PMMA- en PC-afdeling. Dit ligt ook in de lijn der verwachtingen. De PMMA-afdeling heeft geen scherm zoals de glas-afdeling dus deze afdelingen zullen in gebruik bij elkaar in de buurt moeten komen. Dat de glas-afdeling toch nog wat meer gebruikt dan de PMMA-afdeling, heeft o.a. te maken met het type schermdoek. In de vakken waar de doorlopende nokluchting inzit, is een schermtype met een open type doek geplaatst, waardoor de energiebesparing afneemt. De Lexan-ZigZag-afdeling en de PC-afdeling hebben wel een scherm, echter de PC-afdeling heeft een dubbele spouw, waar de PMMA- en Lexan-ZigZag-afdeling slechts een enkele spouw hebben. Hierdoor kan de besparing iets hoger uit vallen bij de PC-afdeling die een dubbele spouw heeft.

Van deze 4 dagen is er slechts 1 dag waar in alle afdelingen de hele dag doorgestookt moet worden. Op de andere dagen was er al zoveel straling (tot 500 W/m^2) dat de verwarming uitgeschakeld kon worden. Van deze dag (3

maart 2005) is de verhouding van de warmteafgifte van de verwarmingsbuizen uitgerekend met de glas-afdeling als referentie (100%), wat in Figuur 12 is weergegeven. De buitentemperatuur varieert deze dag slechts weinig (maximumtemperatuur +0.2 °C en minimumtemperatuur –1.6 °C) en er is relatief weinig straling, zodat het warmtevraagpatroon deze dag redelijk constant is. In de nacht is er geen variatie in de verhouding van warmteafgifte tussen de verschillende afdelingen. Gedurende de dag is dit enigszins het geval, maar daar kan de oriëntatie van de kasafdelingen een rol spelen. De PC-afdeling is in de middag (12:00 – 16:00) wat gunstiger georiënteerd door de zuid-oost – noordwest nokrichting dan de overige afdelingen met een zuivere noord – zuid nokrichting. Hierdoor neemt de warmtebehoefte van de PC-afdeling in de middag geleidelijk af en blijft die van de PMMA- en van de Lexan-ZigZag-afdeling vrijwel gelijk. Doordat de PMMA-afdeling geen scherminstallatie heeft, gaat deze afdeling in de vooravond naar verhouding weer meer energie verbruiken dan de glas-afdeling, waar het scherm sluit. Voor het tijdelijk wegvallen van de warmtevraag in de Lexan-ZigZag-afdeling is geen goede verklaring te geven, maar dat zou een regeltechnische oorzaak kunnen hebben. Immers, daarvóór is er een relatieve piek in de warmteafname.

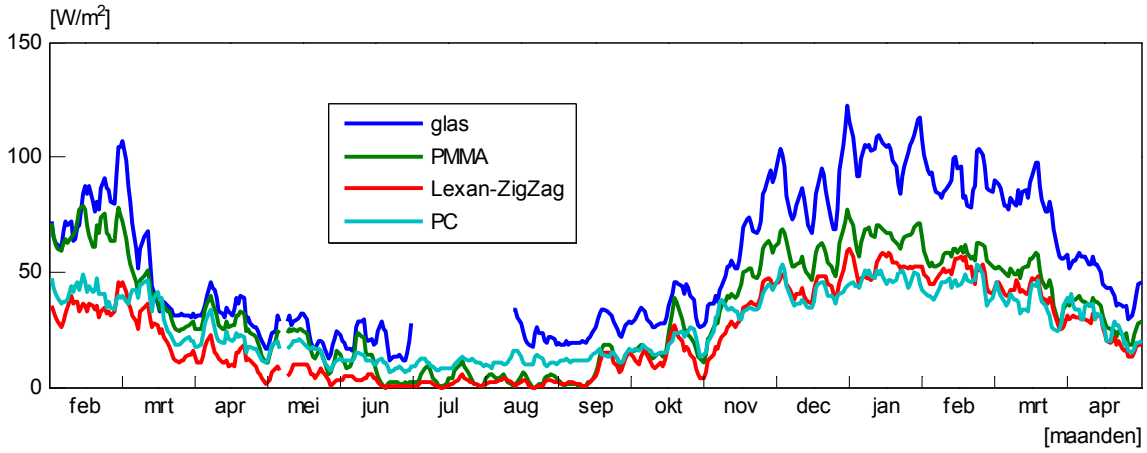


Figuur 12. Verhouding van het afgegeven vermogen van de verwarmingsbuizen op 3 maart 2005, weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde over 1 uur.

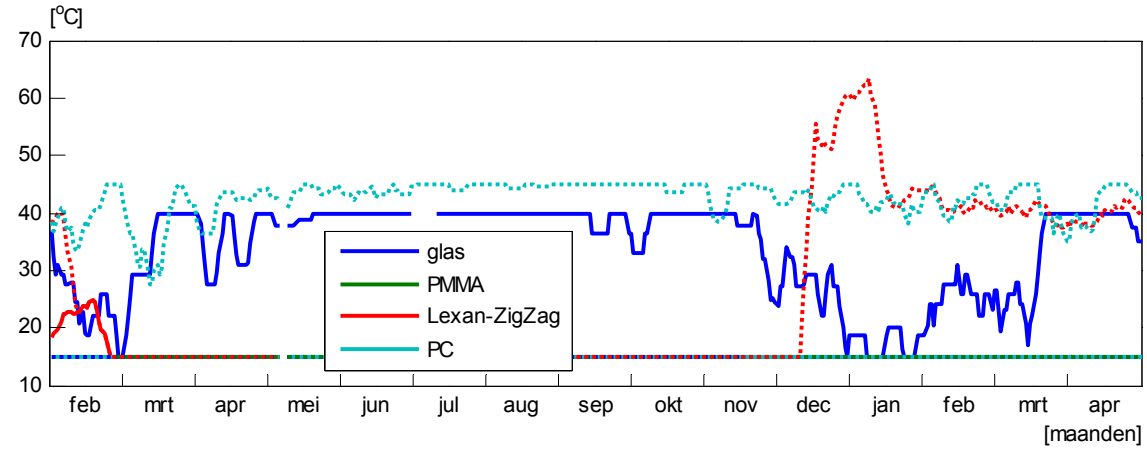
De in Figuur 12 weergegeven “steady state” situatie geeft een momentopname van de warmtevraag in de verschillende afdelingen, als de warmtevraag overheersend is. Hierbij kan worden gesteld dat een kunststofdek zonder scherm ca. 80% van de energiebehoefte van een glazenkas met scherm heeft. Door het jaar heen is er een grote variatie aan omstandigheden. Zo is in 3 afdelingen veelvuldig doch verschillend gebruik gemaakt van minimumbuistemperatuurinstellingen. De inzet van een minimumbuistemperatuur heeft grote invloed op de warmte-inbreng van de kas. Een tweede punt dat bij een direct vergelijk van de warmte-inbreng in de kasafdelingen grote invloed heeft, is het setpoint verwarmen. Zoals uit Figuur 8 bleek heeft de glas-afdeling het grootste deel van de meetperiode een hoger setpoint verwarmen gehad, wat het energiegebruik zal verhogen.

In Figuur 13 is de warmteafgifte als het gemiddeld afgegeven vermogen van beide verwarmingsnetten jaarrond weergegeven.

De warmteafgifte van beide verwarmingsnetten, zoals in Figuur 13 weergegeven, zal worden beïnvloed door het minimumbuisgebruik. In de PMMA-afdeling is als enige afdeling tijdens de meetperiode nooit gebruik gemaakt van een minimumbuistemperatuurinstelling. Echter, in de PC-afdeling is jaarrond gebruik gemaakt van een minimumbuistemperatuur. Dit is in Figuur 14 aangegeven. In deze figuur is van iedere dag de hoogst waargenomen minimumbuistemperatuurinstelling afgebeeld. Het zegt dus niets over de tijdsduur van deze instelling. De PC-afdeling kent dus jaarrond een minimumbuistemperatuur op het bovennet. De glas-afdeling kent juist een minimumbuistemperatuur op het ondernet die in de winterperiode lager uitvalt of zelfs helemaal wegvalt. In de Lexan-ZigZag-afdeling, is er pas in vanaf december 2005 een minimumbuistemperatuur op het bovennet ingesteld.



Figuur 13. *Het gemiddeld afgegeven vermogen van de verwarmingsbuizen, weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde over 7 dagen.*



Figuur 14. *Dagelijkse maximum van de ingestelde minimumbuistemperatuur van beide verwarmingsnetten, weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde over 7 dagen. getrokken lijn ondernet, stippellijn bovennet.*

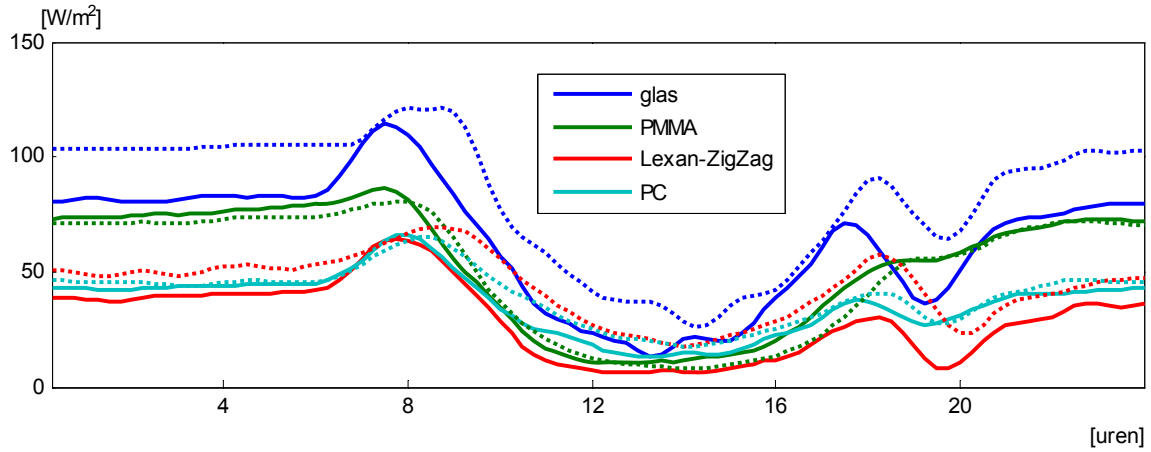
Uit Figuur 14 zou opgemaakt kunnen worden dat in de periode medio december tot medio januari deze minimumbuistemperatuurinstelling in de Lexan-ZigZag-afdeling een heel hoge temperatuur kent. Dit is echter slechts een kortstondige periode aan het begin van de ochtend, waarna de buistemperatuur terug wordt geregeld naar circa 40 °C. Wel is er een groot verschil in de periode op de dag dat de minimumbuis is ingesteld. In de Lexan-ZigZag-afdeling is dit veelal overdag, waar de minimumbuistemperatuur in de glas-afdeling en de PC-afdeling vooral in de nacht worden toegepast. Deze verschillende perioden (zowel op het moment van de dag als door het jaar), de ingestelde temperaturen en de verschillende buisconfiguraties (Tabel 1), zorgen ervoor dat er vrijwel continue “grote” verschillen in energieverbruik tussen de afdelingen zijn. Dit speelt vooral op momenten dat er geen of vrijwel geen warmtevraag is, immers dan is de minimumbuistemperatuur overheersend. Dit is in de zomer goed te zien. De glas- en PC-afdelingen hebben nog een duidelijk warmtegebruik, de Lexan-ZigZag- en PMMA-afdeling daar en tegen hebben een verbruik van bijna 0 in de periode medio juni – medio september

Over het nut en noodzaak van de inzet van een minimumbuistemperatuur in deze afdelingen, is overleg gevoerd met de bedrijfsleiding. Er zijn een drietal redenen naar voren gekomen:

- Er is in het verleden veel gebruik gemaakt van minimumbuis-instellingen en in een aantal afdelingen zijn deze (per ongeluk) gehandhaafd.

- De PC-afdeling heeft veel last van druip (condensdruppels die van de plaat vallen) en om het gewas toch “droog” te houden / krijgen wordt met de minimumbuistemperatuur een droger klimaat nagestreefd. Uit Figuur 5 blijkt echter dat dit maar ten dele lukt. In de winter neigt deze afdeling naar drogere lucht maar in de zomer is deze afdeling aan de vochtige kant, vergeleken met de overige afdelingen. Voor de zelfde reden is medio december 2005 ook in de Lexan-ZigZag-afdeling een minimumbuistemperatuur ingesteld.
- Door de bedrijfsopzet hebben afdelingsbeheerders een bepaalde autonomie ten aanzien van het gewenste klimaat. Er wordt dan ook op verschillende wijzen teruggegrepen op een minimumbuis-instelling om een bepaald gewenst klimaat te realiseren.

Samenvattend kan ten aanzien van het energiegebruik het volgende geconcludeerd worden:
De afdeling met het Lexan-ZigZag-kasdek gebruikt ten opzichte van een qua kasuitrusting gelijke afdeling met glas slechts 46% indien de overige setpoints gelijk zijn ingesteld. Dit is wat hoger dan voorspeld, maar wordt mogelijk veroorzaakt door minder ventilatielek in de nieuwe Lexan-ZigZag-afdeling dan in de glas-afdeling. Juist in een periode met gesloten ramen kan dit een behoorlijke invloed hebben. De inzet van een minimumbuistemperatuur beïnvloedt het energiegebruik sterk. De noodzaak om een minimumbuistemperatuur te gebruiken om het gewenste klimaat te realiseren, is twijfelachtig, maar heeft wel veel invloed op het energiegebruik. Daarnaast is de glas-afdeling door het hogere verwarmingssetpoint meer gaan verbruiken dan de overige afdelingen. Dit hogere setpoint is onafhankelijk van het kasdekmateriaal maar wordt bepaald door de gewassen in deze afdeling. De gevolgen hiervan zijn in Figuur 15 verduidelijkt. Hier is het door de verwarmingsbuizen afgegeven vermogen van de periode februari - maart 2005 vergeleken met dat van februari - maart 2006. In 2006 is de afdeling met glas circa 1.5 °C warmer gestookt en is er in de Lexan-ZigZag-afdeling regelmatig een minimumbuistemperatuur ingesteld. Voor de klimaatregeling is de inzet van een minimumbuistemperatuur niet noodzakelijk, een vochtregeling kan het zelfde effect geven waarbij ‘meestal’ minder energie gebruikt wordt. De piek in warmteafgifte van de glas-, Lexan-ZigZag- en PC-afdeling tussen 06:00 en 10:00 en tussen 18:00 en 21:00 worden veroorzaakt door het open en sluiten van het scherm. Het scherm zou geleidelijker geopend en de voorloopregeling op de buistemperatuur bij het sluiten van het scherm vergroot kunnen worden. In de PMMA-afdeling loopt dit veel gelijkmatiger omdat het scherm geen verstorende factor is. In de afdelingen waar in feite weinig tot niets aan de setpoints is veranderd (PMMA- en PC-afdeling), zijn de verbruiken goed vergelijkbaar. In de glas-afdeling is het niveau hoger komen te liggen door het hogere setpointverwarmen. In de Lexan-ZigZag-afdeling is de minimumbuis erbij gekomen. Algemeen gesproken is het ‘standaard’ inzetten van een minimumbuistemperatuur geen effectieve methode om vocht af te voeren. Vaak wordt er teveel gedaan wat onnodig energiegebruik met zich meebrengt. Uiteindelijk zal het vocht via condensatie of ventilatie afgevoerd moeten worden. Een vochtregeling is daar toe in staat.



Figuur 15. *Het afgegeven vermogen van beide verwarmingsnetten, weergegeven als een cyclisch gemiddelde van de periode februari - maart 2005 (getrokken lijn) vergeleken met dat van februari - maart 2006. (stippellijn).*

Figuur 15 maakt duidelijk dat er door alle veranderingen in setpoints, het niet mogelijk is een “over all” energiegebruiksplaatje te presenteren voor de gehele meetperiode. Wel kan worden aangegeven dat in een “steady state” situatie bij vergelijkbare setpoints het energiegebruik van de Lexan-ZigZag-afdeling 46% van de glas-afdeling bedraagt. Voor de PC-afdeling is dit 40%. Hierbij is de “steady state” de periode tussen 0:00 en 06:00 van de 28 februari 2005 tot 4 maart 2005. De PMMA afdeling bespaart minder omdat deze geen scherm heeft (verbruik is 83%) maar nog altijd beter dan de glas-afdeling met scherm.

Kwantificering van de noodzaak en het bijbehorende energiegebruik van de toegepaste minimumbuistemperaturen is niet mogelijk. In de 3-laags polycarbonaat- en de Lexan-ZigZag-afdeling komt meer druip voor dan in de glas- en PMMA-afdeling. Dit treedt vooral op bij het openen van het scherm. Om het gewas als gevolg hiervan droog te krijgen is gekozen voor de toepassing van een minimumbuistemperatuur. Hierbij zou kritisch gekeken moeten worden naar het moment en tijdsduur van de inzet van deze minimumbuistemperatuur. De meeste druip komt immers rondom het moment van openen voor. Inzet van een minimumbuis op dat moment zou dan een logisch gevolg zijn. Jaarrond inzet van een (kleine, ca. 40 °C) minimumbuis kost ca. 15% extra energie in een kas met Lexan-ZigZag ten opzichte van het niet toepassen van een minimumbuistemperatuur in een kas met dit kasdek. Een deel van het besparingspotentieel van het Lexan-ZigZag-plaatmateriaal gaat dan ook daarin verloren. Door de variatie in instellingen en omdat het gebruik van modelberekeningen buiten de scoop van dit project vallen, is het niet mogelijk hier exacte getallen aan te koppelen.

3.2 Licht

De transmissie van plaatmateriaal, kan het beste onder laboratorium omstandigheden bepaald worden. In een praktijkkas is deze laboratorium-schaal en -nauwkeurigheid niet na te bootsen. Het kasdekmateriaal is slechts een onderdeel van de totale transmissie die namelijk ook nog door de kasconstructie en de kasinrichting beïnvloed wordt.

De metingen met betrekking tot het licht zijn in dit project uitgesplitst naar twee onderdelen: de transmissie van de kas, die met éénmalige metingen is bepaald en wordt gebruikt als controle middel van de “on-line” lichtmeting in de kas die met behulp van één meetpunt per afdeling bepaald zijn. Zoals in paragraaf 2.2 beschreven, is het belang van de on-line meting dat deze rekening houdt met de variatie in de kasdektransmissie als gevolg van het krijten en schermen. Hierdoor is bekend hoeveel licht het gewas nu daadwerkelijk heeft ontvangen. Een transmissie meting, beschreven in paragraaf 3.2.2, kan alleen onder mooie diffuse lichtomstandigheden uitgevoerd worden (zwaar bewolkt weer). Na iedere krijtactie zou deze meting dan herhaald moeten worden, waarbij de slijtage van het krijt als gevolg van regen en andere invloedsfactoren niet meegenomen wordt. Om deze problemen te voorkomen, dient de on-line lichtmeting als basis voor de lichtmetingen in de kas.

3.2.1 Eigenschappen toegepaste materialen

De materialen die in deze 4 afdelingen zijn toegepast, hebben verschillende eigenschappen met betrekking tot de transmissie, zowel loodrecht als diffuus. In Tabel 2 zijn de transmissies weergegeven zoals die voor deze materiaaltypen gemeten zijn. De in deze tabel weergegeven getallen zijn niet de resultaten van monsters van de kasdekmaterialen zoals ze bij Corn. Bak bv geïnstalleerd zijn, maar wel van gelijke fabrikant en type. Daarom zijn de transmissies in deze tabel ook als een range weergegeven.

Tabel 2. Transmissies van 4 materialen, gemeten onder laboratorium omstandigheden.(Hemming, 2004).

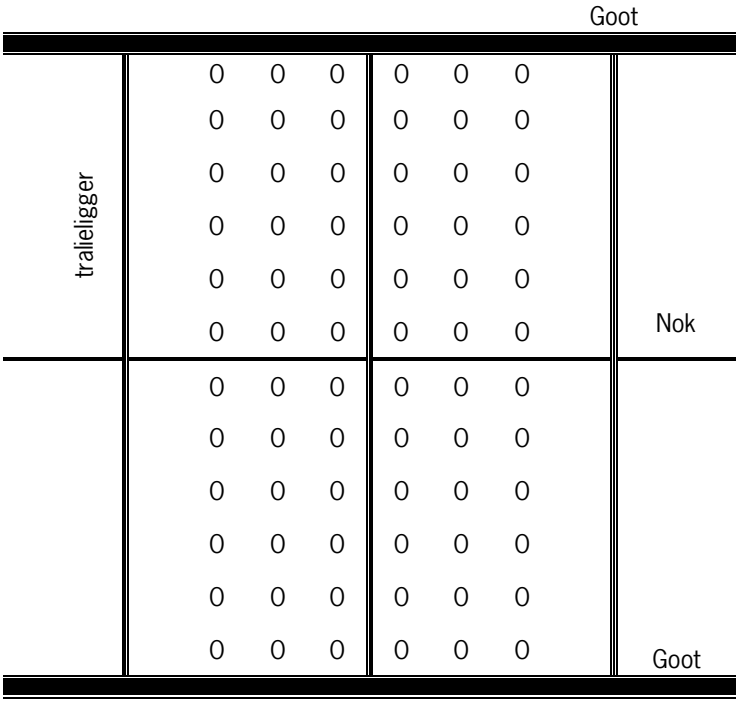
materiaal		loodrecht	diffuus
enkelglas	glas	89–90	82–83
3 laags polycarbonaat (Lexan LTC16, GE)	PC	76–80	60–65
2 laags Lexan-ZigZag-polycarbonaat (Lexan-ZigZag, GE)	Lexan-ZigZag [1)]	89–90	79–80
2 laags acrylaat (Plexiglas Alltop, Röhm)	PMMA	88–89	76–77

[1)] *Metingen bij ITG (Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft,Universität Hannover) laten gelijke waarden zien, terwijl metingen en berekeningen van TNO op een lager niveau liggen voor diffuus licht.*

Uit de tabel blijkt dat er grote onderlinge verschillen zijn in de transmissies, vooral bij diffuus licht. Op laboratorium schaal presteert het Lexan-ZigZag met betrekking tot loodrechte transmissie gelijkwaardig aan glas en met betrekking tot diffuus licht iets minder goed dan glas.

3.2.2 Transmissie van de kas

Op 6 april 2005 zijn in alle afdelingen voor het eerst (diffuse) lichtmetingen uitgevoerd. In Figuur 16 is een overzicht gegeven van de 36 meetpunten (0) waar een (spot)meting is uitgevoerd. Het gemiddelde van de ratio tussen de straling zoals deze binnen is gemeten en de straling zoals die buiten is gemeten, is de transmissie van de kas. Dat is de totale transmissie van zowel het kasdekmateriaal als de constructie.



Figuur 16. Overzicht van meetpunten grid in de afdeling om de transmissie te bepalen.

Op 10 maart 2006 is deze transmissie meting herhaald. Omdat bleek dat de transmissie van de glas-afdeling opvallend afweek van de meting op 6 april 2005 is op 11 april 2006, voor zover mogelijk, nogmaals een transmissie meting uitgevoerd. Omdat op dat moment de PMMA- en glas-afdeling geheel dan wel gedeeltelijk gekrijt waren, is alleen de PC- en de Lexan-ZigZag-afdeling opnieuw gemeten. In Tabel 3 is de transmissie van de verschillende afdelingen opgenomen.

Tabel 3. Transmissies van 4 kasbedekkingsmaterialen voor 3 meetdagen.

	meetdatum		
materiaal	6 april 2005	10 maart 2006	11 april 2006
enkelglas	59.4	69.6	**
3 laags polycarbonaat	44.1	46.5	42.3
Lexan-ZigZag	57.8	59.0	55.0
PMMA	31 (gekrijt)	62.2	**

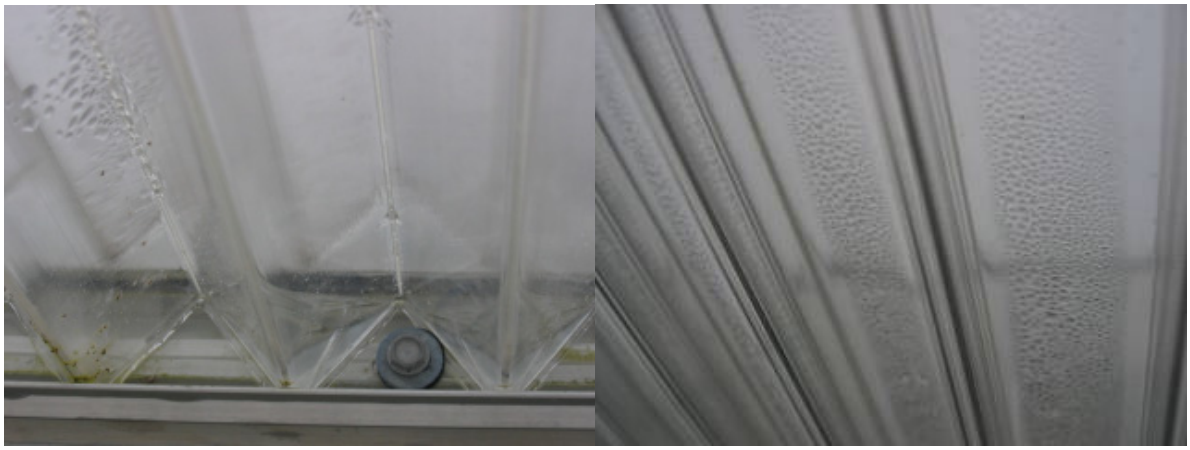
*** Als gevolg van geheel of gedeeltelijk krijten, zijn deze afdelingen niet opnieuw gemeten.*

De oorzaak van het verschil in de glas-afdeling tussen de eerste en 2e momentane meting is onduidelijk. De oorzaken kunnen zeer divers zijn. Een reden kan zijn dat de weersomstandigheden tijdens de meting van 10 maart niet ideaal waren. Voor een goede meting moet het dek droog en de hemel bedekt zijn zodat er geen direct licht aanwezig is. Op 10 maart was het licht wisselvallig weer en had het een uur voor de meting nog geregend. Een andere mogelijkheid is het niet goed schoon zijn van het kasdek. De Lexan-ZigZag-afdeling was in tegenstelling tot de overige afdelingen aan de binnenkant tijdens de meetperiode niet schoongemaakt. Na de oplevering van deze afdeling was hier nog geen aandacht aan besteed Door de structuur van het Lexan-ZigZag-materiaal is het bewerkelijker het dek van krijt te ontdoen dan bij de structuurloze kasbedekkingsmaterialen. Dit is niet verder onderzocht.

Het verschil in transmissie wordt wel ondersteund door de on-line lichtmetingen die in paragraaf 3.2.3 (Figuur 19) worden besproken. Indien de meetpunten van Tabel 3 in Figuur 19 worden geprojecteerd, dan komt de trend van de tabel overeen met die van het figuur. Deze punten zijn niet in het figuur te projecteren omdat de lijnen in de figuur een voortschrijdend gemiddelde weergeven.

Bij vergelijk van de resultaten op 6 april 2005 en 11 april 2006 lijkt er een lichte achteruitgang te hebben plaatsgevonden. Bij visuele bestudering van het kasdek blijkt dit te worden ondersteund, zoals uit Figuur 17 blijkt. In de Lexan-ZigZag-afdeling (Figuur 17A) blijkt enige ontwikkeling van algen tegen het plaatmateriaal te zijn ontstaan. Dit is overigens eenvoudig te verwijderen.

Een regelmatige schoonmaakbeurt van elk kasdekmateriaal, ook aan de binnenkant van de kas, hoe lastig dan ook, is geen overbodige luxe. In Figuur 17B is een detailopname weergegeven van de PC-afdeling, waar zich in de holle ruimte condensatie aftekent. Dit heeft ook een negatief effect op de totale transmissie. Dit is volgens Corn. Bak bv vooral in lichtrijke perioden het geval. Voor de toepassing op dit bedrijf, waar tijdens lichtrijke perioden al snel geschermd wordt, zijn de gevolgen van een verlaagde transmissie op dat moment minder erg.

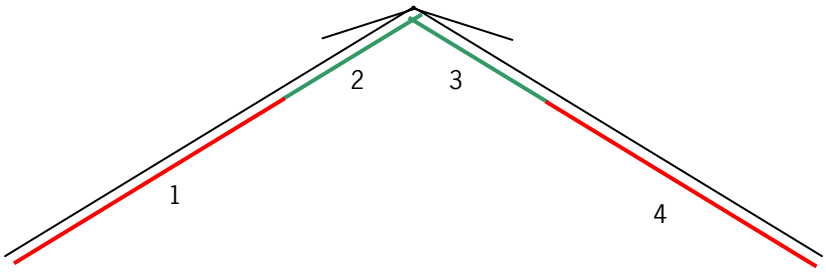


A B

Figuur 17. Vervuiling Lexan-ZigZag-plaat en water in ruimte tussen de platen (A) en condensatie tussen de platen van de PC-afdeling met dubbele spouw (B).

3.2.3 On-line lichtmeting

In de 4 afdelingen zijn lichtsensoren op een hoogte van ca. 60 cm boven het gewas en 75 cm van de goot geplaatst, waarmee het lichtniveau in de afdeling gemeten wordt. Alle kasafdelingen, behalve de PMMA-afdeling, hebben in de kap vier dekrolschermen (Figuur 18). Deze doeken kunnen onafhankelijk van elkaar gestuurd worden. De doeken die in de nok van de kap zitten hebben verschillende structuren. De doeken 1 en 4 hebben een dichte structuur en de doeken 2 en 3 een open structuur omdat deze voor de ventilatieramen zitten. In Figuur 18 zijn de schermingsfactoren weergegeven. De schermingsfactor is het percentage aan licht dat volgens de leverancier aan licht wordt weggenomen bij volledig gesloten scherm.



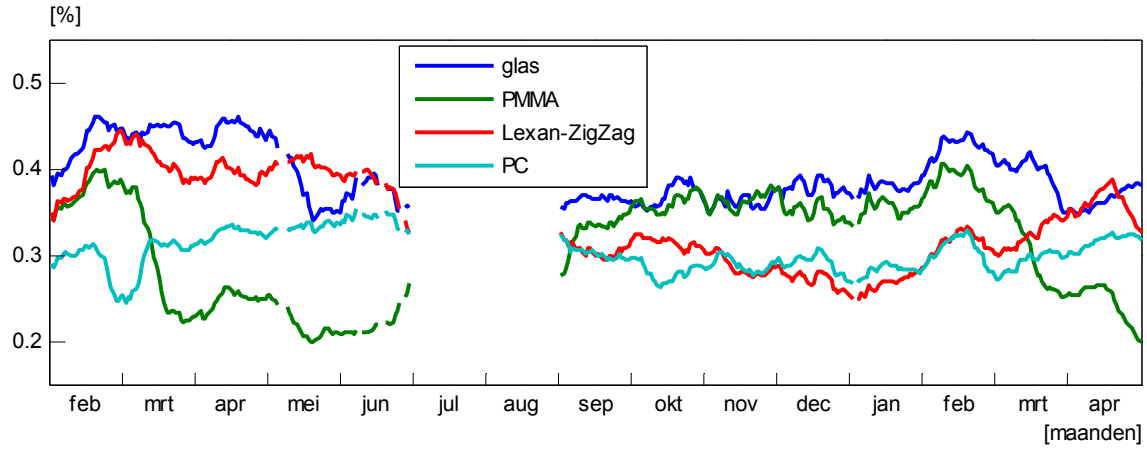
Figuur 18. Schematische weergave doekopstelling in kap.

Tabel 4. Schermingsfactor scherm in gesloten toestand.

doek	glas	Lexan-ZigZag	PMMA	PC
1	0.75	0.75	–	0.75
2	0.75	0.75	–	0.75
3	0.75	0.75	–	0.65
4	0.75	0.75	–	0.65

Doek 3 en 4 van de PC- afdeling hebben een kleinere schermingsfactor omdat deze kaphelft naar het noordoosten gericht is, en zodoende minder direct licht krijgt.

Indien de zonweringschermen niet gesloten zijn, kan met behulp van de binnen- en buitenmeting van de straling, een momentane transmissie van de afdeling bepaald worden. Omdat dit een puntmeting is, die overigens wel in alle afdelingen op de zelfde plaats wordt uitgevoerd, geeft dit, in absoluut niveau gezien, een andere waarde dan een transmissie meting van de kas zoals in Figuur 18 is uitgelegd. Omdat deze meting ook bij veel direct licht wordt uitgevoerd kan de sensor in het zonlicht hangen of juist in de schaduw van een constructiedeel welke de meting kan beïnvloeden. In Figuur 19 is voor iedere dag tijdens de uren dat het licht is en in alle afdelingen geen van de schermen in gebruik is, de transmissie weergegeven. Omdat dit daggemiddelde waarden zijn, wordt de beïnvloeding door de hiervoor beschreven directe aanstraling of schaduwwerking teniet gedaan. Wel is het zo dat de absolute waarde van deze transmissies lager uitkomen dan de waarden bepaald tijdens de transmissie metingen beschreven in paragraaf 3.2.2. Dit heeft een aantal oorzaken, maar de belangrijkste is dat er een groot verschil is tussen de licht-intensiteit onder de goot en de -intensiteit onder de nok. Dit verschil kan in kassen oplopen tot ca. 8 á 10% in transmissie in het voordeel van een meting onder de nok. Omdat de lichtsensoren dicht bij de goot gemonteerd zijn, wordt de transmissie in feite dus onderschat. De dip eind februari – begin maart (2005) in de PC-afdeling, wordt veroorzaakt door sneeuw. In de andere afdelingen is deze eerder gesmolten dan wel naar beneden gegleden. Doordat de figuur als een voortschrijdend gemiddelde is weergegeven, lijkt deze tijdsperiode langer dan deze in werkelijkheid was, echter het werkelijke dieptepunt ligt wel lager dan nu is weergegeven.



Figuur 19. Dagelijkse transmissie van de kasafdelingen tijdens de uren dat het licht is en in alle afdelingen geen van de schermen in gebruik zijn, weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde van 14 dagen.

Omdat er geen gegevens met betrekking tot de verhouding direct/diffuus licht bekend zijn, kan de transmissie met deze berekeningswijze nogal variëren. Daarom zijn de waarden in de grafiek over een langere periode als voortschrijdend gemiddelde weergegeven. Bovendien moet in de figuren niet zozeer naar het absolute niveau maar vooral naar de verhouding tussen de verschillende materialen worden gekeken. In figuur 19 vallen direct een paar sprongen in de transmissie op. Zo wordt de sterke afname rond half maart (zowel in 2005 als in 2006) in de PMMA-afdeling (waar geen zonweringscherm is geïnstalleerd) veroorzaakt doordat er voor de eerste keer gekrijt wordt. Rond 10 mei 2005 lijkt dit in de PMMA- en glas-afdeling nogmaals te gebeuren. Eind maart (2^{e} jaar) zijn de luchtramen in de glas-afdeling gekrijt en half april (2^{e} jaar) is er in de PMMA-afdeling voor de 2^{e} keer, en op de Lexan-ZigZag-afdeling voor de eerste keer gekrijt. Deze krijtacties hebben een grote invloed op de transmissie. De lage transmissie in de zomermaanden van de PMMA-afdeling wordt meer dan gecompenseerd door het feit dat de in de overige afdelingen de transmissie met ca. 75% afneemt zodra de zonweringschermen gesloten worden. Hierdoor ontvangt de PMMA-afdeling in de zomermaanden meer licht dan de geschermde afdelingen (zie ook Tabel 6) . Als er gekrijt wordt, moet het dek ook weer worden schoongemaakt. Begin oktober is dit voor alle afdelingen tegelijkertijd uitgevoerd. Bij bestudering van Figuur 19, kan de vraag gesteld worden of dat wel volledig gelukt is. Het schoonmaken van Lexan-

ZigZag platen is bewerkelijker, echter het materiaal is met betrekking tot de oppervlakte-eigenschappen gelijk aan dat van de PC-afdeling en zou dus even schoon moeten kunnen worden. Dit is niet nader bepaald. De enige mogelijkheid om dit wel te bepalen is het demonteren van een plaat (in alle afdelingen), deze in het laboratorium te gaan meten, vervolgens schoon te maken om nogmaals in het laboratorium de transmissie te bepalen. Het verschil zegt dan iets over de vervuilingsgraad.

De oorzaak van “sterke” daling in transmissie eind oktober in het bijzonder bij het glas en in mindere mate bij het PMMA, is onduidelijk. Gedurende de gehele winterperiode blijft de transmissie van de Lexan-ZigZag-afdeling wat achter. Een goede verklaring is hier niet voor te geven, maar vervuiling zoals in Figuur 17A is getoond kan een ‘grote’ invloed hebben. Op praktijkbedrijven met kunststof kasdekken komt regelmatig ‘grote’ vervuiling van het kasdek voor. Afhankelijk van de teelt is dit een onderwerp waar meer of minder belang aan wordt gehecht. Bij veel teelten is het gebruikelijk het dek minimaal 1 maal per jaar ook in de kas te reinigen. Eén van de problemen bij vervuiling is dat het moeilijk is met het blote oog de vervuilingsgraad te bepalen. Anders gezegd, het materiaal kan schoon lijken maar in werkelijkheid nog vuil zijn. Bij het verwijderen van het krijt is er niet anders dan gewoonlijk gewerkt. In alle afdelingen is de zelfde procedure gevolgd. De effectiviteit van de schoonmaak is niet verder onderzocht.

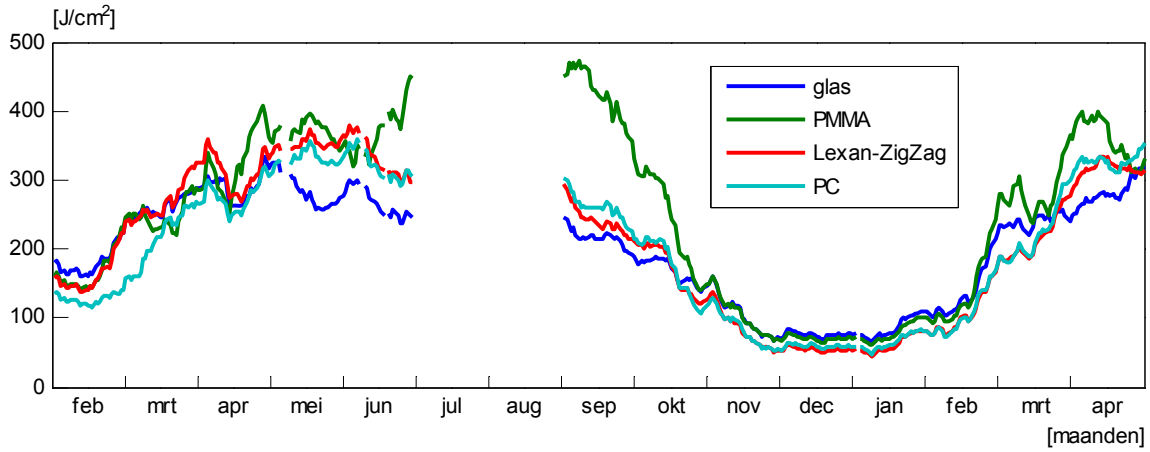
Een tweede punt dat de momentane transmissie kan beïnvloeden is de mate en vorm van het condens. Indien de condens grote druppels vormt die ook nog een ronde vorm heeft (contactoppervlak met het dek is klein), dan wordt de transmissie meer (negatiever) beïnvloed dan bij een film-vormige condensatie. De verschijningsvorm van het condens is niet nader onderzocht. Wel is tijdens gesprekken met Corn. Bak bv naar voren gekomen dat met name afdelingen met nieuwe (kort na installatie) kunststofdekken altijd meer druip hebben gehad. Dit wijst op condensvorming van het druppeltype in plaats van een condensfilm, ondanks de toepassing van een zogenaamde “no–drip” coating welke ook aan de binnenzijde van de spouw is toegepast.

Een derde punt dat van invloed kan zijn is de oriëntatie van het materiaal. De nokrichting is noord–zuid. Dat betekent dat bij lage zonstanden (veel van de momenten dat de in Figuur 19 gepresenteerde on-line transmissie is bepaald bij lage zonstanden) de transmissie wat lager is dan bij een oost–west nokrichting.

Ten 4^{e} kan de oorzaak ook gezocht worden in de materiaaleigenschappen. Uit de laboratorium metingen is naar voren gekomen dat dit materiaal een lagere diffuse transmissie heeft dan glas. In de winterdag is het aandeel aan diffuus licht juist wat groter en daarnaast wordt een lagere diffuse transmissie meestal veroorzaakt door een lagere transmissie bij kleine hoeken, die juist in de winter veel voorkomen door de lage zonstand. Verbetering hiervan zal voornamelijk in de grondstof gezocht moeten worden.

Door al deze verschillende beïnvloedingsparameters als scherm, krijt, condensvorming, vervuiling en oriëntatie van de kas, zijn er door het jaar heen ook grote verschillen in totale lichtsom ontstaan die het gewas heeft ontvangen. De invloed van deze externe factoren op de totale lichtsom is velen malen groter dan de materiaaleigenschappen. In Figuur 20 is de dagelijkse lichtsom voor de 4 verschillende materialen gegeven. Hiervoor zijn de lichtsensoren, geplaatst in de afdelingen, gebruikt. Wat in het bijzonder opvalt, is dat in de zomerperiode de PMMA-afdeling veel meer licht ontvangt dan de overige afdelingen. Op sommige dagen kan dit oplopen tot wel meer dan 40%.

Het ontbreken van de data in de periode juli–augustus heeft grote invloed op de jaarsom. In deze periode is het krijten een afweging tussen te weinig licht op donkere dagen (in de andere afdelingen houd je dan het scherm open) en te veel op lichte dagen, wat direct tot gewasschade kan leiden.



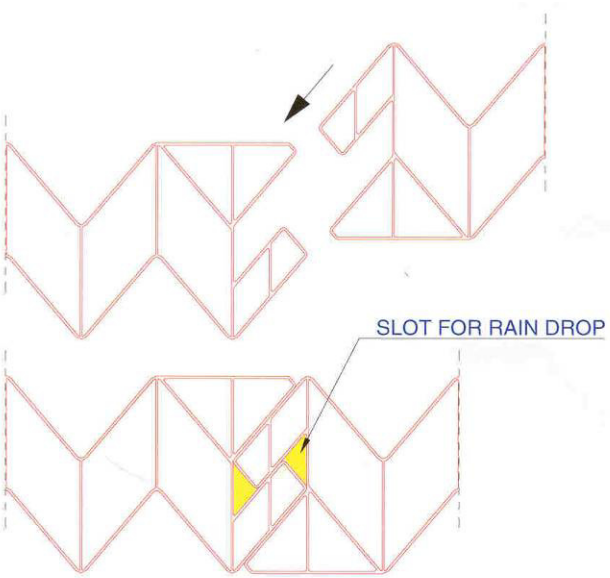
Figuur 20. *Dagelijkse lichtsom van de kasafdelingen, weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde van 14 dagen.*

Opvallend is het verschil tussen het eerste en het tweede voorjaar. Waar in 2005 de Lexan-ZigZag-afdeling beter presteerde dan de PC-afdeling en vergelijkbaar was met glas en PMMA, is deze na de zomer van 2005 dichter bij de PC-afdeling komen te liggen. Hier is geen aanwijsbare reden voor te geven, anders dan de hiervoor besproken punten die van invloed kunnen zijn op de transmissie. De lichtsom voor de gehele meetperiode is 767, 791, 939 en 758 MJ/m^2 voor respectievelijk glas, Lexan-ZigZag, PMMA en PC. Hierbij moet er wel rekening mee worden gehouden dat deze getallen niet zozeer door de materiaaleigenschappen maar meer nog door de mate en tijdsduur van het krijten en het schermgebruik beïnvloed zijn. Zo maakt Figuur 20 duidelijk dat de glas-afdeling in de zomerdag zwaarder geschermd (krijt en zonweringscherm) is dan de overige afdelingen. Het krijten en schermen is ter bescherming van het gewas. Opvallend is dan wel dat ondanks de soms veel hogere stralingssommen in de PMMA-afdeling er geen gewasschade is opgetreden. Wellicht betekent dit dat in de andere afdelingen er teveel licht weggeschermd wordt.

3.2.4 Constructie

Naar aanleiding van alle bevindingen, is er ook gekeken naar mogelijke verbeteringen van het ontwerp van de breedkap-kas met Lexan-ZigZag-platen, zoals onder andere gebouwd bij S. Huisman in Bergenden (Huissen).

De Lexan-ZigZag-plaat, zoals deze hier is toegepast, heeft naast de bekende voordelen van een goede isolatiewaarde, een goede lichtdoorlatendheid en een hoge sterkte (waarover A&F uitgebreid gerapporteerd heeft (Sonneveld, 2002)) ook enige nadelen, namelijk de ingewikkelde geometrie, het optreden van condensatie in de kanalen en de hogere investeringskosten dan van glas. Daar staat dan wel een forse energiebesparing tegen over.



Figuur 21. Principedoorsnede van een dubbelwandige Lexan-ZigZagplaat met het zijdelings aansluitdetail.

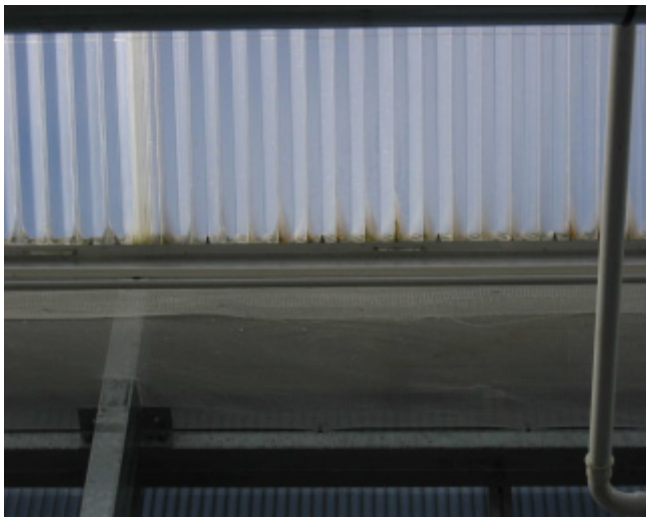
Zoals blijkt uit Figuur 21, heeft de plaat, zowel binnen als buiten een Lexan-ZigZag-vorm. Dit is nodig om een hoge isolatiewaarde in combinatie met de goede lichtdoorlatendheid te kunnen halen. Door de ingewikkelde plaatdoorsnede worden de details van het kasontwerp erg moeilijk. Bijvoorbeeld de aansluiting van de plaat op de gootrand, de aansluiting bij onderkant luchtraam en de overgangen van het dek naar de kopgevels.

Doordat de platen een werkende hoogte hebben van 65 mm worden profielen die de plaat omvatten groot, waardoor ze relatief meer licht gaan onderscheppen (zie Figuur 22). Aan de andere kant zijn er door de omvang (grote lengte en “onbeperkte” breedte (door het aan elkaar kunnen klikken van de platen ontstaat er een aaneenschakeling zonder noodzakelijke tussenprofiel) van de platen weer minder profielen nodig Het maken van waterdichte aansluitingen wordt hierbij ook moeilijker. In de huidige oplossing kost dit extra materiaal, zoals aluminium en kunststofprofielen. De onderlinge zijdelingse aansluiting van de platen is wel mooi opgelost in dit ontwerp met een verbinding die in elkaar schuift als groef en messing bij planken (Figuur 21).



Figuur 22. De aansluiting van de kopgevel aan het dekvlak bij een kas met Lexan-ZigZag-platen in het dek.

Kunststof is in het algemeen (beperkt) waterdampdoorlatend. Gevolg hiervan is dat aan de binnenkant van de spouw condensatie kan optreden. Om vervuiling aan de binnenkant van de platen te voorkomen is een goede afdichting aan de kopse-kant van de plaat dan ook noodzakelijk. Indien de afdichting beschadigd is zou er mogelijke vervuiling en algengroei kunnen ontstaan. In Figuur 23 is hiervan een begin te zien (zie ook Figuur 17).



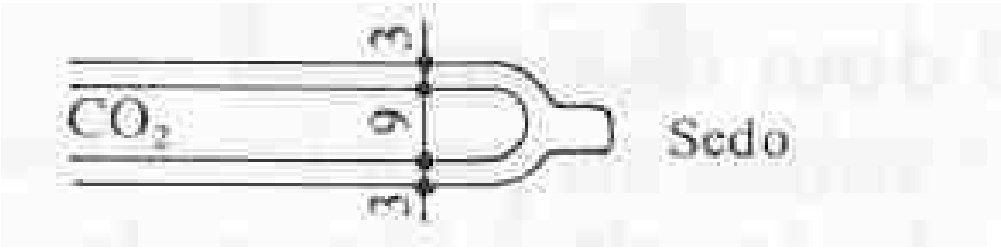
Figuur 23. Vervuiling, die optreedt doordat er condensatie in de kanalen van de platen optreedt. (oude afdichtingsysteem).

Recent heeft GE-plastics het concept van afdichten wezenlijk veranderd. Hierdoor ontstaan er geen / minder krachten op de afdichting. Waar in eerdere versies op de kopse-kant in de fabriek een plaat werd gelast, die bij ondeskundige behandeling beschadigd kan raken, wordt nu een schuimlaag aangebracht, waardoor de afdichting naar verwachting beter in takt blijft.

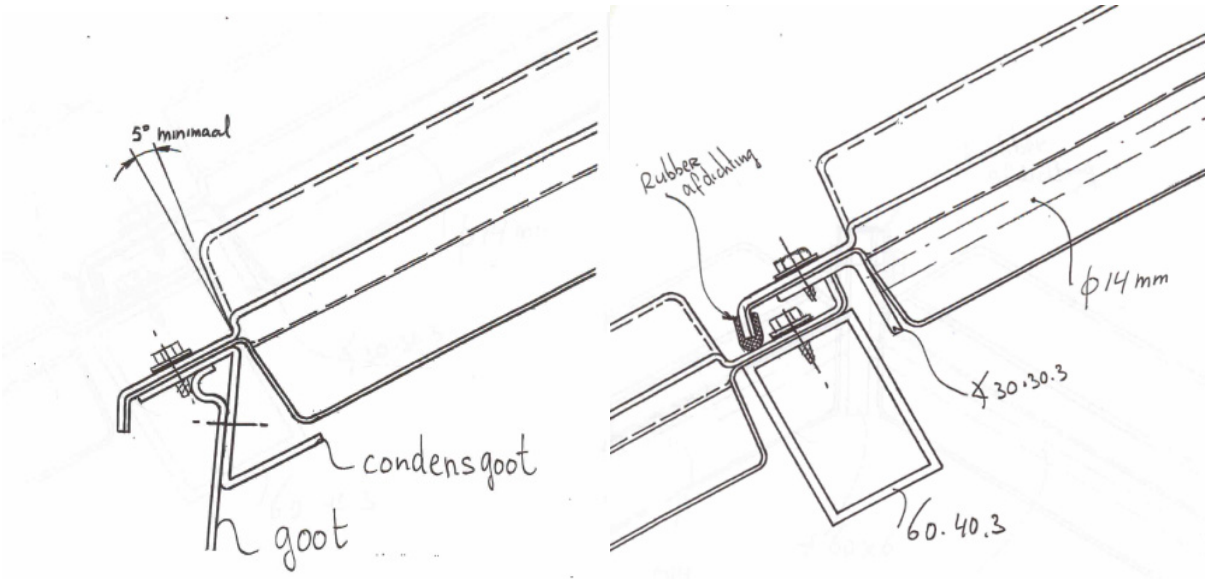
3.2.4.1 Voorstellen ter verbetering:

Ingewikkelde aansluitdetails

Om de aansluitingen op de gootrand en de aansluitingen met het luchtraam eenvoudiger te maken, zou het overwogen moeten worden om tijdens het productieprocédé de onderrand en de bovenrand van de platen vlak te maken. Dit zoals in het verleden is uitgevoerd met het zogenaamde Sedo-glas. Hierbij werden twee glasplaten bij de randen aan elkaar gesmolten (zie Figuur 24). Dit principe is ook reeds voorgesteld bij de ontwikkeling van de Lexan-ZigZag-plaat, zoals moge blijken uit de schetsen in Figuur 25. Er ontstaat op deze wijze een vlakke rand, die gemakkelijk aan te sluiten is op een gootrand en gordingprofiel.



Figuur 24. Het principe van de aan elkaar gesmolten glasplaten bij Sedo dubbelglas.



Figuur 25. Mogelijke aansluitdetails bij het gebruik van vlakke kopse kanten van de Lexan-ZigZag-plaat (links een detail van de goot en rechts de principe-aansluiting bij onderkant luchtraam).

Onderzocht moet worden of een dergelijke wijziging van het productieprocédé van de Lexan-ZigZag-platen haalbaar is. Mogelijk kan direct na de extrusie van de Lexan-ZigZag-platen een machine geplaatst worden, die de onder- en bovenrand vlak kan maken door het aan elkaar smelten van de polycarbonaat-massa. De isolatiewaarde van de totale kas wordt hierdoor marginaal minder, echter de voordelen zijn evident. Het zijdelingse aansluitdetail kan daarbij blijven zoals deze nu is. Dan moet er alleen een goed aansluitdetail bij de overgang naar de kopgevels ontwikkeld worden, uitgaande van de groef- en messing aansluiting van de plaat (Figuur 21).

Condensatie in de kanalen

Uit TNO-onderzoek (Landbouwschap, 1984) is aangetoond dat vele kunststofmaterialen in meerdere of mindere mate doorlatend zijn voor waterdamp. Ook polycarbonaat is doorlatend voor waterdamp (md-waarde 13-30 m). Het heeft zelfs een iets lagere md-waarde, (weerstand tegen waterdampdoorgang vergeleken met lucht van gelijke dikte en temperatuur) dan PMMA (51-83 m). De weerstand is echter aanzienlijk groter bij materialen, zoals PVC, PE (polyethyleen) en Teflon (>250 m). In 1984 werd daarom al geschreven:
"Luchtdichte afsluiting van de kanaaltjes door bijvoorbeeld tape betekent: ophoping van condens. Geen afsluiting betekent: vervuiling en teveel ventilatie en daardoor te niet doen van de isolatiewaarde.
Berekeningen hebben aangetoond, dat onder extreme omstandigheden ventilatieopeningen van 2 gaten Ø 5 mm in een boven- en onderafsluitprofiel bij een plaat van 1,05 x 1,65 m (oude Venlo-ruit) voldoende zijn om de condensatie weg te doen ventileren. Het ventilatieprofiel moet daarbij een voldoend ruim luchtkanaal hebben, waardoor de kanaaltjes van de platen onderling met elkaar in verbinding staan.

3.3 Gewasgroei en Ontwikkeling

De versgewicht- en drogestof-metingen aan alle partijen planten zijn weergegeven in Tabel 5, tevens is de relatieve productie aangegeven ten opzichte van glas (=100%). De plantgewichten variëren per kasdek en per teelt, waarbij de verschillende teelten in verschillende seizoenen zijn uitgevoerd gedurende de waarnemingsperiode (feb. 2005 – april 2006).

Tabel 5. Groeimetingen aan Bromeliagewassen in g per plant voor 4 verschillende kasdekmaterialen.

gewas	nr. [1]	bepaling		groei			
			startmeting [1]	glas	Lexan-ZigZag	PMMA	PC
Aechmea 'Primera'	1	versgewicht	0.11	2.1	1.77	1.85	1.77
		standaardafwijking		0.349	0.259	0.304	0.267
		drooggewicht	0.01	0.12	0.11	0.11	0.11
		% droge stof	5.37	5.48	6.17	5.93	5.99
		relatief t.o.v. glas[2]	–	100	83	88	83
	2	versgewicht	0.27	1.33	1.51	1.15	1.15
		standaardafwijking		0.185	0.314	0.189	0.174
		drooggewicht	0.02	0.07	0.09	0.06	0.07
		% droge stof	5.82	5.45	5.85	5.66	6.39
		relatief t.o.v. glas[2]	–	100	109	86	84
	3	versgewicht	0.13	0.85	0.64	0.59	0.78
		standaardafwijking		0.112	0.115	0.208	0.188
		drooggewicht	0.01	0.04	0.04	0.03	0.04
		% droge stof	4.32	5.03	5.64	5.39	4.84
		relatief t.o.v. glas[2]	–	100	68	65	87
Guzmania 'Ostara'	1a	versgewicht	0.10	1.97	2.14	1.65	2.17
		standaardafwijking		0.303	0.427	0.311	0.335
		drooggewicht	0.01	0.19	0.20	0.18	0.22
		% droge stof	11.77	9.78	9.14	10.71	10.00
		relatief t.o.v. glas[2]	–	100	107	83	109
	1b	versgewicht	2.20	7.63	7.13	8.73	7.83
		standaardafwijking		1.046	1.273	1.060	1.404
		drooggewicht	0.23	0.78	0.73	0.88	0.79
		% droge stof	10.52	10.21	10.38	10.09	10.16
		relatief t.o.v. glas[2]	–	100	96	117	105
	2a	versgewicht	0.22	1.79	2.01	2.10	1.99
		standaardafwijking		0.360	0.326	0.318	0.523
		drooggewicht	0.02	0.19	0.20	0.19	0.22
		% droge stof	10.94	10.36	9.86	9.26	11.44
		relatief t.o.v. glas[2]	–	100	112	120	112
	2b	versgewicht	2.00	8.35	8.79	9.04	8.22
		standaardafwijking		1.551	1.493	1.456	1.640
		drooggewicht	0.23	0.71	0.77	0.77	0.77
		% droge stof	11.37	8.45	8.75	8.50	9.38
		relatief t.o.v. glas[2]	–	100	100	103	90
	3b	versgewicht	1.20	5.13	3.93	5.11	4.08
		standaardafwijking		0.764	0.497	0.786	0.604
		drooggewicht	0.13	0.49	0.41	0.50	0.43
		% droge stof	10.85	9.60	10.41	9.88	10.53
		relatief t.o.v. glas[2]	–	100	77	102	75
Vriesea 'Splenriet'	1a	versgewicht	0.11	3.70	4.29	4.54	4.47
		standaardafwijking		0.897	0.832	0.630	0.987
		drooggewicht	0.01	0.29	0.31	0.34	0.35
		% droge stof	10.01	7.84	7.24	7.54	7.78
		relatief t.o.v. glas[2]	–	100	116	122	121
	1b	versgewicht	4.43	–	8.95	–	8.94
		standaardafwijking			2.062		1.868
		drooggewicht	0.34	–	0.79	–	0.75
		% droge stof	7.67	–	8.82	–	8.43
		relatief t.o.v. glas[2]	–	–	–	–	–

1) De Basismeting geeft het gemiddelde van 4x25 planten aan het begin van de groeiperiode. De groei onder de verschillende kasdekken, is het verschil tussen het eindgewicht in de desbetreffende afdeling minus het startgewicht. Bij Aechmea is dat de periode tussen verspenen en afleveren. Bij de andere gewassen geven 1a en 2a de periode aan tussen 1e verspening en 2e verspening en 1b en 2b de periode tussen 2e verspening en afleveren. Voor de b-periode is een nieuwe basismeting uitgevoerd.

*2) De relatieve groei t.o.v. glas is als volgt bepaald: (versgewicht afleveren alternatief kasdek – basismeting)*100/(versgewicht glas– basismeting).*

De verschillen worden ook veroorzaakt doordat niet een vaste groeiperiode is aangehouden, maar het moment waarop de partij klaar was voor verkoop aan derden (Figuur 27). Hierdoor kan een gewas minder licht hebben ontvangen terwijl de stralingssom (buiten de kas gemeten) veel hoger was maar de tijdsduur van groei veel korter; een indeling naar groei per seizoen is daarom ook niet zinvol. De groei van een gewas wordt, naast vele andere onderdelen als water en nutriënten, voornamelijk bepaald door temperatuur en licht. Voor een beter overzicht is dan ook Tabel 6 gemaakt.

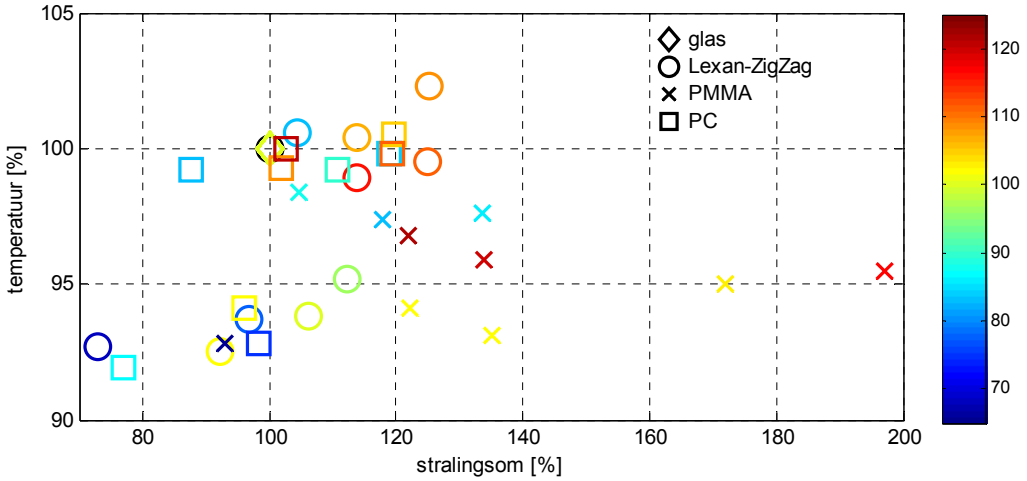
Tabel 6. *Vergelijking van de relatieve gewasgroei met relatieve licht- en temperatuursommen en absolute hoeveelheid vocht ten opzichte van glas.*

gewas	nr.	Kas	opbrengst t.o.v. glas	lichtsom t.o.v. glas	gerealiseerde temperatuur t.o.v. glas	temperatuur t.o.v. setpoint verwarmen	absoluut vocht-gehalte t.o.v. glas
Aechmea 'Primera'	1	Glas	100	100	100	100	100
		Lexan-ZigZag	83	104	101	100	107
		PMMA	88	105	98	100	109
		PC	83	88	99	100	105
	2	Glas	100	100	100	100	100
		Lexan-ZigZag	109	125	102	100	100
		PMMA	86	134	98	100	103
		PC	84	119	100	99	110
	3	Glas	100	100	100	100	100
		Lexan-ZigZag	68	73	93	92	108
		PMMA	65	93	93	92	107
		PC	87	77	92	92	100
Guzmania 'Ostara'	1a	Glas	100	100	100	100	100
		Lexan-ZigZag	107	114	100	100	104
		PMMA	83	118	97	100	106
		PC	109	102	99	99	106
	1b	Glas	100	100	100	100	100
		Lexan-ZigZag	96	112	95	93	98
		PMMA	117	197	96	93	98
		PC	105	120	101	93	104
	2a	Glas	100	100	100	100	100
		Lexan-ZigZag	112	125	100	100	99
		PMMA	120	134	96	100	99
		PC	112	119	100	98	104
	2b	Glas	100	100	100	100	100
		Lexan-ZigZag	100	106	94	93	95
		PMMA	103	172	95	93	97
		PC	90	111	99	93	102
	3b	Glas	100	100	100	100	100
		Lexan-ZigZag	77	97	94	93	92
		PMMA	102	122	94	93	97
		PC	75	98	93	93	94
Vriesea 'Splenriet'	1a	Glas	100	100	100	100	100
		Lexan-ZigZag	116	114	99	99	102
		PMMA	122	122	97	99	103
		PC	121	103	100	99	104
	1b	Glas	–	100	100	100	100
		Lexan-ZigZag	–	92	92	92	101
		PMMA	–	135	93	92	101
		PC	–	96	94	92	98

In deze tabel zijn naast de relatieve opbrengst ook de lichtsom, de absolute (gemiddelde) kasluchttemperatuur en de relatieve gerealiseerde (gemiddelde) kasluchttemperatuur ten opzichte van het (gemiddelde) setpoint verwarmen

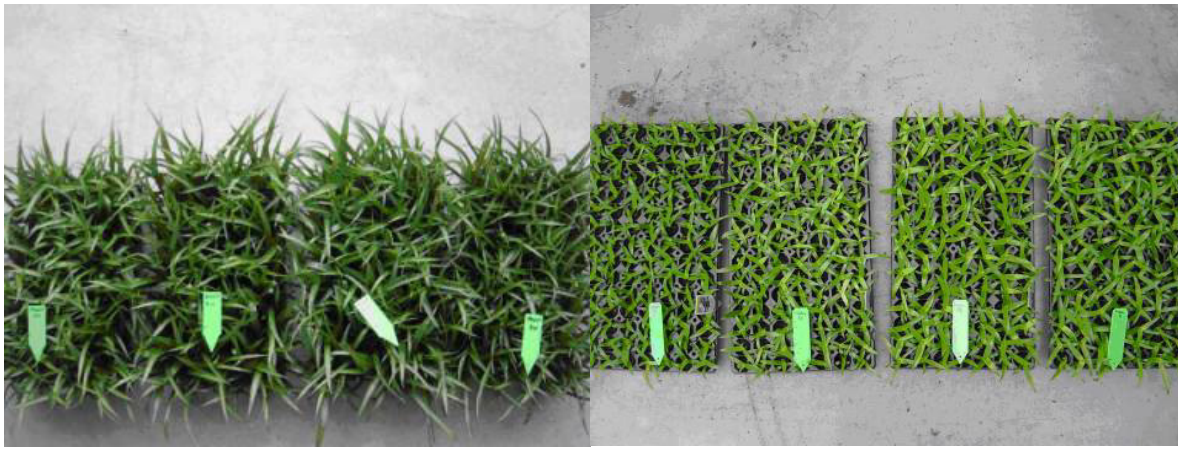
over de groeiperiode weergegeven. Met de in hoofdstuk 4.2 geschetste klimatologische verschillen is het niet verbazingwekkend dat de productie per afdeling niet consistent is.

De productie (groei in versgewicht) varieert tussen 65 en 122% t.o.v. glas, opvallend genoeg beide in de PMMA-afdeling. De totale relatieve lichtsom varieert tussen 73 en 197%. Hier ontstaan de verschillen doordat er in de PMMA-afdeling alleen maar wordt gekrijt, terwijl in de andere afdelingen een scherm is aangebracht. De gerealiseerde temperatuur in de kas varieert tussen 92 en 102% waarbij de glas-afdeling bijna altijd het hoogst is. Dit is nog duidelijker te zien aan de kolom temperatuur t.o.v. setpoint verwarmen. De variatie tussen 92 en 100% vertegenwoordigt ca. 2°C, waarbij de glas-afdeling altijd 100% is. Het absoluut vochtgehalte (kg vocht t.o.v. kg lucht, dus gecorrigeerd voor temperatuurverschillen in de kas) varieert tussen 92 en 110%.



Figuur 26. *Relatieve productie, afhankelijk van de relatieve stralingssom en relatieve temperatuur van 10 plantmetingen voor drie kasbedekkingsmaterialen ten opzichte van glas .*

In Figuur 26 zijn voor 10 teelten de relatieve producties als functie van straling en temperatuur gegeven. De glas-afdeling zit op 100% straling en 100% temperatuur en heeft een productie van 100%. Het valt op dat in 22 van de 30 gevallen er meer licht was onder de alternatieve kasdekken in vergelijking met glas, terwijl de temperatuur maar in 5 van de 30 gevallen hoger was onder de alternatieve dekken. Er komt dus relatief weinig licht en veel warmte in de glas-afdeling. Opvallend is ook dat de vijf hoogste stralingssommen afkomstig zijn uit de PMMA-afdeling, hier is geen scherm aanwezig, maar wordt wel gekrijt.



Figuur 27. Links te oogsten planten teelt G. 'Ostara', 2b; rechts A. 'Primera', 3. V.l.n.r. op beide foto's: PMMA, Lexan-ZigZag, glas en PC.

De volgende globale conclusies kunnen uit Tabel 6 en Figuur 26 worden getrokken:

- Als er in de Lexan-ZigZag-afdeling meer licht is dan onder glas, dan is de productie (versgewicht) ook hoger (4 van de 9 teelten);
- Als de temperatuur in de Lexan-ZigZag-afdeling lager is dan in glas leidt dat ook tot een lagere productie (4 van de 9 teelten). Deze lagere temperatuur is voornamelijk veroorzaakt door het lhoger ingestelde setpoint verwarmen in de glas-afdeling.
- In 6 van de 9 teelten heeft de Lexan-ZigZag-afdeling minder licht ontvangen, o.a. door het krijten in combinatie met het schermdoek dan de PMMA-afdeling dat in alle 6 de teelten tot een lagere productie heeft geleid.
- Tussen de Lexan-ZigZag-afdeling en de PC- afdeling zijn de productieverschillen zeer variabel, evenals de totale lichtsom en de temperatuur.
- Ondanks dat in de PMMA-afdeling 8 van de 9 teelten meer licht ontvingen dan in glas was de productie maar in 3 teelten hoger. Dit komt grotendeels doordat de temperatuur in de PMMA-afdeling in 7 teelten lager was dan in glas, wat weer veroorzaakt werd door het hogere setpointverwarmen in de glas-afdeling.
- In PC-afdeling is in 5 teelten meer licht ontvangen dan in glas, dat heeft in 3 teelten tot een hogere productie geleid.
- In de PC-afdeling is in alle 9 teelten minder licht binnengekomen in vergelijking met de PMMA-afdeling, dit leidt in 5 teelten tot een lagere productie.

Samengevat kan geconcludeerd worden dat de gecreëerde klimaatomstandigheden een veel zwaarder stempel drukken op het teeltresultaat dan het kasdek sec. De scherm- en krijtstrategie bepalen de binnendringende lichtsom. De gerealiseerde temperatuur wordt allereerst veroorzaakt door een verschil in setpoint en daarna door een verschil in binnenkomende straling. Wel is duidelijk dat onder de verschillende kasdekken in veel gevallen meer productie haalbaar is. Meer licht in de PMMA-afdeling (geen scherm, wel krijt) in enkele teelten (197 en 172% t.o.v. glas) zonder gewasschade geeft aan dat er te zwaar wordt geschermd, de productie is dan hoger ondanks een lagere temperatuur.

3.4 Bijen- en Hommel-activiteit

Zoals in paragraaf 2.4 al beschreven heeft PPO-Bijen dit deelonderzoek uitgevoerd. Hierbij zijn naast metingen onder de vier kasdekken ook in proefkasjes bij PRI (voorloper van Wageningen UR Glastuinbouw) metingen uitgevoerd. In deze paragraaf wordt een kort overzicht van de resultaten gepresenteerd. Hoewel er bij Corn. Bak bv 4 meetafdelingen zijn, is slechts in 3 afdelingen gemeten omdat er 3 basisgrondstoffen gebruikt zijn: glas, PMMA en PC. Er zijn 2 afdelingen met PC: de Lexan-ZigZag en de 3 laags polycarbonaat. Bij deze proeven is van deze twee afdelingen alleen de Lexan-ZigZag-afdeling beschouwd.

In bijlage 1 is het volledige rapport van PPO-Bijen integraal opgenomen.

3.4.1 Licht onder de verschillende kasdekken

De verschijningsvorm van de zon, gezien in de kas vanuit de positie van de bijenkasten, wordt getoond in, Figuur 28. Figuur 29 en Figuur 30. In de glazen kas is de zon zichtbaar als een sterke lichtvlek, waaruit de positie goed is vast te stellen (Figuur 29). In de Lexan-ZigZag kas toont de zon zich als een lichte boog langs het hele kasdek (Figuur 30). Het is niet goed te zien waar de zon nu echt staat. In de PMMA kas is de zon zichtbaar als een vage boog, maar wel met extra verstrooid licht op de plek waar de zon echt staat (Figuur 28). De foto's zijn gemaakt op 7 september, en de situatie geeft de toestand weer tijdens de waarnemingen. Het is duidelijk zichtbaar dat de schermen dicht waren, maar dat geen scherm aanwezig was in de PMMA kas (Figuur 28). De schermen zelf zijn een extra hindernis voor de bijen en hommels.



Figuur 28. Foto van de zon gezien door het kasdek van de PMMA afdeling. Op de voorgrond staat een MiniBeute met bijen. Links op het container ligt een honingraat met verse honing.

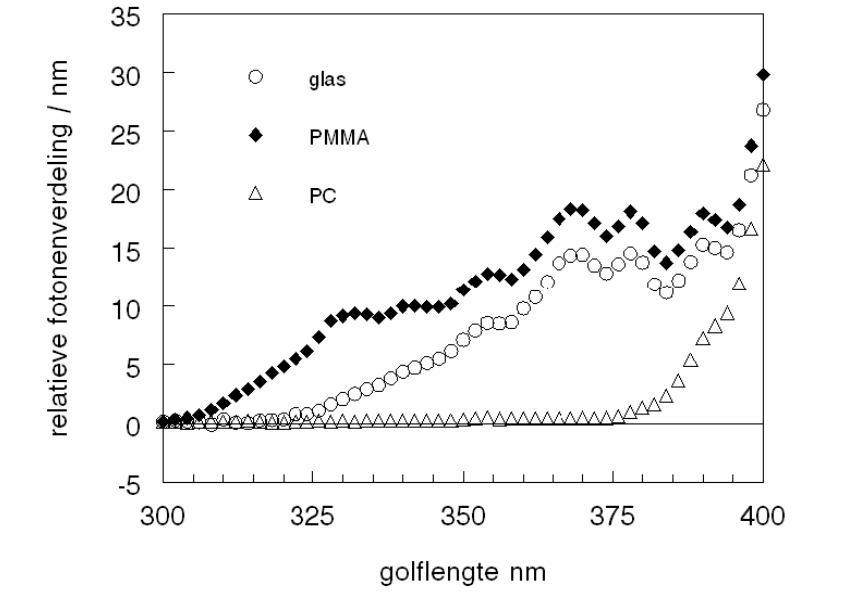


Figuur 29. Foto van de zon gezien door kasdek en scherm in de glazen afdeling



Figuur 30. Foto van de zon gezien door kasdek en scherm in de Lexan-ZigZag kas.

De gemeten spectra in de drie afdelingen staan in Figuur 31. Alleen het ultraviolette deel van het spectrum is weergegeven (300–400 nm). Deze spectra geven voor een deel een beeld van de (toevallige) lichtomstandigheden op 7 september, maar de verschillen tussen de afdelingen worden veroorzaakt door de verschillen in transmissie van de kasdekken. PMMA laat ultraviolet over de hele breedte van 300 tot 400 nm door, glas vanaf 320 tot 400, en PC pas vanaf 375 nm tot 400 nm. Letwel Lexan-ZigZag is ook van PolyCarbonaat gemaakt)



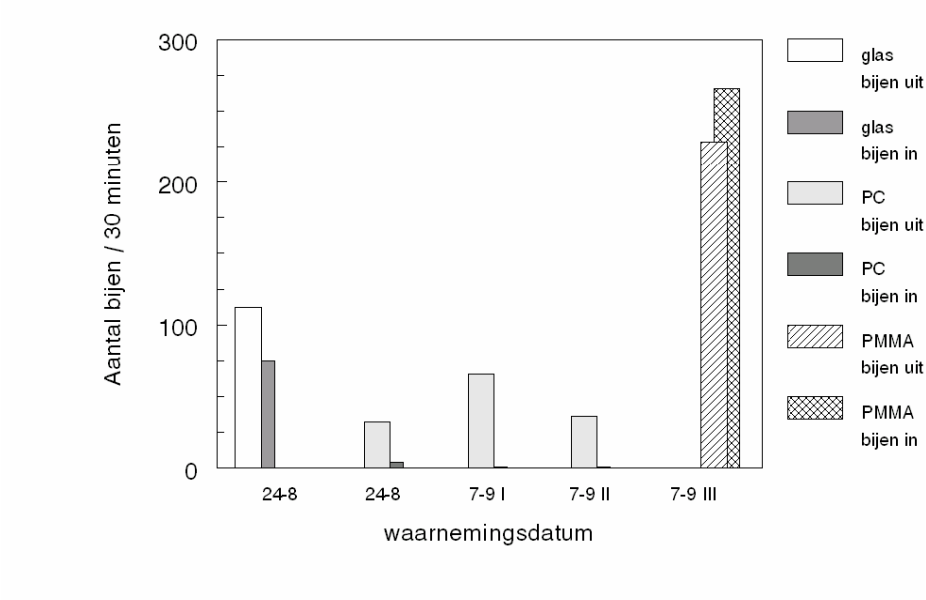
Figuur 31. Spectra van het licht gemeten in drie kasafdelingen met glas, PC (Lexan-ZigZag) en PMMA kasdek op 7 september 2005. Alleen de golflengten van 300-400 nm worden getoond.

3.4.2 Oriëntatiegedrag van honingbijen en hommels

Zodra de vliegopening van de bijenkast werden geopend in de glazen en PMMA kas, verschenen de bijen in de opening en begonnen ze kleine horizontale cirkels te vliegen rond de kast. De cirkels werden steeds groter, en na een paar cirkels vlogen de bijen weg in een horizontale richting. Na een paar minuten kwamen de eerste bijen terug naar de kast. Dit is heel normaal gedrag wanneer bijenvolken worden uitgezet in kassen of op een nieuwe plek buiten. Ongeveer hetzelfde gedrag werd gezien bij de hommels. Ze vlogen alleen wat minder cirkels, en vertrokken sneller. In de Lexan-ZigZag afdeling kwamen de bijen naar buiten, vlogen hoogstens één cirkel en verdwenen daarna meteen terwijl ze loopings vlogen in de richting van de ventilatieramen boven in de kas. Daar bleven ze 'gevangen' tegen het insectengaas in de open luchtramen hangen. Er kwamen nauwelijks bijen terug naar de kasten. Ook in de Lexan-ZigZag afdeling was het gedrag van de hommels ongeveer hetzelfde als dat van de honingbijen. Een honingraat met verse honing, neergelegd op ongeveer 2 meter van de bijenkast op het container (zie Figuur 28) werd onder PMMA gemakkelijk gevonden door de bijen, minder goed onder glas, en slecht onder Lexan-ZigZag. Bijen in de Lexan-ZigZag-afdeling, die probeerden te landen op de honingraat misten de raat vaak en landden op een paar decimeters afstand naast de raat.

3.4.3 Vliegactiviteit: aantal vertrekkende en terugkerende bijen

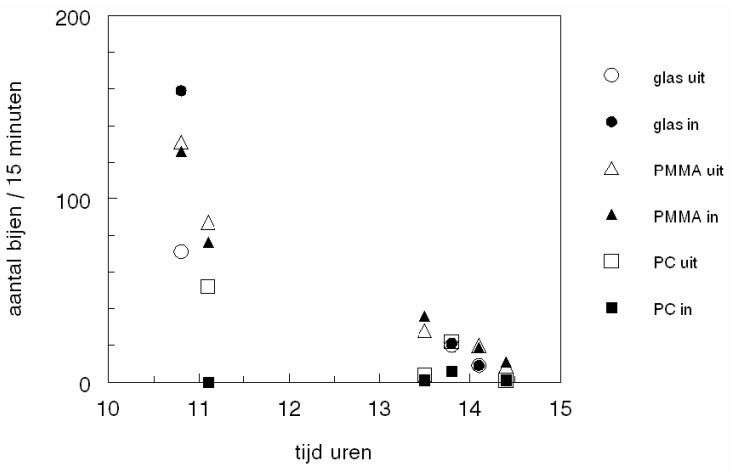
De waarnemingen werden gedaan in de kas van Corn. Bak bv op 24 en 31 augustus en op 7 september 2005. Op 31 augustus was het erg warm in de kassen, en was er nauwelijks activiteit van de bijen en hommels waarneembaar. Op de andere dagen waren de temperaturen gematigd (20–25 °C). Een aantal gegevens (de metingen in de glazen kas) van 7 september zijn helaas verloren gegaan. De resultaten van de waarnemingen staan in Figuur 32.



Figuur 32. Aantal bijen dat de kast verliet (elke eerste kolom) en dat terugkeerde naar de kast (elke tweede, deels verborgen kolom) gedurende waarnemingsperiodes van een half uur. 24-8: gelijktijdige waarneming onder glas en PC. 7-9: opvolgende waarnemingen aan hetzelfde bijenvolk: I onder Lexan-ZigZag (PC), 11 uur; II: onder Lexan-ZigZag (PC), 13 uur; III: onder PMMA, 13,30 uur. De gelijktijdige waarnemingen onder glas op 7–9 zijn verloren gegaan.

Meestal was het aantal bijen dat terugkwam onder glas en PMMA even hoog of iets lager dan het aantal vertrekkende bijen. Onder Lexan-ZigZag kwamen nauwelijks bijen terug. Dat er meer bijen terugkwamen dan er vertrokken (7–9 III, PMMA) wordt verklaard doordat bijen die terugkwamen tijdens de observatieperiode (deels) al waren vertrokken voor dat halve uur. Op 7 september werden om 11 uur ook hommels waargenomen onder Lexan-ZigZag: zestien werksters vertrokken, één werkster kwam terug. Op 7 september werd in de glazen afdeling waargenomen dat heel veel bijen terugkwamen naar de kast op het moment dat het scherm automatisch openging omdat de instraling terugliep (getallen niet weergegeven). Tot dat moment hadden deze bijen gevangen gezeten tussen scherm en kasdek. De waarnemingen gedaan op 10 november in de kleine kasjes in Wageningen, in perioden van 15 minuten, staan in Figuur 33. De vliegactiviteit was hoog rond 11 uur, maar nam gedurende de dag af. De aantallen vertrekkende en terugkerende bijen kwamen goed overeen onder PMMA (vergelijk open met dichte driehoekjes), redelijk onder glas (open en dichte bolletjes), maar slecht onder Lexan-ZigZag (open en dichte vierkantjes), omdat er nauwelijks bijen terugkeerden. De kassen waren niet verwarmd, behalve door de zon.

De temperaturen in de kasjes verschilden tijdens de waarneming rond 11 uur (glas-afdeling: 24 °C, PMMA-afdeling: 23 °C, Lexan-ZigZag-afdeling: 19 °C), later waren de temperaturen gelijk in de kasjes, rond 13.30 uur: 20 °C, na 14 uur: 17 °C. Een lagere temperatuur in de Lexan-ZigZag-afdeling rond 11 uur zou deels de lagere vliegactiviteit kunnen verklaren.



Figuur 33. Waarnemingen van het aantal bijen dat de kast verlaat (=uit) en dat terugkeert naar de kast (=in) op 10 november 2005 in de kleine experimentele kasjes in Wageningen.

Nadat de vliegactiviteit van de bijen stopte werden de bijenkasten achtergelaten in de kasjes tot de volgende ochtend. Voordat de bijen weer actief waren werden de kasten gesloten en verwijderd uit de kasjes. De bijen die het niet gelukt was terug te keren naar hun kast de vorige dag werden uit de kasjes verzameld. Sommige waren dood, sommige nog levend. De aantallen die werden teruggevonden staan in Tabel 7. Er werden hoge aantallen teruggevonden onder glas en Lexan-ZigZag (PC), lage aantallen onder PMMA.

Tabel 7. Aantal bijen teruggevonden in de kassen op de dag na de waarnemingen.

Kasdek	levende bijen	dode bijen	totaal aantal bijen
glas	137	46	183
PMMA	33	22	55
Lexan-ZigZag	168	53	211

4. Conclusies en aanbevelingen

In dit rapport zijn de prestaties van een afdeling met Lexan-ZigZag kasbedekkingsmateriaal vergeleken met een afdelingen met glas, welke tevens als referentie is genomen, 2 laags acrylaat (PMMA) en 3 laags polycarbonaat (PC). De waarnemingen hebben zich toegelegd op een vijftal onderdelen, die hier puntsgewijs besproken zullen worden.

Vocht
De glas-afdeling is duidelijk droger dan de afdelingen met kunststof kasbedekkingsmaterialen. In de winterperiode is er weinig verschil tussen de PMMA- en Lexan-ZigZag-afdeling. Dat de PC-afdeling in deze periode wat droger is dan de PMMA- en Lexan-ZigZag-afdeling wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de ingestelde minimumbuistemperatuur. Hoewel vanaf half december 2005 er in de Lexan-ZigZag-afdeling ook een minimumbuistemperatuur is ingezet, is een duidelijk effect op het vochtniveau (vrijwel) niet zichtbaar. Samenvattend kan gesteld worden dat Lexan-ZigZag geen andere vochthuishouding veroorzaakt dan “vergelijkbare” andere isolerende kunststof kasbedekkingsmaterialen.

Energie
Door alle veranderingen in setpoints, is het niet mogelijk een “over all” energiegebruiksplaatje te presenteren voor de gehele meetperiode. Wel kan worden aangegeven dat in een “steady state” situatie bij vergelijkbare setpoints het energiegebruik van de Lexan-ZigZag-afdeling 46% van de glas-afdeling bedraagt, de hoogste van de geteste afdelingen. De inzet van een minimumbuistemperatuur beïnvloedt het energiegebruik sterk. Daarnaast is de glas-afdeling door het hogere setpointverwarmen (circa 1.5 °C warmer vanaf juli 2005) meer gaan verbruiken dan de overige afdelingen. Kwantificering van de noodzaak tot en het bijbehorende energiegebruik van de toegepaste minimumbuistemperaturen is niet mogelijk. In de afdelingen met een scherm komt bij het openen van dit scherm druip voor. In de PC- en de Lexan-ZigZag-afdeling is dit meer het geval dan in de glas-afdeling. Om het gewas als gevolg hiervan droog te krijgen is er gekozen voor de toepassing van een minimumbuistemperatuur. Hierbij zou kritisch gekeken moeten worden naar het moment en tijdsduur van de inzet van deze minimumbuistemperatuur. De meeste druip komt voor rondom het moment van openen. Inzet van een minimumbuis op dat moment zou dan een logisch gevolg zijn. Jaarrond inzet van een (kleine, ca. 40 °C) minimumbuis kost ca. 15% extra energie. Een deel van het besparingspotentieel van isolerende kunststofplaatmaterialen, gaat hiermee dan ook verloren zodat de energiebesparing in deze situatie ten opzichte van enkel glas dan op ca 40% voor het Lexan-ZigZag uitkomt.

Licht
Onder laboratorium omstandigheden is de transmissie van Lexan-ZigZag goed vergelijkbaar met glas en is deze gemiddeld beter dan PMMA (2 laags acrylaat) en PC (3 laags polycarbonaat), vooral bij diffuus licht.

Bij het bepalen van de totale transmissie van de kasafdelingen bij Corn. Bak bv, kwamen er bij de herhalingsmeting verschillen naar voren.

Er lijkt een lichte afname te hebben plaatsgevonden in de lichttransmissie voor het Lexan-ZigZag. In de Lexan-ZigZag-afdeling blijkt enige ontwikkeling van algen tegen het plaatmateriaal te zijn ontstaan. Dit is overigens eenvoudig te verwijderen. Het schoonmaken van Lexan-ZigZag platen kan iets meer tijd kosten dan van platen met een gladde geometrie, iets wat bij het verwijderen van het krijt naar voren is gekomen. Uit de meetgegevens blijkt dat de krijt in het tweede jaar niet volledig is verwijderd. Echter het materiaal is met betrekking tot de oppervlakte-eigenschappen gelijk aan dat van de PC-afdeling en zou dus even schoon moeten kunnen worden.

Krijten is een eenvoudige en goedkope oplossing om de transmissie van het kasdek in de zomermaanden te reduceren. Krijt is echter langdurig aanwezig en reduceert de lichtinval ook op momenten dat er minder licht is, met alle gevolgen van dien. Bij moderne kassen, met vaak al meerdere scherminstallaties, is de lichtsom door middel van sluiten van het scherm op het juiste moment beter stuurbaar. Lichtreductie met behulp van schermen verdient dan ook de voorkeur in combinatie met een modern kasdekmateriaal zoals ZigZag platen.

Gedurende de gehele winterperiode is de transmissie van de Lexan-ZigZag-afdeling wat lager dan verwacht. Een tweede punt wat de momentane transmissie kan beïnvloeden is de mate en vorm van de condensdruppels. De verschijningsvorm van de condensdruppels is niet nader onderzocht. Wel is uit gesprekken naar voren gekomen dat vooral in afdelingen met nieuwe (kort na installatie) kunststofdekken meer druip voorkomt. Dit lijkt op een lage oppervlaktespanning te duiden die na verloop van tijd verandert waardoor de transmissie verbeterd. Algemeen gesproken is een condensfilm gunstiger voor de transmissie dan condensdruppels. Een “no drip” coating zorgt hiervoor. Dat de werking van deze coating niet helemaal optimaal lijkt te werken kan het gevolg zijn van de geometrie van de platen. Door de V vorm zal het water naar de punt van de V zakken waardoor het water zicht op de scherpe V-rand ophoopt waardoor het sneller kan loslaten i.p.v. afvloeit richting de condensgoot.

Een derde punt wat van invloed kan zijn is de oriëntatie van het materiaal. De nokrichting is noord–zuid. Dat betekent dat bij lage zonstanden de transmissie wat lager is dan bij een oost–west nokrichting. Uit de laboratorium metingen was naar voren gekomen dat het ZigZag materiaal een lagere diffuse transmissie heeft dan glas. In de winterdag is het aandeel aan diffuus licht juist wat groter en daarnaast wordt een lagere diffuse transmissie meestal veroorzaakt door een lagere transmissie bij kleine hoeken, die juist in de winter veel voorkomen door de lage zonstand.

Door al deze verschillende parameters als scherm, krijt, condensvorming, vervuiling en oriëntatie van de kas, zijn er door het jaar heen grote verschillen in totale lichtsom, bij vergelijking van de verschillende kasdekken, ontstaan die het gewas in de verschillende afdelingen heeft ontvangen.

Het apart ontvochtigen kan voor vermindering van condensatie op het dek zorgen Dit zou de lichttransmissie kunnen verbeteren en de energiebesparing verder kunnen verhogen. Tevens druip hiermee worden verminderd dan wel voorkomen.

Teeltaspecten

Meer licht en hogere temperatuur geven een grotere versgewichttoename bij de geteelde opkweekplanten van verschillende bromelia-soorten. Door de klimaatregelstrategie is niet eenduidig te zeggen dat een bepaald kasdek een hogere of lagere opbrengst geeft. De PMMA afdeling ontvangt tijdens de zomer maanden veel meer licht dan de afdelingen met een scherminstallatie, waarbij ook nog eens aanvullend is gekrijt. Ondanks het vele licht, is in de PMMA afdeling geen gewasschade geconstateerd terwijl de groei goed was. Dit betekent wellicht dat in de andere afdelingen onbewust opbrengst wordt verspeeld.

Bijen en hommels

De beperkte waarnemingen uit deze studie lijken uit te wijzen dat polycarbonaat (Lexan-ZigZag- en 3 laags polycarbonaatl) als materiaal voor kasdekken voor teelten waarbij bestuivende insecten (hommels en honingbijen) nodig zijn minder geschikt is. Het probleem wordt veroorzaakt door de absorptie van de ultraviolette straling. In combinatie met luchtramen die van een alternatief (UV doorlatend) materiaal zijn voorzien, bijvoorbeeld PMMA, kunnen wel teelten met bestuivende insecten gehouden worden, waarbij het systeem brandveilig blijft.

De tuinder was tevreden over de performance van de ZigZag platen. De sterkte van het materiaal sprak hem bijzonder aan. Verder was tevreden over de brandveiligheid van het materiaal gecombineerd met de hoge energiebesparing die hij onder dit materiaal kon bereiken.

5. Literatuur

Hemming, Silke, Dries Waaijenberg, Gerard Bot, Piet Sonneveld, Feije de Zwart, Agrotechnology & Food Innovations. Tom Dueck, Chris van Dijk, Anja Dieleman, Plant Research International. Nollie Marissen, Ernst van Rijssel, Bert Houter, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving., 2004.
Optimaal gebruik van natuurlijk licht in de kastuinbouw, A&F Report nr. 100. ISBN-number, 90-6757-767-0. Februari 2004.

Landbouwschap, 1984.
Kwaliteit van kassen

Sonneveld P.J., Swinkels G.L.A.M. en Waaijenberg D. 2002.
Greenhouse design for the future, which combines high insulation roof material with high light transmittance, Paper no. 02SE013, International Conference on Agricultural Engineering (AgEng), Boedapest, Hongarije, 30 juni - 4 juli 2002.

Verveer, 1993.
Handboek verwarming glastuinbouw. Nutsbedrijf Westland. N.V.

Bijlage I.
Rapportage PPO-bijen[2]

Oriëntatie van bijen en hommels onder verschillende kasdekmaterialen

Vergelijking van materialen met verschillende UV-doorlatendheid (glas, PMMA en PC)

Tjeerd Blacquière
Jeannette van der Aa-Furnée
Bram Cornelissen
Jeroen Donders

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Bijen
februari 2006

PPO nr. 630017

[2] Om de naamgeving en beschrijving van de afdelingen in overeenstemming te brengen met het basisrapport, zijn er in deze bijlage enkele tekstuele wijzigingen t.o.v. het origineel doorgevoerd.

© 2006 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
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 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Ministerie van landbouw, natuurbeheer en voedselkwaliteit (LNV)

Productschap Tuinbouw

Projectnummer: 630017

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Bijen
Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 69, 6700 AB Wageningen
Tel. : 0317 - 47 84 80
Fax : 0317 - 47 84 84
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

		pagina
Samenvatting		5
1	Inleiding	7
2	Materiaal en Methode	9
	2.1 Onderzoeklocaties	9
	2.2 Introductie van volkjes honingbijen en hommels	9
	2.3 Waarnemingen	9
	2.4 Spectrale fotonenverdeling	9
	2.5 Statistiek	10
3	Resultaten	11
	3.1 Licht onder de verschillende kasdekken	11
	3.2 Oriëntatiegedrag van honingbijen en hommels	13
	3.3 Vliegactiviteit: aantal vertrekkende en terugkerende bijen	14
4	Discussie	17
5	Literatuur	21

Samenvatting

Een aantal nieuwe kasdekmaterialen wordt momenteel onderzocht. Naast de eigenschappen die belangrijk zijn voor de groei van gewassen en de mogelijke energiebesparing, is het van belang te weten of bestuivers kunnen foerageren onder deze dekken. Bestuivers zijn belangrijk bij een aantal vruchtgroenten en sierteeltgewassen.

Uit de literatuur wordt duidelijk dat honingbijen en hommels bij het foerageren voornamelijk gebruik maken van visuele informatie. De informatie die honingbijen en hommels waarnemen is echter wel anders dan de visuele informatie die mensen waarnemen. Net als bij mensen wordt het licht waargenomen met drie lichtgevoelige pigmenten, maar anders dan bij mensen ontbreekt het pigment dat gevoelig is voor rood licht. Honingbijen en hommels blijken een pigment te bezitten dat gevoelig is voor ultraviolet. Dat pigment ontbreekt bij mensen.
Naast het kleuren zien met bovengenoemde pigmenten blijken honingbijen en hommels nog op aanvullende wijze gebruik te maken van informatie uit het licht. Zij gebruiken de zon als kompas bij hun oriëntatie. Het verliezen van goed zicht op de zon, bijvoorbeeld door meerlagige kasdekken of het gebruik van schermmateriaal in de kas, kan hun oriëntatie bemoeilijken. Wanneer de zon niet direct zichtbaar is door bewolking, weten honingbijen en hommels toch de zon te lokaliseren door het relatieve aandeel ultraviolet in het licht, en door het waarnemen van (ultraviolette) polarisatiepatronen in het licht. Honingbijen en hommels gebruiken het ultraviolet ook om vast te stellen wat onder en boven is tijdens het vliegen. Waneer een kasdek ultraviolet absorbeert worden de genoemde functies beperkt of zelfs onmogelijk.
Problemen van honingbijen en hommels met het foerageren onder verschillende kasdekken worden herhaaldelijk genoemd vanuit de tuinbouwpraktijk, vaak in relatie tot (kunststof) tunnelfolies. Er is echter niet zo veel goede literatuur beschikbaar.

In een oriënterende proef is kwalitatief en kwantitatief onderzoek gedaan naar het oriëntatiegedrag van honingbijen en hommels in kassen van een bromeliakweker en in kleine experimentele kasjes in Wageningen. De kasdekken waren glas, polymethylmethacrylaat en polycarbonaat.[3] Het spectrum van het licht onder deze kasdekken werd gemeten.
In de glazen kas was de zon zichtbaar als een lichte plek aan de hemel, maar in de polycarbonaatkas in de praktijk werd het licht verstrooid tot een lichte boog langs de hele hemelkoepel. In minder sterke mate was er ook een boogvormige verstrooiing zichtbaar in de polymethylmethacrylaatkas in de praktijk.
Alle kasdekken lieten het PAR licht (400-700 nm) goed door. Ultraviolet werd nauwelijks doorgelaten door polycarbonaat, gedeeltelijk door glas en volledig door polymethylmethacrylaat.

Na introductie in de kas lieten hommels en honingbijen normaal oriëntatiegedrag zien onder een kasdek van glas en polymethylmethacrylaat, maar niet onder polycarbonaat. Onder polycarbonaat keerden de hommels en honingbijen niet terug naar hun kast. Het maakte daarbij niet uit of het enkel of dubbel polycarbonaat betrof.

Afkortingen: PC: polycarbonaat; PMMA: Polymethylmethacrylaat; PAR: photosynthetic active radiation; PPF: photosynthetic photon flux

[3] Bij Corn. Bak bv zijn voor de energie-, klimaat-, licht- en gewasgroei-metingen twee polycarbonaat afdelingen: ZigZag en 3 laags polycarbonaat aanschouwd. Voor de experimenten met bijen en hommels is slechts één polycarbonaat afdeling gebruikt, de ZigZag-afdeling. Deze wordt in deze bijlage ook wel met PC aangeduid omdat de basismateriaaleigenschappen waaruit de platen zijn gemaakt de meeste invloed op het vluchtgedrag hebben.

1 Inleiding

De functie van kasdekmaterialen is om zoveel mogelijk straling van de zon door te laten ten behoeve van de groei van planten, en tegelijkertijd de kasatmosfeer te isoleren van de buitenlucht om verliezen van warmte door convectie te reduceren. De isolatiefunctie kan worden bevorderd door de keuze van het materiaal, maar ook door de constructie, zoals de toepassing van dubbele lagen gevuld met stilstaande lucht of vacuüm.
Voor de groei van de planten in de kas is het PAR licht of de fotosynthetisch actieve fotonenstroom (PPF) het belangrijkst, aangevuld met wat ultraviolet en ver-rood voor fotomorfogenetische processen (Kendrick & Kronenberg, 1994). Ver-rood (700-800 nm) wordt door alle kasdekmaterialen doorgelaten, maar ultraviolet wordt door sommige geabsorbeerd (Hoffman, 1999). Het ontbreken van (een deel van) het ultraviolet levert voor de planten meestal geen problemen op, maar het kan problematisch zijn voor de bestuivende insecten.

Hommels en honingbijen zijn bij het foerageren vooral afhankelijk van hun gezichtsvermogen (Goodman, 2003, Alford, 1975) Ultraviolet licht wordt waargenomen met één van de drie lichtgevoelige pigmenten uit de retinacellen van de eenheden van het samengestelde oog (Goodman, 2003). In de afwezigheid van ultraviolet worden alleen het blauw- en groengevoelige pigment aangeslagen, wat resulteert in een verminderd vermogen om bloemen te onderscheiden van de achtergrond. Ultraviolet speelt ook een rol bij het waarnemen van het 'zonnekompas': wanneer de zon door bewolking niet direct zichtbaar is, wordt de positie van de zon door bijen en hommels vastgesteld op grond van het relatieve aandeel ultraviolet in het licht. Bovendien zien bijen en hommels in het ultraviolet polarisatiepatronen waaruit ze de positie van de zon kunnen afleiden (Goodman, 2003; Gould & Glould, 1988). Een speciale zone cellen (ommatidia, uit het Grieks, letterlijk 'deeloogje') langs de dorsale rand van het samengestelde oog is daarvoor verantwoordelijk. Ultraviolet wordt ook gedetecteerd door de drie enkelvoudige puntogen (ocelli) die bovenop de kop van bijen en hommels liggen. Via deze ocelli speelt ultraviolet een rol bij het waarnemen van onder en boven tijdens het vliegen. Bijen en hommels bezitten geen labyrint om de zwaartekracht te detecteren tijdens het vliegen.

Eén van de veelbelovende kasdekken is gemaakt van polycarbonaat met een ZigZagstructuur. Hiermee wordt bereikt dat een groter deel van de invallende lichtstralen wordt doorgelaten, vooral wanneer de hoek van instraling ten opzichte van de kas klein is. Dat is vooral in de winter het geval. Dit (meerlagige) ZigZagdek zou problemen voor bijen en hommels kunnen opleveren omdat het licht verspreid en gebroken wordt, waardoor het directe zicht van de honingbijen en hommels op de zon verstoord wordt.

Problemen met bijen, en dan voornamelijk met hommels, worden regelmatig genoemd vanuit de tuinbouwpraktijk. Het betreft meestal problemen bij het foerageren onder plastic folietunnels of kassen, zowel in de Nederlandse, Noord-Amerikaanse (Canada en Verenigde Staten), Spaanse als Israëlische tuinbouw. Dergelijke folies bevatten vaak chemicaliën die het ultraviolet blokkeren (absorberen) waardoor het folie minder snel verweert. Dergelijke problemen zijn spaarzaam ook in wetenschappelijke artikelen beschreven (Morandin *et al.,* 2001).
Ook andere insecten kunnen last hebben van het veranderde licht onder kasdekken. Dat is gunstig als het plaaginsecten betreft, maar weer ongunstig als het de 'beneficials' betreft.

Bij de introductie van nieuwe kasdekken s het noodzakelijk vast te stellen of ze wel verenigbaar zijn met het gebruik van bestuivers, honingbijen en hommels die ingezet worden voor de bestuiving van een aantal gewassen. Het gebruik van hommels voor de bestuiving van tomaten is wereldwijd ingeburgerd, en bespaart enorm veel (arbeids)kosten die voor de introductie van hommels werden gemaakt om het gewas mechanisch te trillen. Honingbijen worden ingezet in de teelt van paprika's, courgettes, aubergines, frambozen, aardbeien en andere gewassen.

In het hier beschreven onderzoek vergelijken we het oriëntatiegedrag van honingbijen en hommels meteen na introductie in de kas onder twee kunststof kasdekken (PMMA en PC), vergeleken met als referentie normaal tuinbouwglas. De verkregen resultaten worden besproken in relatie tot de (schaarse) beschikbare literatuurgegevens.

2 Materiaal en Methode

2.1 Onderzoeklocaties

Het onderzoek werd uitgevoerd bij Corn.bak bv in Assendelft. Dit bedrijf heeft kasdekken van verschillende materialen op verschillende afdelingen van de kas toegepast. Op deze locatie is ook het onderzoek naar de klimaateffecten en effecten van de kasdekken op de groei van de planten uitgevoerd. De kasdekken die zijn onderzocht met bijen en hommels waren: glas, dubbellagig PMMA en dubbellagig Lexan-ZigZag PC. In de glas- en PC-afdeling waren schermen aanwezig (I LS 60 revolux en open revolux (in de ventilatieramen) met een schermpercentage van 75%), dit ontbrak in de PMMA-afdeling. De schermen waren gesloten tijdens de waarnemingen. De waarnemingen werden uitgevoerd op 24 en 31 augustus en op 7 september 2005.
Het streven was om zowel waarnemingen te doen onder zonnige buitenomstandigheden als onder bewolkte. Bij bewolkt weer hebben bijen en hommels geen direct zicht op de zon, en moeten ze die indirect waarnemen (zie inleiding: polarisatie en ultraviolet aandeel in het licht). Helaas hadden we steeds zonnige dagen. Daarom is er één dag (10 november) aanvullend waargenomen in kleine kasjes (3m x 4m) die voor het project “Additionele voordelen van energiebesparende kasdekmaterialen” (UV-project) in Wageningen waren geplaatst. Die dag begon zonnig, zodat de niet verwarmde kasjes goed opwarmden, en ging toen over op bewolkt, zodat toch nog onder bewolkte omstandigheden kon worden waargenomen. De kleine kasjes hadden glas-, PMMA- en PC dek, alle enkelvoudig en vlak.

2.2 Introductie van volkjes honingbijen en hommels

In Assendelft werden volkjes honingbijen in MiniBeuten (2 broedbakjes) in de kas geplaatst . MiniBeuten zijn kleine polystyreen kastjes, een kastje met 2 broedbakken bevatte ongeveer 5000-6000 bijen. Tegelijk werden hommelvolkjes geplaatst, afkomstig van een commerciële hommelleverancier. De hommelvolkjes bevatten ongeveer 60-70 werksters. De kasafdelingen waren ongeveer 2500 m^2 (glas) en 3500 m^2 groot.
Bij de experimenten in de kleine kasjes werd een MiniBeute met één broedbakje gebruikt. Deze volkjes bevatten ongeveer 2500 bijen. Er werden geen hommelvolkjes gebruikt.
Korte tijd (ongeveer 10 minuten) na plaatsen werden de kasten geopend, tegelijkertijd in de verschillende afdelingen. Zo mogelijk werd steeds tegelijk in de referentiekas (glas) en in een kunststofkas geobserveerd.

2.3 Waarnemingen

Omdat er geen voor bijen en hommels geschikt foerageergewas in de kassen aanwezig was, kon er slechts worden gekeken naar het oriëntatiegedrag van de bijen en hommels. Een paar keer hebben we een honingraat met verse honing als voedselbron aangeboden.
Meteen bij het openen van de kast werd waargenomen hoe de bijen en hommels zich gedroegen (kwalitatief). Een paar keer per dag werd gedurende een half uur bijgehouden hoeveel bijen en hommels de kast verlieten, en hoeveel er terugkwamen. Bij de observaties van 7 september werd hetzelfde bijenvolk eerst gebruikt in de PC-kas, daarna in de PMMA kas. Het controlevolk bleef ondertussen in de glas-kas.
In de kleine kasjes werden de dag na de observaties alle bijenwerksters die niet waren teruggekeerd naar hun kast verzameld en geteld (dode en nog levende). Tijdens de observaties (periodes van 15 minuten) werd de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid in de kas gemeten.

2.4 Spectrale fotonenverdeling

Met een Li-Cor 1800 draagbare spectroradiometer werd de spectrale fotonenverdeling in de verschillende afdelingen gemeten in het golflengtegebied van 300-850 nanometer. Omdat gedurende de dag het lichtniveau fluctueert, werden

de spectra vergelijkbaar gemaakt door het hoogste gemeten punt van de spectra op 100% te zetten. De metingen werden gedaan tussen 11.30 en 13.30 uur op 7 september 2005.

2.5 Statistiek

Omdat het niet haalbaar was meer dan één hommelvolk en één bijenvolk tegelijk te observeren kan geen statistiek worden toegepast op de cijfers. Er waren twee waarnemers tegelijk actief: een in de referentiekas (glas) en een in de kunststofkas. Opeenvolgende waarnemingen werden uitgevoerd aan hetzelfde volk, zodat ze niet onafhankelijk zijn.

3 Resultaten

3.1 Licht onder de verschillende kasdekken

De verschijningsvorm van de zon, gezien in de kas vanuit de positie van de bijenkasten, wordt getoond in de Figuren 1-3. In de glazen kas is de zon zichtbaar als een sterke lichtvlek, waaruit de positie goed is vast te stellen (Figuur 2). In de PC kas toont de zon zich als een lichte boog langs het hele kasdek (Figuur 3). Het is niet goed te zien waar de zon nu echt staat. In de PMMA kas is de zon zichtbaar als een vage boog, maar wel met extra verstrooid licht op de plek waar de zon echt staat (Figuur 1). De foto's zijn gemaakt op 7 september, en de situatie geeft de toestand weer tijdens de waarnemingen. Het is duidelijk zichtbaar dat de schermen dicht waren, maar dat geen scherm aanwezig was in de PMMA kas (Figuur 1). De schermen zelf zijn een extra hindernis voor de bijen en hommels.



Figuur 1. Foto van de zon gezien door het kasdek van de PMMA kas. Op de voorgrond staat een MiniBeute met bijen. Links op het tablet ligt een honingraat met verse honing. Foto Tjeerd Blacquière.

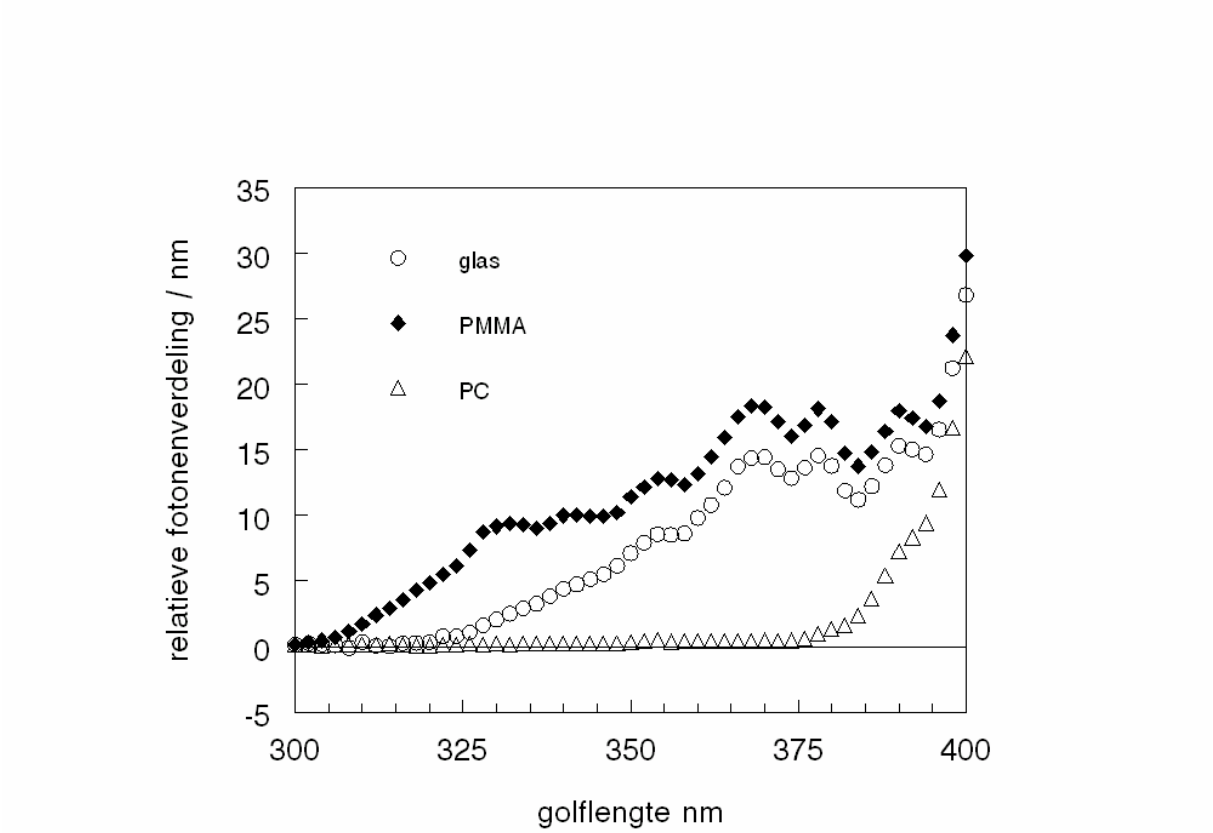


Figuur 2. Foto van de zon gezien door kasdek en scherm in de glazen kas. Foto Erik van Os



Figuur 3. Foto van de zon gezien door kasdek en scherm in de PC kas. Foto Erik van Os.

De gemeten spectra in de drie kassen staan in Figuur 4. Alleen het ultraviolette deel van het spectrum is weergegeven (300-400 nm). Deze spectra geven voor een deel een beeld van de (toevallige) lichtomstandigheden op 7 september, maar de verschillen tussen de kassen worden veroorzaakt door de verschillen in transmissie van de kasdekken. PMMA laat ultraviolet over de hele breedte van 300 tot 400 nm door, glas vanaf 320 tot 400, en PC pas vanaf 375 nm tot 400 nm.



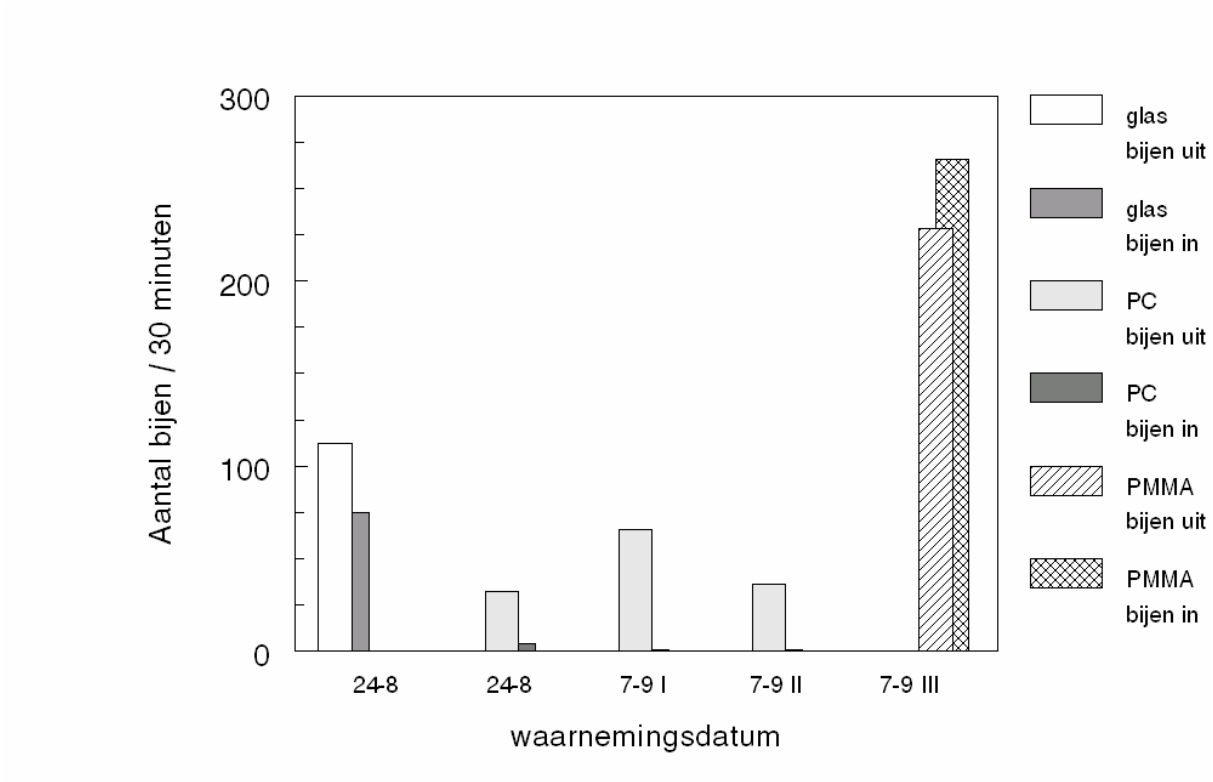
Figuur 4. Spectra van het licht gemeten in drie kasafdelingen met glas, PC en PMMA kasdek op 7 september 2005. Alleen de golflengten van 300-400 nm worden getoond. Op de Y-as relatieve waarden (zie materiaal en methoden).

3.2 Oriëntatiegedrag van honingbijen en hommels

Zodra de vliegopening van de bijenkast werden geopend in de glazen en PMMA kas, verschenen de bijen in de opening en begonnen ze kleine horizontale cirkels te vliegen rond de kast. De cirkels werden steeds groter, en na een paar cirkels vlogen de bijen weg in een horizontale richting. Na een paar minuten kwamen de eerste bijen terug naar de kast. Dit is heel normaal gedrag wanneer bijenvolken worden uitgezet in kassen of op een nieuwe plek buiten. Ongeveer hetzelfde gedrag werd gezien bij de hommels. Ze vlogen alleen wat minder cirkels, en vertrokken sneller.
In de PC kas kwamen de bijen naar buiten, vlogen hoogstens één cirkel en verdwenen daarna meteen terwijl ze loopings vlogen in de richting van de ventilatieramen boven in de kas. Daar bleven ze ‘gevangen’ tegen het insectengaas in de open luchtramen hangen. Er kwamen nauwelijks bijen terug naar de kasten. Ook in de PC kas was het gedrag van de hommels ongeveer hetzelfde als dat van de honingbijen.
Een honingraat met verse honing, neergelegd op ongeveer 2 meter van de bijenkast op het groeitablet (zie Figuur 3) werd onder PMMA gemakkelijk gevonden door de bijen, minder goed onder glas, en slecht onder PC. Bijen in de PC kas die probeerden te landen op de honingraat misten de raat vaak en landden op een paar decimeters afstand naast de raat.

3.3 Vliegactiviteit: aantal vertrekkende en terugkerende bijen

De waarnemingen werden gedaan in de praktijkkas van Corn. Bak bv op 24 en 31 augustus en op 7 september 2005. Op 31 augustus was het erg warm in de kassen, en was er nauwelijks activiteit van de bijen en hommels waarneembaar. Op de andere dagen waren de temperaturen gematigd (20-25 °C). Een aantal gegevens (de metingen in de glazen kas) van 7 september zijn helaas verloren gegaan. De resultaten van de waarnemingen staan in Figuur 5.

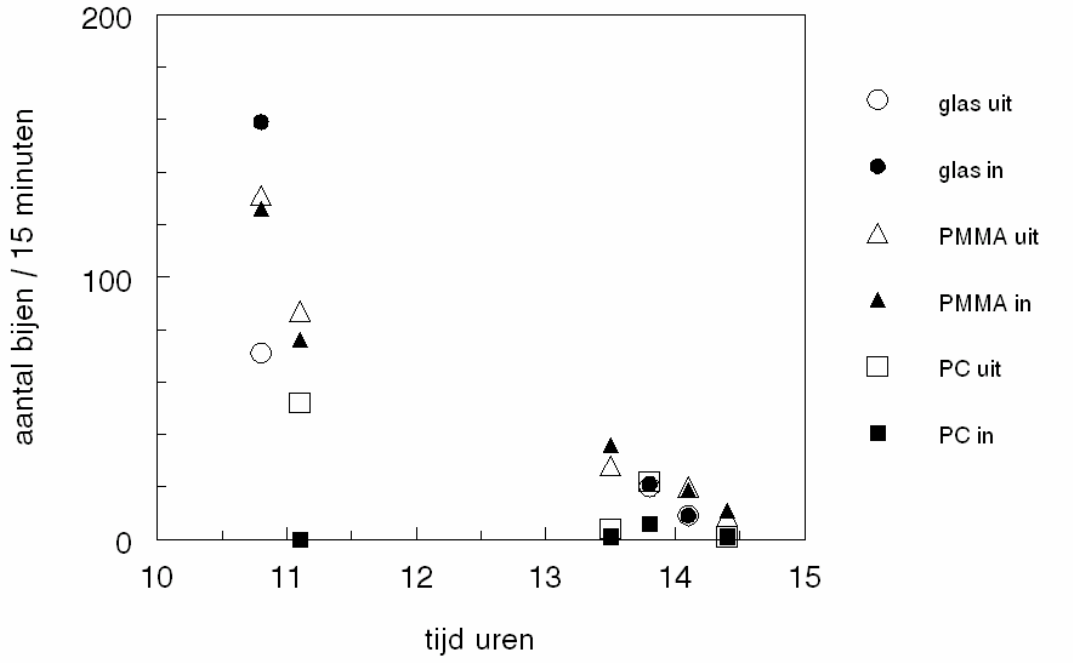


Figuur 5. Aantal bijen dat de kast verliet (elke eerste kolom) en dat terugkeerde naar de kast (elke tweede, deels verborgen kolom) gedurende waarnemingsperiodes van een half uur. 24-8: gelijktijdige waarneming onder glas en PC. 7-9: opvolgende waarnemingen aan hetzelfde bijenvolk: I onder PC, 11 uur; II: onder PC, 13 uur; III: onder PMMA, 13,30 uur. De gelijktijdige waarnemingen onder glas op 7-9 zijn verloren gegaan.

Meestal was het aantal bijen dat terugkwam onder glas en PMMA even hoog of iets lager dan het aantal vertrekkende bijen. Onder PC kwamen nauwelijks bijen terug. Dat er meer bijen terugkwamen dan er vertrokken (7-9 III, PMMA) wordt verklaard doordat bijen die terugkwamen tijdens de observatieperiode (deels) al waren vertrokken voor dat halve uur.
Op 7 september werden om 11 uur ook hommels waargenomen onder PC: zestien werksters vertrokken, één werkster kwam terug.
Op 7 september werd in de glazen kas waargenomen dat heel veel bijen terugkwamen naar de kast op het moment dat het scherm automatisch openging omdat de instraling terugliep (getallen niet weergegeven). Tot dat moment hadden deze bijen gevangen gezeten tussen scherm en kasdek.

De waarnemingen gedaan op 10 november in de kleine kasjes in Wageningen, in perioden van 15 minuten, staan in Figuur 6. De vliegactiviteit was hoog rond 11 uur, maar nam gedurende de dag af. De aantallen vertrekkende en terugkerende bijen kwamen goed overeen onder PMMA (vergelijk open met dichte driehoekjes), redelijk onder glas (open en dichte bolletjes), maar slecht onder PC (open en dichte vierkantjes), omdat er nauwelijks bijen terugkeerden. De kassen waren niet verwarmd, behalve door de zon.

De temperaturen in de kasjes verschilden tijdens de waarneming rond 11 uur (glaskas: 24 °C, PMMA kas: 23 °C, PC kas: 19 °C), later waren de temperaturen gelijk in de kasjes, rond 13.30 uur: 20 °C, na 14 uur: 17 ° C. Een lagere temperatuur in de PC kas rond 11 uur zou deels de lagere vliegactiviteit kunnen verklaren.



Figuur 6. Waarnemingen van het aantal bijen dat de kast verlaat (=uit) en dat terugkeert naar de kast (=in) op 10 november 2005 in de kleine experimentele kasjes in Wageningen.

Nadat de vliegactiviteit van de bijen stopte werden de bijenkasten achtergelaten in de kasjes tot de volgende ochtend. Voordat de bijen weer actief waren werden de kasten gesloten en verwijderd uit de kasjes. De bijen die het niet gelukt was terug te keren naar hun kast de vorige dag werden uit de kasjes verzameld. Sommige waren dood, sommige nog levend. De aantallen die werden teruggevonden staan in Tabel 1. Er werden hoge aantallen teruggevonden onder glas en PC, lage aantallen onder PMMA.

Tabel 1. Aantal bijen teruggevonden in de kassen op de dag na de waarnemingen.

Kasdek	levende bijen	dode bijen	totaal aantal bijen
glas	137	46	183
PMMA	33	22	55
PC	168	53	211

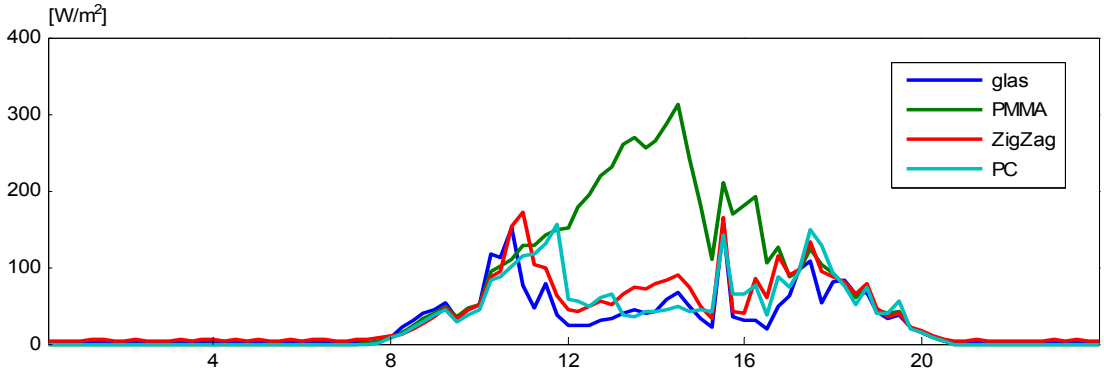
4 Discussie

Er stond in de kassen van Corn. Bak bv geen geschikt gewas waar bijen en hommels op konden foerageren. In de kleine experimentele kasjes stond helemaal geen gewas. Daardoor moesten we het onderzoek beperken tot het oriëntatiegedrag van de bijen en hommels bij introductie in de kas. Dat is een beperkte basis om de geschiktheid van kasdekmaterialen op hun geschiktheid voor bestuivende insecten te beoordelen. Het zou kunnen zijn dat bijen en hommels na hun eerste oriëntatie in de kas kunnen leren en zich kunnen aanpassen aan een situatie met beperkt zicht door een gebrek aan ultraviolet. Dyer & Chittka (2004) toonden aan dat hommels moeite hadden met foerageren zonder ultraviolet in het licht: ze leverden snelheid in. Maar na een paar bloembezoeken bleken ze snel te leren, en begonnen ze de bloemen met dezelfde snelheid te bezoeken als met ultraviolet. Nadat ze zich op deze manier hadden aangepast aan het foerageren zonder ultraviolet, bleken ze het weer lastiger te vinden om te foerageren *met* ultraviolet. Maar ook daaraan pasten ze zich weer snel aan. Toch is het, ondanks dit vermogen van hommels en bijen om te leren, onwaarschijnlijk dat de bijen die direct naar het insectengaas in de luchtramen vlogen in de PC kas ooit nog van hun leervermogen gebruik hadden kunnen maken en hadden kunnen leren de kast terug te vinden. Onder normale omstandigheden keren bijen altijd terug naar de kast voor de nacht. Bijen die niet terugkeren gaan verloren. Dat geldt ook voor de bijen die in de kleine kasjes werden teruggevonden de volgende dag (Tabel 1). Hommels overnachten wel af en toe in het veld (vaak hangend aan een bloem).

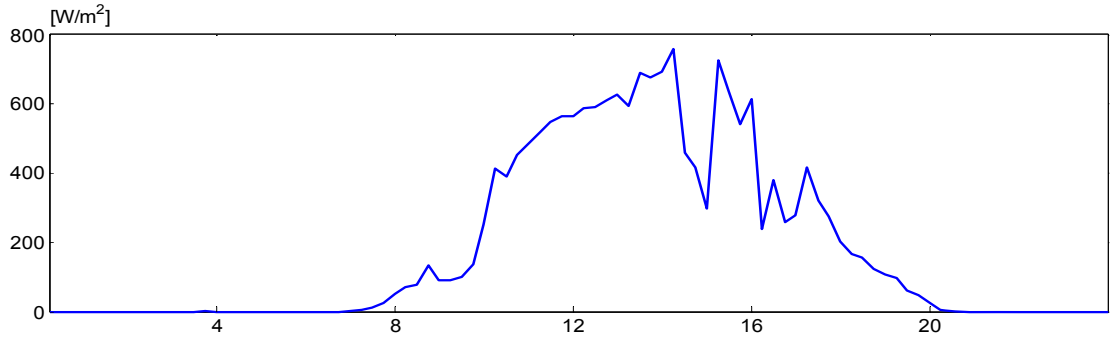
De vliegactiviteit van een volk, het aantal in- en uitvliegende bijen, is niet zo zeer afhankelijk van het aantal bijen dat in een volk aanwezig is, maar wordt vooral bepaald door de beschikbare beloning (nectar, stuifmeel) en de beschikbare foerageerruimte. In de kleine kasjes van slechts 12 m^2, zonder beloning, is daarom slechts geringe activiteit te verwachten. Als we volkjes met 5000 werksters hadden gebruikt in plaats van volkjes met 2500 werksters zouden we nauwelijks meer activiteit hebben gezien. Omdat er geen beloning binnenkomt in het volk, zien de werksters er vanaf actief te blijven foerageren.

Het aantal dode bijen dat in de kleine kasjes werd teruggevonden zouden de door normale mortaliteit gestorven bijen kunnen vertegenwoordigen. Honingbijen verwijderen dode bijen uit hun kast en gooien ze op enige afstand van de kast. Omdat de volkjes van buiten in de kou naar binnen waren gebracht werden ze geactiveerd, en startte meteen het schoonmaken en opruimen van de dode bijen. Het aantal bijen dat nog levend werd teruggevonden in de kasjes zou meer te maken kunnen hebben met het niet terugvinden van de kast. Het was niet zo dat de meeste bijen werden teruggevonden in de kas met de hoogste vliegactiviteit. Dat zou het geval geweest zijn als een bepaald aandeel van de bijen zou falen bij het terugkeren naar de kast. Dus het hoge aantal bijen teruggevonden in het PC kasje werd niet veroorzaakt doordat meer bijen vlogen onder PC (Figuur 6), maar doordat minder bijen terugkeerden (Figuur 6, Tabel 1). De hoogste vliegactiviteit werd gezien onder PMMA (Figuur 6), terwijl daar het laagste aantal bijen werd teruggevonden (Tabel 1).

Omdat de waarnemingen werden uitgevoerd aan slechts één volk per kas of kasafdeling, kunnen verschillen tussen de volken hebben geïnterfereerd met verschillen tussen de kasdekken. Het ene volk kan van nature of door de samenstelling simpelweg actiever zijn dan het andere. Toch was het heel opmerkelijk om te zien hoe een bijenvolk, nadat het werd verplaatst van de PC kas naar de PMMA kas (7-9 II naar 7-9 III in Figuur 5), opeens veel actiever werd. Dit werd mogelijk veroorzaakt door het extra licht (geen scherm in de PMMA kas), en misschien ook door het extra ultraviolet (zie Figuur 4). In de PMMA kas gingen de bijen zich ook meteen normaal gedragen (vliegen van horizontale cirkels, horizontaal wegvliegen, terugkeren naar de kast). Ter illustratie is het verloop van de binnenstraling onder de vier kasdekken (Figuur 7) en van de buitenstraling (Figuur 8) weergegeven. Om circa 14 uur nam de buitenstraling sterk af. Dit gebeurde ook onder PMMA (rode lijn), terwijl bij de andere kasdekken het invallende licht daarna juist toenam: hier gingen de schermen open! Dat gebeurde na 16 uur nog een keer.



Figuur 7. Verloop van de straling (W/m^2) in de kas op gewasniveau op 7 september 2005



Figuur 8. Verloop van de straling (W/m^2) buiten op 7 september 2005.

De stralingssom op 7 september was 435, 563, 1048, 527 J/cm^2 voor respectievelijk: glas, PC Lexan-ZigZag, PMMA en 3 laags PC. Buiten bedroeg de stralingssom 2991 J/cm^2.

We hebben niet zo heel veel waarnemingen gedaan aan hommels. Daarvoor zijn een paar redenen. Hommelvolken bevatten relatief maar weinig werksters, en wanneer in de eerste minuten 10 tot 20 werksters verloren gaan, kan in de uren daarna geen onbeïnvloede activiteit verwacht worden. Kwalitatief was het gedrag van de hommels echter steeds volledig vergelijkbaar met dat van de honingbijen.

De problemen die de bijen en hommels hebben onder PC worden waarschijnlijk niet veroorzaakt door breking van het licht van de zon in de vorm van een boog van licht. In de perceptie van honingbijen is de zon een ronde, smalle en heldere lichtbron (Gould & Gould, 1988). Breking van het licht tot een boog was deels ook het geval onder PMMA, waar de bijen geen problemen hadden. Bovendien hadden de bijen ook problemen onder enkeldeks en vlak PC, waar de zon niet tot een boog van licht werd gebroken. Waarschijnlijk is de absorptie van ultraviolet de oorzaak van de problemen voor de bijen. Hommels en honingbijen hebben problemen met vliegen en oriënteren onder een PC kasdek. Morandin *et al.* (2001) toonden aan dat in plastic foliekassen met tomaat de verliezen aan hommelwerksters minder groot waren wanneer het folie ultraviolet (vanaf 315 nm) doorliet dan onder folies die slechts vanaf 350 nm doorlieten. Ook was de activiteit van de hommels groter. Wanneer de interactie tussen bloemen en bijen vanaf de andere kant werd onderzocht, door camera's te richten op individuele bloemen in een kas met een ultraviolet absorberende folie, bleek geen van de bloemen intiem bezoek van een bij te ontvangen (B. Vaissière, lezing op Apimondia congres Dublin, 2005).

Zouden de verliezen minder groot zijn geweest als er een aantrekkelijk gewas om te foerageren aanwezig was geweest in de praktijkkassen en in de experimentele kasjes? Dan hadden de bijen mogelijk gebruik kunnen maken van geursignalen naast de visuele. De aanwezigheid van geursignalen zou mogelijk het leervermogen hebben kunnen verbeteren. Toch is het onwaarschijnlijk dat de problemen met oriëntatie van de bijen die meteen naar de luchtramen vlogen minder zouden zijn geweest, omdat hommels en bijen voornamelijk op visuele informatie oriënteren (Goodman, 2003).

In hoeverre meer en verschillende prikkels zouden kunnen helpen beginverliezen bij de oriëntatie te verminderen blijft de vraag. Birmingham & Winston (2004) toonden aan dat het aanbrengen van grote duidelijke markeerborden in een commerciële tomatenkas (van folie met een slechte doorlaat van ultraviolet) de foeragerende hommels hielp. De foerageervluchten werden korter van duur, terwijl ze evenveel lading thuisbrachten. Het hielp echter helemaal niet tegen het vervliegen en tegen de beginverliezen aan werksters. Het lijkt er op dat de verliezen aan hommelwerksters bij het plaatsen in de kas een ander fenomeen is dan het normale foerageren in de kas, en dat leren daarbij een geringere rol speelt.

Vanuit de praktijk worden problemen met snelle aanvangsverliezen van hommels ook gemeld bij belichte teelten van tomaat (Moerman 2004, 2005; Huvermann & Moerman, 2005). Daar zijn de problemen het grootst wanneer de volkjes worden ingezet in heel donkere perioden (november tot januari, bewolkt weer). In dergelijke periodes is het aandeel van het lamplicht erg groot ten opzichte van het natuurlijke licht. Groeilamplicht vertoont veel deficiënties in het spectrum in relatie tot het gezichtsvermogen van hommels en bijen.

Conclusie

De beperkte waarnemingen uit deze studie neigen uit te wijzen dat PC als materiaal voor kasdekken voor teelten waarbij bestuivende insecten (hommels en honingbijen) nodig zijn niet geschikt is. Het probleem wordt veroorzaakt door de absorptie van het ultraviolet. In hoeverre bijen en hommels kunnen omgaan met situaties met gebrekkig licht door leergedrag moet worden uitgezocht in uitgebreider onderzoek.

Dankwoord
Wij bedanken Corn. Bak bv in Assendelft voor hun gastvrijheid en voor de mogelijkheid om waarnemingen te doen in hun kasafdelingen. Speciale dank gaat uit naar Eline de Vos. Erik van Os maakte de foto's van Figuur 1 en 2. De Li-Cor 1800 spectroradiometer werd welwillend beschikbaar gesteld door PPO Aalsmeer. Caroline Koopsen, Lonne Gerritsen, Sjef van der Steen, Silke Hemming en Erik van Os hebben eerdere (Engelstalige) versies van dit verslag kritisch van commentaar voorzien, daarvoor onze dank. Het onderzoek werd gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) en door het Productschap voor Tuinbouw (PT).

© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

5 Literatuur

Alford D.V. 1975. Bumblebees. Davis Poynter Ltd. London.
Birmingham A.L. & Winston M.L. 2004. Orientation and drifting behaviour of bumblebees (Hymenoptera: Apidae) in commercial tomato greenhouses. Can. J. Zool. 82, 52-59.
Dyer A.G. & Chittka L., 2004a. Bumblebee search time without ultraviolet light. J. Exp. Biol. 207, 1683-1688.
Goodman, L. 2003. Form and Function in the Honey Bee. IBRA, Cardiff, UK. 220 pages.
Gould J L & Gould C G 1988. The honey bee. The Scientific American Library, New York.
Hoffmann S, 1999. Zur Wirkung von photoselektiven Bedachungsmaterialen auf Zierpflanzen. Gartenbautechnische Informationen, Heft 46. Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft, Universität Hannover
Huvermann R. & Moerman E. 2005. Spelen met bestuiving in belicht tomatengewas. Groenten & Fruit 10, 22-23.
Kendrick R E and Kronenberg G H M, 1994. Photomorphogenesis in Plants, 2nd edition. Kluwer Academic Publishers.
Moerman E. 2004. Plant en hommel blij met juiste toepassing nestkasten. Groenten & Fruit 45, 28-29.
Moerman E. 2005. Bestuiving belichte tomaat verbetert stap voor stap. Groenten & Fruit 44, 24-25.
Morandin L.A., Laverty M.L., Kevan P.G., Khosia S. & Shipp L. 2001. Bumble bee (Hymenoptera: Apidae) activity and loss in commercial tomato greenhouses. Canad. Entomol. 133, 883-893.
Vaissière B. 2005. The importance of bees as greenhouse pollinators. Abstract 142, Apimondia 2005, Dublin.

© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.