



Teelt en energie 2SaveEnergy kas

Frank Kempkes en Jan Janse

Rapport GTB-1402

Referaat

Energiebesparing door een isolerend kasdek van isolatieglas vergt een grote investering. In de zoektocht naar een goedkoper alternatief is door een consortium van bedrijven bestaande uit VDH Plastic Greenhouses, Van der Valk Horti Systems, AGC Chemicals Europe en Boal Systems een Glas-Film-Kasdek, beter bekend als het 2SaveEnergy concept ontwikkeld en in de zomer van 2014 ook gerealiseerd. De combinatie van helder glas met een diffuse ETFE film en een dubbel scherm welke op slechts enkele centimeters afstand van elkaar gemonteerd is heeft in het teeltjaar 2015 tot een laag energiegebruik en een prima tomaten productie geleid. Tijdens de teelt zijn de principes van het nieuwe telen zoveel mogelijk aangehouden. Ten opzichte van de gangbare praktijk was het energiegebruik meer dan 50% lager bij een minimaal gelijke productie.

Abstract

Energy savings through a greenhouse cover of insulation glass requires a large investment. In the search for a cheaper alternative by a consortium of companies consisting of VDH Plastic Greenhouses, Van der Valk Horti Systems, AGC Chemicals Europe en Boal Systems a Glass-Film-greenhouse cover, better known as the 2SaveEnergy greenhouse concept was realized in summer 2014. The combination of clear glass with a diffuse ETFE film and a double screen mounted at a distance of only a few centimetres, in the year 2015, resulted in a low energy consumption and a better than expected good tomato production. During cultivation, the principles of the new cultivation methods were used. With respect to the common practice, the energy consumption was more than 50% lower at a minimum equal production.

Rapportgegevens

Rapport GTB-1402

Projectnummer: 3742179100



Disclaimer

© 2016 Wageningen UR Glastuinbouw (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E glastuinbouw@wur.nl, www.wageningenUR.nl/glastuinbouw. Wageningen UR Glastuinbouw.

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

Adresgegevens

Wageningen UR Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0)10 522 51 93

Inhoud

	Voorwoord	5
	Samenvatting	7
1	Het concept van de 2SaveEnergy kas	9
	1.1 De kas	9
	1.2 Het kasdek	11
	1.3 Ontvochtiging	16
	1.4 Het teeltconcept	16
2	Kasklimaat en energiehuishouding	17
	2.1 Kasluchttemperatuur, luchtvochtigheid en CO ₂ -concentratie	17
	2.2 Energiehuishouding	21
3	Gewasgroei	27
	3.1 Onderzoeksopzet	27
	3.1.1 Komkommer 2014	27
	3.1.2 Tomaat 2015	27
	3.2 Resultaten	28
	3.2.1 Tomaat 2015	28
4	Publiciteit	33
5	Conclusies	35
	Literatuur	37
	Bijlage 1 Overzicht publicaties en presentaties	39

Voorwoord

Geïnspireerd door de ervaringen met een kas gemaakt van isolatieglas, in 2010 in het Innovatie en Demo Centrum gebouwd, heeft een consortium van bedrijven bestaande uit VDH Plastic Greenhouses, Van der Valk Horti Systems, AGC Chemicals Europe en Boal Systems het 2SaveEnergy kasconcept ontworpen. Dit kasconcept is in de zomer van 2014 in het IDC in Bleiswijk ook daadwerkelijk gebouwd. Sindsdien zijn er een herfststeelt komkommer en één jaarrondeelt met tomaat in de kas getest. Het 2SaveEnergy kasconcept bestaat naast een combinatie van een 'standaard' kasdek met daaronder een ETFE-film om een goede isolatie te bereiken ook uit een dubbele scherminstallatie met een spouw afstand van slechts 5 cm. Ook het verder doorvoeren van de opgedane kennis met het nieuwe telen zoals dat beschreven is in het project 'Nieuw kasdek voor het nieuwe telen' en de ervaringen met HNT in de VenlowEnergy kas hebben bijgedragen aan het minimaliseren van het energiegebruik. Deze aanpak is als een "proof of principle" project in het kader van het innovatieprogramma Kas als Energiebron in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en LTO glaskracht uitgevoerd. Kas als Energiebron is het innovatie- en actieprogramma dat er voor moet zorgen dat de doelen van de glastuinbouw voor energiebesparing en minder CO₂-uitstoot worden bereikt. LTO Glaskracht Nederland en het Ministerie van Economische Zaken trekken daarbij samen op. In het programma werken glastuinders, toeleveranciers, onderzoekers, brancheorganisaties en de overheid samen. In het onderzoek werd gezocht naar het optimaal sturen van het gewas, waarbij zo zuinig mogelijk zou worden omgegaan met het inzetten van warmte en elektriciteit in de kas om tot een energiebesparing van minimaal 50% ten opzichte van de gangbare praktijk te komen. Het succes van de kasproef is mede te danken aan de intensieve begeleiding door een BCO bestaande uit Kees Stijger, Jasper Oussoren, Ted Duijvestijn en Vincent van der Lans.

Frank Kempkes en Jan Janse
Wageningen UR Glastuinbouw
Mei 2016

Samenvatting

Met het tot stand komen van de 2SaveEnergy kas op het Innovatie en Demo Centrum bij Wageningen UR glastuinbouw in Bleiswijk is een nieuwe stap gezet in het creëren van isolatie van de kas door middel van een isolerend kasdek. Een consortium van bedrijven bestaande uit VDH Plastic Greenhouses, Van der Valk Horti Systems, AGC Chemicals Europe en Boal Systems hebben het 2SaveEnergy kasconcept geïnspireerd door een dubbelglas kas met isolatieglas, ontworpen en gebouwd. Na de bouw zijn er een korte herfstteelt komkommer en één jaarronde teelt met tomaat in de kas getest.

Het 2SaveEnergy kasconcept bestaat uit een combinatie van een "standaard" kasdek met daaronder een ETFE-film om een goede isolatie te bereiken. Daarnaast is er ook een dubbele scherminstallatie met een spouw afstand van slechts 5 cm gemonteerd. Ook het verder doorvoeren van de opgedane kennis met het nieuwe telen in verschillende projecten zoals de VenlowEnergy kas en de beschikbaarheid van zuivere CO₂ hebben bijgedragen aan het minimaliseren van het energiegebruik. Deze aanpak is als een "proof of principle" project in het kader van het innovatieprogramma Kas als Energiebron in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en LTO glaskracht uitgevoerd.

In tegenstelling tot het in een voorstudie bepaalde optimale (m.b.t. transmissie eigenschappen) kasdek van diffuus glas met een helder film, is uiteindelijk gekozen voor vertrouwd hoog transparant helder glas met een diffuse F-clean film daaronder. Reden hiervoor was het onbekende effect van condens op de transmissie van een diffuse ruit.

De productie van tomaat (Cappriccica) was met 67 kg/m² hoger dan het gestelde doel van 63 kg/m² en conform of zelfs hoger dan van praktijkbedrijven. Het diffuse kasdek zal ongetwijfeld een deel hiervan voor zijn rekening hebben genomen. De teelt is over het algemeen goed verlopen zonder Botrytis of andere aantastingen. Opvallend was wel dat er in verschillende periodes ongelijkheid in en binnen de trossen was. De oorzaak hiervan is onduidelijk en heeft ongetwijfeld wat effect op de totale productie gehad. Het is onwaarschijnlijk dat dit veroorzaakt is door het kasconcept.

De experimenten in de 2SaveEnergy kas hebben laten zien dat het goed mogelijk is om bij lage input van energie (15.5 m³/m²), toch een praktijkconforme productie te bereiken bij een slechts geringe toename van het elektriciteitsgebruik (ca. 1 kWh) ten opzichte van een standaard kas. In de haalbaarheidsstudie voorafgaand aan dit project is al berekend dat dit concept een besparing tot 50% moet kunnen bereiken ten opzichte van de gangbare praktijk. Hoewel dat met deze proef is bevestigd, moet benadrukt worden dat dit het gezamenlijke resultaat is van zowel het kas- en teelt-concept. Daarnaast is door omstandigheden (niet gerelateerd aan deze proef) de teeltduur aan de korte kant geweest waardoor enkele koude weken, waar in de praktijk ook zwaar geschermd wordt en de besparing wat lager uitvalt, niet hebben meegeteld. De bereikte hoge besparing is ten opzichte van gangbare praktijkbedrijven die niet dan wel zeer beperkt gebruik maken van Het Nieuwe Telen. In onderstaande tabel is het praktijk gebruik nader vergeleken met het energiegebruik van de 2SaveEnergy kas.

Omschrijving kasuitrusting	Praktijk [m ³ /m ²]	2SaveEnergy [m ³ /m ²]
Gangbare praktijk: 1 beweegbaar scherm, in opstart vast folie, teeltperiode eind januari- eind oktober	26.9 ^{a)}	12.6 ^{a)}
Gangbare praktijk: 1 beweegbaar scherm, in opstart vast folie, teeltperiode eind januari- eind december	31 ^{b)}	15.5 ^{c)}
Praktijk volgens Het Nieuwe Telen: 2 onafhankelijk beweegbare schermen, ontvochtigingsinstallatie een enkel dek, teeltperiode eind januari eind december	23 ^{b)}	

^{a)} Gemeten

^{b)} Geschat

^{c)} berekend

De besparing op warmte laat door het jaar twee duidelijke seizoenen zien: de winter waar met name het kasdek en scherm voor de besparing zorgt en de zomer waar meer het teeltconcept energiebesparing oplevert ten opzichte van de gangbare praktijk.

Het lage energiegebruik in de zomer heeft wel het nadeel dat er, om het productieniveau te halen, absoluut een externe CO₂ bron beschikbaar moet zijn. Ook bij de zuinige doseerstrategie die in deze proef is toegepast, zal op jaarbasis al snel zo'n 13 kg CO₂ ingekocht moeten worden. De beschikbaarheid van een alternatieve CO₂ bron is dan ook van groot belang om deze hoge besparingen te bereiken.

De ontvochtiging met buitenluchtaanzuiging en naverwarming, heeft naar behoren gefunctioneerd en het niet toepassen van een minimumbuis temperatuur heeft niet tot zichtbare (vocht) problemen geleid.

De sneeuwarme winter van 2015 heeft het niet mogelijk gemaakt het sneeuwsmelten via het aanzuigen van kaslucht die gedistribueerd wordt door de goot naar de spouw tussen glas en film, te testen. Testmetingen hebben wel laten zien dat de lucht in de goot zeer snel afkoelt, zodat de smeltcapaciteit minimaal zal zijn. Doordat de spouw tussen glas en film in dit concept niet luchtdicht is, kan er condensatie in de spouw voorkomen. Of en zo ja welke gevolgen dat op langere termijn heeft voor de transmissie is nog onbekend.

Een jaar telen van tomaat in de 2SaveEnergy kas heeft laten zien dat het gebruik van een isolerend kasdek en intensief (dubbel) schermgebruik geen negatieve gevolgen voor de productie heeft gehad. Daarbij is door dit kas- en teeltconcept een besparing op warmte mogelijk gebleken die ten opzichte van de gangbare praktijk richting de 50% loopt. Daar staat tegenover dat er zeker 13 kg CO₂ ingekocht moet worden.

1 Het concept van de 2SaveEnergy kas

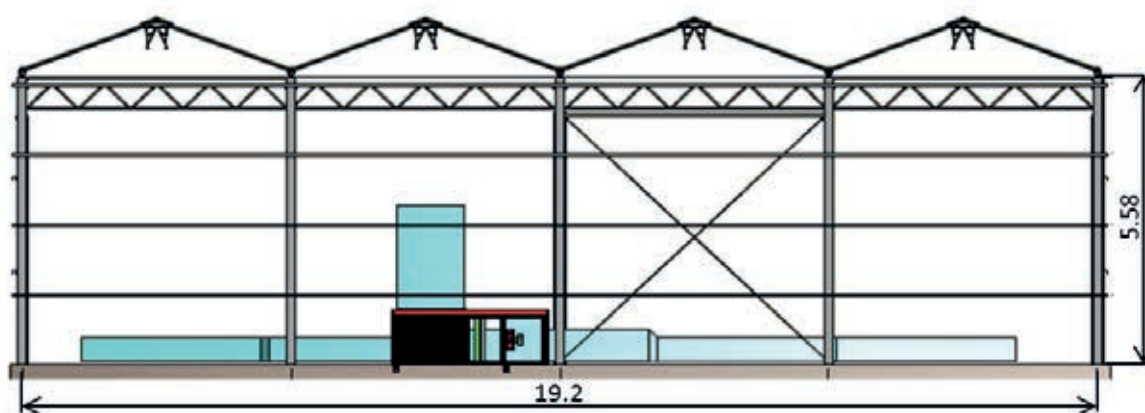
Bij het nieuwe telen is de warmtebesparing vooral tot stand gekomen door het installeren van meer (tot 3) schermen en aanpassingen in het teeltregiem als het zoveel mogelijk achterwege laten van de minimum buis. Dit vele schermen in de winter gaat gepaard met fors lichtverlies. In plaats van schermen is het ook mogelijk een "permanente" hoge isolatie van de kas te bereiken door toepassing van een isolerend kasdek.

In 2013 is een deskstudie uitgevoerd naar de mogelijkheden van een glas-film kasconcept als een goedkoper alternatief voor een isolerend kasdek van (isolatie)glas. De resultaten van deze studie waren zo dat een consortium bestaande uit VDH Plastic Greenhouses, Van der Valk Horti Systems, AGC Chemicals Europe en Boal Systems het glas-film kasconcept hebben uitgewerkt tot een kas en deze in het IDC energie bij Wageningen UR glastuinbouw in Bleiswijk hebben gerealiseerd in de zomer van 2014. Na de realisatie van de kas is het concept verder als de 2SaveEnergy kas bekend geworden.

De 2SaveEnergy kas gaat uit van een sterk verbeterde isolatie van de kasomhulling door het combineren van glas met een ETFE film die permanent op ca. 7 cm van het glas is geplaatst. Ontvochtigen van de kaslucht met buitenlucht (zonder warmteterugwinning) en het toepassen van een energiezuinig teeltconcept gebaseerd op de ervaringen bij het nieuwe telen moeten samen met een dubbele scherminstallatie zorgen voor een laag energiegebruik.

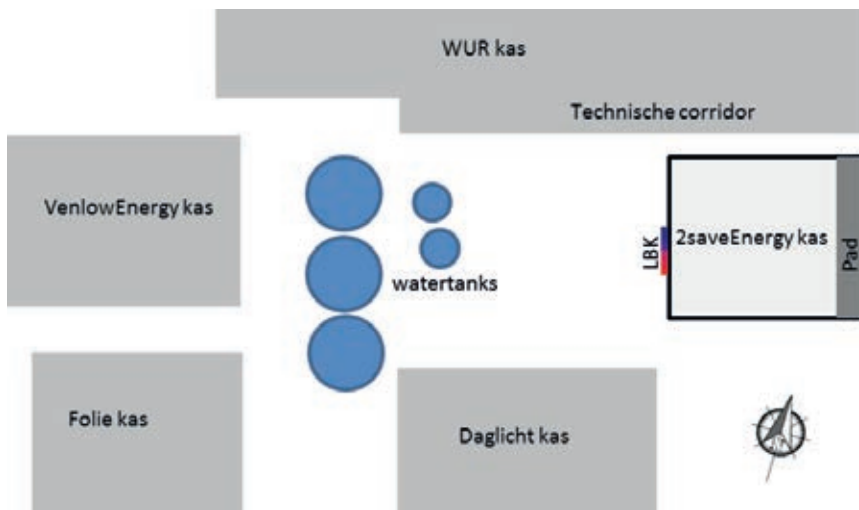
1.1 De kas

De kas is van een venlo type met een tralieligger van 9.60 en 4.8 meter kappen. In Figuur 1.1 is de doorsnede van de kas gepresenteerd. In de lengte van de kas zijn 5 vakken geplaatst, 3 van 5 meter en het voorste en laatste van zijn 4.3 meter wat de totale lengte op 23.6 meter brengt



Figuur 1.1 Dwarsdoorsnede van de 2SaveEnergy kas.

De dakhelling is 22°. Aan de oostkant van de kas is een betonpad van 3 meter breed geplaatst. Hierdoor ontstaat een teeltruimte van ca. 395 m². In Figuur 1.2 is de situering van de kas in het IDC Energie in Bleiswijk getoond.



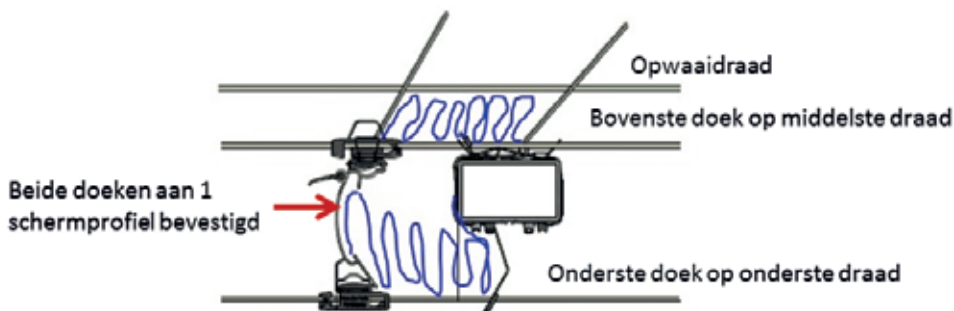
Figuur 1.2 Situering van de 2SaveEnergy kas in het IDC Energie.

Voor de inrichting is gebruik gemaakt van hangende goten (14) met een afstand van 1.60 m op een hoogte van 0.7 m. Door deze vrije ruimte ontstaat de mogelijkheid onder de goten slangen of andere verdeelsystemen te plaatsen. Voor het verwarmingssysteem is een dubbel 51 mm buisrailsysteem gemaakt, in totaal 56. Reden hiervoor is tweeledig. De kas wordt vanuit de technische corridor gevoed via HPE leiding waarvan de watertemperatuur op 60°C is begrensd. Met een enkel net zou de capaciteit in extreme situaties net te kort kunnen komen. Daarnaast kan met een groter VO met lagere buistemperaturen worden gewerkt wat de efficiency in het ketelhuis kan vergroten.

De gevel kent naar verhouding met het grondoppervlak een erg groot oppervlak. Om het geveleffect met betrekking tot het energiegebruik uit te schakelen is de gevel van een apart regelbaar net voorzien. Dit verwarmingsnet wordt zodanig geregeld dat deze exact het gevelverlies compenseert. Voor het horizontale deel ontstaat zo een "oneindig grote kas" waar geveleffecten geen rol spelen. In de uiteindelijke energieberekening voor deze kas, zal het horizontale energiegebruik met 10% verhoogd worden. Deze 10% zijn de gevelverliezen behorende bij een kas van ca. 4 ha. met een vierkant bouwblok.

De CO₂ wordt door middel van darmen onder de teeltgoot verdeeld. De CO₂ bron is OCAP en de doseersnelheid kan (handmatig) ingesteld worden tussen 0 en 300 kg/ha/uur. In de proef is meestal met een doseercapaciteit van maximaal 150 kg/ha/uur gewerkt.

Er is één scherminstallatie met een dubbeldoek geïnstalleerd. De afstand tussen de schermen is ca. 5 cm. Beide schermen zijn Luxous 1347FR (LS) doek welke vooral voor energiebesparing ingezet worden. Het dubbele scherpakket loopt van (onderkant) tralie tot (onderkant) tralie. Een dradenbed bestaat normaliter uit een oplijn of steundraad waarop het doek ligt en een opwaaidraad. In de 2SaveEnergy kas wordt voor deze 2 doeken met drie draden gewerkt (Figuur 1.2A). De onderste draad waarop het onderste doek ligt, de midden draad (op 5 cm van de onderste draad waarop het bovenste doek ligt en daarboven de derde, de opwaaidraad. De doeken zijn aan 1 profiel gemonteerd zodat ze beiden gelijk open en dicht gaan op 1 motor.



Figuur 1.2A Schematische weergave van de montage van het dubbel scherm.

Water wordt gegeven met een druppelsysteem waarbij het systeem op de betreffende teelt is aangepast. De watergift (flow) van de hele afdeling wordt met een flowmeter gemeten. Drain water van de hele kasafdeling wordt centraal opgevangen waarbij de flow wordt bepaald.

Omdat de folietemperatuur aan de binnenkant van de kas bij een dubbel kasdek hoger wordt, zal er minder waterdamp tegen het kasdek condenseren dan in een enkeldekskas. Het condenswater wordt apart verzameld en gemeten.

1.2 Het kasdek

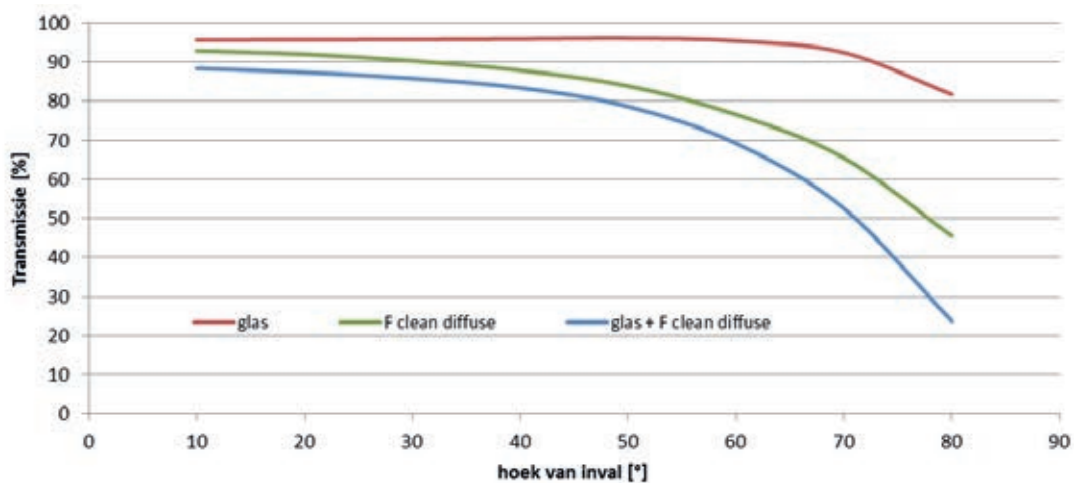
De kas is zoals een standaard Venlo kas voorzien van enkelglas. Door aanpassingen aan goot en raamkalf is het mogelijk onder de roeden door een film te spannen. Om dit in lange rechte banen te kunnen doen is er voor een doorlopende nokluchting gekozen, Figuur 1.3. De luchtramen kennen een diepte van 26 cm (glasmaat). Daardoor ontstaat een ventilatieopening van een kleine 9% in het kasdek. Ten opzichte van een "standaard" Venlo kas (kleine 10%) is dit iets minder. Als "standaard" kas is een kas met een kap van 4.8 en een tralie van 5 meter genomen (1.67 m glas) met enkelruits luchting met luchtramen die 1.5 m diep zijn). Het genoemde percentage van de "standaard" kas is uiteraard geheel afhankelijk van de dekconfiguratie. Voor de eenvoud is ervoor gekozen het luchtraam als dubbelglas uit te voeren in plaats van een glas folie combinatie.



Figuur 1.3 Situering van de 2SaveEnergy kasin het IDC Energie. Het folie is als blauw onder de roede aangegeven.

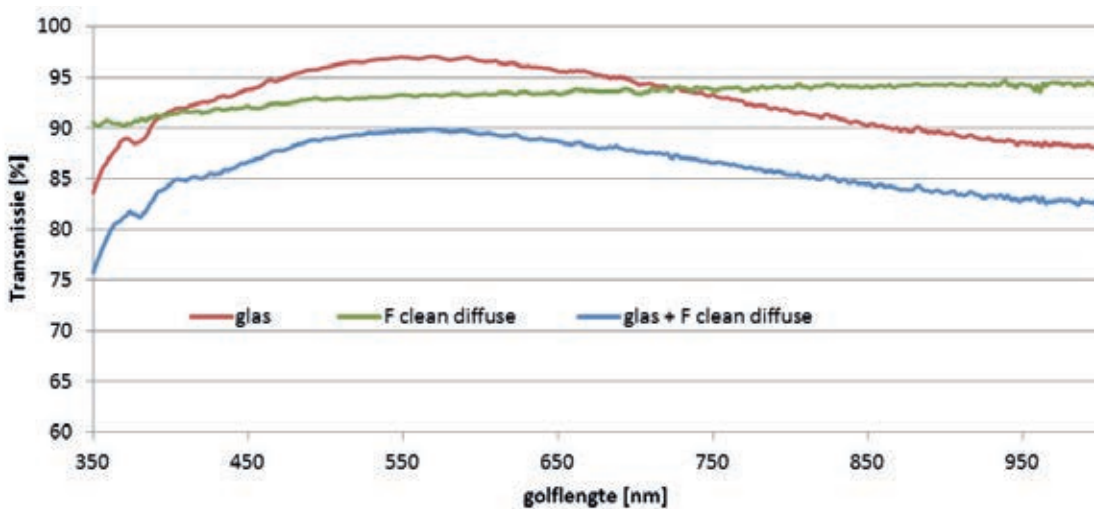
Dit dubbele glaspaneel in het luchtraam bestaat uit een heldere en een diffuse ruit.

Omdat bekend is dat in plaats van toepassing van standaard enkel glas, een dubbeldeksvariant ten koste gaat van lichtverlies is op beide zijden van het glaspaneel een AR-coating opgebracht. Om de effecten van de coatings en het dubbel uitvoeren te verduidelijken is in Figuur 1.4 de transmissie van de basismaterialen en de combinatie van het heldere glas met de diffuse F-clean gegeven. De hemisferische transmissie van het enkele aan 2 zijden van AR coating voorziene glas is 90.5%, dat van het Fclean diffuse 83.3 en van de combinatie 76.



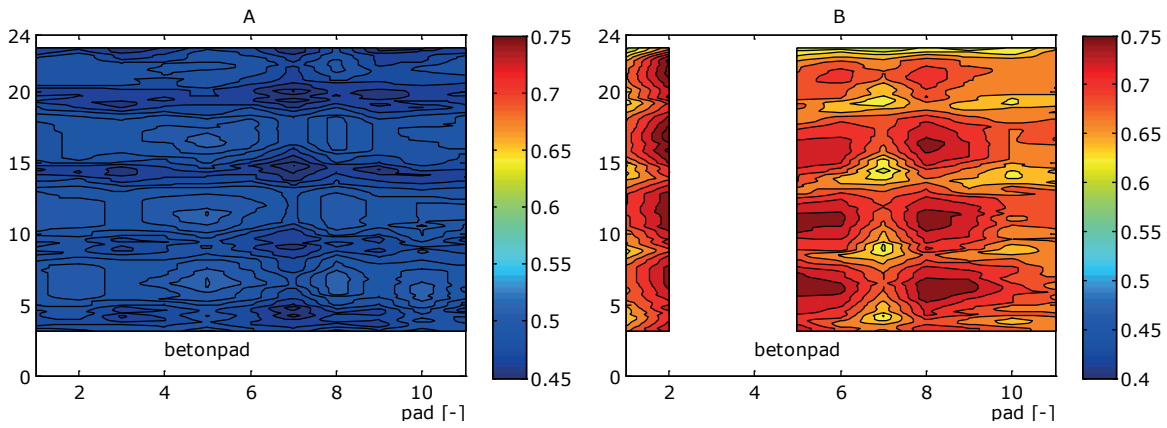
Figuur 1.4 De hoekafhankelijke transmissie van de gebruikte basis materialen en de combinatie zoals toegepast in het kasdek van de kas.

Om eventuele golflengte afhankelijke effecten uit te sluiten is van de basismaterialen en de combinatie ook de golflengte afhankelijke loodrechte transmissie getoond (Figuur 1.5). De Fclean diffuse laat een heel constant patroon zien terwijl het glas naar het UV licht een afname in transmissie laat zien. Op grond van deze informatie is geen golflengte afhankelijk effect van het gebruikte kasdek op het gewas te verwachten.



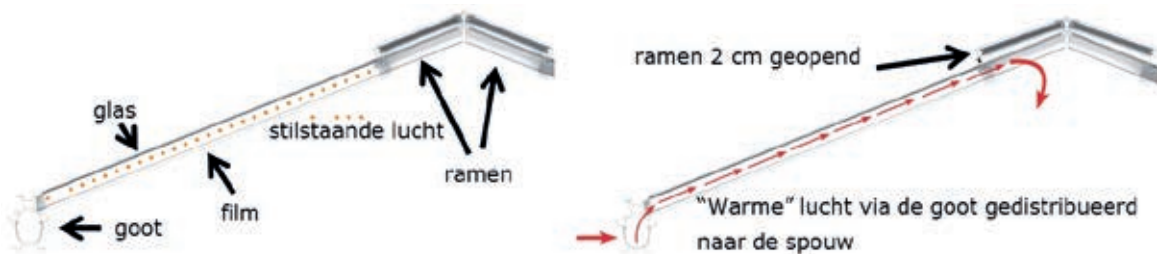
Figuur 1.5 De golflengte afhankelijke loodrechte transmissie van de gebruikte basis materialen en de combinatie zoals toegepast in het kasdek van de kas.

Naast het materiaal heeft ook de kasconstructie en kasinrichting invloed op de transmissie van de kas. Om de transmissie van de kas te bepalen is onder diffuse weersomstandigheden de transmissie in de kas op gewasdraadhoogte (tomaat) gemeten. Hierbij is zowel een meting bij geopend als gesloten scherm uitgevoerd. Dit resultaat is in Figuur 1.6 weergegeven. Op het betonpad is niet gemeten en het is ook niet mogelijk helemaal tot aan de achtergevel te meten. Om het effect van het scherm duidelijk tot zijn recht te laten komen is voor de kleurverdeling voor beide metingen dezelfde schaal gebruikt. Tijdens de meting zonder scherm is er in pad 3 en 4 een storing opgetreden waardoor deze resultaten achterwege zijn gelaten. De metingen in pad 7 komen wat lager uit doordat daar een kabelgoot een deel van het licht op de gemeten hoogte wegneemt. Om de overall transmissie van de kas te bepalen is als representatief deel pad 5 t/m 9 van meter 4 t/m 22 genomen. Dan blijkt de transmissie bij geopend scherm 70% en bij gesloten scherm 49% te bedragen. Het sluiten van het scherm gaat dus ten koste van veel licht. Het verlies is 30%, wat een direct gevolg is van het dubbele scherm.

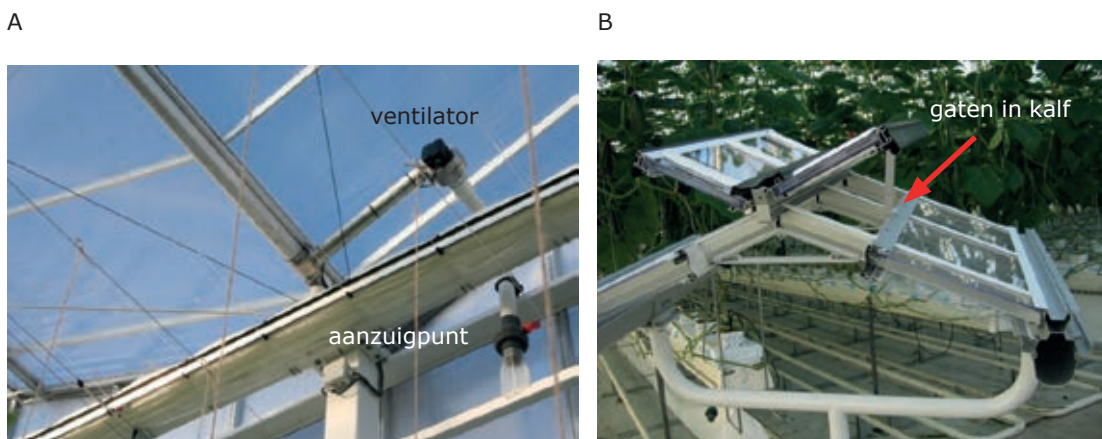


Figuur 1.6 Transmissie van de kas bij gesloten scherm (A) en geopend scherm(B) op 27 december 2015.

Waar bij een kasdek met isolatieglas sneeuwlast een probleem kan vormen omdat de isolatie zodanig hoog is dat de sneeuw niet gaat smelten, is in het 2SaveEnergy kasconcept een systeem bedacht om via ventilatie van de spouw met "warme" kaslucht de isolatie graad van het kasdek te verlagen en daarmee de sneeuw wel te kunnen smelten. Afhankelijk van de raamstand wordt door middel van rubbers de spouw in het kalf van het luchtraam geopend dan wel gesloten. In Figuur 1.7 is dit schematisch weergegeven. Aan de gootkant zijn vanuit de onderste holle ruimte gaten gemaakt die in de spouw tussen glas en film uitkomen. Zijn de luchtramen volledig gesloten dan wordt een rubber op de bovenkant van het kalf van het luchtraam gedrukt. In dit kalf zijn gaatjes gemaakt die in verbinding staan met de spouw. Doordat het rubber de gaatjes afdicht zal de lucht in de spouw stil blijven staan (Figuur 1.7 links). Zodra het raam meer dan 2 cm geopend wordt komen de gaatjes in het kalf vrij (Figuur 1.8 B). Er is nu echter nog een rubber flap die op het kasdek ligt. Hierdoor blijft het raam naar buiten toe gesloten maar is het wel mogelijk lucht via de goot in de spouw te blazen waarna de lucht uit de spouw bij het luchtraam weer naar binnen wordt geleid (Figuur 1.7 rechts). De warme lucht wordt met behulp van een ventilator uit de kas aangezogen en in de goot geblazen (Figuur 1.8 A).



Figuur 1.7 Schematische weergave van gesloten (links) en geopende spouw (rechts).



Figuur 1.8 Aanzuiging kaslucht met inblaas op de goot (A) en de ontluchtigsgaten bij geopend luchtraam (B).

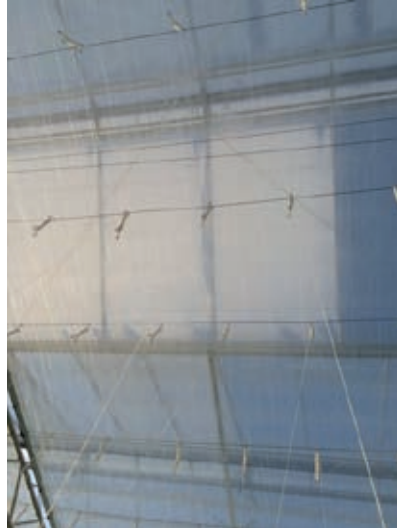
Hierdoor ontstaat dus in feite een open spouw.

Tijdens de proefperiode is er geen sneeuw van betekenis gevallen. In het geval van enige sneeuwval was de buitentemperatuur onder of net boven het vriespunt. In die situatie is de spouwventilatie ingeschakeld maar een echte testcase heeft zich niet voorgedaan. In Figuur 1.9A wordt getoond dat de sneeuw het dek vrijwel volledig bedekt. Hierbij moet aangegeven worden dat de sneeuw nat en zwaar was (27 december 2014). Wat de foto ook laat zien is dat het vanaf de nok richting de goot schuift, een teken dat de sneeuw niet droog was en net boven het vriespunt. Bij sterke uitstraling en vochtige buitenlucht kan het kasdek aan de buitenkant bevroren. Dat is in Figuur 1.9B getoond. Alleen de randen bij roeden, goot en kalf laten een ijsvrije zone zien. Deze situaties doen zich meestal slechts kortstondig voor, de gootventilatie was ingeschakeld maar voordat een mogelijk effect zichtbaar werd was de buitentemperatuur al zodanig opgelopen dat het dek ijsvrij was.

A



B



Figuur 1.9 Deels gesloten sneeuwdek op 27 december 2014 (A) en ijsvrije randen rond goot, roede en kalf (B).

Omdat de goot in verband met lekkage en drainafvoer niet droog zal blijven, kan via het doorblazen van de lucht in de goot ook waterdamp uit de goot in de spouw terecht komen, waar deze eenvoudig weer kan condenseren. Dit condenseren kan vervolgens negatieve effecten hebben op de transmissie van het kasdek. In Figuur 1.10 is het effect van condens op de film aan de kaszijde (A) en van condens op de film aan de spouwzijde (B) getoond. De verschillen in condensvorm zijn groot. Waar de condens aan de kaszijde vooral als een film /waas (hydrofiel) te zien is, op de rechter bovenhoek van de foto (A) is de film met de hand een keer "droog" gemaakt waarna er vrij grove druppels achter blijven. Het condens zoals op foto B getoond, zijn veel meer bol opliggende druppels, ook wel een hydrofoob effect genoemd. De druppels zoals getoond in Figuur 1.10 (B) hebben een groot effect op de transmissie. In Tabel 1.1. zijn de resultaten van een droge en natte meting op de binnenzijde van de film getoond. De metingen laten zien dat condens op de binnenzijde van de film ten koste kan gaan van 'veel' licht. Het is dan ook belangrijk de instructies van de fabrikant, die aangeeft of de film binnen of buiten moet zitten, op te volgen.

A



B



Figuur 1.10 Condensvorming aan de binnenzijde van de film, hydrofiel (A) en condensvorming aan de buitenzijde van de film, hydrofoob (B).

Tabel 1.1

Effect van condens aan de binnen dan wel buitenkant van de film op de hemisferische transmissie.

	Hemisferische transmissie [%]
Fclean diffuse 80 micron binnenkant nat	85.5
Fclean diffuse 80 micron buitenkant nat	77.5

Er is in de spouw, zoals de foto (Figuur 1.9B) laat zien, condens gesignaleerd, met name rondom de goten. Het is na één jaar gebruik van de kas (nog) te vroeg om iets te zeggen over de lange termijn effecten hiervan op de transmissie.

Op 1 juli is geconstateerd dat er een ruit gebroken was. De reden hiervan is onbekend echter de film was sterk genoeg om de gebroken ruit te dragen. Bij de reparatie, van buiten af, zijn de glassplinters met stoffer en blik van de film verwijderd, Figuur 1.11 geeft een indruk van de gebroken ruit die op de film ligt.



Figuur 1.11 Gebroken ruit wordt door de film opgevangen.

1.3 Ontvochtiging

De kas is voorzien van een luchtbehandelingssysteem, uitgelegd voor een capaciteit van 8 m³/m²*h welke bestaat uit:

Een luchtbehandelingskast 2,8(L)*1(H)*0,8(D) m in de kopgevel waarin zijn opgenomen:

- Een radiaal- ventilator met EC motor (5.000 m³/h – 500 Pa).
- Klepstand- en drukverschilbewaking.
- Recirculatie koker.
- Buitenluchtklep.
- Recirculatieklep.
- Warmtewisselaar.
- Gaasrooster.

Twee overdrukkleppen in de gevel moeten de luchtafvoer regelen. De kast wordt middels een eigen regeling (TCS besturingssysteem) van uit de klimaatcomputer aangestuurd. Iedere tweede goot is voorzien van Ø160 mm geperforeerde slangen met 2 rijen ø8 mm gaatjes om de 25 cm.

Een meting heeft laten zien dat de maximale capaciteit meer dan het dubbele bedraagt. In de regeling is de maximale capaciteit meestal op 50 á 60% van de ventilatorsnelheid begrensd.

1.4 Het teeltconcept

Het teeltconcept is gebaseerd op de ervaringen bij het nieuwe telen. Als aanloop naar dit type kasproeven is een nota "nieuw kasdek voor het nieuwe telen" (Poot, 2011) opgesteld waar de voor- en nadelen van isolerende kasdekken zijn beschreven en hoe daar gewastechnisch op te anticiperen en bij te sturen. Hieronder zijn de belangrijkste conclusies uit het betreffende rapport overgenomen. Voor isolerende kasdekken werden de volgende conclusies getrokken:

Effect op kasklimaat	Eventuele gewasreactie	Mogelijke oplossing	Mening expertpanel
's Avonds langzamer afkoelen	Vegetatieve reactie, verstoring plantbalans.	Agressiever ventileren; grotere DIF; aangepaste stengeldichtheid, aantal vruchten; generatiever ras	Eens, wordt als belangrijk aandachtspunt gezien.
Warmere nachten	Hogere etmaaltemperaturen: hogere onderhoudsademhaling, zwakkere kop	Ventileren	Eens. Ligt in het verlengde van bovenstaande stelling.
's Winters lagere RV overdag	Compactere plant met lagere LAI.	Vernevelen	Niet problematisch, oplossing is niet nuttig.
Overige perioden: hogere RV	Meer risico op ziekten en fysiogene afwijkingen.	Agressiever ventileren, grotere capaciteit ontvochtiger	Eens, wordt als belangrijk aandachtspunt gezien.
Vochtiger microklimaat	Meer risico op ziekten	Groeibuis, ontvochtigen met luchtslurven tussen het gewas, verticale luchtbeweging m.b.v. verticale ventilatoren	Eens. Ligt in het verlengde van bovenstaande stelling.
Temperatuurgradiënt onderin kouder	Langzamer afrijpen / uitgroeien vruchten	Groeibuis	Eens, wordt als belangrijk aandachtspunt gezien.

Overall conclusie was dat er op voorhand geen belemmeringen waren die voor de teelt onoverkomelijk zou zijn. Met het rustig stoken, ontvochtigen met buitenlucht en het minimaliseren van het minimumbuisgebruik zal een forse energiebesparing mogelijk zijn zonder concessie aan gewaskwaliteit en productie te hoeven doen.

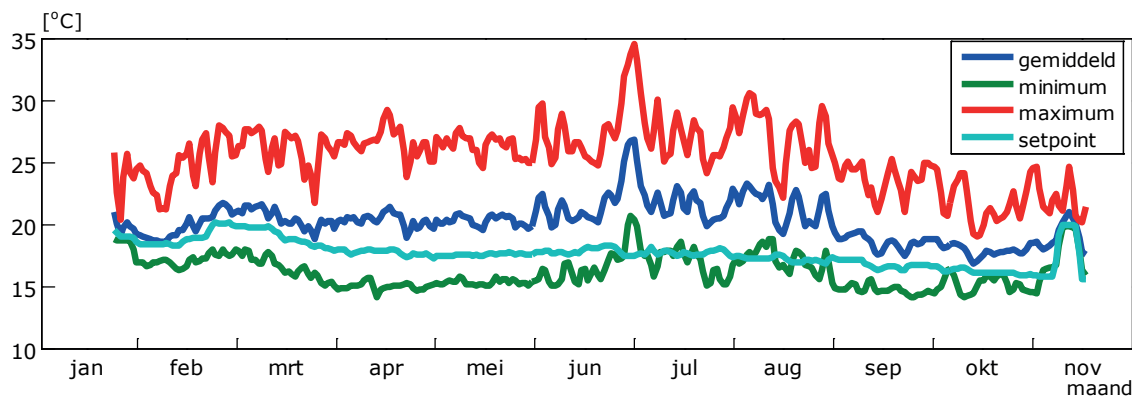
2 Kasklimaat en energiehuishouding

Na de oplevering van de kas, begin oktober 2014, is er een komkommernewas geteeld. Gezien het extreem late starttijdstip is er voor gekozen deze teelt alleen te gebruiken om de systemen van verwarming, waaronder de horizontale temperatuurverdeling in relatie met de gevelverwarming, ontvochtiging en watergift te testen en de kinderziekten uit de regeling te halen zodat de tomatenteelt probleemloos kon starten. Het teeltjaar 2015 is er geen referentiekas en -gewas aanwezig geweest. Voor een energievergelijk met de praktijk is teruggevallen op een grote groep telers met Cappricia die wel door het hele land verspreid waren.

2.1 Kasluchttemperatuur, luchtvochtigheid en CO₂-concentratie

De toepassing van de teeltstrategie die rond Het Nieuwe Telen is ontwikkeld, betekent dat er op de meeste dagen een groot verschil is tussen de minimale en maximale temperatuur. Door een grote temperatuurrange toe te staan kan een hoge etmaaltemperatuur worden gerealiseerd met een maximale gebruikmaking van het zonlicht. Door de stooklijn laag te leggen en de ventilatielijn hoog, wordt het stoken zo lang mogelijk uitgesteld en het afluchten van warmte, die via de zon is ingebracht, tot een minimum beperkt. Er is zo min mogelijk gebruik gemaakt van een minimumbuis- of minimumraaminstelling. Als er in overleg met de BCO toch actiever geteeld moest worden, is ervoor gekozen dit middels de buitenluchtaanzuiging te realiseren. Vanaf medio mei is er dan een minimum ventilator stand (25%) ingesteld. Afhankelijk van de vochtcondities in de kas is er alleen kaslucht gerecirculeerd of in het geval van ontvochtigingsvraag ook buitenlucht aangezogen en naverwarmd. Deze naverwarming is altijd gestuurd op 2°C boven de gemeten kasluchttemperatuur.

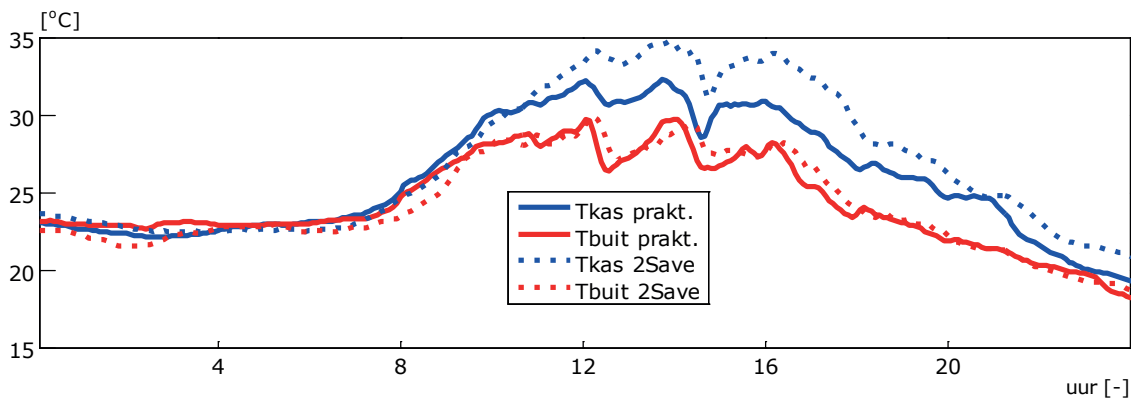
In Figuur 2.1 is het verloop van de gemiddelde, minimale en maximale kasluchttemperatuur en het gemiddelde setpoint verwarmen in de kas tijdens de teelt getoond.



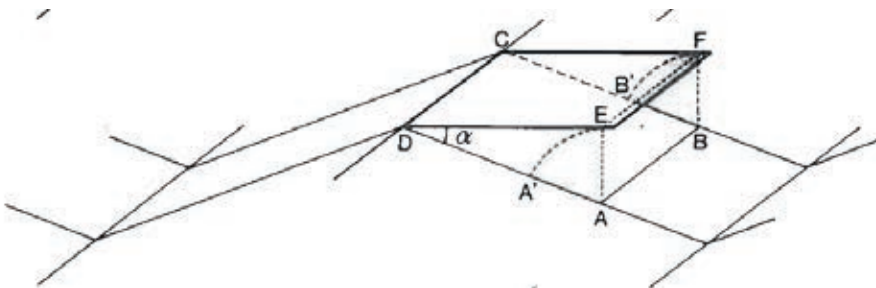
Figuur 2.1 Verloop van de daggemiddelde, dagminimum en dagmaximum kasluchttemperatuur en het gemiddelde setpoint verwarmen in de kas tijdens de teelt, weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde over 2 dagen.

In Figuur 2.1 valt direct de hoge piek (35°C) rond 2 juli op, een dag waar de buitentemperatuur niet boven de 27°C is gekomen maar waar de instraling wel rond de 900 W/m² lag. Het is opgevallend dat de kas makkelijk warm kan worden. Op 1 juli is de buitentemperatuur tot 33°C opgelopen waarbij de kasluchttemperatuur ongeveer op de buitentemperatuur bleef. Een vergelijking met een praktijkbedrijf op 4 juli, de dag met de hoogste etmaaltemperatuur, laat zien dat de 2SaveEnergykas deze dag duidelijk warmer wordt dan de praktijkkas, ook met een isolerend kasdek, die op enkele kilometers van Bleiswijk staat (Figuur 2.2). In etmaaltemperatuur was de 2SaveEnergy kas 1°C warmer op deze dag. Andere (warme) dagen waren de verschillen vaak verwaarloosbaar. De ventilatiecapaciteit van de 2SaveEnergy kas lijkt op sommige dagen dan ook wat beperkt.

Een nadere analyse van de ventilatiecapaciteit van de 2SaveEnergy kas in vergelijking met een standaardkas, zie ook paragraaf 1.2, laat zien dat door enkele keuzes bij de bouw van de kas de luchtramen iets kleiner zijn uitgevallen dan gewenst. Een standaardkas 4.80 kap x 5 meter vak met 1 luchtraam van 1.67 x 1.40 welke 30° open kan, heeft in de vlakken ADE, BCF en ABFE in Figuur 2.3 bij een openingshoek α van 30°, een geprojecteerde opening van 2.32 m². Bij een openingshoek van 45° loopt dit op tot 3.2 m². De opening in het dek vlak ABCD in Figuur 2.3, meet in dit geval 1.67 bij 1.4 m is 2.34 m². In deze berekening is dus 2.34 m² / (4.8 kap x 5 vak) is 9.8% van het dek open. In de 2SaveEnergy kas wordt de hoogte AE zo'n 20 cm. Dan is het geprojecteerde openingsoppervlak 2 m² / (4.8 kap x 5 vak) is 8.3%, een 15% minder dan in een standaardkas. Daarbij komt nog eens dat de ventilatie-efficiency van een doorlopende nokluchting wat minder is dan bij een standaard venlo kas. De wind kan eenvoudiger door de nok blazen zonder echt te vermengen met de kaslucht. Dit is door berekeningen en metingen (windrichting loodrecht op de nok) ook aangetoond (Fernandez, 2013). Bij lage windsnelheden is de belangrijkste kracht voor de ventilatie overigens het temperatuurverschil binnen-buiten.



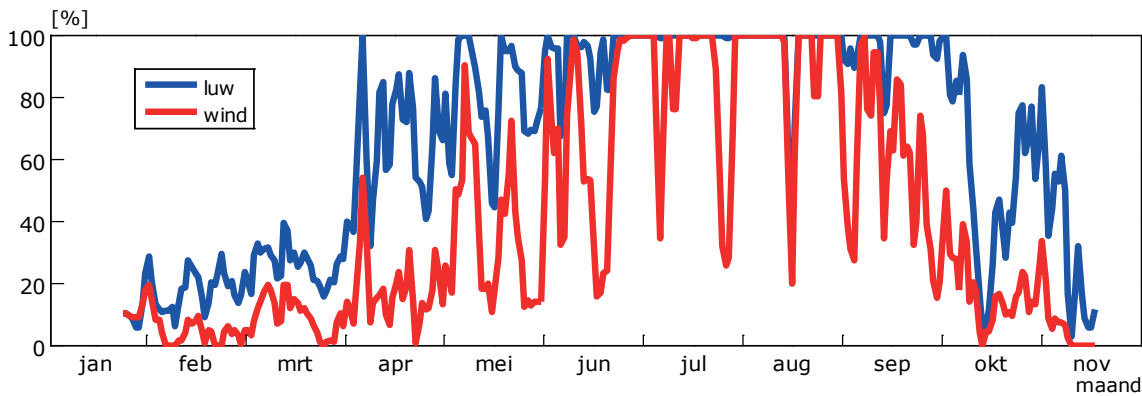
Figuur 2.2 Verloop van de buiten en kasluchttemperatuur van een praktijkkas en de 2SaveEnergy kas op 4 juli 2015.



Figuur 2.3 Schets van de opening van een luchtraam van een standaard venlo kas.

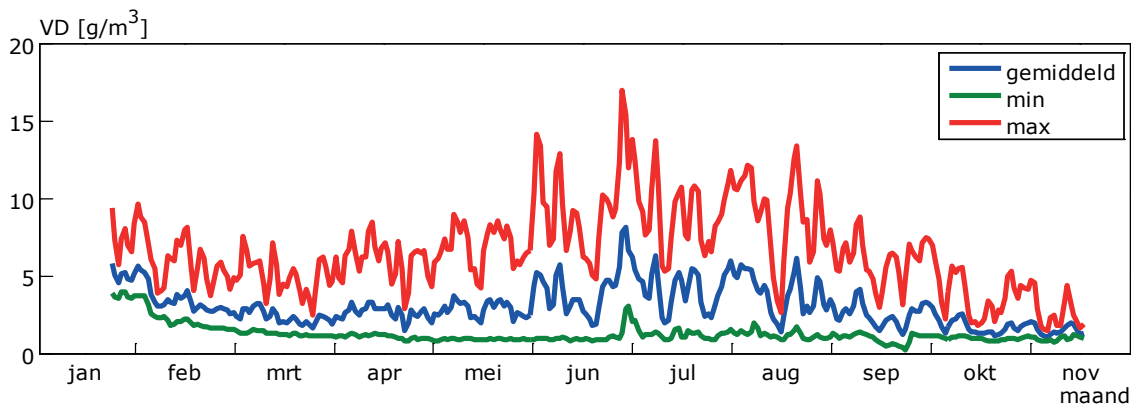
De ventilatiecapaciteit van de kas kan eenvoudig vergroot worden door de luchtramen wat groter uit te voeren.

Een andere manier om dit duidelijk te maken is te zien of de ramen de maximale raamstand hebben bereikt. Zo ja, dan was volgens de regeling meer ventilatie vereist. Op de uren dat de ramen niet volledig open gestuurd waren, was de ventilatiecapaciteit nog niet beperkend. In Figuur 2.4 is van iedere dag de maximale raamstand van zowel de luwe als de windkant getoond. In juni en juli was dus iedere dag op enig moment de maximale raamstand bereikt en daarmee de maximale ventilatiecapaciteit. In uren uitgedrukt waren de ramen meer dan 500 uur samen meer dan 175% geopend.



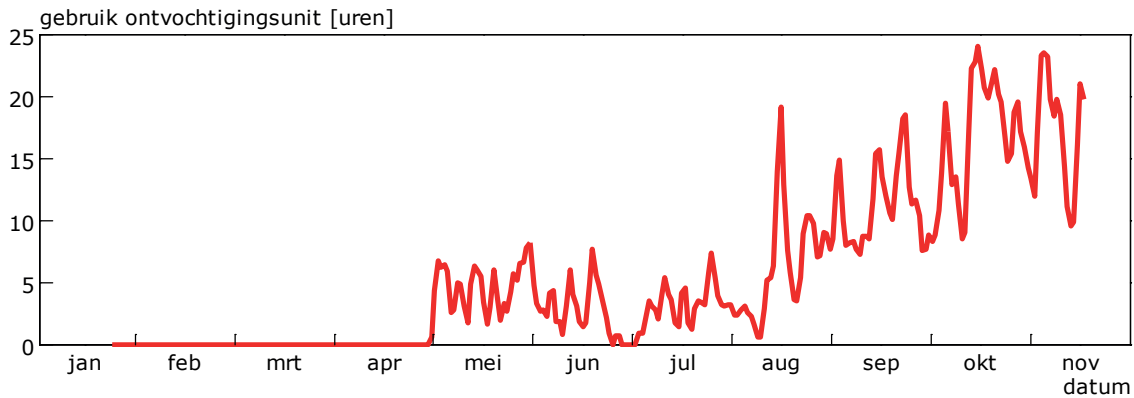
Figuur 2.4 Dagelijkse maximale raamstand van zowel de luwe als de windzijde.

Onderdeel van het nieuwe telen is dat er ook wat vochtiger geteeld wordt. Daarvoor is in de regeling tot eind juni gestuurd op een minimaal VD van 1 g/m^3 . Daarna is er op verzoek van de BCO in de nacht/vroeg ochtend actiever geteeld en is het setpoint verhoogd naar 1.3 g/m^3 . Door deze manier van regelen is vrijwel iedere dag het minimale VD die in de kas bereikt wordt rond de 1 g/m^3 of nog iets minder. Dit heeft nooit tot zichtbare negatieve effecten op het gewas, als Botrytis, geleid. In Figuur 2.5 is het verloop van de daggemiddelde, dagminimum en dagmaximum VD in de kas tijdens de teelt getoond. De dip rond 20 september was het gevolg van een storing in de buitenluchtaanzuiging. Toen zijn VD van minder dan 0.5 g/m^3 gemeten. In het normale gebruik van de ontvochtiging is tijdens de teelt het VD niet beneden de 0.7 g/m^3 gekomen.



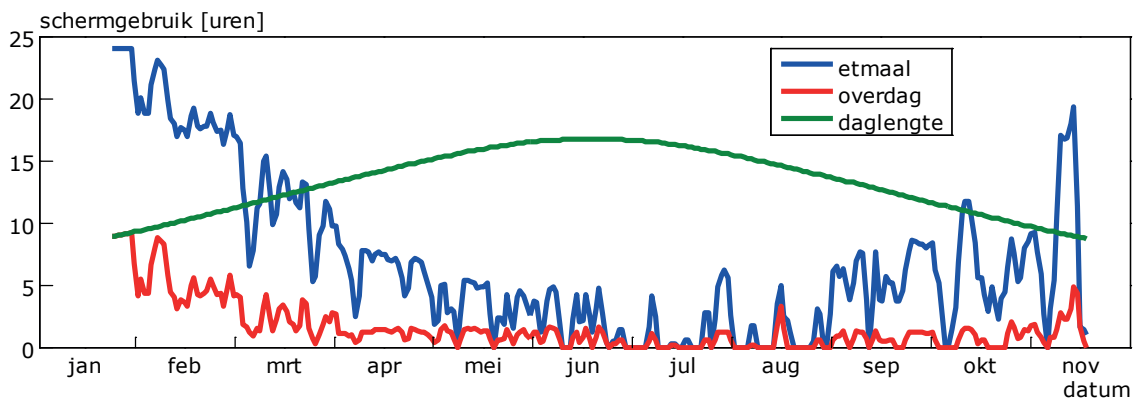
Figuur 2.5 Verloop van het daggemiddelde, dagminimum en dagmaximum van de VD in de kas tijdens de teelt, weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde over 2 dagen.

Door het lage vochtsetpoint is de LBK van de beginfase van de teelt tot eind april niet gebruikt. Naast een laag vochtsetpoint, zijn er nog 2 andere factoren die de gebruiksduur van de ontvochtigingsinstallatie beperken. In de winter en het voorjaar is het temperatuurverschil binnen –buiten groot waardoor er door condensatie op de gevel alsnog een behoorlijke ontvochtiging van de kas plaatsvindt. Daarnaast is er ingesteld dat bij een raamstand van meer dan 20% de unit ook wordt uitgeschakeld. Bij dergelijke raamopeningen is de luchtuitwisseling ten gevolge van de ventilatie al snel vele malen groter dan ooit met het systeem kan worden gerealiseerd. In Figuur 2.6 is het gebruik van de ontvochtigingsunit weergegeven. Tijdens de teelt is de unit 1624 uur ingezet.



Figuur 2.6 Inzet van de ontvochtigingsunit tijdens de teelt, weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde over 2 dagen.

Naast vochtiger telen is intensief schermgebruik een ander belangrijk onderdeel van het nieuwe telen. De scherminstallatie bestaat uit één sturing met twee schermdoeken die met een spouwafstand van ca. 5 cm samen geopend en gesloten worden. Vrijwel de gehele teelt was het criterium voor scherm sluiting een buitenluchttemperatuur van onder de 12 graden én er moet warmtevraag zijn. Dit om te voorkomen dat in de voornacht het scherm sluit maar de voornacht door de langzame afkoeling niet gerealiseerd wordt. In Figuur 2.7 is het schermgebruik tijdens de teelt (etmaal) getoond.



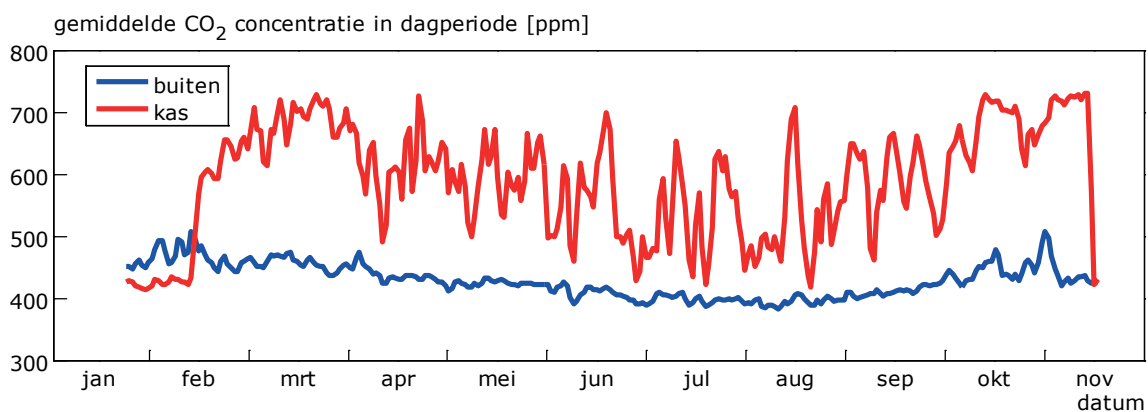
Figuur 2.7 Inzet van de schermen tijdens de teelt, weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde over 2 dagen.

De Figuur laat zien dat er vrijwel het gehele jaar door geschermd wordt waardoor het totaal aantal schermuren op 2020 komt. Bij intensief schermgebruik zal er afhankelijk van de buitencondities ook overdag geschermd worden. Dit is in Figuur 2.7 weergegeven met 'overdag' waarbij de randvoorwaarden zijn dat het scherm meer dan 50% gesloten moet zijn en dat de globale straling meer dan 20 W/m² is. Volgens deze methode wordt er dan nog 290 uur overdag geschermd, waarvan dus vele schermuren in de rand van de nacht zijn. Wordt het criterium op meer dan 100 W/m² globale straling gezet, dan is er sprake van 70 uur schermen overdag. Om de de schermintensiteit overdag te tonen is ook de daglengte in de grafiek weergegeven.

Een onderdeel van het 2SaveEnergy kasconcept is dat er lichtwinst gehaald kan worden omdat er gedurende de dag dankzij het dubbele dek nog steeds een mooie besparing bereikt kan worden als het scherm geopend is terwijl juist in de opstartfase van de teelt het vaste foliescherm permanent gesloten blijft totdat deze verwijderd wordt.

Een direct vergelijk met de praktijk is hier niet mogelijk. Wel kan een indicatie gegeven worden wat het effect is. Wordt verondersteld dat de eerste 5 weken van de teelt er een vast foliescherf gemonteerd is met een hemisferische transmissie van 80%, het beweegbare scherm bij zonsopkomst geopend zou worden, dan is er bij een transmissie van het kasdek van 72% in totaal in deze 5 weken 214 mol par licht voor het gewas beschikbaar geweest (plantniveau) in de referentie situatie. In de 2SaveEnergy kas, die een iets lagere transmissie kent dan de praktijkkas (70%) en bij gesloten scherm een overall transmissie van 49% kent, is in de eerste 5 weken een totale lichtsom van 239 mol voor het gewas beschikbaar geweest (plantniveau). Door deze strategie is er de eerste 5 weken 12% meer PAR licht in de 2SaveEnergykas voor de plant beschikbaar geweest.

De CO₂ wordt tijdens de lichtperiode verhoogd tot 750 ppm. In de eerste 3 weken van de teelt is er geen CO₂ gedoseerd. In Figuur 2.8 is de gerealiseerde CO₂ concentratie tijdens de dagperiode in de kas en van buiten getoond. In de zomer zijn er dagen dat door de grote ventilatiebehoefte de gerealiseerde CO₂ concentratie in de kas amper boven de buitenconcentratie uitkomen ondanks de CO₂ dosering die was gemaximaliseerd op 110 kg/ha.uur.

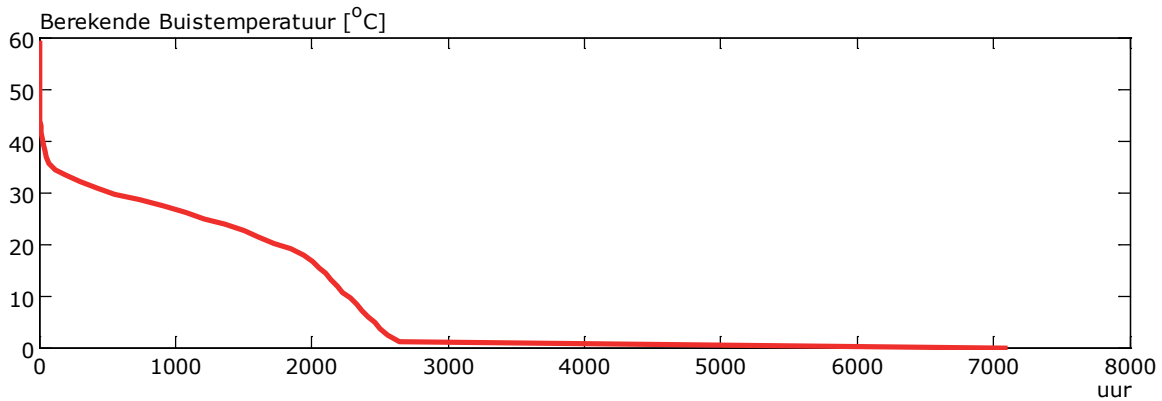


Figuur 2.8 Gemiddelde CO₂ concentratie van de kas en buitenlucht tijdens de dagperiode, weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde over 2 dagen.

In totaal is er deze teelt 21.7 kg CO₂ gedoseerd. In paragraaf 2.2. zal hier verder op worden ingegaan.

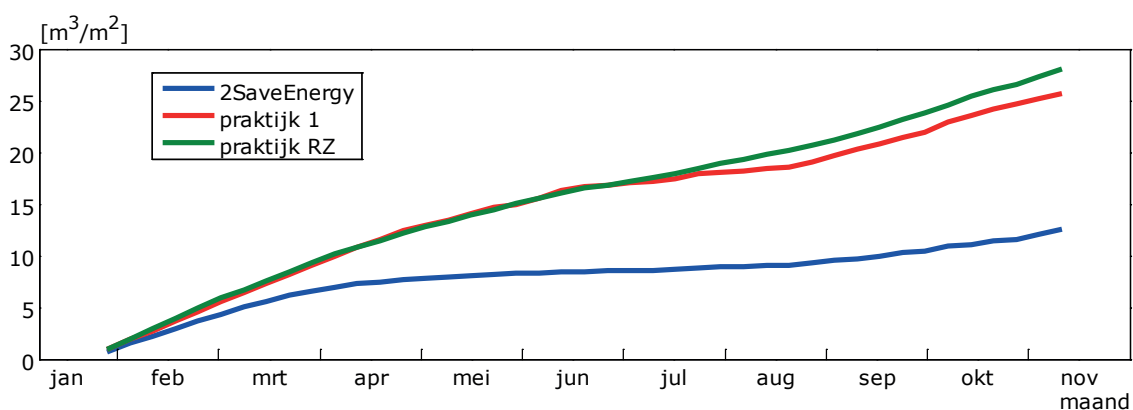
2.2 Energiehuishouding

De 2SaveEnergy kas wordt met een dubbel 51 mm buizennet verwarmd. Hierdoor kan de kas met relatief lage buistemperaturen verwarmd worden. In Figuur 2.9 is een jaarbelastingduurkromme van de berekende buistemperatuur getoond. Deze teelt is de buistemperatuur slechts 40 uur boven de 40°C berekend. De verwarming kan dus met recht een Lage Temperaturen verwarming genoemd worden. De LBK van de ontvochtigingsunit is niet primair ingezet om de kas te verwarmen. De LBK verwarming is gestuurd om de ingeblazen lucht 2°C boven de kaslucht op te warmen. Samen met de beperkte hoeveelheid lucht die door het systeem wordt gestuurd, is de verwarmingscapaciteit hiervan vrijwel nihil.



Figuur 2.9 Jaarbelastingduurkromme van de berekende verwarmingstemperatuur van het ondernem.

De energieinput van het buisrailsysteem, samen met dat van de LBK is in Figuur 2.10 getoond. Het energiegebruik wordt vergeleken met 2 praktijkgroepen. De groep praktijk 1 is een gemiddelde van 3 bedrijven allen gesitueerd in het Westland met een vergelijkbaar ras, wel met een iets vroegere plantdatum. De groep "praktijk RZ" is een groep van 8 bedrijven, allen met het ras Cappricia, maar wel verspreid over het land met een zwaartepunt in Limburg en Brabant. De plantdatum over deze groep bedrijven is meer gespreid tussen begin december en medio januari. De prestaties van de 2SaveEnergy kas in vergelijking met de twee praktijkgroepen is zonder meer goed te noemen. Het lage absolute gebruik wordt gedeeltelijk veroorzaakt door de "korte" teeltduur en moet hiervoor nog gecorrigeerd worden. Hoewel de teelt laat gestart is, is deze i.v.m. verbouwingswerkzaamheden na een ruime 42 weken ook weer vroeg beëindigd, zo vroeg dat een aantal trossen groen geoogst is. Was de teelt normaal beëindigd, dan had deze nog 3.5 à 4 weken doorgetrokken moeten worden, en zelfs dan is de teelt nog relatief kort. Om een goede inschatting van het energiegebruik in deze extra maand te bepalen is met het kasklimaatmodel Kaspro de teelt nagerekend alsof deze op 23 december beëindigd zou zijn. Voor deze berekening wordt het gerealiseerde klimaat in Bleiswijk van 2015 gebruikt. De klimaatsetpoints worden gelijk gehouden zoals deze begin november waren. Voor de praktijkgroepen is voor deze extra periode geen data voor handen. In Tabel 2.1 zijn de resultaten samengevat. Omdat dit een vergelijk is met de gangbare praktijk, is er ook een vergelijk gemaakt, gebaseerd op schattingen en berekeningen, van praktijksituaties waarbij wel volgens de technieken en principes van Het Nieuwe Telen gewerkt wordt.



Figuur 2.10 Cumulatief energiegebruik van de 2SaveEnergy kas en 2 praktijkgroepen.

Het aandeel van de naverwarming van de LBK is ongeveer 1 m³/m². Naast het warmtegebruik kent de LBK ook nog elektriciteitsgebruik voor de ventilator.

Tabel 2.1

Energiegebruik in de 2SaveEnergy kas tijdens de teelt 2015, bij een verlengde teelt t/m 23 december en bij de praktijkbedrijven.

	Teelt 2015 27/01 t/m 18/11	Berekend 27/01 t/m 23/12
Warmtegebruik ^{a)} (m ³ /m ²)	12.6	15.5
Elektriciteitsgebruik LBK ^{b)} (kWh/m ²)	0.8	0.9
Warmtegebruik praktijk 1 (m ³ /m ²)	25.7	29.2 ^{d)}
Warmtegebruik praktijk RZ (m ³ /m ²)	28.0	31.5 ^{d)}
Besparing 2SaveEnergy t.o.v. gangbare praktijk (m ³ /m ²)	14.3 ^{c)}	14.8 ^{d)}
CO ₂ inkoop (kg/m ²)	12.7	12.7
Warmtegebruik praktijk volgens nieuwe telen ^{e)} (m ³ /m ²)		23.0 ^{d)}

^{a)} Dit is inclusief 10% gevelverlies, dus voor een kas op een schaal van ca. 4 ha.

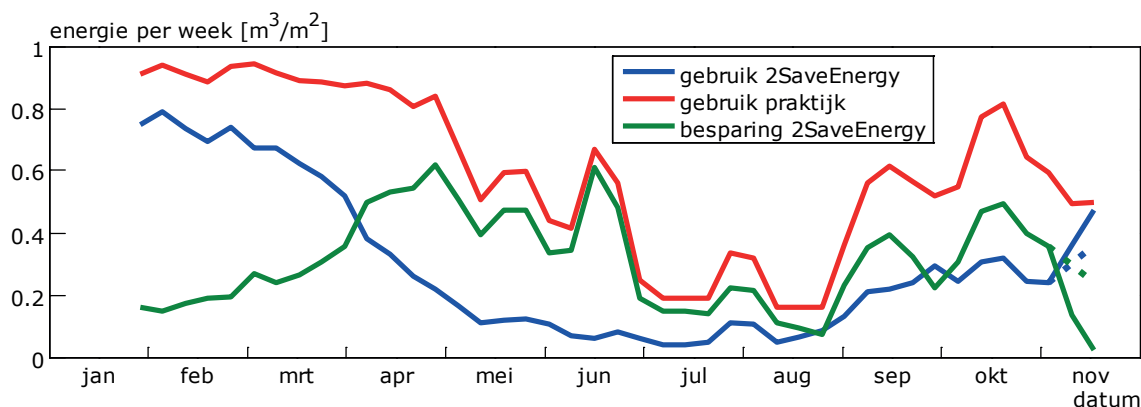
^{b)} Het elektriciteitsgebruik van pompen, motoren waterontsmetting e.d. welke op moderne bedrijven met enige omvang 6- 8 kWh/m² op jaarbasis bedraagt, is hier niet in opgenomen.

^{c)} Deze besparing heeft betrekking op een niet jaarrond situatie.

^{d)} Schatting.

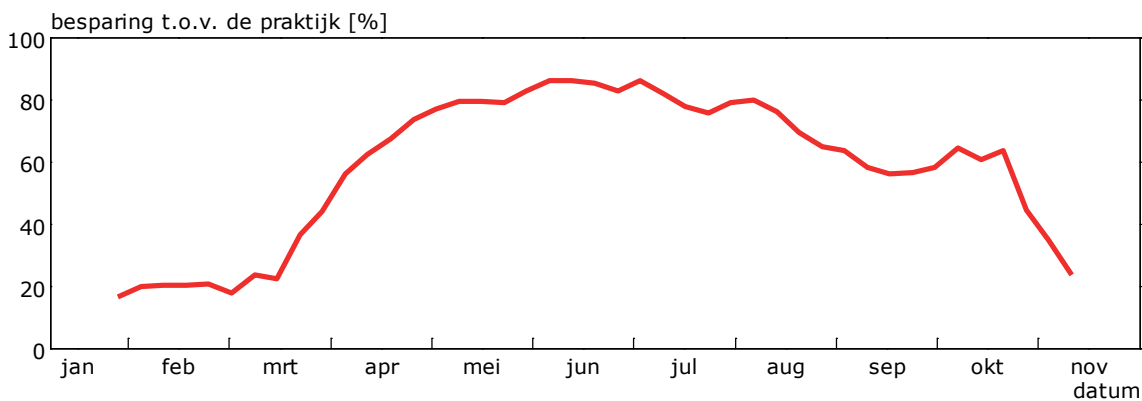
^{e)} Nieuwe telen bestaat hierbij uit: 2 onafhankelijk beweegbare schermen, ontvochtigingsinstallatie en een enkel dek.

De besparing varieert door het jaar heen. In de zomer is deze ten opzichte van de praktijk duidelijk hoger wat zeer zeker te maken heeft met beschikbaarheid van CO₂ en gewasactivering. Het wekelijkse gebruik van praktijk en 2SaveEnergy kas het de wekelijkse besparing is in Figuur 2.11 getoond. Omdat in de laatste weken van de teelt er in de 2Savenergy in verband met het versneld afrijpen van de vruchten totaal anders is geteeld dan in de praktijk, is er voor het gebruik en de besparing van de 2SaveEnergy met behulp van een stippellijn aangegeven wat het gebruik en de besparing zou zijn bij een klimaatsturing (temperatuur) als in de praktijk.



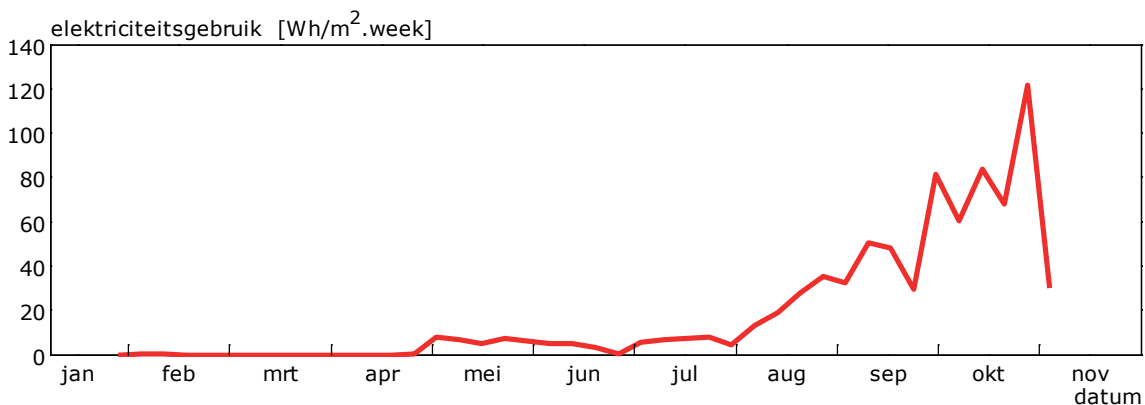
Figuur 2.11 Het energiegebruik en de besparing van de 2SaveEnergy kas ten opzichte van de praktijk.

De procentuele besparing ten opzichte van de praktijk is in Figuur 2.12 te zien.



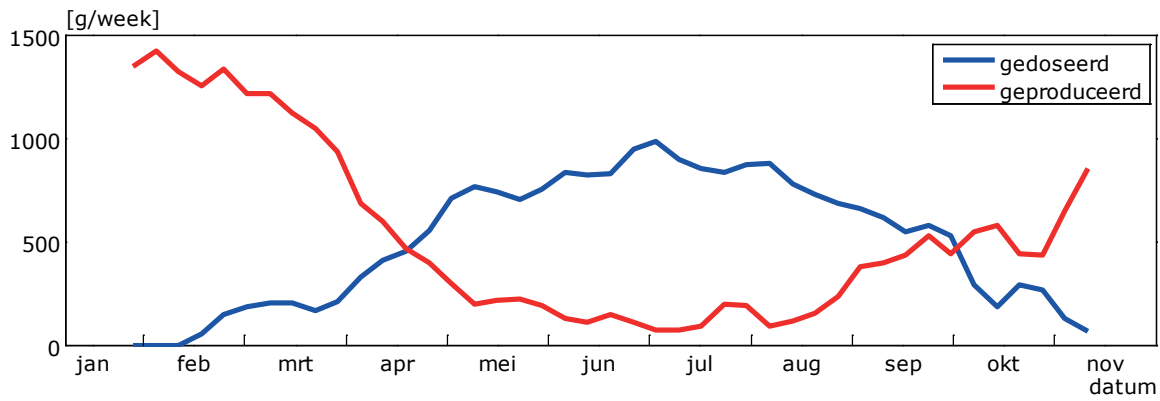
Figuur 2.12 De procentuele besparing ten opzichte van de praktijk.

De LBK is pas vanaf medio april ingezet. Een deel van de ontvochtiging van de kas zal via de zijgevels zijn verlopen, wat het gebruik van de LBK verminderd heeft. Het is niet te kwantificeren hoeveel deze ontvochtiging via de zijgevel heeft bijgedragen aan de totale ontvochtiging van de kas. Het wekelijkse elektriciteitsgebruik hiervoor is in Figuur 2.13 getoond. De LBK heeft in totaal 0.8 kWh/m² gebruikt.



Figuur 2.13 Wekelijkse elektriciteitsgebruik van de LBK van de 2SaveEnergy kas.

Zoals in paragraaf 2.1 al besproken, is er in deze teelt 21.7 kg CO₂ gedoseerd. Bij een zo laag energiegebruik, met name in de zomerperiode wanneer de CO₂ vraag het hoogst is, zal er een grote mismatch zijn tussen aanbod van CO₂ als rookgas en de vraag naar CO₂, dat wat gedoseerd is. In Figuur 2.14 is deze mismatch op weekbasis weergegeven. Hoewel er op jaarbasis vrijwel een evenwicht is in de geproduceerde CO₂ (22.6) en gedoseerde CO₂ (21.7) is de mismatch 12.7 kg CO₂. Deze zal dus van een andere CO₂ bron betrokken moeten worden.



Figuur 2.14 Gedoseerde en geproduceerde CO₂ in de 2SaveEnergy kas.

De bereikte besparing is zonder meer goed te noemen. Hierbij is het wel van belang 2 kanttekeningen te plaatsen. 1) de CO₂ mismatch van 12.7 kg (7 m³ gas) en 2) het niet/weinig activeren van het gewas, wat onderdeel is van Het Nieuwe Telen, vormen samen een wezenlijk onderdeel van de bereikte besparing. Hoewel deze twee punten niet uitgesplitst kunnen worden van het kasconcept, dubbel dek bestaande uit glas-film combinatie en het dubbele energie scherm, zorgt dit kasconcept zonder meer voor het grootste deel van de besparing.

3 Gewasgroei

3.1 Onderzoeksopzet

Dit type energie onderzoek wordt meestal zonder een specifieke referentieteelt uitgevoerd. Voor de verschillende teelten is een zo goed mogelijke referentieteelt voor de productie gezocht met als belangrijkste criteria hetzelfde ras en plantdatum. Dat kan nog altijd betekenen dat door teeltkeuzes als bijvoorbeeld plantdichtheid of ras er verschillen ontstaan die invloed op het eindresultaat van de productie en productkwaliteit kunnen hebben. De vergelijkingen met de referenties moeten dan ook met name indicatief gezien worden om de onderzoeksvraag "heeft het dubbele kasdek negatieve gevolgen op de productie" te kunnen beantwoorden.

3.1.1 Komkommer 2014

Gewaskeuze

Als inregelteelt is er in het najaar van 2014 gekozen voor komkommer, omdat het ook een korte teelt betrof, de kas kwam immers op 20 oktober beschikbaar.

Teeltcondities

De komkommers van het ras Venice (Rijk Zwaan) zijn op 27 oktober geplant. Dit is een erg late plantdatum voor een herfstteelt, maar de kas was niet eerder gereed. Er is gekozen voor een ras dat geschikt is voor de wintersteelt en een ruime plantdichtheid, namelijk 1.5 planten/m². De planten werden geteeld aan de hogedraad. Deze inregelsteelt die vooral bedoeld was om de systemen in deze kas te testen, werd beëindigd op 23 december.

Metingen

Gezien de korte teelt en de extreem late plantdatum, zijn er geen gewaswaarnemingen uitgevoerd.

3.1.2 Tomaat 2015

Gewascondities

- Ras Cappricia (Rijk Zwaan).
- Enten Op 2 bladeren getopt en geënt op Maxifort (De Ruiter Seeds).
- Plantdatum 27 januari 2015 in kas (zaaidatum 2 dec), op mat gezet op 13 februari 2015.
- Plantdichtheid 2.5 planten/m².
- Extra stengels In week 8 is extra dief (bij 2^e tros) aangehouden bij 1 op de 2 planten: 3.75 stengels/m².
- Toppen Kop uit plant op 22 september 2015.
- Ruimdatum 19 november 2015 (wat vervroegd i.v.m. ombouw kas voor andere proef).

Teeltcondities

In deze proef is geen direct vergelijkingsobject geweest. Voor de teelt is nauwgezet overleg geweest met de BCO. Met betrekking tot de oogst is deze op incidentele basis vergeleken met een groep telers met het zelfde ras. Tijdens de teelt is het klimaat zoveel mogelijk conform de uitgangspunten van het nieuwe telen gestuurd.

Metingen

Plantregistratie

Wekelijks zijn bij 2 x 10 planten (met de extra stengels erbij 2 x 15 stengels) in 2 telvakken verschillende metingen verricht. Eén veldje lag aan de oostzijde en één veldje aan de westzijde van het pad. De volgende parameters werden geregistreerd:

- Lengtegroei.
- Kopdikte (ter hoogte van de top van de plant in de voorgaande week).
- Bladlengte (eerste blad onder de bloeiende tros met al gezette vruchtjes).
- Bloeiende tros.
- Aantal gezette vruchten.
- Plantbelasting.
- Geogste tros.

Oogstwaarnemingen

Het gemiddelde vruchtgewicht werd berekend op basis van het gewicht en aantal vruchten binnen de twee velden met waarnemingsplanten. De kiloproductie is gemeten van alle planten van 2 carrousel (dubbele rijen) in de kas.

Van de 2 veldjes per afdeling zijn de volgende waarnemingen verricht:

- Aantal trossen.
- Trosnummer geogste tros.
- Nettogewicht in kg.
- Aantal goede vruchten.

Vruchtkwaliteit

De houdbaarheid van de vruchten is tweemaal bepaald, namelijk op 27 mei en 31 juli.

3.2 Resultaten

Omdat er van de late komkommerteelt in 2014 geen gewaswaarnemingen zijn verricht zullen in deze paragraaf alleen de resultaten van de tomatenteelt 2015 besproken worden.

3.2.1 Tomaat 2015

Teeltverloop

Nagenoeg wekelijks hebben vertegenwoordigers van de begeleidingscommissie onderzoek (BCO) de proef bezocht, is het gewas kritisch bekeken en zijn er adviezen gegeven over klimaatinstellingen en andere teeltzaken. Hieronder wordt per teeltmaand in het kort een aantal zaken t.a.v. het gewas besproken.

Februari

Bij het planten was te zien dat er wat ongelijkheid was tussen beide stengels van de plant, maar dit is vaak het geval bij planten die op 2 bladeren zijn getopt. In de eerste weken na het planten is geprobeerd om kracht op de tros te houden door niet te hoge nachttemperaturen aan te houden. De 1^e tros is op 5 vruchten gesnoeid en daarna is overgegaan naar 6 vruchten/tros. Eerste tros stond stekkerig en was wat ongelijk. Deze tros is daarom hoog gestiekt en de daarop volgende trossen zijn gebeugeld. In de 2^e helft van februari stond het gewas sterk en groeiden de onderste vruchten snel. Door de late plantdatum is geprobeerd om op dit gewas snelheid te maken door een relatief hoge temperatuur na te streven. Eind februari is begonnen met een klein blaadje uit de kop weg te nemen.

Maart

Begin maart staat het gewas sterk generatief en verloopt de tros/bloemontwikkeling snel. Wel tonen een aantal blaadjes in de kop wat vlekkerig en hebben wat broeirandjes. Dit is waarschijnlijk het gevolg geweest van iets te lang doorgaan met watergeven in combinatie met het vroeg sluiten van het scherm, terwijl temperatuur en RV nog hoog waren. De combinatie van een dubbel dek met een dubbel scherm vergt wat klimatologische aanpassingen. Ontwikkeling van onderste trossen verloopt goed. Half maart ziet de kop er ook goed uit. Er wordt geadviseerd wat meer snelheid te maken: een wat lagere basistemperatuur maar met een sterkere lichtverhoging. Eind maart worden er geen kleine blaadjes meer uit de kop verwijderd. De BCO vindt de watergift wat aan de krappe kant. Cappricia moet voldoende water hebben en is gevoelig voor het laat optreden van drain. Geprobeerd wordt om aan het einde van de dag niet te agressief te luchten en de aanwezige warmte in de kas zoveel mogelijk te benutten.

April

Begin april zijn de vruchten onderin de plant erg mooi. Bovenin de plant zijn er wat bladrandjes en staat er een matig trosje. Half april is de kop goed opgeknapt, maar deze mag nog generatiever gaan staan, de afbloei van de trossen is matig, de kopkleur zou donkerder mogen zijn. I.v.m. bladrandjes wordt geadviseerd om in de ochtend 'actiever' te telen door een klein verschil tussen stook- en ventilatietemperatuur in te stellen. Door de relatief hoge temperaturen die aangehouden zijn i.v.m. de late plantdatum, zijn de geoogste vruchten niet zo grof. De wortels zijn prima. Eind april is de kop donkerder, dikker en neigt naar wat vegetatief. Trosputen blijven wat achter in ontwikkeling. Ingestelde temperatuur is daarom wat verlaagd.

Mei

Begin mei staat de kop sterk met korte trossen en mooi gele bloemen. In de middag mag de temperatuur pieken naar 27°C. Begin mei wordt er voor het eerst ontvochtigd met ventilator op 20% van de maximale capaciteit, start ontvochtiging bij VD <1 g/m³. Half mei wordt de dagtemperatuur bij veel instraling wat langer doorgetrokken om grotere verschillen te maken met donkere dagen. 80% van de bovenste trossen is op dat moment goed ontwikkeld. Er wordt regelmatig een blaadje uit de kop gehaald. Vruchten die gevormd zijn in de periode met bladrandjes vertonen vaak een ongelijke rijping binnen de tros. Vorm en kleur van geoogste vruchten zijn prima. Soms wat kniktrossen, waardoor het vruchtgewicht van deze trossen wat achterblijft. Trosjes blijven bovenin wat zwak met soms wat trage afbloei, waardoor af en toe een misser ontstaat. Toch staat de BCO ervan te kijken dat het gewas er in deze kas zo goed bijstaat.

Juni

Begin juni stond de kop er wat scherp op. Daarom is de stooktemperatuur over een etmaal 1°C lager ingesteld. Een week later is dat te zien aan wat bladrandjes en onregelmatigheid in de zetting. Er wordt geprobeerd grotere verschillen in gerealiseerde temperatuur te maken tussen dagen met weinig en met veel instraling. Er zijn nog steeds geen problemen met botrytis. De wortels zijn nog steeds prima. Half juni staat de kop te scherp en wat stug, terwijl tros aan de zwakke kant is. Bladrandjes en kniktrossen komen voor. In de tweede helft van juni varieert de stand van de kop per week. Wel steeds wat ongelijke bloei binnen een tros.

Juli

Eind juni/begin juli is het erg warm weer geweest met veel instraling. Mede door beperkte luchtingscapaciteit kan de temperatuur in deze goed geïsoleerde kas bij veel instraling en weinig wind hoger oplopen dan in een reguliere kas. De stand van het gewas en de zetting vallen in het begin van de maand nog mee gezien de extreme weersomstandigheden. De relatief goede zetting t.o.v. de praktijk heeft mogelijk te maken met een lager vochtdeficiet in deze kas in vergelijking met de praktijk. Wel is er nog steeds ongelijke bloei en zwakachtige tros. Half juli is de kop sterker geworden, maar ongelijke bloei blijft. Een aantal planten hebben chlorotische verschijnselen. Bladrandjes komen ook teveel voor. Eind juli hebben de planten goede koppen, sommige zijn wat gelig van kleur, met soms een hapering in de zetting. Regelmatig zijn er aanpassingen nodig in de voeding voor wat betreft Mn.

Augustus

Planten met gelige koppen hebben ook zwakkere trosjes, maar wel goede wortels. Deze planten worden selectief gesnoeid en soms wordt er een hele tros weggenomen. Er is een grote plantvariatie: naast zeer sterke planten staan er ook zwakke, gelige planten met trage afbloei en matige zetting. Dit laatste ligt echter niet aan de hommels. De BCO adviseert om in de ochtend nog actiever te telen, een groter verschil te maken tussen de nacht- en dagtemperatuur en bij veel instraling de dag langer door te trekken. Er wordt meer ontvochtigd: maximale ventilatorcapaciteit wordt verhoogd van 30 naar 50%. De onderste trossen kleuren door matige zetting te vaak onregelmatig door. Om planten te ontlasten wordt overgegaan op twee maal per week oogsten. Er worden al weken geen blaadjes uit de kop verwijderd. Botrytis vormt totaal geen probleem.

September

In het algemeen is de vruchtvorm prima. Bovenin worden de trossen steviger. De laatste trossen worden gebeugeld. De vergeling in de kop blijkt niet door te zetten. Door donker weer in week 36 heeft de plant de week daarop weinig kracht in de kop. Half september is dit nog nauwelijks verbeterd. De oorzaak van de zwakte blijft onduidelijk. Het lijkt erop dat de plant bepaalde voedingselementen onvoldoende naar de kop kan transporteren. Er mankeert echter nog steeds niets aan de wortels. In de 2^e helft van de maand is er wel verbetering in de gewasstand opgetreden, maar de meeste trossen blijven aan de zwakke kant. Er komen nog steeds wat bladrandjes voor. Op 22 september zijn de planten gekopt.

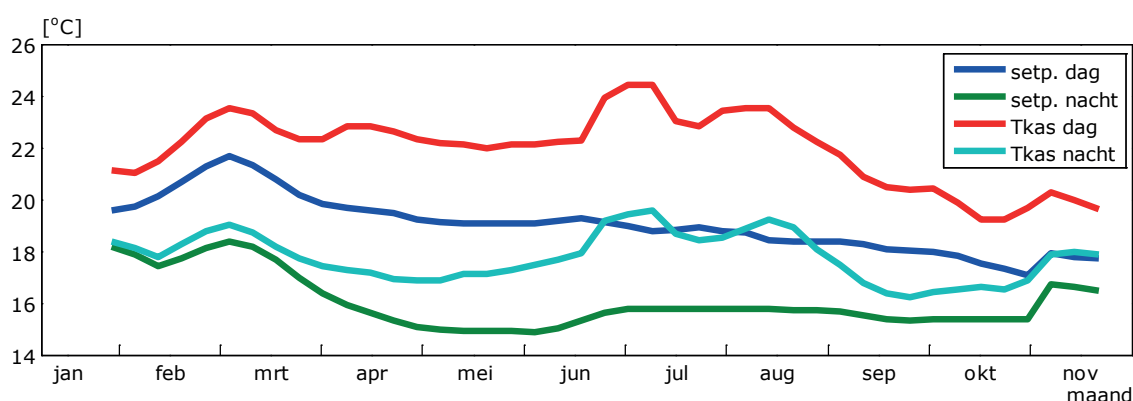
Oktober

Ondanks mooi weer vertonen een aantal planten begin oktober toch weer chlorotische verschijnselen en de onregelmatigheid in de trossen blijft. Dit leidt later tot verschillen in doorkleuring binnen de tros. Opvallend is dat ondanks de steeds terugkerende onregelmatigheid in zetting, de productie in vergelijking met praktijkbedrijven uitstekend is. De diefgroei is sterk. Er blijven grote verschillen tussen de planten onderling. Wortels van alle planten zijn continu goed. Eind oktober zijn er weinig gele koppen meer te zien.

November

Op 9 november is er geëtreld en 20 november is de teelt beëindigd, omdat er in de kas nog werkzaamheden moesten worden verricht i.v.m. een vervolgonderzoek met komkommer. Op deze datum zijn de vruchten van de bovenste trossen echter nog niet allemaal doorgekleurd.

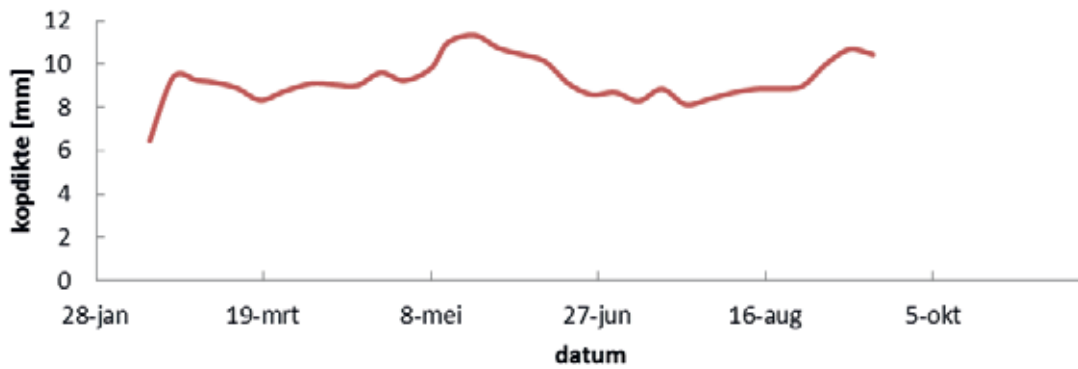
In Figuur 3.1 zijn de tijdens de teelt gerealiseerde setpoint temperaturen van de dag en nacht en de gerealiseerde kasluchttemperatuur tijdens de dag en de nacht weergegeven.



Figuur 3.1 Setpoint temperaturen van de dag en nacht en de gerealiseerde kasluchttemperatuur tijdens de dag en de nacht, weergegeven als een weekgemiddelde.

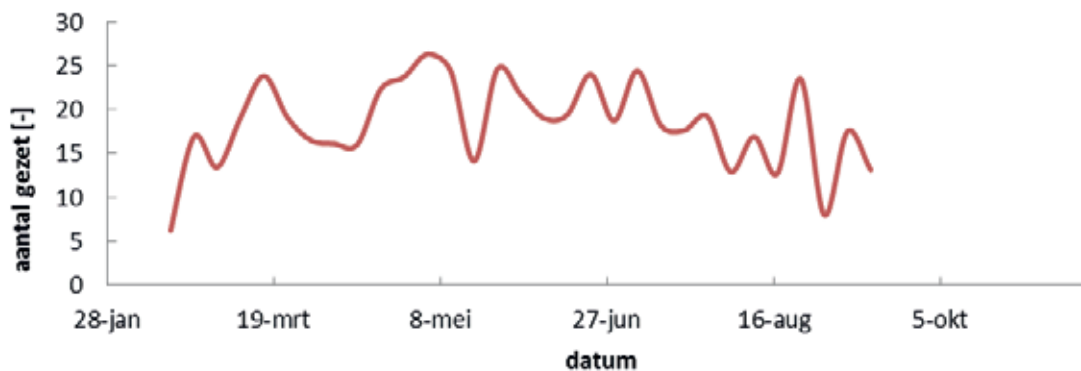
Plantmetingen

In Figuur 3.2 t/m 3.4 zijn achtereenvolgens de kopdikte, het aantal gezette vruchten en de plantbelasting per week weergegeven.



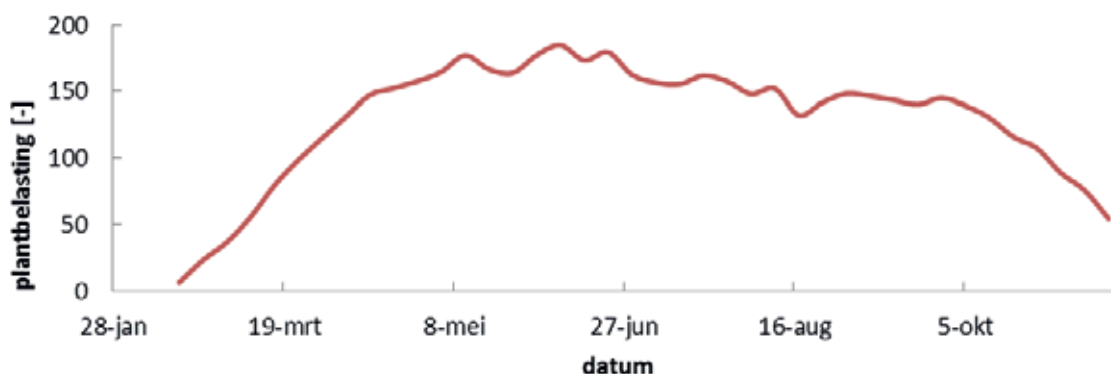
Figuur 3.2 Kopdikte per week gemeten in de 2SaveEnergy kas.

De stengels zijn het dikst vanaf half mei tot half juni. Tegen het einde van de teelt neemt de kopdikte ook weer toe.



Figuur 3.3 Aantal gezette vruchten per week in de 2SaveEnergy kas.

Het aantal gezette vruchtjes fluctueert wat in de tijd. Vooral rond 1 april is het aantal gezette vruchtjes relatief laag. Dit heeft waarschijnlijk o.a. te maken met matig gevormde trosjes in deze periode.

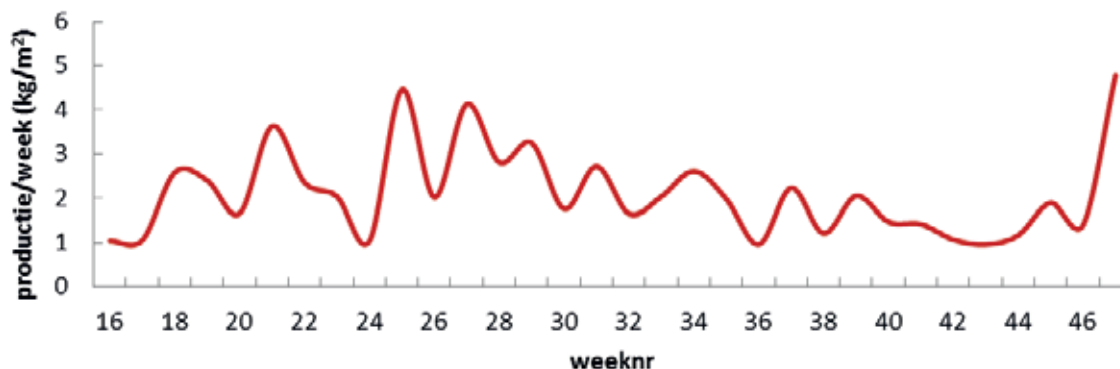


Figuur 3.4 Plantbelasting per week in de 2SaveEnergy kas.

De plantbelasting neemt toe tot begin mei en bereikt in de 1^e helft van juni zijn maximum. Daarna neemt deze langzaam af.

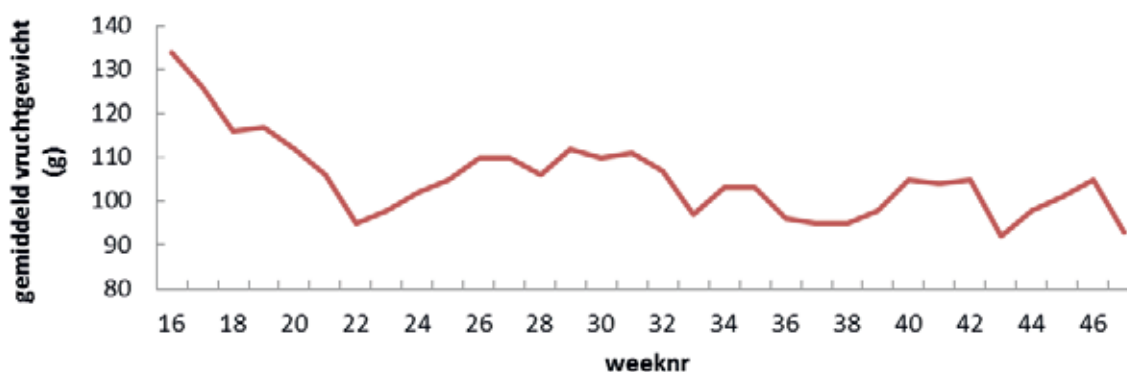
Productie en kwaliteit

In Figuur 3.5 en 3.6 zijn respectievelijk de wekelijkse productie en het vruchtgewicht weergegeven.



Figuur 3.5 Productie per week in de 2SaveEnergy kas.

De productie verloopt wat in pieken en dalen, maar dit komt mede omdat er 3 maal in de 14 dagen is geoogst. Dit betekent dat de ene week één keer en de andere week twee keer is geoogst. Op het einde van de teelt ontstaat een piek door het ethrellen. De uiteindelijke nettoproductie komt uit op 67.1 kg/m². Dat is 4 kg meer dan het vooraf gestelde doel van 63 kg/m².



Figuur 3.6 Gemiddeld vruchtgewicht per week in de 2SaveEnergy kas.

De eerste trossen zijn duidelijk het grofst. Met name in week 22 (eind mei) is het gemiddelde vruchtgewicht aan de lage kant. Dit kan te maken hebben met kniktrossen die in deze periode optraden. Het gemiddelde vruchtgewicht over de gehele periode was 104 g.

De houdbaarheid van de tomaten op 27 mei en 31 juli was respectievelijk 18.3 en 14.2 dagen. Deze houdbaarheid is goed te noemen.

4 Publiciteit

De publicitaire aandacht rond de 2SaveEnergy kas als onderdeel van het IDC energie, is groot geweest. Naast grote aantallen bezoekers, waarvan enkele 10-tallen op speciaal verzoek gericht deze kas bezocht hebben, is er ook zeer regelmatig met en door de schrijvende pers aandacht aan dit project besteed. In bijlage 1 is een overzicht van de meest relevante artikelen en publicaties / presentaties gegeven.

5 Conclusies

De experimenten in de 2SaveEnergy kas hebben laten zien dat het goed mogelijk is om bij lage input van energie $15.5 \text{ m}^3/\text{m}^2$ voor de periode eind januari – eind december, toch een praktijkconforme productie te bereiken bij een slechts geringe toename van het elektriciteitsgebruik ten opzichte van een standaard kas. In de haalbaarheidsstudie voorafgaand aan dit project is al berekend dat dit kas- en teelt-concept een besparing tot 50% moet kunnen bereiken ten opzichte van de gangbare praktijk. Voor een praktijkkas waar wel volgens de principes van Het Nieuwe Telen geteeld wordt, is een warmtegebruik van $23 \text{ m}^3/\text{m}^2$ ingeschat.

Hoewel met deze proef is bevestigd dat met deze kas grote besparingen op warmtegebruik bereikt kunnen worden, moet benadrukt worden dat dit het gezamenlijke resultaat is van zowel het kas- en teelt-concept.

Naast de isolatiegraad door het dubbele kasdek en het dubbele beweegbare scherm is een groot deel van de besparing bereikt door het toegepaste teeltmanagement en de beschikbaarheid van een alternatieve CO_2 bron.

Het niet toepassen van de minimumbuis temperatuur heeft niet tot zichtbare problemen geleid. De besparing op warmte laat door het jaar dan ook twee duidelijke seizoenen zien: de winter waar het kasdek en scherm voor de besparing zorgt en de zomer waar vooral het teeltconcept energiebesparing oplevert.

Het lage energiegebruik in de zomer heeft wel het nadeel dat er, om het productieniveau te halen, er absoluut een externe CO_2 bron beschikbaar moet zijn. Ook bij de zuinige doseerstrategie die in deze proef is toegepast, zal op jaarbasis al snel zo'n 13 kg CO_2 ingekocht moeten worden.

De ontvochtiging met buitenluchtaanzuiging en naverwarming, heeft naar behoren gefunctioneerd.

De sneeuwarme winter van 2015 heeft het niet mogelijk gemaakt het sneeuwsmelten via het aanzuigen van kaslucht die gedistribueerd wordt door de goot naar de spouw tussen glas en film, te testen. Testmetingen hebben wel laten zien dat de lucht in de goot zeer snel afkoelt, zodat de smeltcapaciteit minimaal zal zijn.

Doordat de spouw tussen glas en film in dit concept niet luchtdicht is, kan er condensatie in de spouw voorkomen. Of en zo ja welke gevolgen dat op langere termijn heeft voor de transmissie is nog onbekend.

De productie van tomaat (Cappriccina) was met $67 \text{ kg}/\text{m}^2$ hoger dan het gestelde doel van $63 \text{ kg}/\text{m}^2$ en conform of zelfs hoger dan van praktijkbedrijven. Het diffuse kasdek zal ongetwijfeld een deel hiervan voor zijn rekening hebben genomen. De teelt is over het algemeen goed verlopen zonder Botrytis of andere aantastingen.

Opvallend was wel dat er in verschillende periodes ongelijkheid in en binnen de trossen was. De oorzaak hiervan is onduidelijk.

Ten aanzien van gewasproductie kan dus geconcludeerd worden dat het gebruik van een isolerend kasdek en intensief (dubbel) schermgebruik geen negatieve gevolgen voor de productie hoeft te hebben.

Literatuur

Fernández del Olmo, P. 2013.

Estudio mediante métodos numéricos (CFD) de la ventilación natural en un prototipo de invernadero parral multicapilla con ventilación optimizada. Trabajo fin de carrera Ingeniero Agrónomo. Escuela Politécnica Superior y Facultad de Ciencias Experimentales. Universidad de Almería.

Kempkes, F.L.K. ; Swinkels, G.L.A.M. ; Hemming, S. ; Sapounas, A. ; Noort, F.R. van; Janse, J. 2014.

Haalbaarheidsstudie Glas-Film Kasconcept. Wageningen UR Glastuinbouw, (Rapport / Wageningen UR Glastuinbouw 1307) - p. 58.

Poot, E.H.; Kempkes, F.L.K.; Gelder, A. de; Janse, J.; Raaphorst, M.G.M. (2010). Nieuw kasdek voor Het Nieuwe Telen. Bleiswijk : Wageningen UR Glastuinbouw, (Rapporten GTB 1050) - p. 86.

Bijlage 1 Overzicht publicaties en presentaties

TV/video kanalen

<http://www.tuinbouwtv.nl/film/video/2saveenergy/>

Artikelen vakbladen

Zuinig en efficiënt telen in 2SaveEnergy kas. Jacco Strating. 2014-07 KAS Techniek P68-P69.

Noviteiten en ontwikkelingen. Jacco Strating en Ellis Langen. 2015-06 KAS Techniek P57.

Kassen met een dubbellaags dek op een rij. Jacco Strating. 2015-06 KAS Techniek P22-P25.

<http://edepot.wur.nl/327287>. 2014-09 KAS Techniek P32-P35.

Met duurzaam, hoogtransparant folie naar betaalbaar dubbel kasdek: consortium realiseert proefkas volgens nieuw concept. Jan van Staalduinen, en Frank Kempkes, 2014. Onder Glas 11 (6/7). - p34 - 35.

Websites

Deze maand glas op 2SaveEnergy kas. 15 augustus 2014.

<http://www.groentenet.nl/groenten/nieuws/deze-maand-glas-op-2saveenergy-kas/>

2SaveEnergy kas komt op stoom, 20 maart 2015.

<http://www.groentennieuws.nl/artikel/123346/2SaveEnergy-kas-komt-op-stoom>

Onderzoek kasconcepten loopt, investeringen ook, oktober 2015.

<http://www.groenkennisnet.nl/nl/groenkennisnet/show/Onderzoek-kasconcepten-loopt-investeringen-ook.htm>

Kasdek 2SaveEnergy biedt perspectief, 26 februari 2016.

<http://www.agriholland.nl/nieuws/artikel.html?id=167579>

2SaveEnergy nieuwe opmaat energiezuinig telen, 25 februari 2015.

<http://www.chrysantnet.nl/chrysanten/nieuws/2saveenergy-nieuwe-opmaat-energiezuinig-telen/>

Greenhouse roof 2SaveEnergy new standard for energy-efficient cultivation, 5 juli 2015.

<http://www.hortidaily.com/article/15391/Greenhouse-roof-2SaveEnergy-new-standard-for-energy-efficient-cultivation>

Energiezuinig dubbel kasdek 21 augustus 2014.

<http://www.gfactueel.nl/Glas/Achtergrond/2014/8/Energiezuinig-dubbel-kasdek-1580902W/>

ETFE Film and Glass on the Same Greenhouse?, maart 2015.

<http://agritecture.com/post/97003032137/etfe-film-and-glass-on-the-same-greenhouse>

2SaveEnergy kas: eerste kilo's geoogst, 12 mei 2015.

Kas als energiebron

Telen onder isolerend glas, Feije de Zwart. 7 april 2015. <https://www.kasalsenergiebron.nl/nieuws/telen-onder-een-isolerend-kasdek/>

Overigen

2SaveEnergy® kasconcept: van design naar realisatie. F.L.K. Kempkes en A. van Deursen. Poster bij Energiek event 24 april 2014.

https://www.wageningenur.nl/upload_mm/8/e/b/57215153-5cbd-4771-9d62-c23d51fb6812_Poster%20glas%20folie%20kas%20Energiek2020Event%202014v2.pdf

Greenhouse concept with high insulating by combination of glass and film: design and first experimental results.(Oral presentation). Frank Kempkes, Jan Janse en Silke Hemming. Greensys 2015 - International Symposium on New Technologies and Management for Greenhouses`, Evora 21 July 2015.

Greenhouse concept with high insulating cover by combination of glass and film: design and first experimental results. 2016, in press. F. Kempkes, J. Janse en S. Hemming. Acta Hort.

Avag op bezoek in de 2SaveEnergy kas, 4 november 2014. Frank Kempkes en Arno van Deursen.

De 2SaveEnergy kas. Frank Kempkes. Energiebijeenkomst glasgroenten 21-9-2015 de Lier.

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



Wageningen UR Glastuinbouw
Postbus 20
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1
2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0) 10 522 51 93
www.wageningenur.nl/glastuinbouw

Glastuinbouw Rapport GTB-1402

Wageningen UR Glastuinbouw initieert en stimuleert de ontwikkeling van innovaties gericht op een duurzame glastuinbouw en de kwaliteit van leven. Dat doen wij door toepassingsgericht onderzoek, samen met partners uit de glastuinbouw, toeleverende industrie, veredeling, wetenschap en de overheid.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.