



# Intensief schermen & energiezuinig ontvochtigen met Het Nieuwe Telen in komkommer

H.F. de Zwart en M. Raaphorst

Rapport GTB-1444

## Referaat

Het monitoringsproject is een meerjaren-project waarin tuinders die bezig zijn met Het Nieuwe Telen worden gevolgd. Bij sommigen beslaat dit meerdere jaren en bij hen kan worden gezien of het gebruik van de installaties in de loop van de tijd verandert. Immers, met name het gebruik van schermen, maar ook de luchtvochtigheid in de kas is bepalend gebleken voor de besparingen die met Het Nieuwe Telen en de daarbij behorende installaties kunnen worden gerealiseerd.

De drie komkommertelers die gedurende 2 jaar zijn gevolgd laten zien dat zij hun schermen intensiever zijn gaan gebruiken en dat zulk gebruik ook energiebesparing op kan leveren.

Ook de relatie tussen luchtvochtigheid en energiegebruik komt duidelijk naar voren. Deze is in dit rapport gekwantificeerd met behulp van simulatiemodel. Dit leverde de vuistregel op dat bij iedere procent-punt dat het RV-setpoint hoger wordt ingesteld het energieverbruik met 1 m<sup>3</sup> aardgas equivalenten per m<sup>2</sup> per jaar daalt. Bij warmte terugwinnende ontvochtigingsinstallaties is die relatie natuurlijk minder sterk.

Behalve theoretische en praktisch gemeten resultaten gaat het rapport ook in op de regelstrategie voor schermen indien de luchtvochtigheid te hoog oploopt. Zowel de regeling die idealiter gebruikt zou moeten worden als de regeling die tuinders uit praktische overwegingen toepassen.

## Abstract

The monitoring project is a multi-year project in which growers applying Next Generation Greenhouse Cultivation are being followed. Some are monitored for more two full years and for those, it can be seen whether the use of installations changes over time. Especially the use of screens, but also the accepted humidity in the greenhouse, has proven to be a decisive factor for the energy savings that can be achieved.

The greenhouse data observed at three cucumber growers for 2 years show that they have indeed increased the application of screens and that such an increase also provide energy savings.

The relationship between air humidity and energy consumption is also clearly visible. This is quantified using a simulation model. The computations resulted in rule of thumb saying that at each percentage point that the RH setpoint is increased, the energy consumption decreases with 1 m<sup>3</sup> of natural gas equivalents per m<sup>2</sup> per year. Of course this relation will be less strong when using dehumidification systems with heat recovery. In addition to theoretical and practical measured results, the report discusses the control strategy in cases the humidity persists to become too high. The measures to be taken are discussed both from a theoretical point of view as from the practical point of view by growers.

## Rapportgegevens

Rapport GTB-1444

Projectnummer: 3742157313

DOI nummer: 10.18174/417313

## Disclaimer

© 2017 Wageningen Plant Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E [glastuinbouw@wur.nl](mailto:glastuinbouw@wur.nl), [www.wur.nl/plant-research](http://www.wur.nl/plant-research). Wageningen Plant Research.

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 University & Research, BU 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

	<b>Voorwoord</b>	<b>5</b>
	<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
	<b>Summary</b>	<b>9</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Ontvochtiging met geforceerde ventilatie</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>Schermgewbruik bij drie komkommerbedrijven</b>	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>Luchtvochtigheid en energiegebruik</b>	<b>27</b>
<b>5</b>	<b>Conclusies</b>	<b>29</b>



# Voorwoord

Sinds de uitrol van het onderzoeksprogramma Kas Als Energiebron hebben een groot aantal energie-innovaties het licht gezien. De meeste innovaties hebben betrekking tot systemen die op een of andere manier gebruik maken van vochtbeheersing middels gecontroleerde luchtwisseling en/of luchtbeweging.

Maar veel belangrijker is nog dat tuinders door de ontwikkelingen die vanuit Kas Als Energiebron zijn ingezet anders zijn gaan telen. Vooral het geïntensiveerd gebruik van, vaak meerdere, energieschermen en het toestaan van een hogere luchtvochtigheid doen de warmtevraag afnemen.

Deze verandering van inzicht wordt aangeduid met Het Nieuwe Telen en biedt de mogelijkheid om ook zonder grote investeringen een forse verlaging van het energiegebruik te realiseren.

Voorliggend rapport toont hoe een drietal komkommertuinders die in het kader van het project 'Begeleiden en monitoren van energie-innovaties in de praktijk' hier in 2014 en 2015 mee bezig zijn geweest en geeft achtergrondinformatie over energiezuinig ontvochtigen en de relatie tussen ontvochtiging en energieverbruik.

Dit rapport kon worden opgesteld door de financiële ondersteuning van het Ministerie van Economische Zaken en LTO Glaskracht Nederland in het kader van het onderzoeksprogramma Kas Als Energiebron.



# Samenvatting

Het monitoringsproject is een meerjaren-project waarin een groot aantal tuinders deelnemen die intensief bezig zijn met Het Nieuwe Telen. De meeste tuinders die in het project gevolgd worden hebben investeringen gedaan in hardware om hun energieverbruik te verminderen. In het project wordt vervolgens gekeken hoeveel besparing daarmee wordt gerealiseerd. De bestudering van de prestaties van hardware kan goed door twee verschillende afdelingen binnen een bedrijf te vergelijken. In eerdere publicaties over energiebesparing bij gebruik van Het Nieuwe Telen is echter al komen vast te staan dat een groot deel van besparingspotentie ligt in de toepassing van energiezuinige klimaatinstellingen. Dit is een leerproces, wat zich goed laat bestuderen door dezelfde tuinders in de tijd te volgen.

In voorliggend rapport worden de resultaten van drie komkommertelers in twee successievelijk jaren getoond. Bij alle drie deze tuinders kan worden gezien dat een geïntensiveerd schermgebruik en een hogere luchtvochtigheid tot een lager energieverbruik leidt. Verschillen in de teeltperiode, teeltwisselingsmomenten en strategie in de zomerperiode maakt echter dat er nauwelijks verschil in het jaarlijkse gasverbruik waarneembaar was. Één van de drie tuinders gebruikte in 2015 zelfs duidelijk meer gas dan in 2015 door een verlengde teeltperiode in het najaar.

De relatie tussen energiegebruik en luchtvochtigheid komt duidelijk naar voren als een belangrijk aspect van een energiezuinige teelt. Daarom is deze relatie met een simulatiemodel nader onderzocht. Dit leverde de handige vuistregel op dat iedere procent-punt dat het RV-setpoint hoger wordt ingesteld het energieverbruik met 1 m<sup>3</sup> aardgas equivalenten per m<sup>2</sup> per jaar daalt. Bij een regeling op vochtdeficit moet het luchtvochtigheidssetpoint met 0.15 gr/m<sup>3</sup> worden verlaagd om een m<sup>3</sup> aardgas per m<sup>2</sup> per jaar te kunnen besparen voor de besparing. Uiteraard is de relatie tussen luchtvochtigheidssetpoint en energieverbruik minder sterk wanneer er een ontvochtigingsinstallatie met warmteterugwinning wordt gebruikt.

Op momenten dat de gewenste vochtafvoer de maximale ontvochtigingscapaciteit van een luchtbehandelingssysteem overschrijdt kan de vocht-afvoercapaciteit van de kas worden verhoogd door de ramen te openen boven een gesloten scherm of door het trekken van een schermkier. Beide methoden werden toegepast door de tuinders waar gemonitord is. De metingen laten zien dat beide opties voor het energiegebruik geen noemenswaardig verschil maken. In het handboek 'Basisprincipes van Het Nieuwe Telen' wordt gepropageerd om te 'luchten boven een gesloten scherm' in plaats van het trekken van schermkieren. Dit om kouval te voorkomen. Tuinders blijken echter om praktische redenen vaak te kiezen voor schermkieren omdat bij 'luchten boven een gesloten doek' de procedure voor het eerst sluiten van ramen en dan het opentrekken van het doek in de ochtend veel hoofdbrekens oplevert. Tuinders kiezen dan gemakkelijker voor de eenvoudiger te besturen schermkier.





# Summary

In the monitoring project the climate and energy consumption a large number of greenhouses is studied, as well as the climate control measurements applied to realize this climate. Most of the greenhouses studied have invested in hardware that is meant to reduce their energy consumption. To determine the performance of this hardware as much as possible, comparisons are tried to be made between greenhouses with such hardware and similar greenhouses without. However, in earlier publications on the monitoring project, it has already been established that a great deal of the energy savings are rather a result from energy-efficient climate settings than from the hardware involved. This holds especially for thermal screens and since the application of screens by growers is a learning process, such developments can be studied by following the same growers over time. The present report shows the results of three cucumber-growers in two successive years. For all these three growers it can be seen that intensified screen usage and higher humidity lead to a lower energy consumption. However, differences in the cultivation period, the length of the cultivation cycle and the climate strategy summer makes it hard to see any difference in the annual gas consumption. One of the three growers used even more gas in 2015 than in 2015 despite an intensified application of his screens.

Apart from the role of screens, also the relationship between energy use and humidity is an evident aspect of energy-efficient cultivation. This relationship has been further investigated with a simulation model. This study resulted in an easy to use rule of thumb that every percentage point that the RH setpoint is increased will result in a decreases of energy consumption with  $\text{m}^3$  of natural gas equivalents per  $\text{m}^2$  per year. In case of humidity control based on vapour deficit, this rule of thumb tells that the tolerated vapour deficit must be reduced by  $0.15 \text{ gr/m}^3$  to save a  $\text{m}^3$  of natural gas per  $\text{m}^2$  per year. Of course, the relationship between air humidity setpoint and energy consumption is less strong when a dehumidification system with heat recovery is used.

However, no matter the actual humidity setpoint, at a certain point vapour has to be carried off. Some greenhouse have active air exchange to achieve this below the deployed screens, but even these systems will eventually reach their maximum capacity. In that case a further increment of moisture withdrawal can be achieved by either partly opening screens, or by opening the vents above the deployed screens. Both strategies could be found in the control actions of the greenhouses studied. The measurements indicate that both options do not make a significant difference in energy consumption, as long as comparable humidities are achieved. The "Handbook on Next Generation Greenhouse Cultivation" (Handboek Het Nieuwe Telen) propagates "vent above the deployed screen" over "opening slits in the screen" to increase the moisture withdrawal. This in order to prevent an inhomogeneous temperature distribution in the greenhouse. However, for practical reasons, growers still prefer the slits in the screen because in the case of 'venting above a deployed screen', the procedure go from night-conditions with a deployed screen to daytime conditions with a stowed screen is far from controlled smoothly by the current generation of greenhouse climate controllers. Till that time they tend to use the more fail-safe partial slit in the screen, since then the procedure when going from night to day is simply a matter of enlarging the slit to a completely stowed screen.



# 1 Inleiding

De energieprijzen zijn momenteel laag en ook voor de eerstvolgende jaren kunnen energie-contracten voor relatief lage prijzen worden afgesloten.

Er zijn dus op dit moment geen zware economische motieven om grootscheeps op energiebesparing in te zetten. Wel is er een onmiskenbare maatschappelijke druk om het energieverbruik in de tuinbouw te verlagen. Daarnaast heeft de tuinbouwsector zich in het Nationale Energieakkoord gecommitteerd aan een forse verlaging van de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Energiebesparende technieken staan daarom sterk in de belangstelling.

Voor de glastuinbouw liggen hiervoor een groot aantal technieken op de plank. Zo zijn er de afgelopen jaren positieve resultaten behaald met aardwarmte, warmte/koude opslag, hoog isolerend glas, energie-efficiënte belichtingssystemen, nieuwe schermdoeken en ontvochtigingssystemen, met of zonder warmte-terugwinning. Voor sommige teelten behoort zelfs de directe invang van zonne-energie uit overtollig zonlicht tot de mogelijkheden.

Het effect van deze technische innovaties wordt echter vooral bepaald door de wijze waarop de tuinder er mee om gaat en hoe de klimaatcomputer wordt ingesteld.

Energiezuinige instellingen die niettemin een groeizaam klimaat opleveren worden aangeduid met het begrip Het Nieuwe Telen. Het kernpunt van Het Nieuwe Telen is het veelvuldig toepassen van energieschermen, het beperken van de ventilatie door toe te staan dat overdag de temperatuur flink oploopt en door een hogere luchtvochtigheid te accepteren.

Het telen bij een hogere luchtvochtigheid wordt door veel tuinders als risicovol gezien en alleen aanvaardbaar geacht als er in de kas luchtcirculatiesystemen zijn aangebracht, meestal in combinatie met buitenluchtaanzuiging.

De drie komkommertelers waarvan het kasklimaat en de klimaatregeling in dit rapport wordt besproken zijn om deze reden met luchtdistributiesystemen aan de slag gegaan. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de systemen die zij gebruiken en bespreekt de belangrijkste eigenschappen daarvan.

De energiebesparing die met de innovaties die door Kas Als Energiebron worden gestimuleerd komt echter niet door de ontvochtigingssystemen zelf, maar door de mogelijkheid die deze bieden op het vergroten van het aantal schermuren en/of het gebruik van dubbele schermen. Deze ontwikkeling wordt in dit rapport besproken aan de hand van de monitoring van het energieverbruik en de gebruikswijze van schermen bij drie komkommertuinders (hoofdstuk 3).

Bij een toegenomen schermgebruik zal de luchtvochtigheid hoger worden. Indien deze hogere luchtvochtigheid wordt voorkomen door meer te gaan ventileren, ongeacht of dit gebeurt met geopende of gesloten schermen, zal de warmtevraag toenemen. In hoofdstuk 4 wordt de relatie tussen luchtvochtigheidssetpoint en warmtevraag kwantitatief bepaald.

Hoofdstuk 5 geeft de conclusies die uit de monitoring bij deze drie tuinders kunnen worden getrokken.



## 2 Ontvochtiging met geforceerde ventilatie

Planten verdampen water waarmee ze enerzijds zichzelf koelen (overdag) en anderzijds nutriënten aanvoeren vanuit het wortelmilieu. De aanvoer van waterdamp door de planten in een afgesloten kas doet het vochtgehalte toenemen en wanneer de relatieve luchtvochtigheid van de kas 100% zou bedragen zou de gewasverdamping praktisch stil komen te liggen. In de praktijk gebeurt dit nooit omdat er altijd een bepaald lekverlies naar buiten is en omdat er meestal condensatie op het kasdek plaatsvindt, vooral wanneer de luchtvochtigheid hoog wordt. De verdamping neemt bij hoge luchtvochtigheid echter wel af en overdag leidt een hoge luchtvochtigheid tot hogere gewastemperaturen.

Een te lage verdamping en te hoge gewastemperaturen zijn onwenselijk dus daarom is een zorgvuldige bewaking op een te hoge luchtvochtigheid gewenst.

Voorheen gebeurde de bewaking op te hoge luchtvochtigheid door het open sturen van ramen of het trekken van schermkieren bij de overschrijding van de luchtvochtigheid boven een bepaalde waarde. De luchtuitwisseling door ramen en door schermkieren is echter vrij ongelijkmatig. Bij kleine raamopeningen en schermkieren hebben de windrichting en afstellings-onnauwkeurigheden grote invloed en die leiden tot een ongelijke temperatuurverdeling.

Vanwege de lokale verschillen kiezen tuinders zonder geforceerde ventilatiesystemen vaak voor een lage luchtvochtigheid en laten ze al gauw het scherm geheel open om geen schermkier te hoeven trekken. Ook op de ongunstigste plekken loopt de luchtvochtigheid dan niet te hoog op.

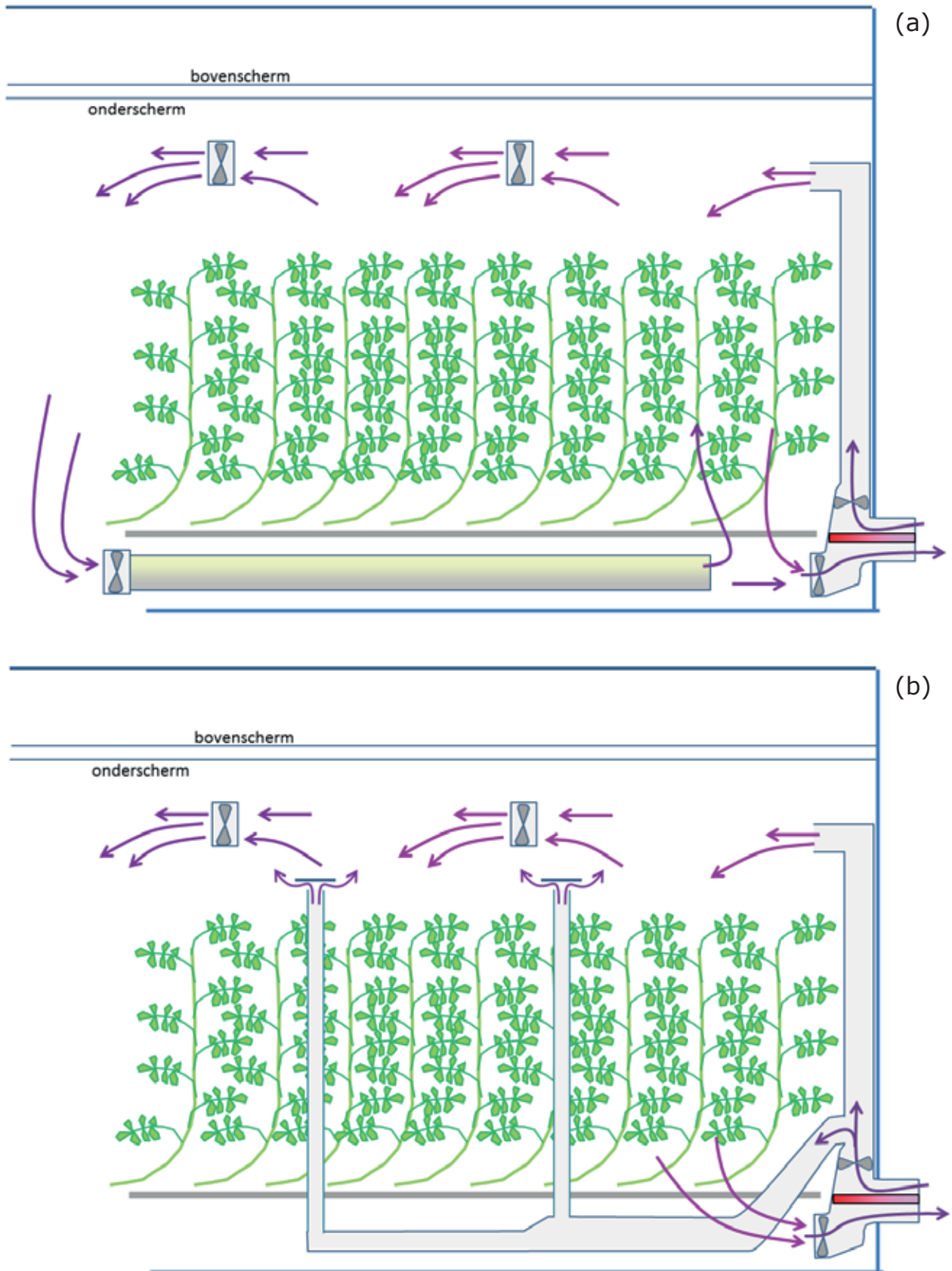
Bij gebruik van geforceerde ventilatiesystemen voor de ontvochtiging kan het luchtverversingsdebiet nauwkeurig geregeld worden en de droge lucht goed verdeeld worden ingebracht. Dit schept de mogelijkheid om een hogere luchtvochtigheid te accepteren. Bovendien zorgt geforceerde ventilatie van de lucht onder het scherm voor een kleine overdruk onder het scherm, waardoor schermkieren minder vaak nodig zijn om het vocht vanuit de teeltruimte door of langs het scherm via het nok-compartiment naar buiten te krijgen.

Er zijn allerlei verschillende systemen voor ontvochtiging van tuinbouwkassen op de markt. Er zijn systemen die de lucht van onderuit inblazen en systemen die bovenover de drogere lucht inblazen. Voor teelten die in de grond geteeld worden of teeltsystemen waarbij onder de goten geen ruimte is voor luchtverdeelsystemen is luchtverdeling bovenover de enige mogelijkheid.

Luchtverdeelsystemen onder de goot zijn in de groenteteelt altijd gebaseerd zijn op slurven met gaatjes die vanuit de gevel van droge lucht worden voorzien. Bij systemen voor ontvochtiging van bovenaf worden vergelijkbare slurven gebruikt, maar ook vrij uitblazende ventilatoren.

Onder de komkommerbedrijven die in 2015 gemonitord zijn waren er twee die met vrij uitblazende ventilatoren vanuit de gevel werken. Bij de komkommertuinder AA (zie ook hoofdstuk 3) voldeed dit systeem naar tevredenheid, maar bij komkommertuinder CL leidde het systeem met vrije uitblaas in eerste instantie (in 2014) tot een ongewenst hogere temperatuur bij het middenpad. Om dit te verbeteren is de installatie in 2015 aangepast en zijn er extra inblaaspunten op  $\frac{1}{4}$ , halverwege en op  $\frac{3}{4}$  van het pad aangebracht. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 2.1. In feite is het systeem in 2015 wat minder vrij uitblazend geworden, maar wordt de buitenlucht nog steeds van bovenaf ingeblazen.

Metingen aan de horizontale temperatuurverdeling hebben laten zien dat de genomen maatregelen tot het gewenste effect hebben geleid en dat de temperatuurverschillen over de kas nu binnen de 2°C blijven.



**Figuur 2.1** Het vrij uitblazend ontvochtigingssysteem van komkommertuinder CL in 2014 (a) en in 2015 (b). In 2015 is het dus een meer distribuerend systeem geworden.

Een opvallend detail aan de ontvochtigingsinstallatie bij CL is dat er naast een gecontroleerde ingaande luchtstroom ook een gecontroleerde uitgaande luchtstroom is getekend. Deze installatie is daarmee een voorbeeld van een balansventilatiesysteem. Door de ingaande ventilator altijd wat meer lucht te laten blazen dan de uitgaande ventilator wordt de kas op een geringe overdruk gehouden om onbedoelde luchttoevoer langs andere wegen te voorkomen.

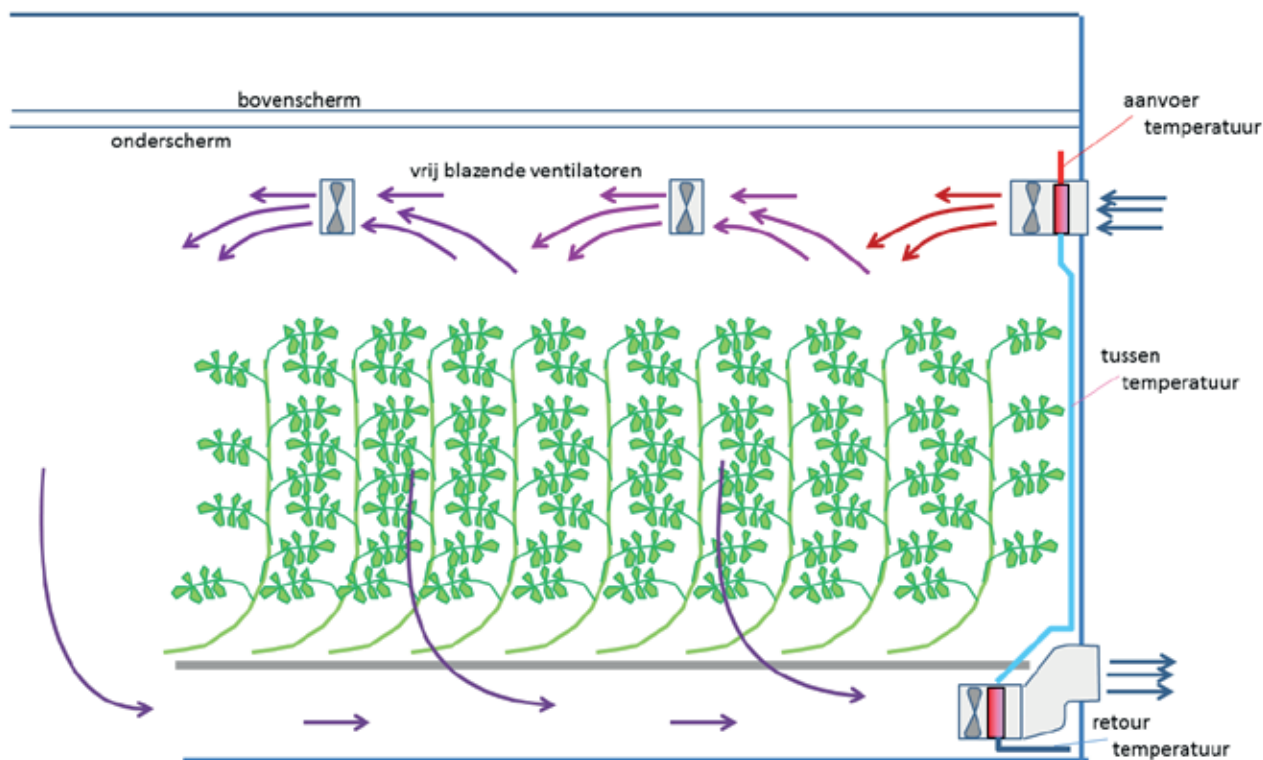
In de installatie bij CL is de luchtuitlaat direct naast de luchtinlaat geplaatst en daardoor kunnen de luchtstromen via een lucht/lucht wisselaar warmte uitwisselen. De binnenkomende koude kaslucht wordt daarmee opgewarmd door de uitgaande warme en vochtige kaslucht. Het betreffende bedrijf heeft geen temperatuurvoelers in de ingaande en uitgaande luchtstromen geplaatst zodat er geen gegevens zijn over de hoeveelheid warmte die langs deze weg is teruggewonnen. Gegeven de afmetingen van de warmtewisselaar mag echter aangenomen worden dat de installatie ongeveer 80% van het voelbare warmteverlies van de ontvochtiging zal terugwinnen. Dat betekent dat de ingeblazen lucht maximaal 20% van het temperatuurverschil tussen binnen en buiten kouder is. Wanneer het buiten 8°C is en binnen 18°C, zal de lucht met ongeveer 16°C worden ingeblazen. Een groot voordeel van een installatie met een lucht/lucht warmtewisselaar is dat de ingeblazen lucht tot dicht bij de kasluchttemperatuur wordt opgewarmd zonder dat daar verwarmingswater voor gebruikt hoeft te worden en ook zonder dat er een regeling aan te pas komt.

Een lucht/lucht warmtewisselaar kan de lucht theoretisch tot maximaal kasluchttemperatuur opwarmen, maar omdat de warmtewisselaars meestal wat klein gekozen worden zal de ingeblazen lucht in de praktijk altijd wat kouder zijn.

Om dit te voorkomen heeft een andere komkommertuinder (AA) ervoor gekozen om een water/lucht warmtewisselaar in het aanzuigpunt te plaatsen (zie Figuur 2.2). Hij warmt daarmee de aangezogen buitenlucht tot 1 á 2°C boven de kasluchttemperatuur op. Dit zorgt ervoor dat de vrij uitblazende lucht makkelijker door de circulatieventilatoren vanuit de gevel verder de kas in wordt geblazen. Immers, warmere lucht zal minder snel naar beneden zakken dan koude lucht.

Van dit systeem zijn gedetailleerde gegevens over de werking beschikbaar. Voor 2015 kon worden vastgesteld dat de installatie 3250 uur heeft gedraaid, waarbij in totaal zo'n 13.800 m<sup>3</sup> buitenlucht per m<sup>2</sup> kas van de buitenluchttemperatuur naar een temperatuur iets boven de kaslucht is gebracht (gemiddeld 4.2 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> uur)). De gemiddelde kasluchttemperatuur tijdens die 3250 uur was 17.2°C, de gemiddelde lucht-inblaas-temperatuur was 18.3°C en de gemiddelde buitentemperatuur over die uren was 10.3°C.

Een simpel sommetje lijkt dan te vertellen dat voor de opwarming van die ingeblazen buitenlucht:  $(18.3 - 10.3)^\circ\text{C} \times 13800 \text{ m}^3 \times 1230 \text{ J}/(\text{m}^3 \text{ K}) = 135 \text{ MJ}$  per m<sup>2</sup> nodig was. Dit sommetje gaat echter voorbij aan het feit dat er bij lage buitentemperaturen minder lucht wordt aangezogen en bij hogere buitenluchttemperaturen meer. Hierdoor is de gemiddelde opwarming van de lucht, gewogen naar volume, geen 8, maar 7.3°C. De werkelijke hoeveelheid energie die nodig was voor de opwarming van de lucht was dus  $7.3 \times 13800 \times 1230 = 124 \text{ MJ}$ , wat overeenkomt met 3.9 m<sup>3</sup> aardgas equivalenten.



**Figuur 2.2** Het vrij uitblazend ontvochtigingssysteem bij komkommertuinder AA.

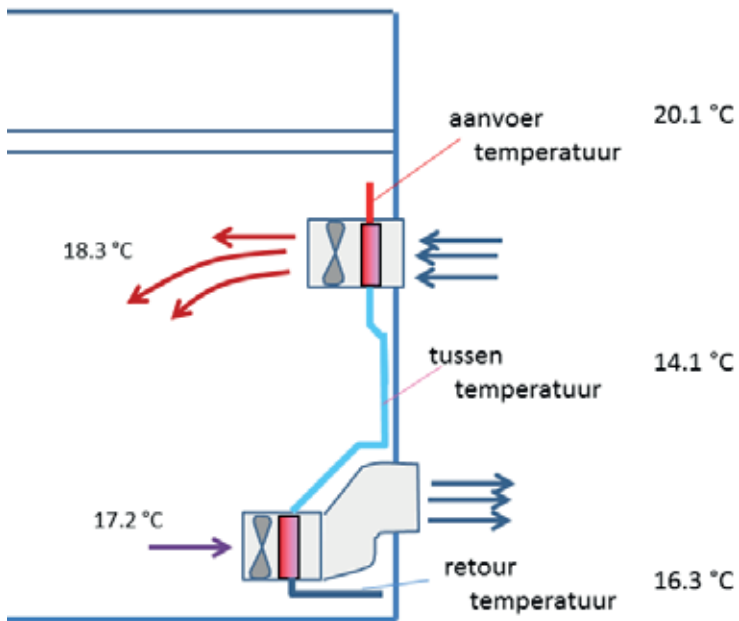
Het ontvochtigingssysteem bij AA heeft naast de verwarmende warmtewisselaar in de ingaande luchtstroom, ook een warmte-onttrekkende warmtewisselaar in de uitgaande luchtstroom. Deze onttrekt warmte aan de uitgeblazen vochtige kaslucht.

Uiteraard kan deze warmte-onttrekkende warmtewisselaar alleen energie aan de kaslucht onttrekken wanneer het ingaande water (de tussentemperatuur in het plaatje) een lagere temperatuur heeft dan de kaslucht. Dit blijkt inderdaad het geval, want over de 3250 uur dat de installatie in 2015 heeft gedraaid was de gemiddelde tussentemperatuur 14.1°C, waar de gemiddelde kasluchttemperatuur over die uren 17.2°C was. Uit de metingen blijkt dat de gemiddelde water-uitrede temperatuur uit de warmte-onttrekkende wisselaar 16.3°C was. Figuur 2.3 geeft een overzichtje van de gemiddelde waarden die tijdens de bedrijfstijd van de installatie in 2015 gemeten zijn.

Omdat het waterdebiet in deze installatie constant is geven de gemiddelde watertemperaturen die tijdens bedrijf gemeten zijn ook direct informatie over het rendement van de warmteterugwinning. Gebruikmakend van de getallen in Figuur 2.3 volgt dat het rendement van de warmteterugwinning  $(16.3-14.1) / (20.1-14.1) = 36.7\%$  bedraagt.

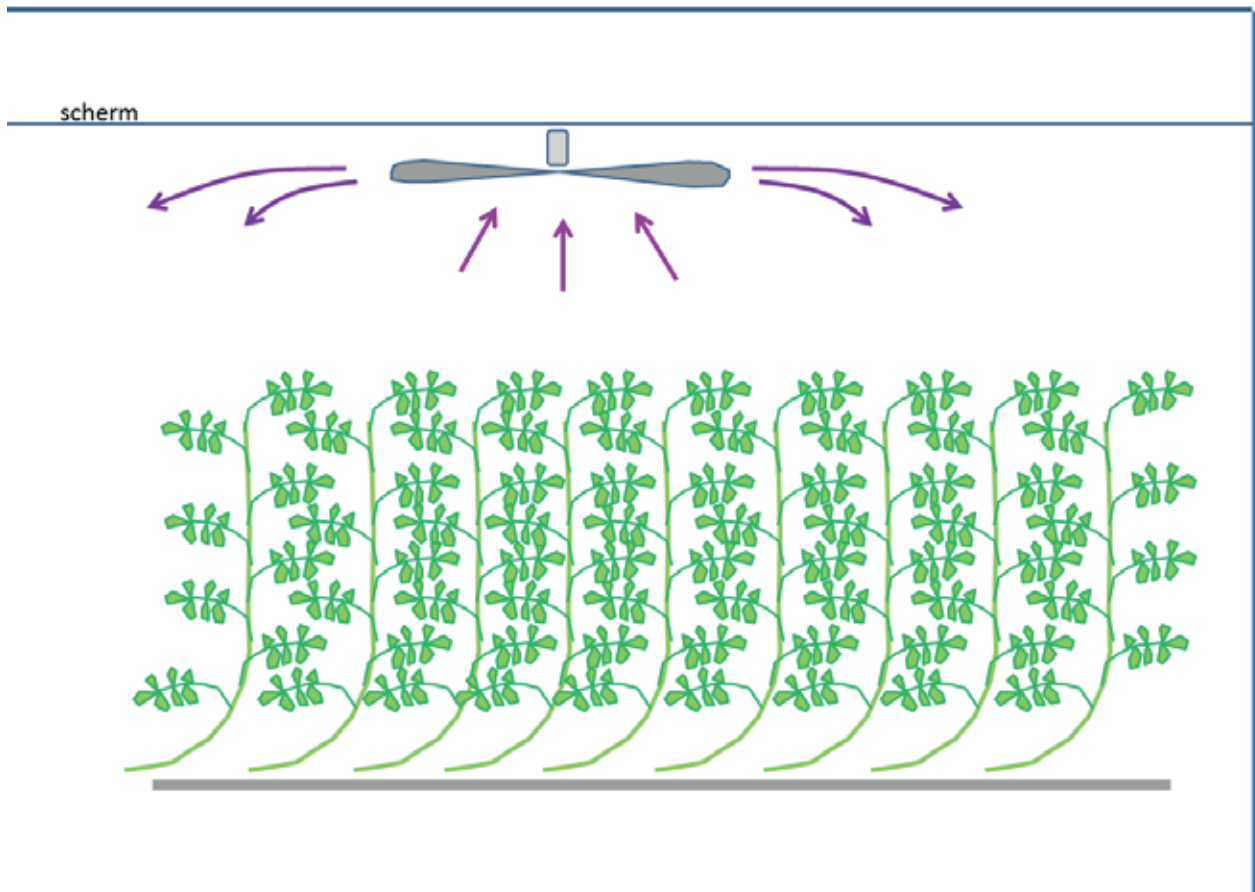
De installatie heeft in 2015 dus 1.4 m<sup>3</sup> aardgas per m<sup>3</sup> per jaar bespaard ten opzichte van de situatie waarin de vochtige kaslucht niet langs deze 2<sup>e</sup> wisselaar zou zijn gezogen.





**Figuur 2.3** Temperaturen rond de warmte-terugwininstallatie bij komkommertuinder AA.

De derde komkommertuinder (MA) heeft een systeem geplaatst waarmee geen buitenlucht kon worden aangezogen, maar alleen lucht kon worden gecirculeerd in de kas. Hierbij worden hele grote ventilatoren gebruikt die bij een laag toerental een groot luchtdebiet kunnen verplaatsen.



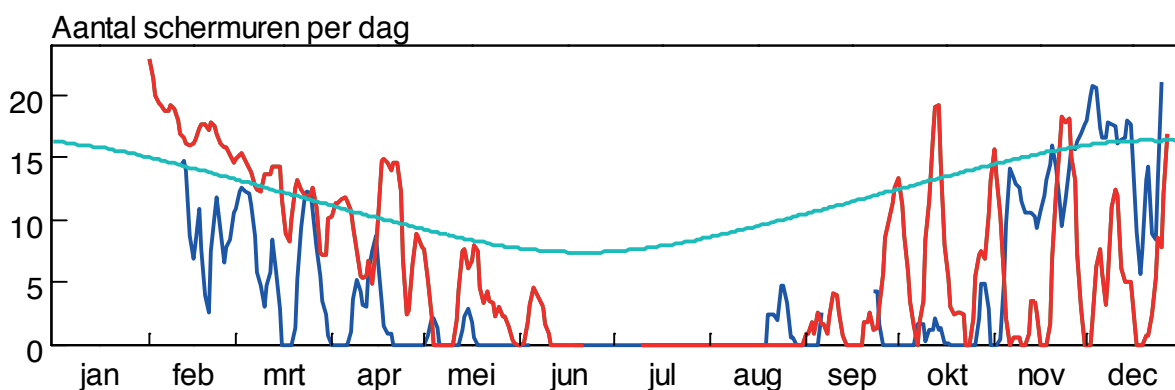
**Figuur 2.4** Schets van een luchtcirculatiesysteem op basis van een grote, laagtoerenventilator.



### 3 Schermgebruik bij drie komkommerbedrijven

In Het Nieuwe Telen wordt veel nadruk gelegd op het gebruik van schermen. Vaker sluiten van een scherm vermindert in het algemeen de warmtevraag en is vooral ook belangrijk voor de vermindering van de uitstraling van het gewas.

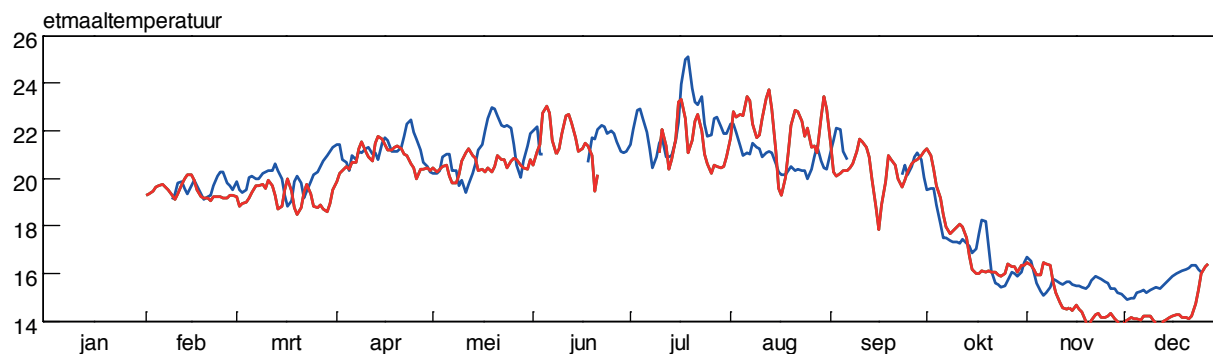
In het monitoringsproject zijn een drietal komkommertelers in twee achtereenvolgende jaren gevolgd op hun omgang met schermen en ontvochtigingssystemen. Over deze twee jaar zijn verschillen zichtbaar in het schermgebruik en het effect daarvan op het kasklimaat en de warmtevraag. Onderstaande grafiek toont het schermgebruik van de eerste van die komkommertuinders, hier verder AA genoemd. Deze tuinder heeft twee schermen en in de grafiek wordt het aantal uren per dag getoond waarin er tenminste één scherm dicht lag.



**Figuur 3.1** Aantal schermuren per dag bij komkommertuinder AA in 2014 (blauwe lijn) en in 2015 (rode lijn). Het aantal nachturen is aangegeven met de lichtblauwe lijn. De data zijn iets afgevlakt met een 3 daags-voortschrijdend gemiddelde filter.

De Figuur toont dat AA, die in 2014 met het nieuwe telen begonnen is, in het eerste jaar (de blauwe lijn) nog wat terughoudend zijn schermen gebruikte. Het aantal schermuren op de dag was beperkt (donkerblauwe lijn kwam weinig boven de lichtblauwe lijn uit) en in de zomerperiode nagenoeg nul. Vanaf november 2014 is deze tuinder zijn scherm intensief gaan gebruiken en dat heeft hij ook in 2015 doorgezet (rode lijn). Alleen in november en december zien we een afwijking van dit patroon. Dit had te maken met de sterk verlaagde temperatuur die AA in de laatste maanden van 2015 aanhield. Dit is goed te zien in Figuur 3.2, waar de gemiddelde etmaaltemperatuur wordt getoond.

De teelttemperaturen zijn over deze twee jaren vergelijkbaar, met uitzondering van die twee laatste maanden.

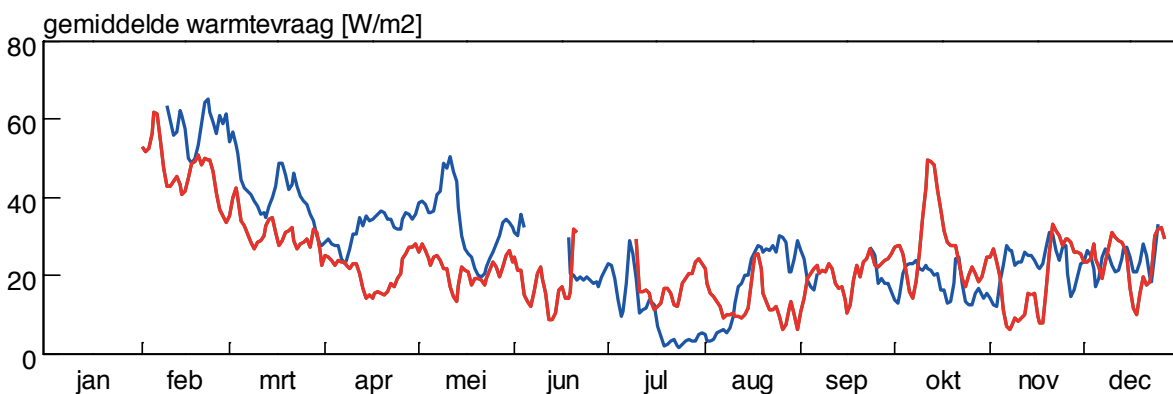


**Figuur 3.2** Gemiddelde etmaaltemperaturen bij tuinder AA in 2014 (blauw) en in 2015 (rood). De data zijn iets afgevlakt met een 3 daags-voortschrijdend gemiddelde filter.

De grafieken in Figuur 3.1 en 3.2 beginnen pas in februari omdat op deze tuin de kas in januari leeg ligt. In september 2014 en van half juni tot half juli in 2015 zijn ook geen data getekend omdat ook dat teeltwisselingsperioden zijn. De feitelijke teeltwisseling duurt korter, maar in de laatste weken van de oude teelt wordt er nauwelijks nog serieus klimaat geregeld en in de eerste weken van een nieuw gewas is het klimaat en de klimaatregeling zeer afwijkend ten opzichte van die van de rest van de periode, waardoor die voor het verkrijgen van een indruk op het algemeen gedrag uit de grafieken weggelaten zijn.

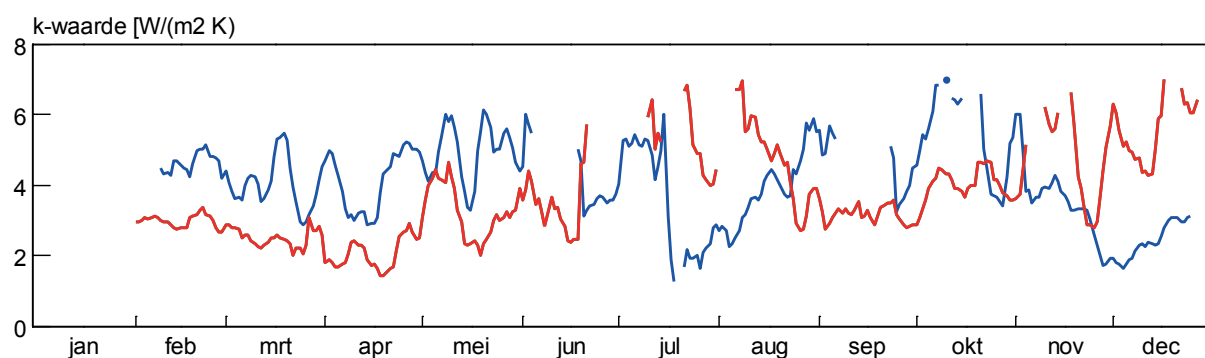
Het intensievere schermgebruik in het voorjaar van 2015 in vergelijking met het voorjaar van 2014 gaf een aanmerkelijk lagere warmtevraag te zien. Het energieverbruik is in dit project bepaald vanuit de overtemperatuur van de verwarmingsbuizen. In het voorjaar van 2015 was die gemiddelde overtemperatuur dus beduidend lager dan in het jaar ervoor.

In het najaar van 2015 zette tuinder AA zijn schermen op vergelijkbare wijze in als in het najaar van 2014, waardoor het energieverbruik ook vergelijkbaar werd.



**Figuur 3.3** Warmteverbruik van tuinder AA in 2014 (blauw) en in 2015 (rood). De data zijn iets afgevlakt met een 3 daags-voortschrijdend gemiddelde filter.

Uiteraard wordt de warmtevraag niet alleen bepaald door het schermgebruik maar zeker ook door de buitenomstandigheden. Om daarvoor te corrigeren is in onderstaande figuur de effectieve k-waarde getoond. De effectieve k-waarde is de daggemiddelde warmtevraag gedeeld door het daggemiddelde temperatuurverschil tussen binnen en buiten.

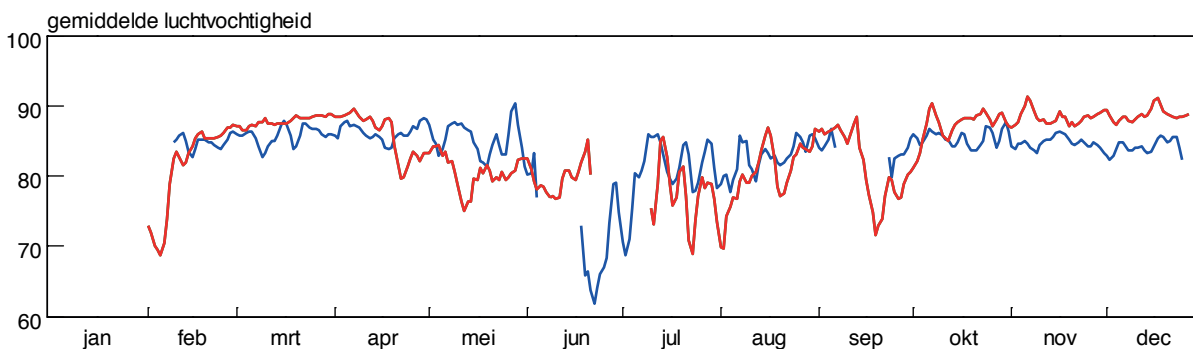


**Figuur 3.4** Effectieve k-waarde bij tuinder AA in 2014 (blauw) en in 2015 (rood). De data zijn afgevlakt met een 5 daags-voortschrijdend gemiddelde filter.

De beduidend lagere k-waarde in het voorjaar van 2015 in vergelijking met het voorjaar van 2014 geeft aan dat het lagere warmteverbruik in die periode niet door de buitenomstandigheden werd bepaald en dus vooral aan het schermgebruik moet worden toegeschreven.

In november en december van 2015 is de effectieve k-waarde veel hoger dan in 2014. Dit lijkt een forse afwijking op de trend, maar heeft vooral te maken met de plotseling sterk verlaagde teelttemperatuur. In de formule voor de effectieve k-waarde wordt het energieverbruik (wat in die maanden in 2015 vergelijkbaar laag is aan 2014) dan gedeeld door een kleiner temperatuurverschil, wat resulteert in een hogere k-waarde. Omdat er naast de perioden waarin er in 2015 een stuk energiezuiniger werd geteeld ook perioden zijn waarin het omgekeerde het geval was is het energieverbruik van AA in 2015 niet significant verschillend van dat in 2014.

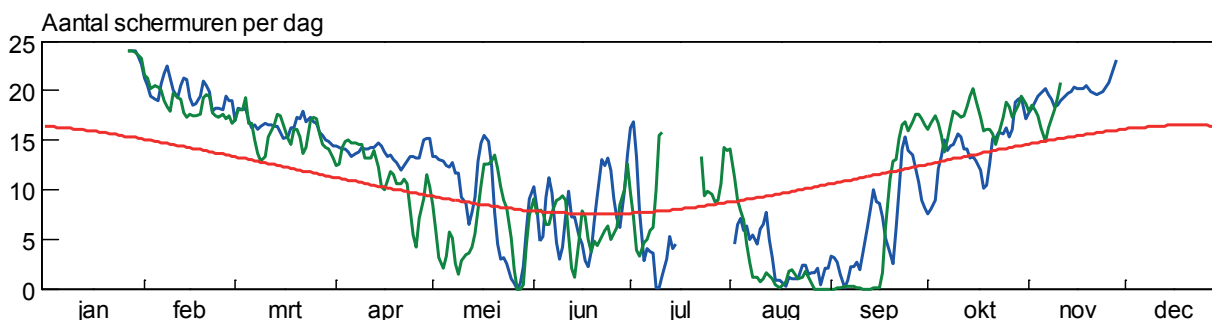
Een intensiever gebruik van schermen kan gemakkelijk leiden tot een hogere luchtvochtigheid. Bij vergelijking tussen 2014 en 2015 lijkt dit voor tuinder AA in het voor- en najaar het geval te zijn (zie Figuur 3.5). We zien in die figuur echter ook perioden waar het omgekeerde het geval was. In april en mei was de luchtvochtigheid in 2015 lager terwijl het schermgebruik intensiever was. Een intensief schermgebruik en een hoge luchtvochtigheid zijn dan ook geen 1-op-1 relatie. Veel schermen maken een hoge luchtvochtigheid mogelijk maar als er boven een (bijna) gesloten scherm intensief wordt gelucht of veel buitenlucht wordt ingeblazen kan de luchtvochtigheid meestal fors worden verlaagd. Het feit dat bij tuinder AA in 2015 meestal een hogere luchtvochtigheid werd aangetroffen dan in 2014 is dan ook het gevolg van een bewuste keus om bij een hogere luchtvochtigheid te gaan telen.



**Figuur 3.5** Gemiddelde luchtvochtigheid bij tuinder AA in 2014 (blauw) en in 2015 (rood). De data zijn iets afgevlakt met een 3 daags-voortschrijdend gemiddelde filter.

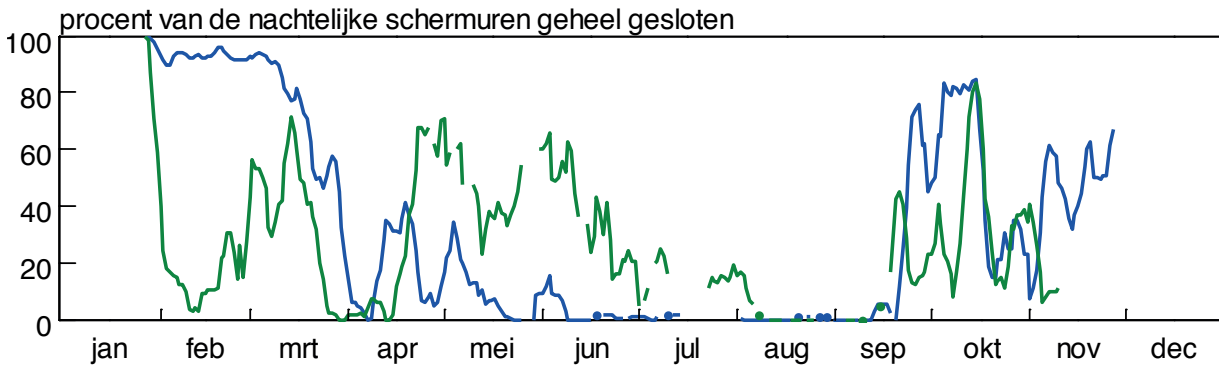
Tuinder AA beschikt over een ontvochtigingsinstallatie die gelijktijdig met het inblazen van droge buitenlucht ook de vochtige kaslucht via de gevel afvoert. Bij deze tuinder is vocht-afvoeren dus in de koude periode van het jaar niet afhankelijk van schermkieren en/of luchten boven het scherm. Als bij AA het scherm (of tenminste één van de schermen) dicht is, is het dan ook praktisch altijd helemaal dicht en als het scherm dicht is wordt er ook bijna nooit gelucht boven het scherm.

Bij de tweede komkommertuinder, MA, is in 2015 voor wat betreft het aantal schermen op vrijwel dezelfde manier gewerkt als in 2014. Onderstaande figuur toont het schermgebruik bij deze tuinder over de twee jaren.



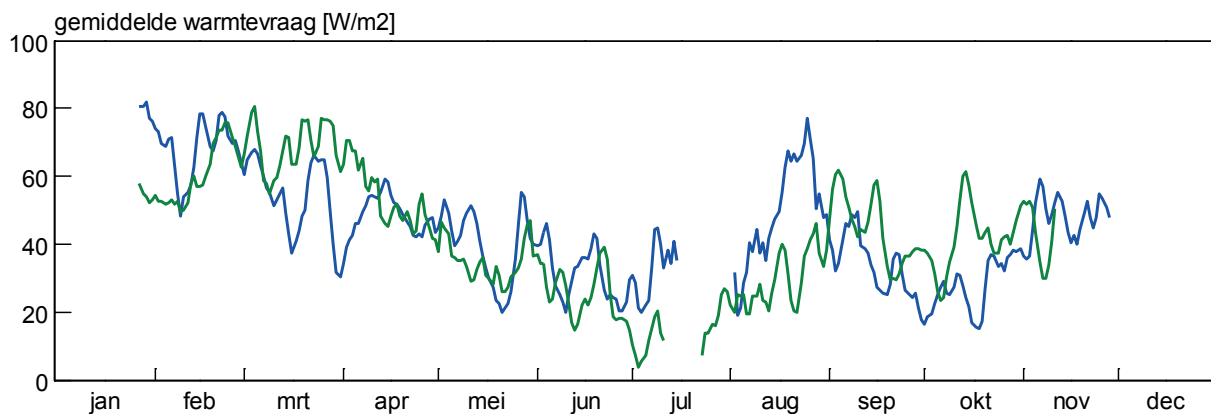
**Figuur 3.6** Aantal schermen per dag bij komkommertuinder MA in 2014 (blauwe lijn) en in 2015 (groene lijn). Het aantal nachturen is aangegeven met de rode lijn. De data zijn iets afgevlakt met een 3 daags-voortschrijdend gemiddelde filter.

In vergelijking met Figuur 3.1 valt direct op dat tuinder MA zeer intensief gebruik maakt van zijn scherm. Van september tot mei komt het aantal scherm uren bijna iedere dag boven de rode lijn uit, wat betekent dat het scherm in die periode bijna iedere nacht dicht gaat. Ook in de zomer wordt het scherm nog vaak gebruikt. Als we nog wat meer in detail op het schermgebruik gedurende de nacht inzoomen, zien we wel dat deze tuinder anders is omgegaan met schermkieren. In februari 2015 werd er meestal een kier in het scherm getrokken, maar dat komt omdat er in die maand onder het beweegbare scherm een foliescherm was gespannen. In maart en april van 2015 is hij 's nachts wat meer gaan kieren, maar in de zomerperiode juist weer minder. Dit blijkt uit onderstaande grafiek waarin te zien is dat de fractie van de tijd waarin het scherm in het voor- en najaar 's nachts geheel gesloten is in 2015 vaak wat lager lag dan in 2014.



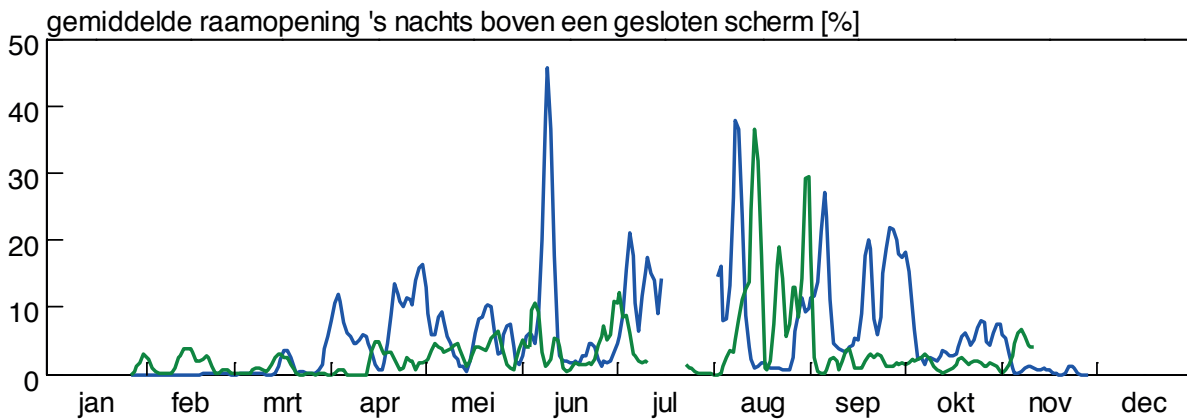
**Figuur 3.7** Fractie van de tijd dat het scherm 's nachts bij gebruik geheel gesloten is bij komkommertuinder MA in 2014 (blauwe lijn) en in 2015 (groene lijn). De lijnen bevatten gaten waar het scherm 's nachts niet gebruikt is. De data zijn iets afgevlakt met een 3 daags-voortschrijdend gemiddelde filter.

Bij een afname van het aantal uren met een geheel gesloten scherm is de verwachting dat het energieverbruik toeneemt, of tenminste dat er een hogere effectieve k-waarde wordt berekend. Toch is dat niet het beeld dat voor MA wordt teruggevonden. Zoals in Figuur 3.8 is te zien lag de effectieve k-waarde in 2015 gemiddeld iets lager dan 2014.



**Figuur 3.8** Effectieve k-waarde bij tuinder MA in 2014 (blauw) en in 2015 (groen). De data zijn afgevlakt met een 5 daags-voortschrijdend gemiddelde filter.

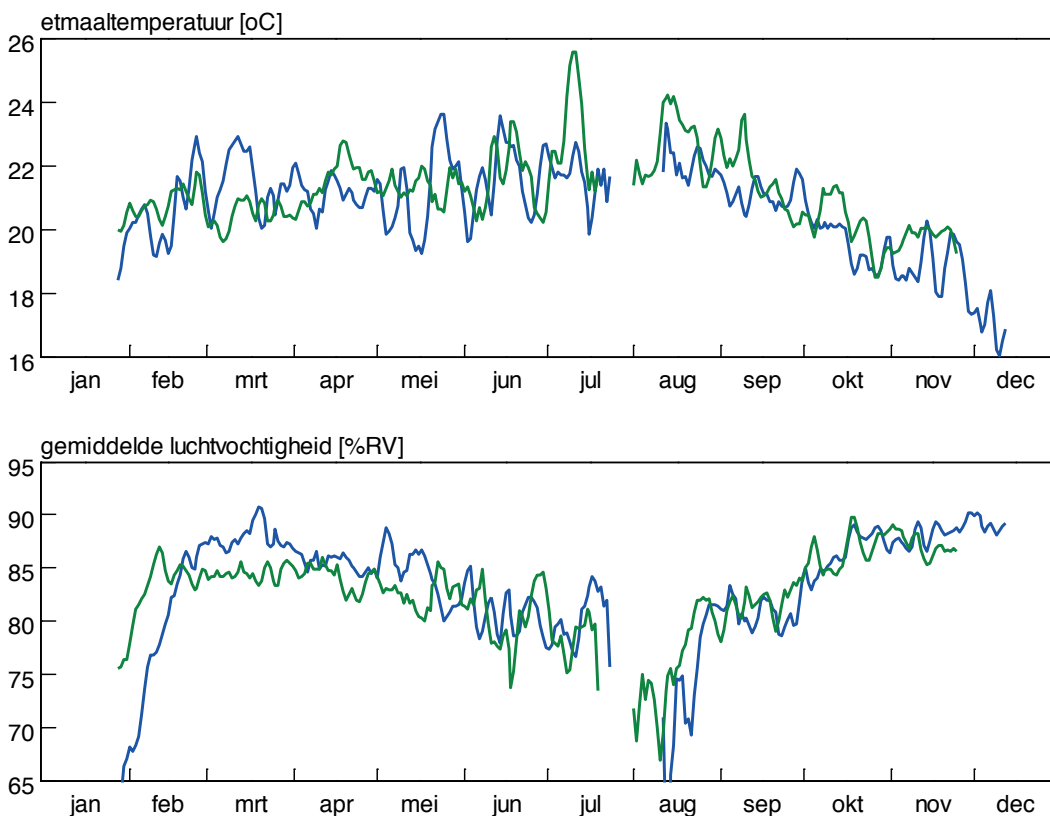
De verklaring voor het feit dat deze tuinder ondanks een toename in het gebruik van schermkieren minder warmte is gaan gebruiken zal gedeeltelijk in de andere buitenomstandigheden liggen, maar ligt ook in een andere wijze van omgaan met de raam-opening boven het scherm. In Figuur 3.9 is te zien dat MA in 2014 vaak een wat grotere raam-opening boven het scherm had dan in 2015.



**Figuur 3.9** Raam-opening boven een gesloten scherm bij tuinder MA in 2014 (blauw) en in 2015 (groen). In deze figuur wordt een scherm met een kier kleiner dan 10% ook als 'gesloten scherm' gerekend. De lijnen bevatten gaten omdat het scherm niet op alle nachten gebruikt is. De data zijn afgevlakt met een 3 daags-voortschrijdend gemiddelde filter.

Kennelijk maakt het voor het uiteindelijke energieverbruik niet noemenswaardig uit of er voor een bepaalde vochtafvoer wat meer met het scherm wordt gekierd bij gesloten ramen, of dat juist het scherm wordt dichtgehouden, maar de ramen boven het volledig gesloten scherm wat verder worden geopend. De verwachting is wel dat op de eerste wijze, dus bij openen van ramen boven een geheel gesloten scherm, de horizontale temperatuurverdeling meer homogeen zal blijven.

De luchtvochtigheid en temperatuur die tuinder MA over deze twee jaren heeft gehanteerd waren goed vergelijkbaar, zoals te zien is in Figuur 3.10.

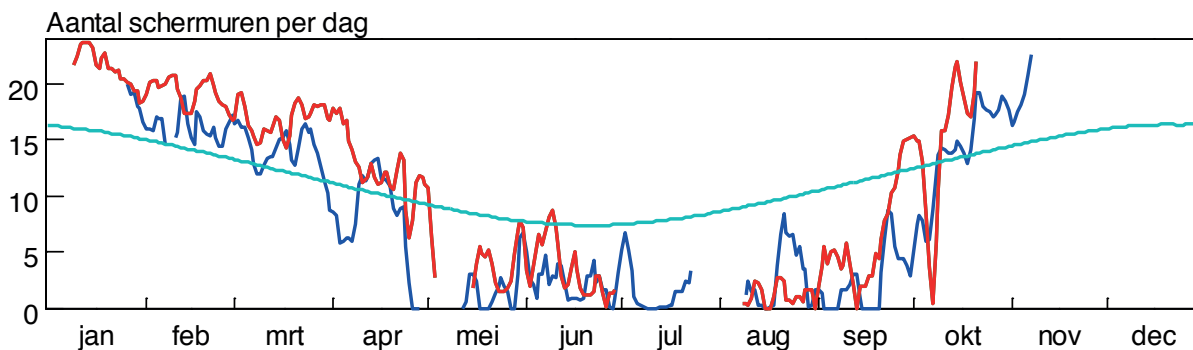


**Figuur 3.10** Etmaaltemperatuur en gemiddelde luchtvochtigheid bij tuinder MA in 2014 (blauw) en in 2015 (groen). De data zijn afgevlakt met een 3 daags-voortschrijdend gemiddelde filter.

Bij vergelijking tussen komkommertuinder MA en komkommertuinder AA valt wel op dat MA een beduidend hogere k-waarde heeft. Bij MA ligt de effectieve k-waarde rond de 4 W/(m<sup>2</sup> K), terwijl die bij AA vaak onder de 3 W/(m<sup>2</sup> K) ligt. Dit is geheel in lijn met de meestal lagere luchtvochtigheid die bij MA waargenomen kan worden in vergelijking met AA.

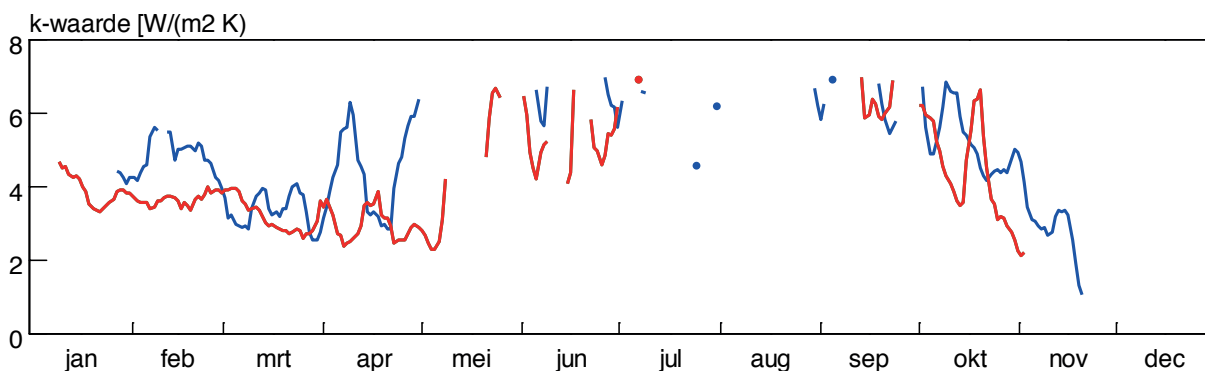
MA gebruikt hierdoor meer energie dan AA, maar verschillen tussen 2014 en 2015 zijn bij MA nauwelijks waarneembaar

De derde komkommertuinder die in twee achtereenvolgende jaren is gevolgd laat over deze twee jaren ook een toename in het vertrouwen in de toepassing van een groot aantal schermuren zien. In het voorjaar van 2015 werd er door de bank genomen 3 uur per dag meer geschermd dan in 2014.



**Figuur 3.11** Aantal schermuren per dag bij komkommertuinder CL in 2014 (blauwe lijn) en in 2015 (rode lijn). Het aantal nachturen is aangegeven met de lichtblauwe lijn. De data zijn iets afgevlakt met een 3 daags-voortschrijdend gemiddelde filter.

In perioden met een toegenomen schermgebruik zien we inderdaad een afgenomen effectieve k-waarde.

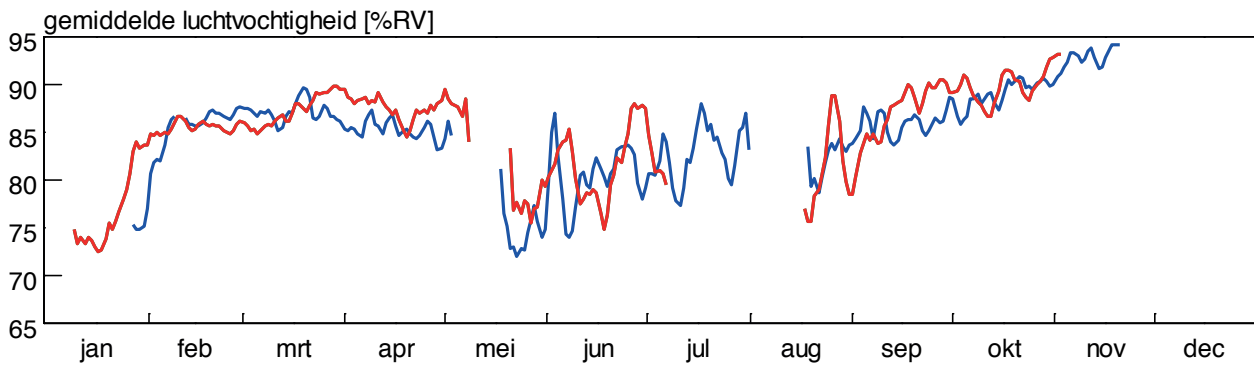


**Figuur 3.12** Effectieve k-waarde bij tuinder CL in 2014 (blauw) en in 2015 (rood). De data zijn afgevlakt met een 5 daags-voortschrijdend gemiddelde filter.

Qua energieverbruik heeft tuinder CL in 2015 ondanks de perioden met lagere k-waarde toch 1 m<sup>3</sup> gas per m<sup>2</sup> meer verbruikt dan in 2014, wat vooral komt doordat in 2015 de teelt in het najaar wat langer heeft doorgelopen.

De luchtvochtigheid was bij deze tuinder in 2015 gemiddeld wat hoger dan in 2014. Dit is te zien in onderstaande Figuur.

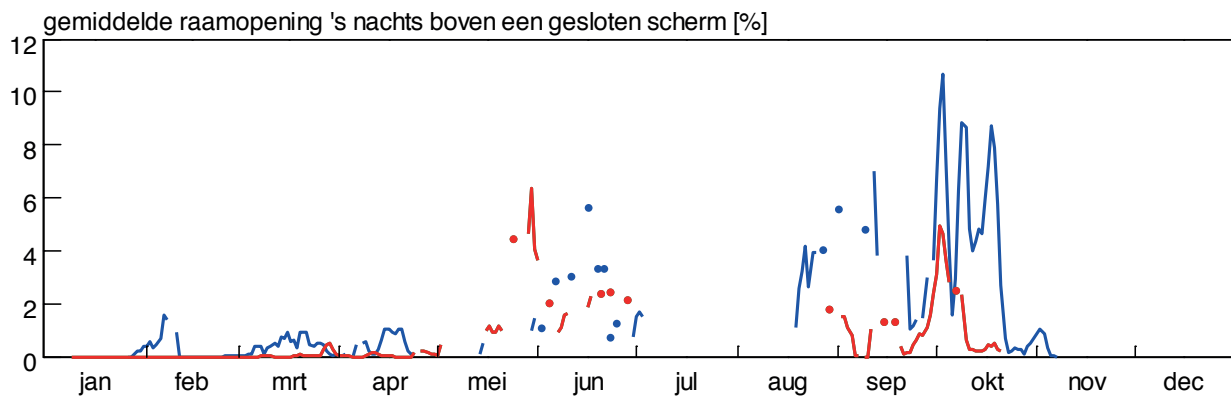




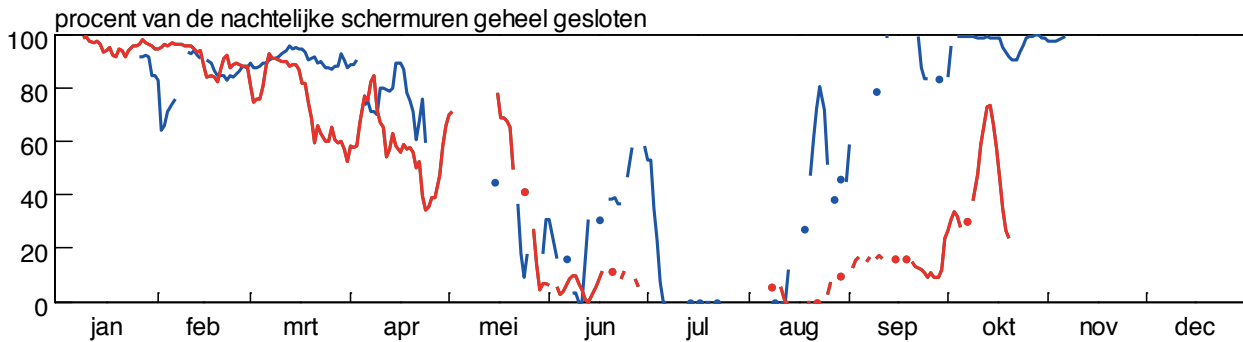
**Figuur 3.13** Etmaalgemiddelde luchtvochtigheid bij tuinder CL in 2014 (blauw) en in 2015 (rood). De data zijn afgevlakt met een 3 daags-voortschrijdend gemiddelde filter.

Deze tuinder heeft dan ook zijn toegenomen aantal schermuren niet samen laten gaan met een toename van de luchting boven het scherm. Uit onderstaande Figuur (3.14) is te zien dat de luchting boven een gesloten scherm geen naam mag hebben.

Wel is deze tuinder in het najaar van 2015 wat meer een schermkier gaan gebruiken. Dit is te zien in Figuur 3.15. Opvallend is ook hier weer de uitruil tussen het gebruik van een schermkier bij een gesloten raam of het openen van het raam bij een gesloten doek. In het najaar van 2014 was het scherm tijdens gebruik in de nacht meestal volledig gesloten, maar werd het raam daarboven nogal eens een beetje geopend terwijl in 2015 de ramen 's nachts tijdens het gebruik van het scherm meestal dicht bleven maar het scherm in een kierstand werd gezet.



**Figuur 3.14** Raam-opening boven een gesloten scherm bij tuinder CL in 2014 (blauw) en in 2015 (rood). In deze figuur wordt een scherm met een kier kleiner dan 10% ook als 'gesloten scherm' gerekend. De lijnen bevatten gaten omdat het scherm niet op alle nachten gebruikt is. De data zijn afgevlakt met een 3 daags-voortschrijdend gemiddelde filter.



**Figuur 3.15** Fractie van de tijd dat het scherm 's nachts bij gebruik geheel gesloten is bij komkommertuinder CL in 2014 (blauwe lijn) en in 2015 (rode lijn). De lijnen bevatten gaten waar het scherm 's nachts niet gebruikt is. De data zijn iets afgevlakt met een 3 daags-voortschrijdend gemiddelde filter.

### Conclusies

De belangrijkste conclusie die getrokken kan worden uit de analyse van het schermgedrag van drie komkommertuinders die in 2014 met het nieuwe telen begonnen zijn is dat zij meer vertrouwen hebben gekregen in het intensievere gebruik van schermen. De twee tuinders die in 2014 nog regelmatig 's nachts hun scherm open lieten hebben beide in 2015 honderden extra scherm-uren gemaakt. En ook de tuinder die in 2014 al bijna alle nachten zijn scherm dicht had heeft het aantal schermuren in 2015 verder vergroot. Alle komkommertuinders hadden in 2015 dan ook vaak een lagere effectieve k-waarde, wat betekent dat zij met minder stook-energie het gewenste verschil tussen binnen- en buitentemperatuur konden realiseren. Dit heeft echter niet geresulteerd in een lager energieverbruik omdat er tegenover de perioden met een duidelijk energiezuiniger gedrag ook perioden stonden waarin in 2015 intensiever werd gewerkt. Bij één van de tuinders waren er in 2015 ook meer teeltdagen dan in 2014, wat het gasverbruik verhoogd heeft.

De strategie voor het verhogen van de vochtafvoer bij intensief schermgebruik is bij deze tuinders nog niet helemaal uitgekristalliseerd. In het boek "Basisprincipes voor Het Nieuwe Telen" wordt gepropageerd om bij onvoldoende vochtafvoer niet te gaan kieren met het scherm, maar te gaan luchten boven het doek. De drie komkommertelers die actief met deze inzichten aan het werk zijn beamen dat dit zeker de nastrevenswaardige situatie is. Er zijn echter praktische redenen om hier toch van af te wijken. De belangrijkste reden is dat het luchten boven het een gesloten scherm een moeilijke procedure voor het opensturen van de schermen in de ochtend oplevert. Bij het opensturen wordt er namelijk gekeken naar de temperatuur die boven het scherm wordt gemeten en pas wanneer die dicht bij de kasluchttemperatuur ligt mag het scherm volledig open. Als er ruim wordt gelucht boven een gesloten doek dan zal de temperatuur moeilijk oplopen en blijft het scherm gemakkelijk te lang onnodig dicht. Een andere reden is dat volledig gesloten doeken natter worden, waardoor er bij het openlopen meer water uitdruppelt.

Voor het energieverbruik leveren deze twee methoden geen duidelijk verschil. Zolang de nagestreefde luchtvochtigheid gelijk gehouden wordt maakt het nauwelijks uit of het vocht wordt afgevoerd langs het scherm (via een kier) of dóór het scherm (door de ruimte boven het scherm koud en droog te maken middels het openen van de ramen).

Het komt er in de praktijk dus op neer dat een afweging gemaakt moet worden tussen een mogelijk verbeterde horizontale temperatuurverdeling (minder kouval onder kieren) en een eenvoudigere procedure tijdens het openen van het scherm. Wanneer kasklimaatcomputers een verder uitgekristalliseerde automatische strategie voor het openlopen van de schermen hebben ontwikkeld zullen tuinders waarschijnlijk vaker kiezen voor het zo lang mogelijk volledig gesloten houden van schermen, waarbij verhoogde vocht-afvoer wordt gerealiseerd door verruimd luchten boven de schermen.

## 4 Luchtvochtigheid en energiegebruik

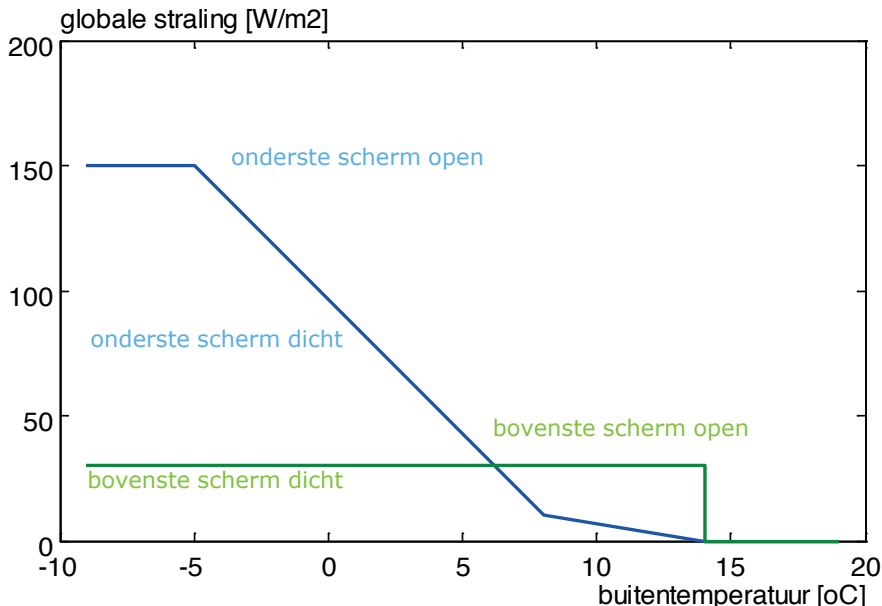
Naarmate kassen beter geïsoleerd worden, hetzij door een isolerend dek of door een intensiever gebruik van schermen, zal de luchtvochtigheid toenemen. Betere isolatie levert immers minder luchtuitwisseling met de drogere buitenlucht en minder condensatie.

Indien de ontvochtigingsinstallatie op deze toenemende luchtvochtigheid ingrijpt zal een deel van de besparing door de verbeterde isolatie weer teniet worden gedaan (aangenomen dat het ontvochtigingsinstallatie is zonder latente warmte-terugwinning). Er wordt dan immers koude buitenlucht ingeblazen die hetzij op het inblaaspunt, hetzij in de kas door de verwarmingsbuizen moet worden opgewarmd. Hoe lager de luchtvochtigheidsgrens is die voor de kas wordt aangehouden, hoe vaker en hoe meer lucht er uitgewisseld moet worden en hoe hoger de warmtevraag zal zijn.

De resultaten uit het monitoringsprogramma en de ervaringen uit proeven met energiezuinige teelten laten een algemene trend zien dat het aanhouden van een hogere luchtvochtigheid leidt tot een lager energieverbruik, maar de verschillen tussen bedrijven, teeltstadia, rassen de verschillende jaren maken het niet mogelijk om deze relatie aan de hand van de praktijkdata te kwantificeren.

Om toch cijfermatig iets over die relatie te kunnen zeggen is met een simulatiemodel het effect berekend van het verhogen of verlagen van het luchtvochtigheidssetpoint ten opzichte van een standaard setpoint. De berekening is gemaakt voor een komkommerteelt, gebruik makend van de weergegevens van 2015, met een planting op 15 januari, 15 juni en 15 september. De ruimdata zijn gesteld op 15 december, 14 juni en 14 september.

In de berekeningen worden twee transparante en vochtdoorlatende schermen gebruikt, waarbij het bovenste scherm wordt geopend als er meer dan 30 W/m<sup>2</sup> licht is. Voor het onderste scherm geldt dat het openingscriterium afhangt van de buitentemperatuur. Als het kouder is dan -5°C wordt het scherm pas geopend bij 150 W/m<sup>2</sup> en als het warmer is dan 8°C wordt het geopend als er meer dan 10 W/m<sup>2</sup> straling is. Bij tussenliggende buitentemperaturen wordt de lichtintensiteit voor het openen van het scherm geïnterpoleerd. In grafische vorm ziet deze schermregeling er als volgt uit:

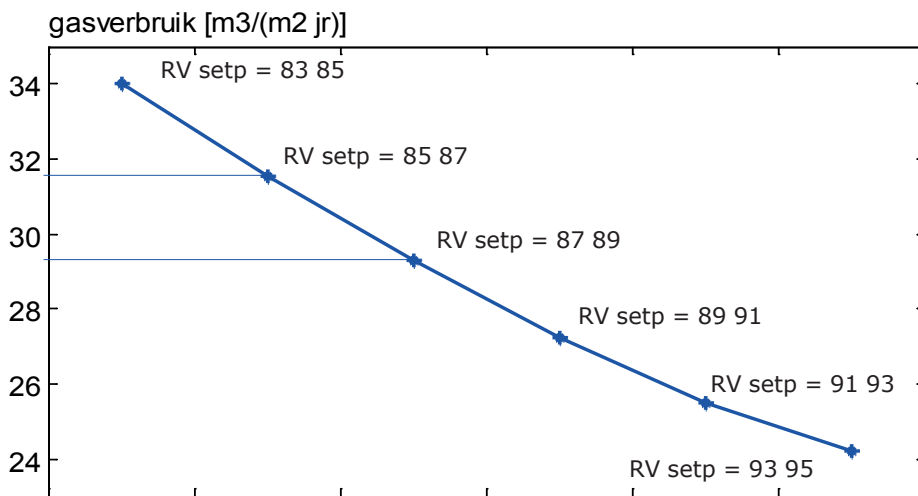


**Figuur 4.1** Grafische weergave van het stralingscriterium waarop de twee schermen geopend worden.

De schermen worden open gelaten bij een buitentemperatuur boven de 14°C.

Het vochtgehalte wordt geregeld door een buitenlucht-aanzuiging aan te zetten als de luchtvochtigheid boven het setpoint komt. In de standaard-situatie ligt dat setpoint op 87% overdag en 89% 's nachts. De buitenluchtaanzuiging heeft een maximale capaciteit van 6 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> uur).

De gevoeligheid van de warmtevraag voor de luchtvochtigheidsregeling kan nu worden bepaald door alle instellingen gelijk te houden, maar alleen het setpoint voor de luchtvochtigheid omhoog of omlaag te schuiven. Het resultaat daarvan is in onderstaande Figuur getoond.



**Figuur 4.2** Modelmatig berekende relatie tussen het ingestelde luchtvochtigheids setpoint en de warmtevraag. De ontvochtiging is gebaseerd op het inblazen van buitenlucht zonder warmte terugwinning.

De laatste punten in de grafiek zullen door de meeste tuinders als vrij onrealistisch worden bestempeld, maar zijn hierin meegenomen om te laten zien dat het effect van het verhogen van de toegestane luchtvochtigheid langzaam afneemt. Aan het begin daalt het gasverbruik met iets meer dan 1 m³ aardgas equivalenten per procent-punt verhoging van het luchtvochtigheidssetpoint en aan het eind van de curve is dat nog maar 0.5 m³ per procent-punt.

Wanneer er geen eenvoudig buitenlucht-inblaassysteem wordt gebruikt, maar een balansventilatiesysteem met warmteterugwinning dan wordt de relatie tussen luchtvochtigheidssetpoint en warmtevraag natuurlijk anders. In dit rapport is gesproken over zo'n systeem met 37% warmteterugwinning bij tuinder AA, en een systeem met minstens 80% warmteterugwinning bij tuinder CL.

Waar met een eenvoudig buitenlucht inblaas-systeem de warmtevraag met 1 m³/(m² jr) toeneemt per procentpunt verlaging van het luchtvochtigheidssetpoint zal die bij gebruik van zo'n ontvochtigingssysteem met warmteterugwinning in het eerste geval dus met ongeveer 0.6 m³/(m² jr) toenemen en in het laatste geval met slechts 0.2 m³/(m² jr).

Dit zou kunnen betekenen dat tuinders met een geavanceerd ontvochtigingssysteem minder vochtig gaan telen dan tuinders zonder zo'n systeem. De monitoring van de komkommerbedrijven, waarvan er twee zo'n balansventilatiesysteem hebben laat dit overigens niet zien. Zij hanteren een vergelijkbaar hoge luchtvochtigheid als de derde komkommerteler, die geen ontvochtigingssysteem heeft.

## 5 Conclusies

In het monitoringsproject over 2015 zijn een drietal komkommertuinders gevolgd die een jaar daarvoor begonnen zijn met Het Nieuwe Telen. Twee van de drie hebben geïnvesteerd in geavanceerde lucht-inblaas installaties met warmteterugwinning en een dubbele scherm-installatie en de derde heeft alleen circulerende ventilatoren geplaatst.

Alle drie zijn ook intensief met de inzichten van Het Nieuwe Telen aan de slag gegaan. Dit heeft over deze twee jaren in een zichtbare intensivering van het gebruik van energieschermen geleid. In 2015 was op alle drie de bedrijven de gemiddelde k-waarde lager dan in 2014. Dit betekent dat zij met minder stook-energie het gewenste verschil tussen binnen- en buitentemperatuur konden realiseren.

Behalve door het geïntensiveerd schermgebruik komt dit ook door het feit dat zij een hoge luchtvochtigheid accepteren. Dit is belangrijk omdat er ook veel voorbeelden zijn van tuinders die geïnvesteerd hebben in lucht-inblaas-systemen om daarmee de luchtvochtigheid en/of de temperatuur in de kas te kunnen verlagen en opzichte van hun eerdere bedrijfsvoering. In die gevallen neemt het energieverbruik nauwelijks af en soms zelfs toe.

Om dit inzichtelijk te maken is in dit project met een simulatiemodel het effect van de instelling van het luchtvochtigheidssetpoint op de warmtevraag uitgerekend, ervan uitgaande dat alle overige factoren gelijk blijven. Deze berekening leidde tot de vuistregel dat voor een onbelichte komkommerteelt een verhoging van in het luchtvochtigheidssetpoint met één procentpunt  $1 \text{ m}^3$  aardgas per  $\text{m}^2$  per jaar bespaart. Een verlaging geeft uiteraard een toename van het verbruik.

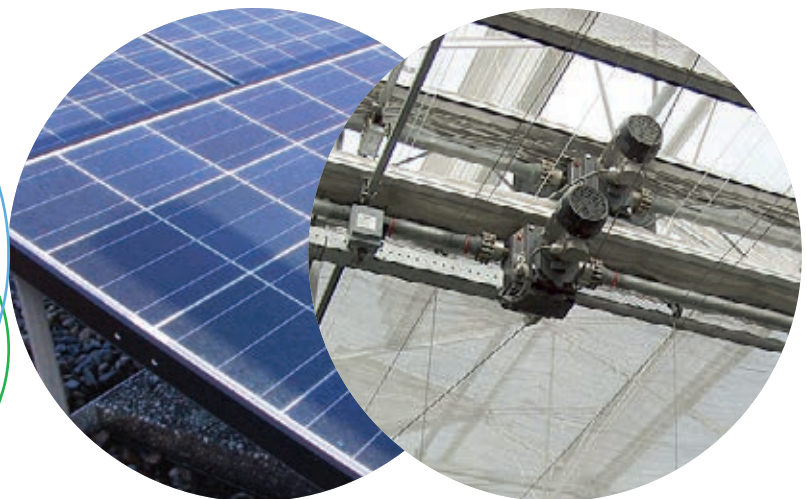
Bij een luchtvochtigheidsregeling op basis van vochtdeficiet geldt dat zo'n zelfde  $\text{m}^3$  aardgas per  $\text{m}^2$  bespaard wordt bij een verlaging van het  $\Delta X$  setpoint met  $0.15 \text{ gram/m}^3$  (dus bijvoorbeeld van  $2.3 \text{ g/m}^3$  naar  $2.15 \text{ g/m}^3$ ). Uiteraard hanteert geen enkele tuinder één luchtvochtigheidssetpoint voor een heel jaar en hangt de relatie tussen luchtvochtigheid en energie ook af van de toegepaste installaties, maar als vuistregel is  $1 \text{ m}^3$  per procentpunt of  $0.15 \text{ gram/m}^2$  een goed richtinggevend getal.  $0.15 \text{ gram/m}^3$  komt weer overeen met  $0.13 \text{ gram/kg}$ , een luchtvochtigheidsseenheid die ook wel gebruikt wordt.

Waar het luchtvochtigheidssetpoint ook ligt, vroeg of laat zal er vocht moeten worden afgevoerd. Bij tuinders die geen ontvochtigingsinstallatie hebben, of een installatie met een kleine capaciteit moeten op een gegeven moment de ramen worden geopend en/of het scherm worden gekierd. Beide methoden werden door de tuinders waar gemonitord is toegepast. Vanuit de metingen blijkt dat het voor het energiegebruik niet uit maakt welke methode wordt gehanteerd. Het blijkt dat er vooral praktische redenen zijn om schermkieren toe te passen, want de betrokken tuinders zijn het er over eens dat de in het handboek 'Basisprincipes van Het Nieuwe Telen' gepropageerde gebruik van 'luchten boven een gesloten scherm' vanuit teeltoogpunt de beste manier is om overtollig vocht af te voeren. Het wachten is op een goed doordachte en zo mogelijk geautomatiseerde procedure voor de omschakeling van 'luchten boven een gesloten doek' naar het kasklimaat bij geopende schermen overdag. Deze omschakeling geeft momenteel zoveel hoofdbrekens dat er vaak toch maar gekozen wordt voor het trekken van een schermkier.





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



Wageningen University & Research,  
BU Glastuinbouw  
Postbus 20  
2665 ZG Bleiswijk  
Violierenweg 1  
2665 MV Bleiswijk  
T +31 (0)317 48 56 06  
F +31 (0) 10 522 51 93  
[www.wageningenur.nl/glastuinbouw](http://www.wageningenur.nl/glastuinbouw)

Glastuinbouw Rapport GTB-1444

Wageningen University & Research, BU 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 University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen WUR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en WUR 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 WUR 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.