



# Het Nieuwe Telen

## Energie onder de Knie: Tomaat 2009

Arie de Gelder<sup>1</sup> en Marc Grootsholten<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Wageningen UR Glastuinbouw – <sup>2</sup> GreenQ-Improvement Centre



## Referaat

In het Nieuwe Telen Tomaat met twee schermen en gecontroleerde ventilatie en koeling is geteeld met een energie inzet voor warmte van  $24.5 \text{ m}^3/\text{m}^2$  en is  $69 \text{ kg}/\text{m}^2$  tros tomaat geoogst.

Door koeling werd er  $452 \text{ MJ}/\text{m}^2$  aan de kas aan warmte onttrokken. Het is goed mogelijk om Botrytis ontwikkeling in de teelt in de hand te houden, maar dan moeten wel grenzen voor luchtvochtigheid in acht worden genomen. Een vocht deficit rond de  $1.5 \text{ g}/\text{m}^3/\text{m}^2$  is een streefwaarde die als de absolute vochtigheid buiten laag genoeg is te realiseren is. Deze omstandigheid komt een groot deel van het jaar voor.

Met koeling was vooral in de nacht de etmaal temperatuur in het warme najaar te beheersen wat gunstig was voor de vruchtgrootte en daarmee voor de productie.

De watergeef strategie vroeg voor het nieuwe telen geen bijzondere aanpassingen.

In dit eerste experiment voor Het Nieuwe Telen met tomaat is door de actieve inbreng van de telers in de begeleidingscommissie een goede vorm van kennis interactie bereikt. Ondersteund door weblogs en de website Energiek2020 is de impact van dit onderzoek op het denken over energiezuinig telen groot geweest.

In dit project zijn de doelstellingen voor productie, energie en kennisoverdracht gerealiseerd. Dit is een bijzonder resultaat voor een project met ambitieuze doelstellingen. Dit onderzoek mag daarom als een belangrijke doorbraak voor het bereiken van substantiële energie besparing worden genoemd en een belangrijke pijler voor het realiseren van de doelstellingen van Kas als Energiebron.

## Abstract

In the next generation greenhouse cultivation Tomatoes, with two screens, controlled ventilation and cooling, the crop was grown with a heating energy of  $24.5 \text{ m}^3/\text{m}^2$ . The production was  $69 \text{ kg}/\text{m}^2$  truss tomatoes.

By cooling  $452 \text{ MJ}/\text{m}^2$  heat was extracted of the greenhouse. It is possible to control Botrytis development in cultivation, but humidity limits must be respected. A moisture deficit around  $1.5 \text{ g}/\text{m}^3/\text{m}^2$  is a target as the outside absolute humidity is low enough to achieve. This circumstance is occurring a great part of the year.

With cooling especially at night the temperature in the warm autumn was controlled well. This was favourable to fruit size and hence production.

Changes in the approach of the irrigation strategy were not necessary for the next generation cultivation.

In this first experiment with the next generation cultivation of tomato the active participation of growers was a nice form of the knowledge transfer en interaction. Supported by blogs and the website Energiek2020 the impact of this research on thinking about energy-efficient was more than only a good technical experiment.

In this project, the objectives for production, energy and knowledge transfer are achieved. This is an exceptional result for a project with ambitious goals. This research is therefore an important breakthrough for achieving substantial energy savings and attributes to achieving the objectives of Greenhouse as Energy Source.

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO).

## Wageningen UR Glastuinbouw

Bezoek adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk  
Post adres : Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk  
Tel. : 0317 - 48 56 06  
Fax : 010 - 522 51 93  
E-mail : [glastuinbouw@wur.nl](mailto:glastuinbouw@wur.nl)  
Internet : [www.glastuinbouw.wur.nl](http://www.glastuinbouw.wur.nl)

## Green Q Improvement Centre

Bezoek adres : Violierenweg 3, 2665 MV Bleiswijk  
Postadres : Postbus 4, 2665 ZG Bleiswijk  
Tel. : 010 522 1771

# Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
2	Doelstelling	7
3	Opzet	9
	3.1 Teelt- en energieconcept	9
	3.2 Begeleiding	9
	3.3 Kasuitrusting	10
	3.3.1 Basis kasuitrusting	10
	3.3.2 Geforceerde ventilatie en kaskoeling	11
	3.3.3 Sensoren	12
	3.4 Registraties	13
	3.5 Publiciteit	14
4	Resultaten	15
	4.1 Algemeen	15
	4.2 Teelt	15
	4.3 Klimaat	17
	4.3.1 Energie	18
	4.3.1.1 Energie simulatie	19
	4.3.2 Inzet geforceerde ventilatie	20
	4.4 Schermen	22
	4.5 CO <sub>2</sub> dosering	23
	4.6 Warmte oogsten	23
	4.6.1 Watergeefstrategieën	25
5	Teelt ervaring per seizoen	27
	5.1 Winter/voorjaar	27
	5.2 Voorjaar/zomer	28
	5.3 Najaar	29
6	Conclusies	31

Bijlage I	Teeltconcept tomaat	33
Bijlage II	Energie onder de knie, extra technische uitrusting	45
Bijlage III	Watergeefstrategieën	49
Bijlage IV	Memo gevelinvloed	51
Bijlage V	Opmerkingen uit weekrapporten	53
Bijlage VI	Aantal uren zon	57
Bijlage VII	De plaats van de koelunits in de kas	59
Bijlage VIII	De draaiuren en het gemiddelde vermogen van de geforceerde ventilatie per week	61

# 1 Inleiding

In 2007 is het “versnellingsprogramma semi-gesloten kassen” gestart om in 2011 het doel van 700 ha. geconditioneerd telen te realiseren. Dit programma kwam tot stand gegeven het beeld dat iedereen zich steeds meer realiseert dat een semi-gesloten kas een nieuwe manier van telen vraagt.

De ervaring is dat de semi-gesloten kas projecten die in de groenteteelt gerealiseerd zijn niet de noodzakelijke rendementen halen. Doelstellingen qua energiebesparingen worden wisselend gerealiseerd, de noodzakelijke meerproductie wordt niet gerealiseerd. Er zal voor de teelt in deze semi-gesloten kassen het uitgangspunt moeten worden genomen in het gebruik van zo min mogelijk energie. Met de technieken om energie te oogsten zal dit oogsten moeten plaatsvinden op efficiënte momenten en tegen acceptabele kosten en/of opbrengsten.

De sterk stijgende energieprijzen dwingen de glastuinbouw tot actie. Het prijspeil en de snelheid waarmee dit tot stand is gekomen is verrassend en vraagt om snelle en adequate aanpassingen om met de teelten weer tot een economisch verantwoorde kostprijs te komen.

Voor de “traditionele” teelt in de open kas geldt dat vermindering van energiegebruik met beperkte investeringen gepaard moet gaan. Het vraagt van telers een doordachte planning om ook werkelijk met minder energie te telen en trial en error moet dus voorkomen worden.

Gesloten Kas, Aardwarmte, Zonnecollectoren en andere alternatieve duurzame energiebronnen zullen op termijn de sector belangrijk minder afhankelijk maken van fossiele brandstoffen.

Deze alternatieven vragen doorgaans om grote investeringen of er dient nog de nodige (teelt)techniek voor ontwikkeld te worden.

Tegen bovenstaande achtergrond is in het rapport: **Richtinggevende beelden voor energiezuinig telen in semigesloten kassen** (Poot *et al.* 2008) een beeld geschetst van een energiezuinige tomaten teelt waarin stapsgewijs de overgang van gangbare teelt naar geconditioneerde teelt op een economisch verantwoorde wijze kan worden gemaakt. Belangrijke elementen daaruit zijn beperking van de warmtevraag, verbetering van het klimaat rond de plant door beheersing van de luchtvochtigheid en niet méér energie oogsten dan voor de eigen teelt noodzakelijk. De essentie van het rapport is toegelicht voor een groep tomaten en komkommertelers. Dit leidde tot positieve reacties.

De uitdaging is om dit richtinggevende beeld realiteit te laten worden waarbij de tekentafel en het bureau wordt omgezet in een praktische uitvoering. Daarbij moet vanwege de gewenste versnelling de focus niet op tomaat blijven maar ook naar andere groenten gewassen worden gebracht. Voor komkommer en tomaat is een uitwerking per gewas nodig omdat de technieken die gebruikt worden wel gelijk zijn, maar de gewassen een totaal andere groei kennen.

Tomaat met laag hangende vruchten en een gematigde verdamping is in veel onderzoeken een model gewas. Beheersing van de luchtvochtigheid is in dit gewas een absolute noodzaak om problemen met botrytis en vruchtqualiteit te voorkomen. Bij tomaat is de uitdaging om de voordelen van beheerste klimaat omstandigheden en hoge isolatie maximaal te benutten.

Nu al zijn er groentetelers die investeren in dubbele schermen. Maar een teelt waarin het bewijs wordt geleverd dat dit goed kan zal telers stimuleren om daadwerkelijk energie te besparen en zo aan de doelstelling van de sector bij te dragen. Daarbij kunnen elementen van technieken die beschreven zijn in het concept van Richtgevende Beelden in bestaande bedrijven worden toegepast.

Door gemotiveerde telers actief de teelt te laten begeleiden en controleren zullen de proeven als leerbedrijf gaan dienen en zal overdracht naar en implementatie in de sector plaatsvinden.

Als de tomaten, paprika en komkommertelers (3500 ha) gemiddeld een besparing realiseren van 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> dan is de besparing voor de sector 350 miljoen m<sup>3</sup> aardgas. Het idee was om alle drie gewassen gelijktijdig te toetsen. Uiteindelijk is het voorstel voor 2009 beperkt tot 2 gewassen – tomaat en komkommer-, waarbij bij goed verloop in 2009 de optie open is om het onderzoek in 2010 met een adequate invulling van gewas en systeem voor te zetten.

Door op voldoende praktijkschaal (1000 m<sup>2</sup>) voor tomaat en komkommer te laten zien dat het beeld zoals geschetst in Richting Gevende Beelden realiteitswaarde heeft zal de acceptatie van deze werkwijze sterk toenemen.

Dit verslag beschrijft het doel, de opzet, het verloop en de conclusies voor het gewas tomaat. Voor de uitgevoerde praktijktoetsen voor komkommer is een afzonderlijk verslag gemaakt (de Gelder *et al.* 2010).

De teelt is uitgevoerd bij het Improvement Centre in Bleiswijk. Wageningen UR Glastuinbouw trad op als kennis instelling. De teeltadvisering werd verzorgd door Green Q.

## 2 Doelstelling

De doelstelling voor de tomatenteelt is als volgt geformuleerd in de projectomschrijving:

### **Technische doelstelling:**

- Realisatie in een energiezuinig concept van de teelt voor tomaat met vergelijkbare productie  $60 \text{ kg/m}^2$  gegeven de energiedoelstelling. Er wordt een concept gerealiseerd waarin maximale isolatie, beheersing van luchtvochtigheid met gecontroleerde ventilatie en sturing van het klimaat met luchtbevochtiging wordt toegepast. In de afdeling wordt beperkt warmte (alleen die hoeveelheid die op dezelfde oppervlakte weer kan worden gebruikt) geoogst met boven het gewas geplaatste koelunits

### **Energiedoelstelling:**

- De warmtevraag in de tomatenteelt wordt gereduceerd tot  $25 \text{ m}^3/\text{m}^2$  aardgas equivalenten (a.e.) met gelijktijdige realisatie van de productie doelstelling.

### **Nevendoelelstelling:**

- Leerdoelstelling  
Toepassing van onderzoeksresultaten vindt mondjesmaat plaats door ondernemers. Zeker op het gebied van energiebesparing of geconditioneerd telen, omdat toepassing van dergelijke onderzoeksresultaten direct ingrijpt op het teeltproces. Telers zullen intensief betrokken zijn bij de begeleiding van de proef en dat zal op deze wijze als "leerbedrijf" voor hen fungeren. Door te doen en te constateren op praktijkschaal kunnen zij overtuigd raken van de mogelijkheden en vervolgens tot toepassing overgaan. Bij deze proeven functioneren zij als "ambassadeurs" naar hun achterban.
- Telers via internet een beeld geven van het gerealiseerde klimaat in de afdelingen, zodat de kennis direct voor iedereen beschikbaar is.





## 3 Opzet

### 3.1 Teelt- en energieconcept

Voor aanvang van het experiment is een teelt- en energieplan geschreven (Bijlage I en II). Dat plan is als leidraad gebruikt. In overleg met de begeleidingscommissie is er indien nodig tijdens de uitvoering van het experiment van afgeweken. De belangrijkste variabelen voor de teelt zijn temperatuur en luchtvochtigheid. Afhankelijk van de instraling wordt gestreefd naar een etmaaltemperatuur tussen 18 en 20 °C. De instrumenten om temperatuur en luchtvochtigheid te sturen zijn het verwarmingssysteem bestaande uit buisrail verwarming en een dubbele gewasverwarming, een luchtbehandelingskast met geforceerde ventilatie voor de ontvochtiging, de koelunits om warmte te oogsten, schermen en ventilatie via de luchtramen.

Beheersing van de luchtvochtigheid, zeker bij relatief lage nachttemperaturen in de kas is een essentieel aandachtspunt omdat dan de absolute luchtvochtigheid in de kas dicht bij de absolute luchtvochtigheid van de omgevingslucht komt, zodat weinig ontvochtigings mogelijkheid overblijft. Tegelijkertijd is het streven om de minimumbuis vanwege de energiedoelstellingen zo min mogelijk te gebruiken. In de beheersing van de vochtigheid heeft de luchtbehandelingskast met geforceerde ventilatie een belangrijke functie.

De schermen hebben een energiebesparende functie met name in de winter/voorjaar en het najaar.

In het teelt- en energieplan zijn de aangegeven hoofdlijnen verder uitgewerkt voor het hele groeiseizoen. In de teelt zijn de prognoses en de berekende instellingen continu getoetst aan de actuele stand van het gewas en de weersomstandigheden. Grenzen zijn bewust opgezocht zoals vrij vochtig telen in het voorjaar. Als het gewas nadelen ondervond – dus de grens van schade werd overschreden- is de klimaat regeling bijgesteld.

Binnen het experiment is aanvullend door Grodan een watergeefproef uitgevoerd. In de tomatenproef is er gekozen om twee watergeefstrategieën met elkaar te vergelijken, toegepast op de Grotop Master mat. De gedachte is dat er in de vroege ochtenduren en tijdens donkere dagen regelmatig teveel water wordt gedoseerd, die vervolgens als overmaat aan vocht weggestookt wordt. Een “praktijksituatie” is vergeleken met een “sturende behandeling” waarbij 's morgens een eerste gift wordt verlaat en een grotere intering van de matten wordt getolereerd. In bijlage III worden de strategieën verder toegelicht.

### 3.2 Begeleiding

Teeltadviseur en telers hebben een belangrijke rol bij de uitvoering van het experiment. Het teeltadvies werd verzorgd door André Zwinkels. In de regel werd dit teeltadvies op donderdag opgesteld en vrijdag besproken met de intensieve begeleidingsgroep, bestaande uit de tomatentelers Jack van Schie, Dick Breugem en Bart van den Bosch.

Het Improvement Centre voerde de teeltstrategie uit. Bij vragen of sterke veranderingen in weer is met André Zwinkels overlegd. In de intensieve begeleidingsgroep leggen de telers de nadruk op het gewas en gaan sterk uit van de ervaring bij normaal telen. Vanuit het onderzoek is meer het accent gelegd op het op een andere wijze telen om de energie doelstelling te kunnen realiseren. Maandelijks is de projectvoortgang besproken met de Begeleidings- en Leergroep Tomaat. Een grotere groep telers, collega onderzoekers en financiers waren hier in vertegenwoordigd.

Van alle wekelijkse bezoeken is een verslag gemaakt<sup>1</sup>. Naast teeltadviezen en teeltbeoordelingen zijn er ook weekrapporten geproduceerd, waarin het gerealiseerde klimaat beschreven wordt. De inhoud van de weekrapporten en de teeltadviezen zijn in dit verslag samengevat. De teelt wordt chronologisch gevolgd, zodat de leerpunten en de conclusies per periode zijn na te gaan.

1 De weekverslagen zijn beschikbaar op CD



Figuur 1. Start van de teelt met de schermen gesloten. bovenin de kas zijn de koelunits zichtbaar.

### 3.3 Kasuitrusting

#### 3.3.1 Basis kasuitrusting

De basis kasuitrusting is:

Kasdek type	: Venlo dek - Tralie ligger met 2 kappen per tralie.
Glastype en dakhelling	: 91% lichtdoorlaat en 22% helling.
Traliebreedte	: 9.60 meter.
Poothoogte	: 6.68 meter.
Luchting	: 2 Halve ramen per 5 meter aan weerszijden.
Verwarming	: Buisrail - per tralie 6 * 2 buizen naast elkaar van 51 mm ø. : Groeibuis - per tralie 6 * 2 buizen boven elkaar van 35 mm ø. : Gevelverwarming bestaat uit twee delen die gekoppeld zijn aan buisrail en groeibuis.
Koelunits	: Luchtbehandelingskasten boven het gewas met als capaciteit 100 W/m <sup>2</sup> . Er zijn 12 units geïnstalleerd. (Bijlage II)
CO <sub>2</sub> dosering	: OCAP, overschakelbaar op zuiver. : Doseercapaciteit 180 kg/ha.uur.
Luchtbevochtiging	: Valco luchtbevochtiging, hogedruk nevel met 1 streng per tralie. Maximale nevelcapaciteit 600 gr/m <sup>2</sup> .uur.
Klimaatcomputer	: Priva Integro.

Om maximale isolatie te bereiken is de scherminstallatie uitgerust met twee schermen, die een tegengestelde looprichting hebben. Als er kieren in het scherm worden getrokken zitten deze ten opzichte van elkaar versprongen.

Bovenste scherm	: XLS 18 Firebreak.
Onderste scherm	: XLS 10 Ultra Revolux.

Er is geen gebruik meer gemaakt van een vast AC-folie in de beginperiode van de teelt.

In de gevel zitten standaard rolschermen die afzonderlijk stuurbaar zijn.

Teeltsysteem	: V-systeem, hangende goot, 50 cm vanaf de grond.
Goot afstand	: 1.60 meter – Goottype Meteor.
Gewasdraad	: 4.5 meter boven de grond.
Matttype	: Grotop- Master- afmeting 120*19,5*7,5 (lengte x breedte x hoogte).
Watergift	: 1 Druppelaar per plant met een afgifte capaciteit van 2 liter/uur.



*Figuur 2. Links Het energiescherm (l) en het zware isolatiescherm (r), gebruikt voor de reductie van het energiegebruik. Rechts Dicht energiescherm met de koelunits.*

### 3.3.2 Geforceerde ventilatie en kaskoeling

Voor de beheersing van luchtvochtigheid is een systeem voor gecontroleerde ventilatie aangelegd. Dit systeem bestaat uit een luchtbehandelingkast (LBK) die buiten de kas is geplaatst. In deze LBK bevinden zich de ventilator, om lucht aan te zuigen en de kas in te blazen, en een warmtewisselaar om de lucht op te warmen tot gewenste kasluchttemperatuur. De lucht gaat via een hoofdverdeelleiding de kas in en wordt middels slurven onder elke goot in de kas verdeeld. De slangen zijn 30 m lang en bevatten 8 gaatjes/m ter grootte van 0,78 cm<sup>2</sup>/gat. Bij een uitblaassnelheid van 4.0 m/s wordt er per uur per m<sup>2</sup> kas 4.8 m<sup>3</sup> lucht toegevoerd. Deze uitblaassnelheid is op 4 plaatsen gemeten, steeds aan beide slangen links en rechts van het pad. De gemeten luchtsnelheid varieerde tussen 3.5 en 5 m/s. De ventilator draaide niet op volvermogen. Vastgesteld is dat het luchtverdeelsysteem de gewenste capaciteit heeft. In dit verslag wordt voor deze uitrusting de term ‘**geforceerde ventilatie**’ gehanteerd. De luchtsnelheid in de slang in voorwaartse richting neemt over de lengte van de slang af. Bij de inblaas is een snelheid van 1.5 m/s gemeten en voorin 0.25 m/s. Dit was overeenkomstig de verwachting.



*Figuur 3. Links - De luchtbehandelingkast buiten de kas om lucht aan te zuigen voor gecontroleerde ventilatie. In de luchtbehandelingkast zit een ventilator en een warmtewisselaar. Rechts – de luchtverdeelslangen onder de goot.*

Er is een rookproef uitgevoerd door buiten voor de LBK rook te blazen. Deze verdeelde zich netjes in de afdeling. Vervolgens is een rookproef gedaan met een van de middelste slangen. Rook aan het begin in de slang geblazen komt netjes over de lengte naar voren. Deze rook trok omhoog door het gewas en ging vervolgens in horizontale richting door de kas, in de richting van de wind. Hiervan zijn video-opnamen gemaakt.

De conclusie is dat de luchtslangen naar behoren werken. Omdat de rookproeven deels met geopende ramen zijn uitgevoerd kon worden vastgesteld dat de luchtbeweging door de ramen minstens zo belangrijk is als het inblazen van de lucht.

Voor de koeling van de kas en daarmee het oogsten van warmte zijn koelunits boven het gewas geïnstalleerd. De luchtbehandelingskasten zijn dwars op de rijen aangebracht, zodanig dat de ventilatoren de gekoelde lucht verspreide tot aan het gewas onder de volgende koelunit. De capaciteit van de koeler was  $100 \text{ W/m}^2$ , uitgangspunten aanvoer- en retourtemperatuur van water ( $8.5\text{-}15 \text{ }^\circ\text{C}$ ) en aanvoerlucht ( $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Om rookproeven met de ventilatoren van de koelunit bovenin de kas te doen zijn deze handmatig aangezet. Er werd geen koude lucht ingeblazen. De rook werd netjes over de kas verdeeld en kwam in de paden onder de koeler weer omhoog. Er zijn opnames gemaakt vanaf de koeler gezien en in een pad midden in de tweede tralie. De rook werd tot daar uitgeblazen. Ook kwam de rook tot voor in de kas. De conclusie is dat niet gekoelde lucht via de koelblokken zich goed verdeelde.



*Figuur 4. Koelunits, geïnstalleerd boven het gewas.*

### 3.3.3 Sensoren

Om de groei en het kasklimaat te volgen zijn naast de standaard meetbox twee extra meetboxen geïnstalleerd: één boven het scherm en één tussen het gewas. De meetbox tussen het gewas was in hoogte verstelbaar. Deze meetboxen registreerden, temperatuur, luchtvochtigheid en  $\text{CO}_2$  concentratie. De gewastemperatuur bij de kop en halverwege het gewas is gemeten met twee IR camera's. De substraattemperatuur, matvochtigheid en de EC van de mat is gevolgd met twee Grodan WET sensoren. De wateropname is gemeten met een growscale. De drain is geregistreerd met een lepelteller.



*Figuur 5. Drie meetboxen geïnstalleerd op één locatie.*

### **3.4 Registraties**

De productie van de tomaten in kg is geregistreerd per pad. In meetvelden werden stengeldikte van de kop, plantlengte, bladlengte, zetting, nummer van de bloeiende tros en plantbelasting gemeten.

De gewasbescherming is vastgelegd in een logboek. Het gerealiseerde klimaat is geregistreerd via de Integro. Gegevens zijn opgeslagen per 5 minuten. Het gerealiseerde klimaat en de productie zijn vastgelegd in weekrapporten<sup>2</sup>, die aan de begeleidingscommissie per mail werden toegezonden.

Het energiegebruik voor de warmtevraag van de afdeling is gemeten met behulp van een energiemeter op de aanvoer en retour van de verwarmingsleiding naar de afdeling. Alle verwarmingsnetten – buisrail, groeibuis, gevelverwarming en de warmte wisselaar in de luchtbehandelingkast - werden hiermee van warmte voorzien.

De warmte opgenomen door de luchtbehandelingkast werd in de INTEGRO berekend op basis van aanvoer en retourtemperatuur van deze unit. Het elektriciteitsgebruik van de ventilator is berekend aan de hand van het aantal draaiuren en de stand van de ventilatorcapaciteit. De warmteogst met de koelunit is gemeten met een energiemeter.

De afdeling van het Improvement Centre heeft, in vergelijking tot een normaal productiebedrijf, relatief veel buitengevel in verhouding tot het kasoppervlak. Daardoor is de warmtevraag per m<sup>2</sup> kas in de winter groter dan een normaal bedrijf. Het geregistreerde energiegebruik is daarom omgerekend naar een warmtevraag van een normaal bedrijf met een factor die per maand is berekend (Bijlage IV). Daarbij is rekening gehouden met het gegeven dat een deel van het energiegebruik niet direct met warmtevraag heeft te maken, maar met de ontvochtiging. In de situaties dat het energiegebruik niet direct met warmtevraag te maken heeft, is het energiegebruik per m<sup>2</sup> niet afhankelijk van de verhouding geveloppervlak ten opzichte van kasoppervlak.

---

<sup>2</sup> De weekrapporten zijn beschikbaar op CD

Deze gekozen correctie is een algemene benadering. Berekening van de warmtevraag op basis van gemeten buitenomstandigheden en kasklimaat met behulp van een model is een aanpak die een betere benadering geeft. In dit project is deze benadering achteraf toegepast ter verificatie.

## **3.5 Publiciteit**

Op de website [Energiek2020.nu](http://Energiek2020.nu) is voor dit project een aparte pagina aangemaakt. Op deze website zijn wekelijks grafieken geplaatst van het gerealiseerde klimaat, de energie input en de productie. Daarnaast werd over de voortgang van de teelt gerapporteerd in weblogs<sup>3</sup>. Hierin wijkt dit project af van de normale werkwijze bij onderzoek, omdat tussentijdse resultaten en interpretaties worden gegeven. De informatie in dit rapport kan op onderdelen afwijken van de tussentijdse rapportages, omdat gegevens bij nadere controle zijn bijgesteld. De interpretatie van resultaten kan zijn aangepast aan de inzichten die tijdens de proef zijn verworven.

---

3 De weblogs zijn beschikbaar op CD

## 4 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten eerst in het algemeen beschreven. Op afzonderlijke aspecten van de teelt wordt daarna in gegaan. De algemene teelt ervaring gebaseerd op de wekelijkse bezoekverslagen is als apart hoofdstuk met teelt ervaringen beschreven.

### 4.1 Algemeen

In het experiment is gewerkt met het ras Cappricia, één op één geënt op Maxifort. Dit is direct een afwijking van het oorspronkelijke teeltplan- onderstam en planttype zijn anders. De reden was het later klaar komen van de inrichting van de kas en het feit dat het plantmateriaal apart moest worden opgekweekt in plaats van dit te kunnen betrekken uit een partij die voor een teler werd opgekweekt. De keuze voor het ras Cappricia is gebaseerd op het gegeven dat dit ras in 2009 qua geteeld areaal een relatief groot ras was. Daarnaast was voor het ras zowel in de praktijk als in het onderzoek teelttechnische ervaring ruimschoots aanwezig.

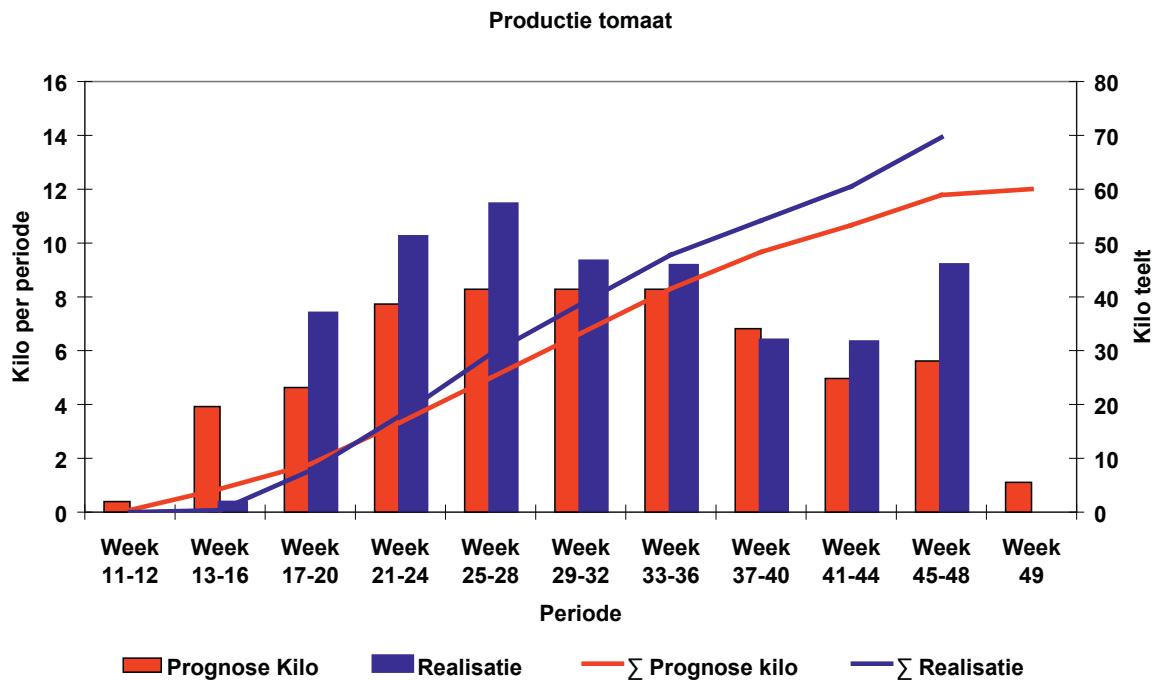
Enkele basisgegevens:

- Zaai onderstam 18 november 2008
- Zaai ras 21 november 2008
- Planten 14 januari 2009
- Direct op plantgat gepoot met een dichtheid van 1,9 stengels / m<sup>2</sup>
- Het aantal koppen is door een zijscheut aan te houden verdubbeld in week 6

Zoals in de doelstelling is aangegeven was de opdracht om een productie te bereiken van 60 kg/m<sup>2</sup> met een warmtevraag gereduceerd tot 25 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> aardgas equivalenten (a.e.). Vanaf dag 1 moest met beide doelstellingen rekening worden gehouden. Met name in de wintermaanden moest zoveel mogelijk worden gestuurd op een laag energieverbruik, waarbij tegelijkertijd weinig concessies konden worden gedaan aan de ontwikkeling van de plant. Vanwege de late plantdatum met een grote plant moest er snelheid worden gemaakt. Het scherm ging pas open boven de 150 W/m<sup>2</sup> straling omdat er lager teveel warmte de kas in moest. Het bleek niet eenvoudig om met het begin van de teelt energie te besparen. Later planten kost in het begin van de teelt meer gas, om de plant in balans te brengen.

### 4.2 Teelt

Het experiment had een dubbele doelstelling met een productie vergelijkbaar met de gangbare teelt, te realiseren met een sterk gereduceerd energieverbruik. De teeltbegeleider en de intensieve begeleidingscommissie hebben veel aandacht besteed aan de groei van het gewas, de groeikracht en de stand van de kop en de tros om een hoge productie te bereiken. Daarnaast werden steeds de mogelijkheden van de beschikbare instrumenten verkend. Dat betekent dat de grenzen werden opgezocht tot waar minimaal ontvochtigd moest worden, wanneer de koeling via de boven het gewas geïnstalleerde koelers kon worden ingezet en wanneer de luchtbevochtiging kon worden gebruikt. In afzonderlijke paragrafen zal hier op in gegaan worden. De nagestreefde etmaaltemperatuur van 18-20 °C afhankelijk van de instraling vormde de basis voor de productie gedurende het hele seizoen.



Figuur 6. Verloop van de tomatenproductie per periode van 4 weken.

Uit het productieverloop is te zien dat de productie later op gang kwam dan gepland. Dit heeft te maken met een latere plantdatum. Dit is een verschil van een week. Hoewel een grote plant is gebruikt was de bloei van de eerste tros ruim een week later dan de planning.

Rond half mei was de productie gelijk aan de planning om vervolgens een meer productie te realiseren. Het jaar 2009 was een lichtrijk jaar met een totaal aantal zonuren in de zomermaanden juni, juli en augustus van 691 uren tegenover gemiddeld 575 uren (zie bijlage V). De maand september was meer een verlengstuk van de zomer dan een herfstmaand. Meestal was het droog en rustig nazomerweer waarbij de zon vaak was te zien. De temperatuur was vrijwel dagelijks aan de hoge kant. Landelijk gemiddeld scheen de zon in september 161 uur tegen 136 uur normaal.

In augustus en september is zo optimaal mogelijk ingespeeld op de instraling. Door het koelen in de nacht kon de gewenste etmaaltemperatuur van ca. 20 °C aangehouden worden en was er gedurende de dag ruimte om de temperatuur in de kas op te laten lopen. Op deze manier is met een goed gewas het najaar ingegaan. Dat heeft geresulteerd in een hogere productie in de laatste 8 weken van de teelt. De productiedoelstelling van 60 kg/m<sup>2</sup> is ruimschoots gehaald, daarbij aangetekend dat de weersomstandigheden ook voor de gangbare teelten positief heeft gewerkt op de productie.

In juni zijn vruchten van uit dit onderzoek gelijktijdig met vruchten van Cappricia van een onderzoek bij Wageningen UR weggezet voor de houdbaarheid. De vruchten waren toen gemiddeld 18 dagen houdbaar. Dit was gemiddeld 3 dagen langer dan de vruchten uit het experiment bij de Wageningen UR. In juli is dit onderzoek nogmaals gedaan toen was de houdbaarheid met 17 dagen nog 1 dag langer dan de vruchten vanuit het experiment bij Wageningen UR. Wel werd opgemerkt dat er sprake was van enige zwelscheuren. Uit deze onderzoeken mag geconcludeerd worden dat de houdbaarheid van de vruchten in de geteste periode goed was en het nieuwe telen hiervoor niet nadelig is geweest.

Het gemiddelde vruchtgewicht is over de hele teelt periode 120 gr geweest. Er was een lichte daling van 115 gram bij het begin van de teelt naar een minimum van 105 gram in week 22 en vervolgens weer een stijging naar 125 gram in week 29 dat daarna gehandhaafd bleef tot aan het einde van de teelt. Dit zijn voor Cappricia met 6 of 5 vruchten per tros – afhankelijk van de trossnoei strategie- goede vruchtgewichten.



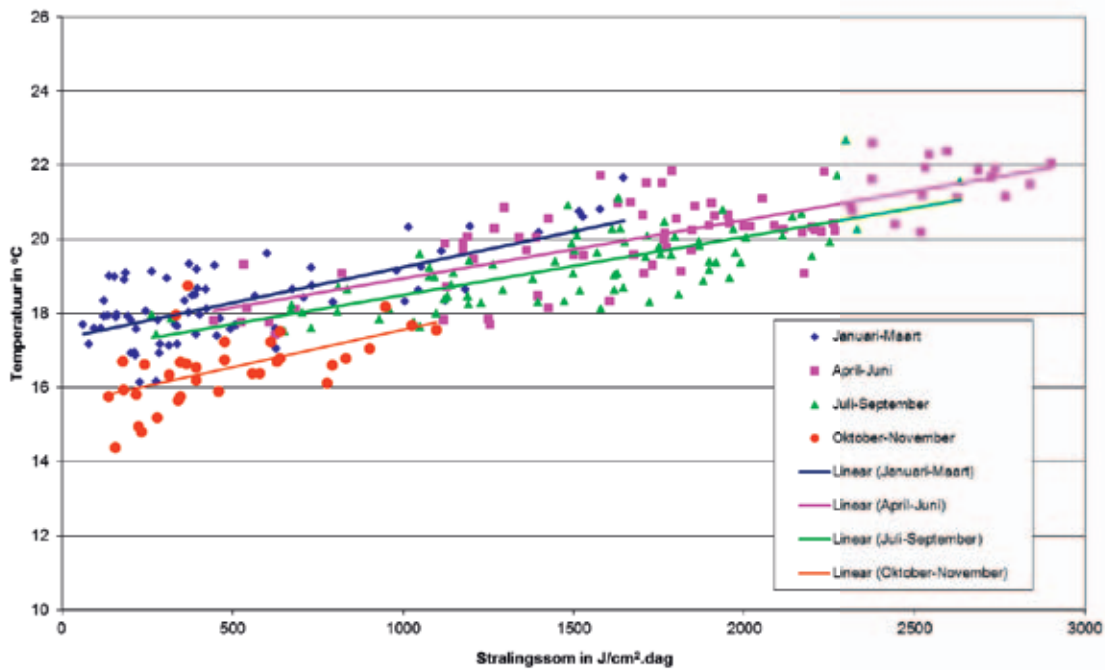
## 4.3 Klimaat

De belangrijke klimaatfactoren voor de gewasgroei en die tevens gestuurd kunnen worden binnen een kasteelt zijn instraling (slechts voor een deel te beïnvloeden), temperatuur, CO<sub>2</sub>- gehalte en luchtvochtigheid. In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de gerealiseerde klimaatwaarden. In de verdere bespreking van de klimaatfactoren tijdens de proef wordt dieper ingegaan op de instellingen, prognoses en realisaties.

Tabel 1. Overzicht van de gerealiseerde klimaatwaarden tijdens de teeltperiode van tomaat (wk 2 t/m wk 48).

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov
Etmaal temperatuur ( °C)	17.9	18.3	18.8	19.8	19.7	20.8	19.6	19.7	18.4	16.8	17.6
Minimum temperatuur	14.0	13.6	14.7	14.9	13.7	14.8	15.0	14.6	13.8	14.0	15.9
Maximum temperatuur	23.0	23.5	25.0	26.1	25.3	26.7	25.2	25.7	24.5	22.4	21.1
Dag temperatuur	19.2	20.6	21.1	22.3	21.8	22.8	21.3	21.8	21.1	19.0	19.0
Nacht temperatuur	16.9	16.4	16.5	16.6	15.6	16.2	16.2	16.4	15.4	15.1	16.8
Mattemperatuur	18.5	18.0	18.5	19.4	19.7	20.6	19.7	19.4	18.0	16.5	16.8
Planttemperatuur			18.6	19.3	19.4	20.3	19.3	19.1	17.8	16.4	17.4
CO <sub>2</sub> dag (ppm)	524	804	852	737	807	768	524	518	720	832	870
CO <sub>2</sub> 10-16 uur	758	871	877	673	742	701	506	489	717	880	735
RV etmaal (%)	76	86	90	87	83	83	81	80	86	85	86
RV minimum	65	78	81	74	71	71	64	63	74	77	82
RV maximum	87	94	96	94	91	91	92	92	93	91	90
VD etmaal (g/m <sup>3</sup> )	3.8	2.3	1.8	2.5	3.0	3.4	3.5	3.7	2.3	2.2	2.1
VD dag	4.4	3.1	2.5	3.4	3.7	4.0	4.3	4.9	3.1	2.7	2.4
VD nacht	3.4	1.7	1.0	1.2	1.8	1.9	1.8	1.9	1.6	1.8	1.9
Scherm uren XLS 10 energie (gem. aantal uren/dag)	22.1	21.4	16.4	6.0	0.6	0.7	0.1	2.4	2.2	6.4	17.5
Scherm uren XLS 18 zware isolatie	12.5	15.0	11.9	4.3	0.2	0.2	1.0	4.4	1.7	3.4	15.2

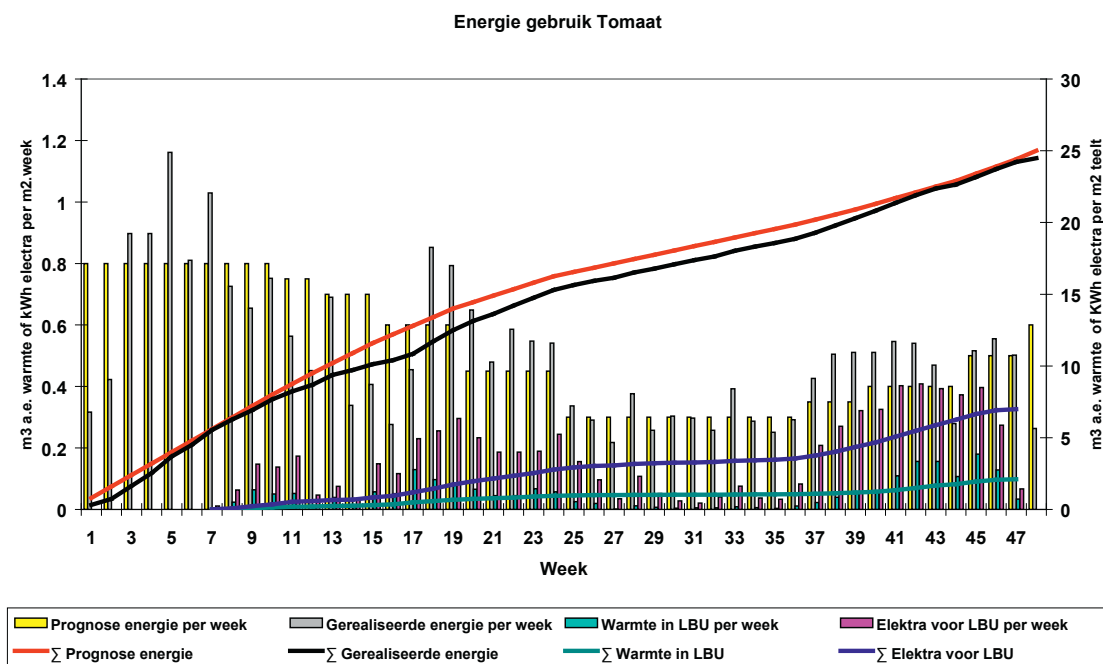
Bij het teeltadvies is gebruik gemaakt van het programma Greenscheduler om de gewenste etmaal temperatuur gegeven een bepaalde lichtsom mee te berekenen. In de praktijk blijkt er ook een vrij goede relatie tussen stralingssom en etmaaltemperatuur te zijn gerealiseerd. Bij de start is wat warmer geteeld en in de loop van het jaar geleidelijk aan steeds koeler. Aan het eind van de teelt is bewust zeer koel geteeld zodat de vruchten goed konden toenemen in gewicht voordat ze oogstrijp zouden zijn. In de voorjaar en zomer is de nagestreefde kasttemperatuur 17 °C + 1.5 °C per 1000 Joule/cm<sup>2</sup>. dag. Opmerkelijk is dat in deze relatie geen verband wordt gelegd met de beschikbare CO<sub>2</sub> voor de fotosynthese.



Figuur 7. Relatie tussen stralingsom en gerealiseerde etmaal temperatuur gedurende verschillende periodes.

### 4.3.1 Energie

Een belangrijke doelstelling is: besparing op energiegebruik. Vooraf aan de teelt is een prognose gemaakt van het verwachte energiegebruik per week. Deze prognose is gebaseerd op meerjarige cijfers van energiegebruik in gangbare teelten en het teeltplan met de verwachte besparing. Tijdens de teelt is wekelijks het energiegebruik genoteerd. Er is berekend wat het energiegebruik bij een normale bedrijfsomvang zou mogen zijn op de wijze die is beschreven in paragraaf 3.4. In onderstaande figuur (Figuur 5.) is het verwachte en gerealiseerde energiegebruik weergegeven.



Figuur 8. Energiegebruik per week en totaal in de tomatenteelt.

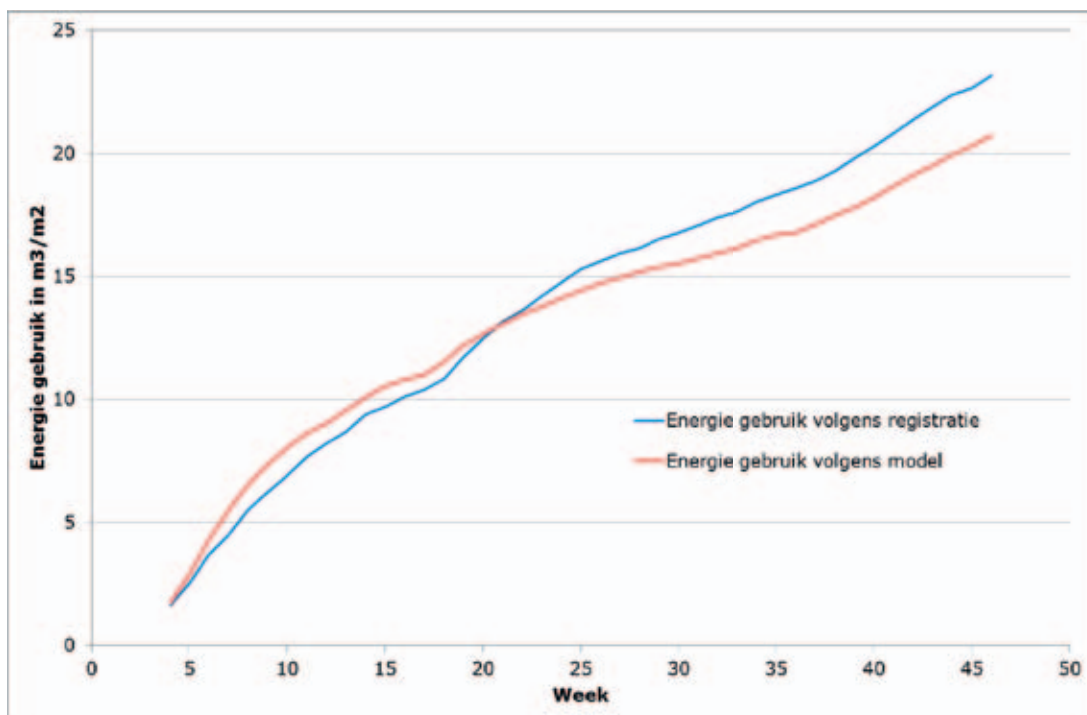
Zowel de wekelijkse hoeveelheid energie (staven in de figuur) als het gesommeerde energiegebruik (lijnen in de figuur) voor de hele teelt is weergegeven. In de eerste 2 weken is energie gebruikt om de afdeling op temperatuur te houden en geen koude gevel te creëren voor de afdeling die er naast lag. Door de latere plantdatum stond nog geen gewas in de kas met als resultaat een lager energiegebruik dan gepland. Na het planten is in week 3 en 4 meer energie gebruikt dan vooraf is gedacht. Dit om de grote planten in balans te krijgen. Week 5 tot en met 7 waren koude weken. Het energiegebruik in wk 18 t/m 24 is aan de hoge kant. Dit heeft te maken met het aanhouden van een buistemperatuur en ontvochtigen om een botrytis aantasting beheersbaar te houden. In week 37 - 43 is meer energie gebruikt om de luchtvochtigheid op peil - dus laag genoeg - te houden. Door de combinatie van ramen sluiten/koelen kon de buis inkomen op vochtdeficit, iets wat niet of minder zou gebeuren met geheel geopende ramen. Door het oogsten van warmte in de avond/nacht was er tijdens de dag meer ruimte om de temperatuur in de kas op te laten lopen en maximaal te profiteren van groeizaam weer. De warmte voor het opwarmen van de buitenlucht is opgenomen in de totale warmtevraag van de kas, deze waren respectievelijk 2,1 en 24.5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> a.e. De energie die de ventilatoren gebruiken is apart weergegeven. Er is voor de ventilator van de buitenlucht aanzuiging 7 kWh/m<sup>2</sup> aan elektriciteit ingezet.

#### 4.3.1.1 Energie simulatie

De prognose van energie input is gebaseerd op een gemiddeld klimaat. Het werkelijke klimaat kan daarvan behoorlijk afwijken zodat prognose en realisatie niet met elkaar overeen komen. Gemiddeld zal er geen grote afwijking zijn. In het programma KASPRO is een vergelijking gemaakt tussen gemeten en berekende energie gebruik.

Voor deze teelt bleek dat de simulatie in KASPRO in de winter een iets hoger energie gebruik gaf en in de zomer een iets lager energie gebruik. De verschillen konden niet op basis van de metingen van buistemperaturen en raamstanden verklaard worden. Met name de hogere energie input in de zomer is niet logisch te verklaren alleen als ook in die periode er toch nog een correctie voor energie verlies door de gevel had moeten worden gedaan.

Duidelijk is wel uit de simulatie dat het lage gerealiseerde energie gebruik overeenstemt met een berekend laag gebruik.

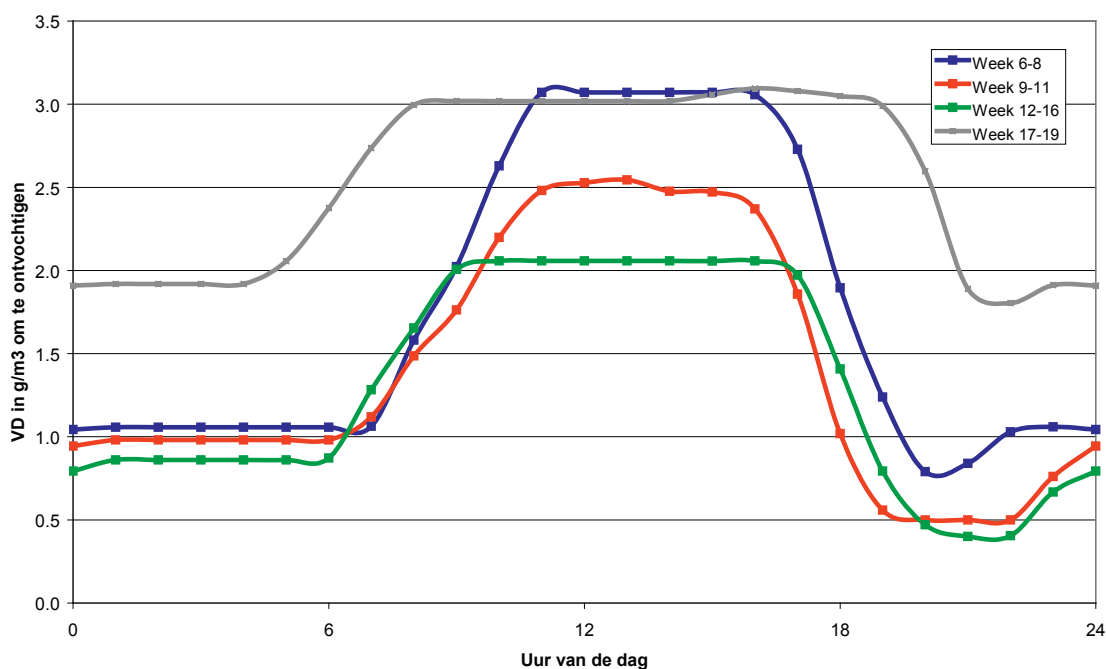


Figuur 9. Cumulatief gasverbruik geregistreerd met een warmte meter en gecorrigeerd voor gevel invloeden en het met KASPRO gesimuleerde energieverbruik.

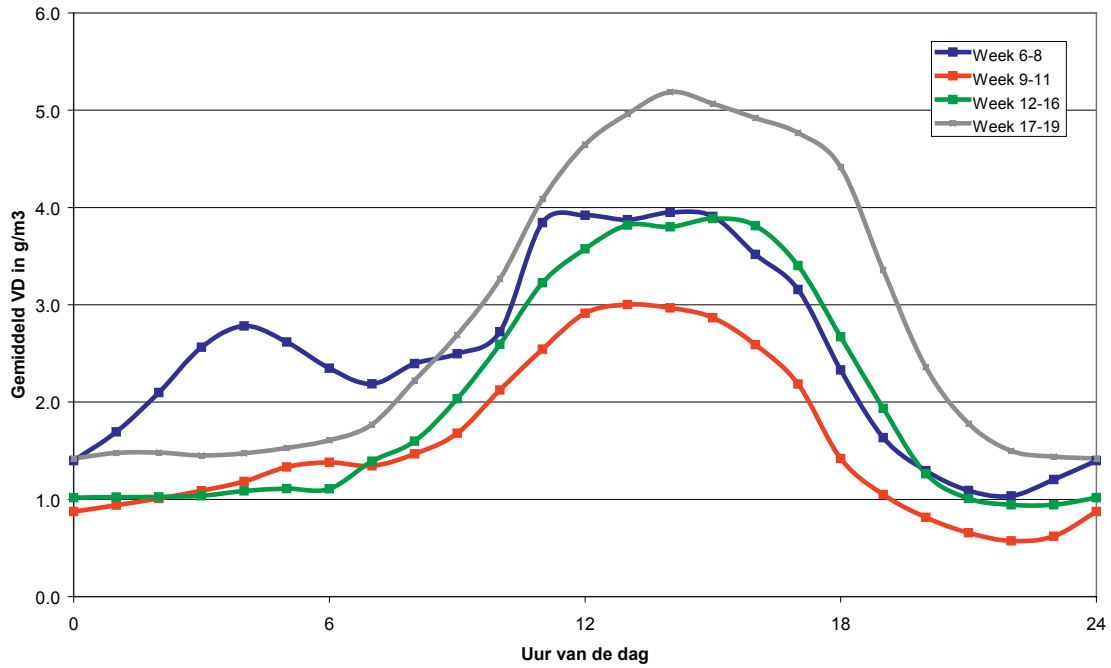
## 4.3.2 Inzet geforceerde ventilatie

Uit Figuur 7. is te zien dat de geforceerde ventilatie is ingezet vanaf week 7. Door de teeltadviseur en de begeleidende telers is in maart het niveau waarop de ontvochtiging aan moest gaan laag gehouden. In Figuur 8. is het ingestelde niveau voor een aantal weken gegeven. In het begin is gestart met een VD om te ontvochtigen in de nacht van 1.1 g/m<sup>3</sup> en overdag van 3.2. In de loop van de weken is dit verlaagd tot een niveau van 0.8 in de nacht, overdag 2.1 en in de voornacht tot 0.4. Toen half april bleek dat er een zware infectie met botrytis was ontstaan is de ontvochtiging op 1.9 in de nacht en 3 overdag gezet. In Figuur 9. is te zien dat deze verhoging een duidelijk effect had op het gerealiseerd vochtdeficit in de nacht. Op de dag was de invloed van de ventilatie al zodanig dat het vochtdeficit steeg tot een gemiddelde van 5 g/m<sup>3</sup>. In combinatie met de in die periode ingezette verwarming en hygiene maatregelen en bestrijding is de botrytis infectie volledig onderdrukt. Daarbij werd door de telers uit de begeleiding opgemerkt dat het drogende effect van de geforceerde ventilatie opvallend was.

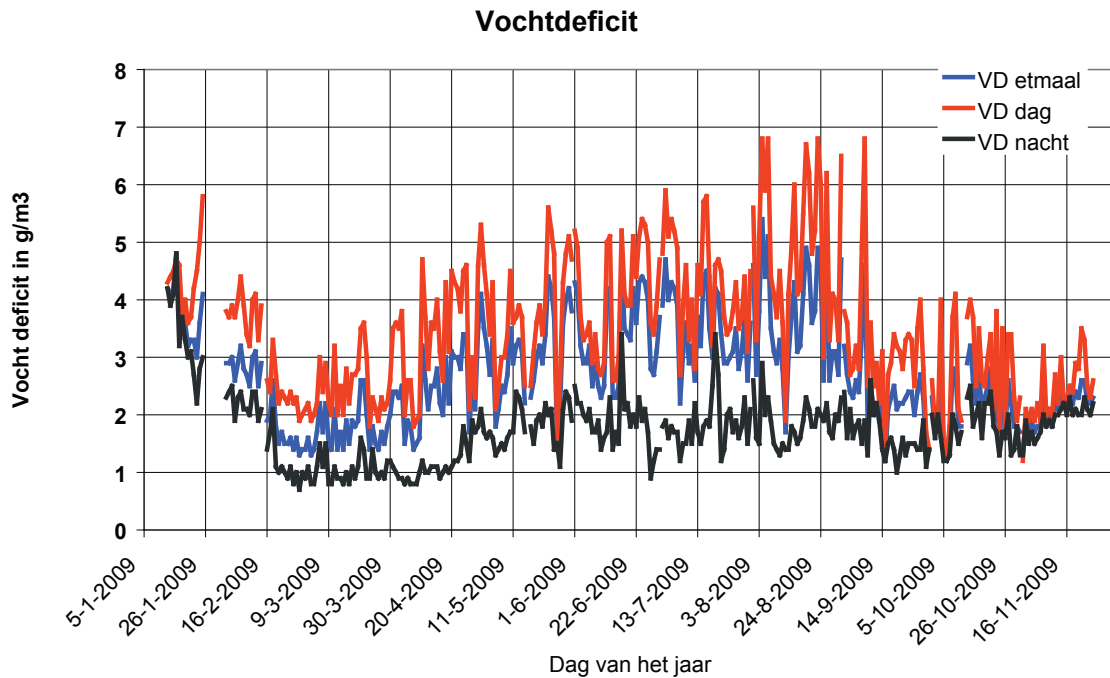
In het najaar waren de omstandigheden buiten relatief gunstig om de geforceerde ventilatie goed te kunnen gebruiken. De instellingen zijn op 1.5 VD in de nacht gezet om risico's die in het voorjaar bewust waren opgezocht te vermijden. In de voornacht mocht het VD wel even verder dalen, als de vruchten en stengel warmer zijn dan de omgeving, maar deze periode was beperkt tot enkele uren. Het effect van deze strategie is te zien in de figuur met de gemiddelde VD per etmaal en voor de dag en nachtperiode. Aan het einde van de teelt komt het VD voor de nacht gemiddeld niet meer onder de 2 g/m<sup>3</sup>.



Figuur 10. Ingesteld niveau van ontvochtiging in de loop van de dag gemiddeld over verschillende perioden.



Figuur 11. Gerealiseerd VD in de loop van de dag gemiddeld over verschillende perioden.



Figuur 12. Gerealiseerde vochtdeficit gemiddeld per etmaal en tijdens de dag en nacht periode.

## 4.4 Schermen

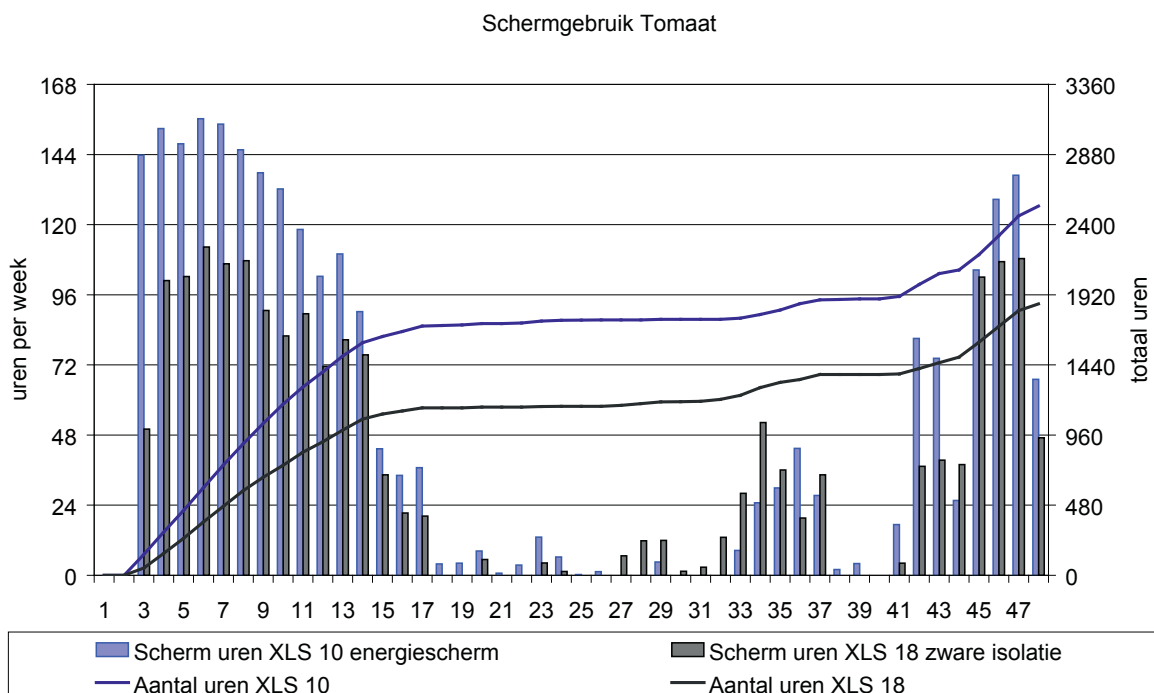
De belangrijkste functie van de schermen in de winter is het beperken van het energieverbruik. Daarnaast zijn de schermen in augustus gebruikt ter ondersteuning van de koeling van de kas in de avond en nachtelijke uren.

Door een opgetreden vertraging bij de installering van de apparatuur en voorzieningen voor de praktijktest is er voor gekozen om het geplande vaste AC-folie niet meer aan te brengen. Bovendien was het rendement van het folie door de latere plantdatum dan gepland (14 januari tegenover 6 januari) kleiner geworden.

In de beginperiode na het planten is maximaal gebruik gemaakt van de twee schermen (zie figuur). De eerste weken is gekozen voor temperatuur boven licht. De schermen werden tijdig gesloten. Als nodig was voor behoud van de temperatuur in de kas, werd met zonnige dagen het energiedoek XLS10 al om 14 uur gesloten. Met zon werd het scherm overigens niet de hele dag gesloten gehouden. De tros bleek onder deze omstandigheden met een groeikrachtig ras op een groeikrachtige onderstam goed te sturen. In februari is ook gekozen voor energiebesparing door te schermen met het energiescherm (XLS10) en daarmee enig lichtverlies te accepteren. De afweging tussen lichtverlies en energiebesparing is gebaseerd op een berekening maar op de ervaring en inschatting van teeltadviseur en onderzoeker. Voor een goede afweging is een onderbouwing op basis van berekening gewenst.

Vanaf april is het schermgebruik afgenomen. Van mei tot augustus zijn de schermen sporadisch toegepast. In augustus zijn schermen gecombineerd gebruikt met de koeling om de etmaal temperatuur te verlagen. Vanaf week 40 zijn de schermen weer gebruikt als energiescherm zoals bij de start van de teelt.

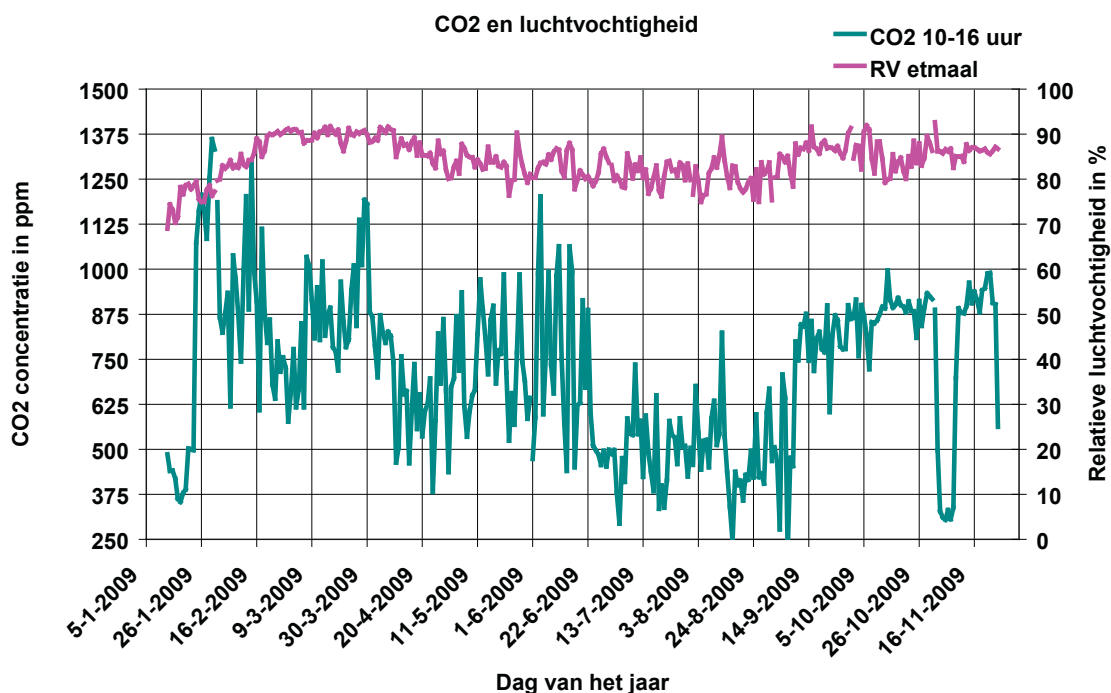
Uit het totaal aantal uren schermgebruik – ruim 2500 voor het energie scherm XLS 10 en ruim 1800 voor het sterk isolerende scherm XLS 18 – blijkt dat het schermgebruik veel intensiever kan als de luchtvochtigheid goed beheerst kan worden.



Figuur 13. Schermgebruik tijdens de tomatenproef.

## 4.5 CO<sub>2</sub> dosering

Bij HNT is gebruik gemaakt van CO<sub>2</sub> afkomstig van OCAP. De dosering mocht overdag tot 1000 ppm oplopen en had een maximum capaciteit van 230 kg/ha.uur. Tijdens de zomer periode werd bij geopende luchtramen een concentratie gerealiseerd van tussen de 400 en 500 ppm. Als de OCAP levering uitgeschakeld was door een storing in de levering kon het CO<sub>2</sub> niveau nog verder dalen tot rond de 350 PPM, zoals gebeurd is begin november. Maar ook in de zomer maanden kwamen dergelijke storingen geregeld voor. In de CO<sub>2</sub> concentraties per dag zijn geen directe effecten zichtbaar van bewust sluiten van de luchtramen of inzet van koeling of verneveling.



Figuur 14. Gerealiseerde RV per etmaal en CO<sub>2</sub> tussen 10 en 17 uur gedurende de hele teelt.

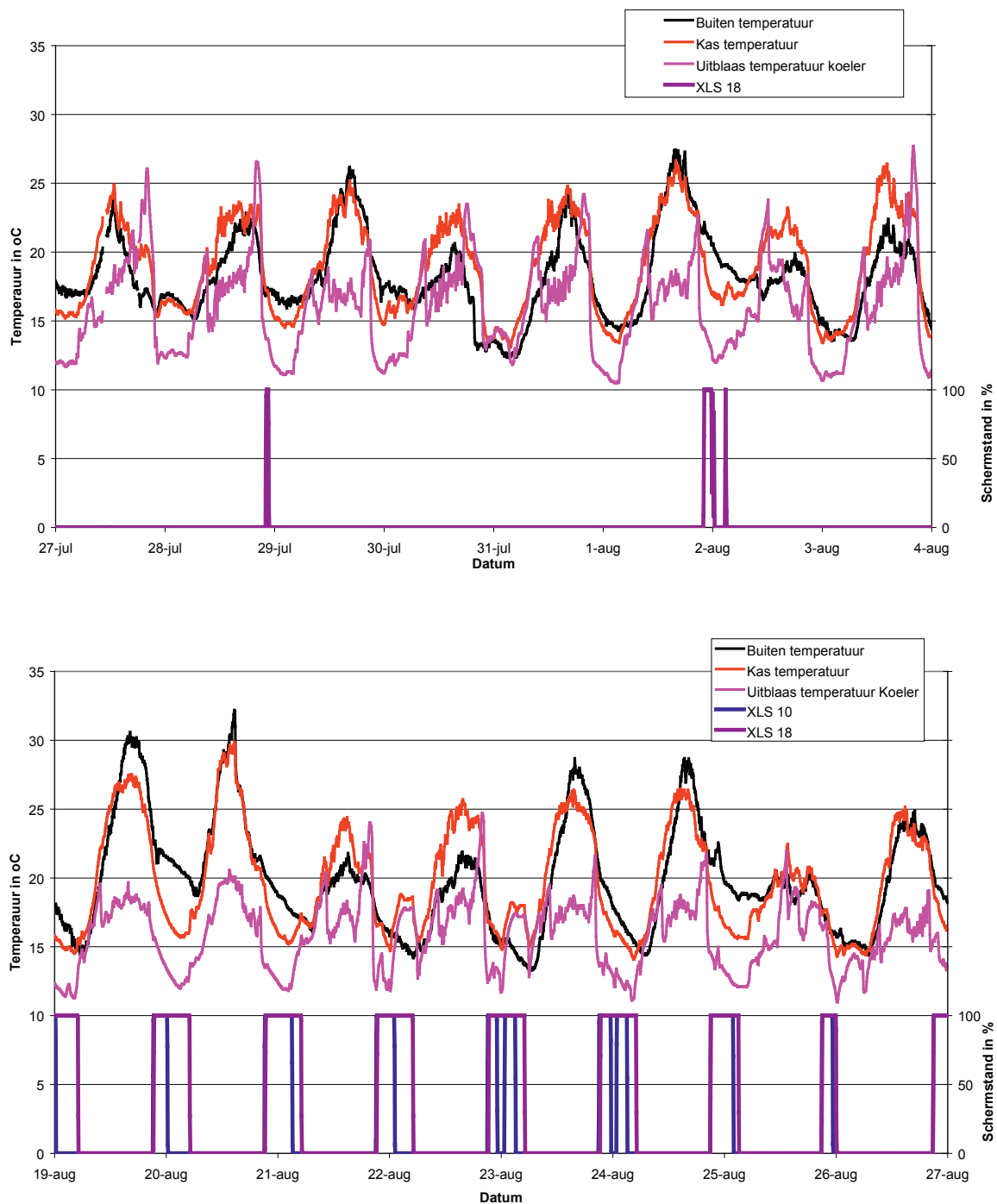
## 4.6 Warmte oogsten

Een apart onderdeel van de opzet van Het Nieuwe Telen is de inzet van de koelers die boven het gewas zijn geplaatst. Deze koelers kunnen worden ingezet om energie te verzamelen ofwel warmte te oogsten en die vervolgens in een aquifer op te slaan om daarna in de winter te benutten om de kas te kunnen verwarmen op basis van een warmtepomp. Uitgaande van de aanname dat er niet meer energie mag worden verzameld dan via de warmtepomp weer kan worden benut voor de verwarming is berekend dat de koelers 1531 uren mogen worden ingezet op het koelvermogen van 100 W/m<sup>2</sup>. Totaal zou dan 551 MJ/m<sup>2</sup> of wel 555 GJ uit de kas mogen worden onttrokken. Uit de koude registratie blijkt dat er totaal 456 GJ is onttrokken. Dat is iets minder dan zou mogen, maar een goede benadering ervan.

Een belangrijk aandachtspunt bij de inzet van de koelers zijn de momenten van de dag waarop dit wordt gedaan. De koelers werken voor de warmteoogst het effectiefste bij een hoge kastemperatuur, dat is in de middag. In het experiment zijn de koelers daar ook het meeste voor gebruikt met goede resultaten. Daarnaast zijn er andere momenten geweest die als leerpunt voor het gebruik van de koelers zijn te noemen. De koelers zijn voor het eerst gebruikt begin april toen het nog niet zo bijzonder warm was. De koele lucht die uit de koelers kwam was op toen niet gunstig voor de ontwikkeling van de kop. Vanaf half mei is de koeling zeer regelmatig gebruikt en was voor het gewas zeker niet ongunstig. De positieve ervaringen in juni en juli hebben er toe geleid om in augustus de koeling ook in te gaan zetten gedurende de nacht om de etmaal temperatuur te kunnen verlagen. Daarbij zijn ook de schermen gebruikt om de temperatuur nog verder te kunnen verlagen zodat de kas minder zou opwarmen door de buitenlucht.

In *Figuur 15*. zijn voorbeelden van het verloop van de kasttemperatuur weergegeven voor twee weken uit juli en augustus. In juli is nog weinig met schermen gewerkt. Overdag als de koeling wordt ingezet is de kasttemperatuur vrijwel gelijk aan de temperatuur van de buitenlucht, maar in de nacht zakt de kasttemperatuur bij gebruik van de koeling tot enkele graden onder de buitentemperatuur en daardoor wordt de etmaal temperatuur verlaagd.

In augustus is dit effect ook zichtbaar, zeker in nachten met hoge buitentemperaturen. Als de schermen gesloten zijn in de nacht is het eenvoudiger om een lage ruimte temperatuur te realiseren. Als onder een gesloten scherm de koeling uitgezet wordt stijgt de kasttemperatuur enkele graden (22 en 23 augustus). Dit is te verklaren uit de warmte die blijkbaar nog in de plant en alle kasdelen als latente warmte aanwezig is. Uit de getoonde voorbeelden is duidelijk dat om de etmaal temperatuur te verlagen de koelers beter in de nacht kunnen worden ingezet ook al wordt er dan minder effectief gebruik gemaakt van de capaciteit van de koelers. Hoewel dit geen doel van de proef was is hiermee wel nuttige informatie verkregen over het gebruik van de koelers in combinatie met de schermen.



*Figuur 15. Effecten van koeling en gebruik schermen op de kaslucht temperatuur bij tomaat.*



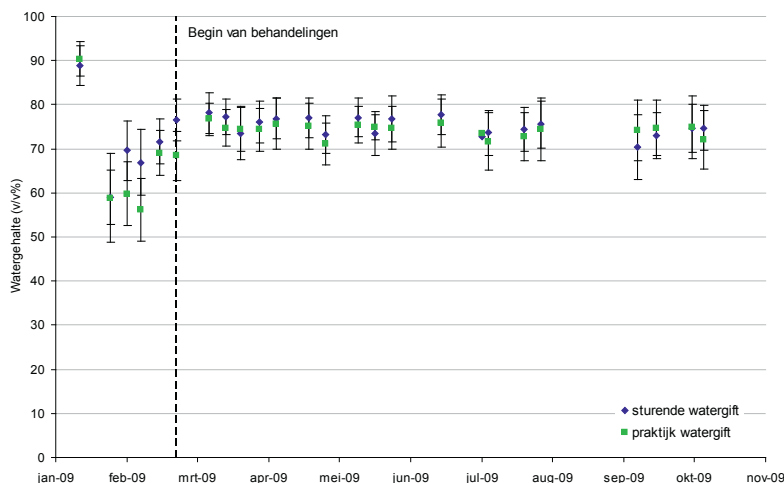
## 4.6.1 Watergeefstrategieën

Als afzonderlijke onderdeel van het experiment zijn twee watergeef strategieën toegepast. In het begin van de teelt werden er nog geen verschillen gemaakt in watergeefstrategie, er werd begonnen met verschillen maken op 4 maart. Voor het begin van de behandelingen zijn *et al.* wat verschillen ontstaan door foutieve instellingen in de INTEGRO (Figuur 1.). Vanaf het moment dat de verschillen werden toegepast tot half mei waren de verschillen zoals van te voren bedacht. Na die periode werden de verschillen tussen de twee behandelingen kleiner wat betreft start/stoptijden (Figuur 2.). Vooral in de zomerperiode op zonnige dagen is er in de sturende watergift te krap water geven (Figuur 3.). Het idee was namelijk om op zonnige dagen boven de 1500J toch vergelijkbare hoeveelheid water te geven in de twee behandelingen, wat niet is gerealiseerd. Deze lagere gift heeft niet zozeer met de start en stoptijd te maken maar meer met de te hoge ingestelde stralingsdrempel op de dag waardoor niet frequent genoeg water is gegeven. In deze periode kon de EC ook wat oplopen in de mat. Daar en tegen is op een aantal donkere dagen er in de sturende behandeling minder water gegeven. Wel is het zodat later in de teelt de verschillen tussen behandelingen steeds kleiner werden en dat de instellingen van de praktijk behandeling ook steeds meer gelijk werden aan de sturende gift.

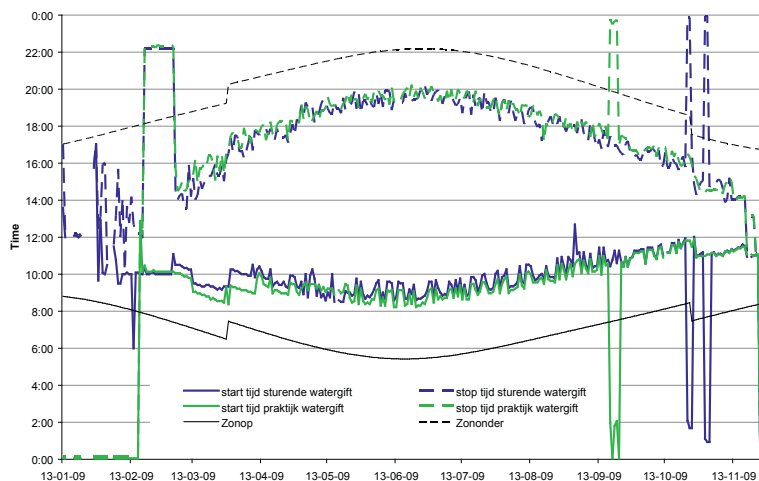
Op het eind van de teelt zijn er door overlap in periodes in de INTEGRO een aantal dagen geweest dat er continu is water gegeven, deze gift is niet meegenomen in de totale gift over de proef. De totale gift over de gehele proefperiode plus de stralingsnorm over die periode heeft in de praktijk watergift geresulteerd in een gift van  $2,9 \text{ ml J}^{-1}$  en in de sturende watergift een gift van  $2,5 \text{ ml J}^{-1}$ . Vergeleken met een traditionele teelt waar tussen de 3 en  $3,5 \text{ ml J}^{-1}$  per jaar wordt gegeven is er in de praktijk gift al de watergift gereduceerd. Dit geeft dus aan dat voor de teelt in een semigesloten kas de watergift aangepast moet worden en deze lager kan zijn dan in een traditionele teelt.

Wat hebben we geleerd:

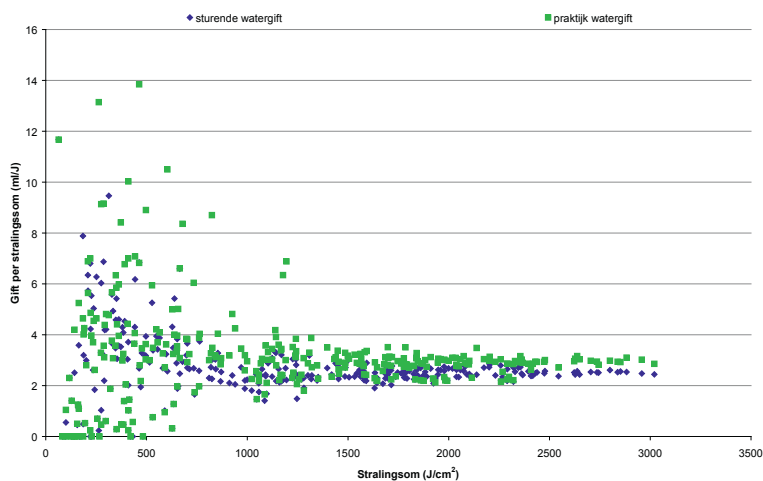
- Watergift kan behoorlijk terug gaan vooral op donkere dagen.
- Om het effect van watergeven op gewas en energiegebruik duidelijk te maken dient een dergelijke proef in een aparte klimaatafdeling uitgevoerd te worden. Een vervolg hierin zou wenselijk zijn.
- In zomer heeft beperkte watergift (cc/J) en start-stoptijden invloed op productie (grofheid)



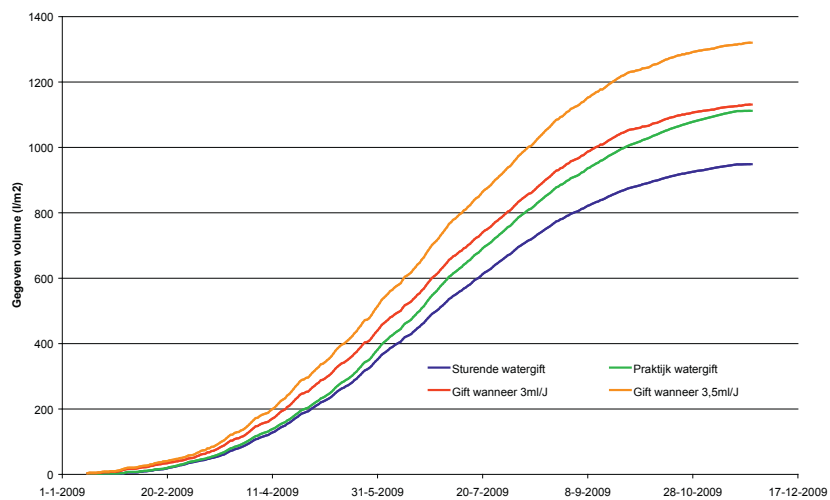
Figuur 16. Gemeten watergehalte in de mat in de twee watergift behandelingen ( $n=24$ ).



Figuur 17. Start en stoptijden van de twee watergeefstrategieën en zonop en zononder.



Figuur 18. Gegeven hoeveelheid water per stralingsom uitgezet tegen de stralingsom.



Figuur 19. Totale gift over het gehele jaar voor de twee behandelingen plus de hoeveelheid dat het zou zijn geweest bij 3 of 3,5 ml/J, exclusief de 3 periodes van continu watergift.

## 5 Teelt ervaring per seizoen

### 5.1 Winter/voorjaar

#### Vochthuishouding en botrytisaantasting

In het begin van de teelt half januari wordt uit energieoogpunt veel gebruik gemaakt van beide schermen. In het teeltverslag van 15 januari wordt geschreven: Het effect van dubbel schermen zal nu nog voornamelijk het effect van minder buiswarmte zijn, vochtdeficit zal nog niet snel te laag zijn maar moet wel gecontroleerd worden. In januari is het vochtdeficit nauwelijks een punt van aandacht geweest. In de drie dagen voorafgaand aan 5 februari was het vochtdeficit dag 3.8 en nacht 2.4 g/m<sup>3</sup>. Vanaf 12 februari is het VD verlaagd vanaf 0:00 en overdag naar ochtend 2 en middag 2.5 g/m<sup>3</sup>. Zo mogelijk wordt in februari gebruik gemaakt van buitenlucht voor ontvochtiging: 'Er staat een minimum raamstand als er buitenlucht wordt ingeblazen. Het vochtdeficit wordt heermee netjes omhoog gebracht naar de ingestelde waarde.' Het ontvochtigniveau werd verder verlaagd met in de nanacht een niveau van 0.8 g/m<sup>3</sup>. De minimumraamstand instelling was een ongewenste koppeling in de klimaat computer. Deze is er op dringend verzoek van onderzoek en begeleidende telers uitgehaald.

Op 5 maart wordt melding gemaakt van schimmel, meeldauw en botrytis op bladranden.

De regeling op vochtdeficit waarop de buitenlucht aanzuiging aangaat stond bij lage vochtdeficit ingesteld. Voornacht 0,5, nanacht 0,8, ochtend 1,5 en middag 2,5. De nanacht is verhoogd naar 1,0, de middag 2,5 vervroegd van 11 naar 9.30 uur, omdat er een dood moment was net voor de zon kracht ging krijgen. De plant moest wel voldoende actief zijn als de zon de plant ging verwarmen.

Dat grenzen opgezocht werden voor energiebesparing blijkt ook uit de opmerking op 19 maart: 'Zonder buis, met "koude" lucht en kouval door luchtraam is geen groeizaam klimaat te maken. Er is geen opstijgende warmte die helpt de plant te laten verdampen en vocht in de lucht brengt'. Het gemiddeld vochtdeficit in week 12 was 2.9 g/m<sup>3</sup> voor de dag en 1.1 nacht.

In deze opmerkingen klinkt ervaring uit de normale teelt door. Later in het jaar bleek de ervaren temperatuur regelmatig ander te zijn dan de gemeten temperatuur. Het bleek lastig om de ervaring en verwachting op basis van de standaard teelt methode los te laten.

Begin april zijn enkele inrottende bladpunten waargenomen die niet veilig droog waren en ook was er schimmelontwikkeling te vinden op enkele bladpunten. Verder was er geen/amper schimmel in de kas te zien.

Bij het teeltbezoek op 9 april wordt een opvallende explosie van schimmel aan de eerder ontstane bladrandjes geconstateerd, die tevens meer in gingen rotten. Dit terwijl juist de laatste dagen steeds meer aanpassingen waren gemaakt met meer minimum buis en minder schermen/luchten in de nacht. Als reactie zijn de ontvochtigniveau's aangepast, in de nacht van 0,8 naar 1,0 vochtdeficit gezet, overdag van 1,9 naar 2,2 om de toename van schimmels te remmen, en liefst te stoppen. Ook is met chemische middelen ingegrepen. (De verschillen zijn beschreven bij de paragraaf over inzet van de geforceerde ventilatie).

Er zijn een paar botrytis plekjes gevonden, net onder de 1<sup>e</sup> tros. Het advies was om de afdeling te controleren en de plekjes uit te snijden en in te smeren. Dat de problemen hardnekkig waren valt te lezen in het verslag van het teeltbezoek op 23 april: 'Het is schrikken hoe de schimmels schade maken. Onderin op de stam zijn nog plekjes die niet snel gaan maar ook waar op breuk een zo grote botrytis plek is ontstaan dat de plant zal overlijden. Waar arbeid niet perfect is uitgevoerd wordt het direct afgestraft. De bladeren, verdeeld over de plant waar vanuit een bladrandje of breuk zijn gaan inrotten sterven snel af en enkele rotten tot op de stam. Extra blad snijden is dringend gewenst. Liever een blaadje extra *et al.* dan een botrytis plek erbij. Er is toen door inzet van extra personeel gewerkt aan het goed schoonmaken en bestrijden van de stengelbotrytis. De ontvochtiging is sterk verhoogd.

De gemeten waarden van het vochtdeficit in week 16 waren: gemiddeld dag 3.5 en nacht 1.0. Laatste 3 dagen dag 4.3 nacht 1.2 g/m<sup>3</sup>. Het vochtdeficit daalde naar rond de 1 in de nacht en steeg overdag naar 5,5 tot 7,5. Het ontvochtigen stond op nacht 1,2 en dag 1,6 g/m<sup>3</sup>.

Geconcludeerd kan worden dat met de energiebesparing en de hoge vochtgehalten de grenzen overschreden zijn. Leerpunten zijn: Alleen buitenluchtaanzuiging met ontvochtiging tot vochtdeficit nacht 1 en start dag 1,5, overdag 2,2 is onvoldoende als er geen buiswarmte is. Ook deze in kleine mate verhogen is onvoldoende. Het beperken van de luchtbeweging met schermen en werken met minimale buiswarmte vraagt om andere streefwaardes dan men in de praktijk gewend is. Het drogende effect met zonnig weer en goede doorstroming en droging is onvoldoende om de momenten van dood klimaat te compenseren.

Verneveling was een lastig discussiepunt. Deze maatregel wordt gebruikt om op zonnige dagen de kasttemperatuur te controleren en de ramen zo lang mogelijk dicht te houden om te profiteren van de hoge CO<sub>2</sub>-niveaus. Anderzijds is er het risico van nat neerslaan van nevel op het gewas dat afgezet tegen de opgetreden problemen met botrytis en andere schimmels erg zwaar werd gewogen. Besloten is de verneveling nog meer te minimaliseren, echt alleen op korte extreme momenten in te zetten.

## 5.2 Voorjaar/zomer

### Temperatuur

De optimale etmaaltemperatuur voor tomaat ligt, bij voldoende instraling, tussen de 18-20 °C. Hieronder zijn de bloeisnelheid en rijpingstijd en de assimilatie temperatuur niet optimaal. Hierboven verbruikt de plant teveel energie door ademhaling.

Het is zaak om in het voorjaar en de zomermaanden en specifiek op dagen met een hoge lichtintensiteit optimaal gebruik te maken van het PAR-licht. Door de ramen zo lang mogelijk dicht te houden kan een hoge CO<sub>2</sub>-concentratie in de kas worden vastgehouden. Binnen de grenzen van maximale temperatuur en gewenst vochtgehalte in de kas kan op deze manier een maximale assimilatie worden bereikt. Om binnen de aangegeven grenzen voor de etmaaltemperatuur te blijven, betekent dit dat de nachten koel gehouden dienen te worden. Dit kan worden bereikt met een samenspel van het gebruik van de schermen, het ventileren met de buitenlucht mits een lagere temperatuur dan de kaslucht en het gebruik van de koelunits. De vochtregeling en het voorkomen van condensatie spelen hierin ook een belangrijke rol.

Het verschil in dag-nacht (DIF) is tevens een mechanisme voor vegetatieve/generatieve sturing. Dit alles afgezet tegen een zo laag mogelijk energieverbruik.

### Stand gewas

Een relatief lage nachttemperatuur wordt gebruikt om de tros krachtig en de vruchten grover te maken. De ochtend koel houden en een snelle temperatuurstijging beperken. Dit heeft de ruimte om het accent op hogere dag temperatuur bij veel instraling op de namiddag te leggen

Als de kop voldoende generatief staat heeft klimaat voorrang op de etmaaltemperatuur en de DIF. Het aansturen op een grote DIF is dan niet gewenst, maar blijft het wel prettig de dagtemperatuur voldoende hoog aan te kunnen houden wanneer dit hierdoor een aangenaam groeizaam De etmaal temperatuur liever niet hoger dan het advies aanhouden en de DIF niet te groot, maar alleen als dit past binnen een goed klimaat.

Half juni wordt duidelijk dat de dagtemperatuur ook zijn grenzen heeft. Er wordt gerapporteerd dat de plantbeoordeling laat zien dat de dagtemperatuur (te) hoog is geweest gedurende de voorafgaande week. Zowel de kop als de tros hebben aan kracht ingeleverd en zijn beide iets te zwak. Er is op gereageerd door een rustige etmaal temperatuur aan te houden met een voldoende grote DIF om zowel de kop als de tros sterker te maken.

## **Klimaatbeheersing**

In de zomermaanden is bewust gestuurd op een andere regeling dan gangbaar in de praktijk. Met het zomerse weer staan bij veel bedrijven de ramen (bijna) 24 uur open en is er WKK warmte welke ruim voldoende is voor de minimum buis. Er is dan niet veel te sturen buiten het netjes water geven.

In de praktijktest was de keuze tussen koelen en vernevelen en de mogelijkheid om dit te testen met warme dagen. De verneveling is weinig gebruikt, omdat de natuur vochtig was en het vochtdeficit in de kas per dag niet boven de 6, 7 of 8 is uitgekomen.

De uitblaastemperatuur van de koeling is in de zomer verlaagd van 20,5 naar 17 °C om de capaciteit te vergroten en te leren of het effect van koelen bij hoge buitentemperatuur mogelijk is. Het lijkt erop dat er een verhouding is tussen hoe warmer buiten hoe lager de uitblaastemperatuur mag zijn. Hierdoor is de capaciteit van koelen gelijk oplopend met de kastemperatuur.

De verschillende mogelijkheden voor sturing van temperatuur en luchtvochtigheid in de nacht met luchten, koelen, schermen en minimum buis zijn aantrekkelijk, maar tegelijkertijd was een goede sturing vanwege wisselende buitenomstandigheden lastig. Soms had bij gesloten ramen achteraf beter gelucht kunnen worden voor verlaging van de kastemperatuur. Ontvochtiging door koeling had soms voldoende effect, maar er waren ook momenten dat het vochtdeficit onder de 1,5 daalde, waardoor de minimumbuis inkwam. Het elke avond/nacht opnieuw moeten beslissen of de buitentemperatuur aanleiding gaf de ramen geopend te houden en/of te sluiten, en tot welk tijdstip is een factor die lang niet altijd optimaal uitpakte. Een oplossing zou kunnen zijn om voornamelijk met het scherm te werken. Omdat het scherm gesloten kan worden op temperatuur is het zinvol om voornamelijk met alleen deze vorm van isoleren te werken. Het effect is wel kleiner, maar het geeft meer regelmaat.

De teelt verloopt gelijkmatiger dan in de praktijk, vooral bij hoge buiten temperatuur heeft de testkas een voordeel. Bij gematigde buitentemperatuur neemt het voordeel af maar is er wel voordeel aan eerder opgebouwde reserves in de plant, welke de praktijk mist na een periode van warm weer. Dit is tot uiting gekomen in de nazomer en het najaar.

## **Schermen**

In de zomermaanden zijn de schermen soms enkele uren in de nacht gebruikt ter ondersteuning om een lagere nachttemperatuur te bereiken. In Figuur 15. is een frequent gebruik van de energieschermen te zien in de nazomer (eind augustus – begin september). Als de buitentemperatuur voldoende laag is het meest effectief om de kastemperatuur voor de nacht te verlagen door buitenluchtkoeling. De afkoeling die je kan bereiken met 15 °C buitentemperatuur om de kas naar de 17 °C te brengen gaat veel sneller met ramen/wind/buitenlucht, dan met het gebruik van de aanwezige koelunits. Op de momenten dat de buitentemperatuur niet lager was dan de kastemperatuur is de koeling gebruikt samen met de schermen.

De botrytis monitor liet zien dat de infectie druk steeds laag is geweest vanaf 10 juli. Het hoogste aantal getelde sporen per vangplaat was 3. Bij een hoge infectiedruk is dat boven de 10. Gedurende het teeltseizoen is botrytis wel een punt van aandacht gebleven. Door sturing op het vochtgehalte en enkele malen met een chemische correctie is de botrytis onder controle gehouden. Leerpunt is dat bij energiezuinig telen een gewenste nul-tolerantie op botrytis hoort, door bewaking op luchtvochtigheid. Is botrytis eenmaal in de plant, dan moet dit met chemische behandelingen en arbeid worden bijgestuurd.

## **5.3 Najaar**

Vanaf september is de luchtvochtigheid opgelopen en het vochtdeficit afgenomen. Door de mindere instraling is er minder geventileerd. Dit is terug te zien in een hogere CO<sub>2</sub>-concentratie in de kas. Het beschikbare PAR-licht wordt hiermee volledig benut.

De koele teeltlijn vanaf zetting (koelen in augustus/september) uitte zich half oktober in een hogere opbrengst dan geprognoseerd met relatief grove vruchten.

Doordat het buiten veel kouder is geworden en daarbij geschermd wordt, functioneerde de buitenluchtaanruiging erg goed voor de RV, deze kwam geen moment boven de 90% en het vochtdeficit niet onder de 1,3.

In de tweede helft oktober zijn de schermen meer gesloten, zowel eerder als langer om energie te besparen. De regeling van de minimumbuizen op vochtdeficit zijn laag gezet, zodat de buizen minder snel en onrustig inkwamen.

Eind oktober stond het gewas er nog goed bij. In het eindtraject tot aan de beëindiging van de teelt op 28 november zijn alle instellingen aangepast op energiezuinig telen:

- Hoog isolerende scherm dicht van zononder to zonop.
- Vocht invloeden op buizen eruit, buizen alleen op warmtevraag (vraagt wel aandacht voor gewas)
- Geen invloed meer van de stralingsom.

## 6 Conclusies

Duidelijk is dat de productie doelstelling, energie doelstelling en de doelstelling om kennis overdracht te realiseren zijn waargemaakt. Dit is een bijzonder resultaat voor een project met ambitieuze doelstellingen. Dit onderzoek mag daarom als een belangrijke doorbraak voor het bereiken van een substantiële energie besparing worden genoemd.

De productie doelstelling was 60 kg/m<sup>2</sup> op jaar basis. De realisatie was 69.5 kg/m<sup>2</sup>. De prognose van 60 kg was mogelijk aan de lage kant, maar een realisatie van 69 kg was zeer goed. Door de wat latere plantdatum was de eerste productie later dan in de prognose. De indruk bij de begeleidende telers was dat er ook door de teeltwijze nog enige vertraging in de start van de productie zat.

In de praktijk werd echter wel opgemerkt dat een vroege productie wel wenselijk is. Daarom was de aanbeveling om met een teelt met normale planttijd en vergelijkbare doelstellingen het experiment te herhalen, waarbij in het begin van de teelt ook een vast folie mag worden gebruikt om in de winter de energie besparing te ook overdag te kunnen realiseren. Een factor die het realiseren van de productie doelstelling sterk negatief had kunnen beïnvloeden was een aantasting met botrytis in april. Deze bleek echter door goede teelt- en klimaat ingrepen volledig onder controle te brengen. Het gebruik van 2 schermen en koeling wat tot extra lichtverlies zou moeten leiden gaf geen duidelijke negatieve effecten. Omdat er geen vergelijkende teelt is kan niet worden gezegd of het lichtverlies tot productie derving heeft geleid.

De koeling die in de warme periode in augustus kon worden ingezet om met name de nacht temperaturen te verlagen heeft waarschijnlijk eveneens bijgedragen aan het realiseren van een hoge productie.

Het energie gebruik was conform de prognose, al moest voor het beheersen van de botrytis aantasting in april wel extra energie worden ingezet. Maar dit was het gevolg van te zuinig telen in de periode daaraan voorafgaand.

Duidelijk is dat de luchtvochtigheid in de winter en het voorjaar met een systeem met geforceerde ventilatie uitstekend kan worden beheerst. In het najaar is de beheersing lastiger omdat de buitenomstandigheden met hogere temperaturen en absolute vochtigheid de ruimte voor ontvochtigen beperken.

De watergift behandelingen die in dit experiment meeliepen waren niet sterk verschillend. Op donkere dagen kon de watergift iets terug ten opzichte van gangbaar. In de zomer is hier weinig winst te behalen. De watergeef strategie bij het nieuwe telen vroeg niet om een geheel andere aanpak.

De participatie van telers en de informatie voorziening via het internet heeft duidelijk bijgedragen aan de kennisoverdracht naar de praktijk. Daarbij bevorderde het feit dat in dit experiment met weinig energie is geteeld de acceptatie dat telers lagere energie verbruiken hebben dan tot nu toe algemeen gangbaar was. Gebruiken van 35 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> per jaar werden als realistisch geaccepteerd, terwijl eerder onder de 40 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> als niet haalbaar werd gekwalificeerd.

Tussen ervaring temperatuur door de telers bij bezoek aan de afdeling en de gemeten realiteit bleek soms een opmerkelijk verschil. Dit was duidelijk een leerpunt om bewust te zijn van de andere wijze van telen.

De begeleidende telers vonden dit project zeer leerzaam. Het aandachtspunt is om de kennis die is verzameld toegankelijk te maken voor anderen.





# Bijlage I    Teeltconcept tomaat

In het rapport **Richtinggevende beelden voor energie zuinig telen in semi-gesloten kassen** (Poot *et al.* 2008) wordt een toekomstbeeld geschetst om op korte termijn de inzet van fossiele energie in de tuinbouw te verminderen. In deze notitie wordt dit uitgewekt voor een energiezuinige (onbelichte) tomatenteelt, zoals die getoetst kan worden in afdelingen van het Improvement Centre in Bleiswijk in het teeltjaar 2009. Dit beeld is gebaseerd op technieken en inzichten die nu beschikbaar zijn. Centraal hierin staat het gewas: wat heeft het gewas gedurende het hele jaar nodig om zich goed te ontwikkelen, goed te groeien en een goede productie (60 kg m<sup>2</sup> voor middelgrove tomaten) te leveren. Op basis daarvan is beschreven welke teeltinrichting er nodig is om dit te realiseren.

Als uitgangspunt gelden de mogelijkheden van geconditioneerd telen, waarbij geldt als uiteindelijke doel dat de energiebalans van de hele teelt neutraal moet zijn. Er wordt dus niet meer warmte geoogst en opgeslagen dan in de koudere periodes nodig is voor de eigen teelt. Bij de opbouw van de in te zetten instrumenten voor energiebesparing en conditionering is een modulaire aanpak nagestreefd. Uitgangspunt is een optimale regeling voor het gewas, waarbij wordt ingezet op beperking van de warmtevraag, verhoging van de beschikbaarheid van CO<sub>2</sub> en tenslotte oogst van warmte in de zomer om de warmtevraag te kunnen dekken.

Globaal wordt de teelt vanaf de start tot de teeltwisseling gevolgd. Er is een korte beschrijving van de kasuitrusting en de gevolgde teelt/klimaatstrategie.

## Teeltsysteem en plantdatum

Geplant wordt Cappricia op Optifor. Geënt getopt op 2 bladeren, 2 scheuten per pot 10x10 cm. De plantgrootte, maximaal handelbaar groot met tros los.

De teelt start in de tweede week van januari (planning 6 januari)

met een iets grotere plant dan nu gebruikelijk is. De teelt loopt tot week 48. De teelt is daarmee met twee weken bekort ten opzicht van de gangbare praktijk. Dit om in de relatief donkere decembermaand niet te hoeven stoken.

Uitgangspunt is een hangende teeltgoot, met V-systeem en een rijafstand van 1.60 m.

Er wordt gestart met een plantdichtheid van 1.9 planten/m<sup>2</sup> later door stengels aan te houden te verhogen naar 3.8 stengels/m<sup>2</sup>.

Er is gekozen voor een geënt getopte plant met 2 scheuten omdat het vegetatieve ras Cappricia dit generatieve effect kan gebruiken en de praktijk dit vanwege kostenbeperking toepast. De ruime start afstand beperkt enerzijds de kosten omdat een grote plant een dure plant is (zelfde doel; praktijksituatie) Daarnaast kan door de ruime start afstand de snelheid hoger gehouden worden, wat met het vaste folie een hogere dagtemperatuur toelaat (beperking ventilatievoud) Daarnaast is er minder bladoppervlakte wat minder verdamping = minder energie kost.

Door in één keer alle stengels te verdubbelen blijven de planten onderling gelijk in energie behoefte wat gelijkheid in planten geeft.

Op deze manier is er een ruime stengel afstand in de winter om gemakkelijk te kunnen schermen en een hoge stengeldichtheid om in de zomer maximaal te kunnen produceren, zeker in combinatie met de mogelijkheid van koeling in de zomer (beheersen van te hoge etmaal temperatuur).

Er wordt geteeld op steenwol met een druppelsysteem. Steenwol, 100x20x75 masterdray of soortgelijk volume/stengel (2 potten/mat). De EC is afhankelijk van de gewenste EC voor het gewas en wordt lichtafhankelijk aangepast. De watergift is stralingsafhankelijk en kan worden aangepast door het drainpercentage.

Op momenten dat dit voor het gewas kan wordt met een hogere EC geteeld, zodat met minder watergift voldoende nutriënten voor de plant beschikbaar zijn. Dit kan bijdragen aan beperking van de verdamping van de plant en zo tot een geringere hoeveelheid vocht die via ventilatie moet worden afgevoerd.

Vooralsnog is er geen wortelverwarming of koeling. De substraattemperatuur zal daardoor na-ijlen op de ruimtetemperatuur.

De stengel afstand is gebaseerd op het meerjarige instraling/week.

De aan te houden kas temperatuur bij bloeisnelheid 0,9/week 19 °C .

Op basis van het verschil behoefte instraling en werkelijke instraling wordt de kas temperatuur aangepast aan de hand van de volgende voorbeeld berekening.

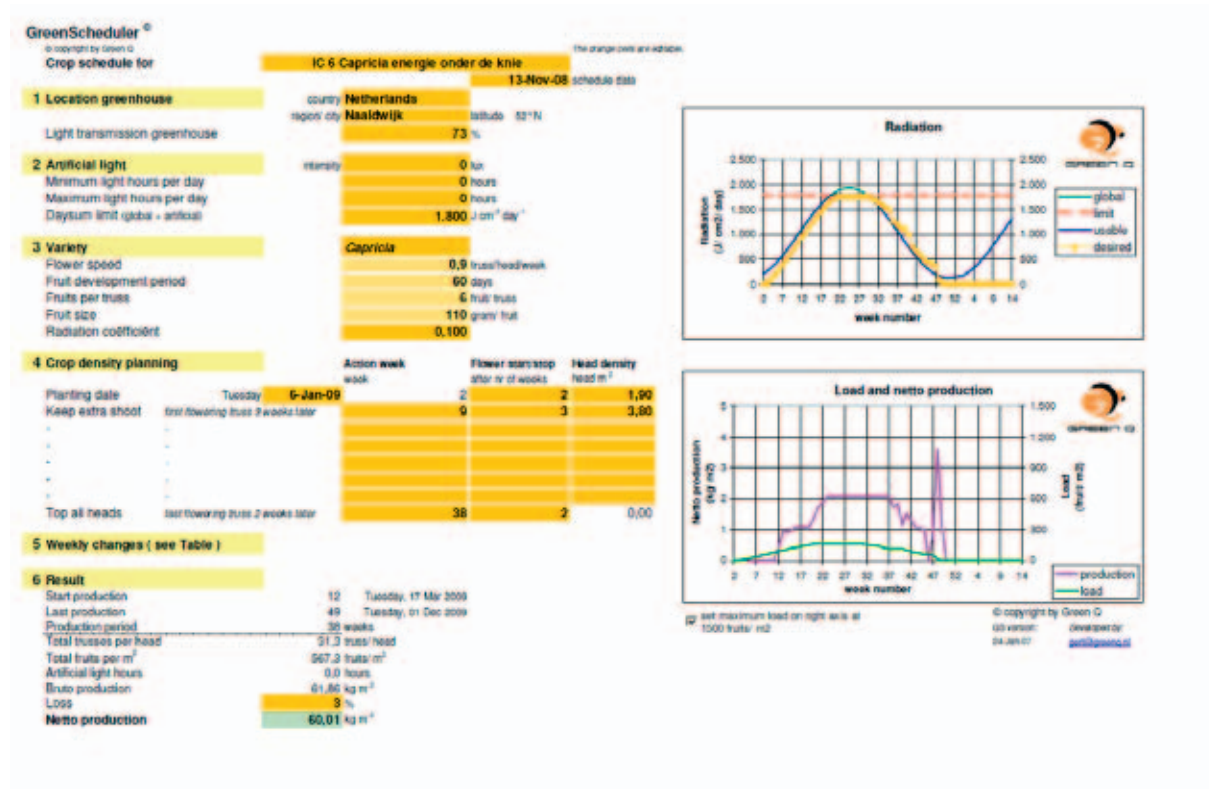
Week calendar number	Radiation global J cm <sup>2</sup> day <sup>-1</sup>	Radiation usable J cm <sup>2</sup> day <sup>-1</sup>	Heads per m <sup>2</sup> head m <sup>-2</sup>	Flower speed truss head <sup>-1</sup>	Period days	Fruit per truss fruit truss <sup>-1</sup>	Fruit size gram fruit <sup>-1</sup>	Shoot load truss head <sup>-1</sup>	Netto production week kg m <sup>-2</sup>	Netto production cumulative kg m <sup>-2</sup>	Radiation desired J cm <sup>2</sup> day <sup>-1</sup>	Radiation usable-desi J cm <sup>2</sup> day <sup>-1</sup>
10	879	879	1,90	0,90	60	6,0	110	6,30			703	176

lichtbehoefte	etmaal	dag	nacht	DIF
<b>700</b>	<b>19,0</b>	<b>21,5</b>	<b>16,8</b>	<b>4,7</b>

#### Advies etmaal temperatuur en DIF

instraling	etmaal	Dag	Nacht	DIF
210	16,0	16,5	15,5	1,0
280	16,3	17,0	15,7	1,3
350	16,7	17,6	15,9	1,7
420	17,1	18,3	16,0	2,3
490	17,5	19,1	16,2	2,9
560	18,0	19,9	16,4	3,5
630	18,5	20,7	16,6	4,1
<b>700</b>	<b>19,0</b>	<b>21,5</b>	<b>16,8</b>	<b>4,7</b>
770	19,5	22,4	17,0	5,4
840	20,0	23,2	17,2	6,0
910	20,4	24,0	17,3	6,7
980	20,8	24,8	17,4	7,4
1.050	21,2	25,6	17,4	8,2
1.232	21,6	26,4	17,4	9,0
1.428	21,9	27,2	17,3	9,9

De stengeldichtheid is berekend met het rekenprogramma GreenScheduler, welke hieronder is weergegeven. Wekelijks wordt aan de hand van de teeltregistratie de afwijkingen t.o.v. planning bijgesteld waardoor er gedurende de hele teelt inzicht is in de ontwikkeling van plantbelasting, en wanneer nodig de planning zal worden bijgesteld. Wekelijks zal het temperatuur advies op basis van deze berekening plus de gewasbeoordeling worden aangegeven. Het verschil in dag-nacht (DIF) zal zowel vooraf bepaald als achteraf beoordeeld worden als stuurmechanisme voor vegetatief / generatieve sturing. Hoe groeizamer de teeltwijze, mede door gebruik van dubbele schermen en luchtbevochtiging, hoe groter de DIF aangehouden kan worden wat wenselijk is voor het bereiken van een hogere dag temperatuur voor het binnenhouden van CO<sub>2</sub> (minder ventilatie).



manual input?	No		Yes				Yes		Yes		Yes		Yes		Yes		Yes	
Week calendar number	Radiation global J cm <sup>2</sup> day <sup>-1</sup>	Radiation usable J cm <sup>2</sup> day <sup>-1</sup>	Heads per m <sup>2</sup> head m <sup>-2</sup>	Flower speed truss head <sup>-1</sup>	Period days	Fruit per truss fruit truss <sup>-1</sup>	Fruit size gram fruit <sup>-1</sup>	Shoot load truss head <sup>-1</sup>	Netto production week kg m <sup>-2</sup>	Netto production cumulative kg m <sup>-2</sup>	Radiation desired J cm <sup>2</sup> day <sup>-1</sup>	Radiation usable-desi J cm <sup>2</sup> day <sup>-1</sup>						
2	210	210		0,00	0	0,0	0			0	210							
3	263	263		0,00	0	0,0	0			0	263							
4	326	326	1,90	0,90	60	5,0	110	0,90		90	236							
5	400	400	1,90	0,90	60	5,0	110	1,80		180	219							
6	482	482	1,90	0,90	60	5,0	110	2,70		271	212							
7	573	573	1,90	0,90	60	6,0	110	3,60		379	194							
8	670	670	1,90	0,90	60	6,0	110	4,50		487	183							
9	773	773	1,90	0,90	60	6,0	110	5,40		595	178							
10	879	879	1,90	0,90	60	6,0	110	6,30		703	176							
11	988	988	1,90	0,90	60	6,0	110	7,20		812	176							
12	1097	1097	3,80	0,85	60	5,0	110	7,66	0,39	0,39	943	153						
13	1205	1205	3,80	0,85	60	5,0	110	7,61	0,91	1,30	1024	181						
14	1310	1310	3,80	0,85	60	6,0	110	7,56	0,91	2,22	1138	172						
15	1411	1411	3,80	0,85	60	6,0	110	7,51	0,99	3,21	1244	167						
16	1507	1507	3,80	0,85	60	6,0	110	7,46	1,09	4,30	1340	166						
17	1596	1596	3,80	0,85	60	6,0	110	7,41	1,09	5,40	1437	159						
18	1676	1676	3,80	0,85	60	6,0	110	7,36	1,09	6,49	1533	143						
19	1747	1747	3,80	0,85	60	6,0	110	7,31	1,09	7,58	1629	118						
20	1807	1800	3,80	0,85	60	6,0	110	7,29	1,36	8,95	1699	101						
21	1856	1800	3,80	0,85	60	6,0	110	7,29	1,72	10,67	1733	67						
22	1893	1800	3,80	0,85	60	6,0	110	7,29	1,87	12,54	1752	48						
23	1918	1800	3,80	0,85	60	6,0	110	7,29	2,07	14,61	1752	48						
24	1929	1800	3,80	0,85	60	6,0	110	7,29	2,07	16,68	1752	48						
25	1927	1800	3,80	0,85	60	6,0	110	7,29	2,07	18,75	1752	48						
26	1912	1800	3,80	0,85	60	6,0	110	7,29	2,07	20,81	1752	48						
27	1884	1800	3,80	0,85	60	6,0	110	7,29	2,07	22,88	1752	48						
28	1844	1800	3,80	0,85	60	6,0	110	7,29	2,07	24,95	1752	48						
29	1792	1792	3,80	0,85	60	6,0	110	7,29	2,07	27,02	1752	40						
30	1728	1728	3,80	0,80	61	6,0	110	7,24	2,07	29,09	1740	-12						
31	1655	1655	3,80	0,80	61	5,0	110	7,19	2,07	31,15	1696	-41						
32	1572	1572	3,80	0,75	63	5,0	110	7,09	2,07	33,22	1642	-70						
33	1481	1481	3,80	0,75	64	5,0	110	6,99	2,07	35,29	1588	-106						
34	1384	1384	3,80	0,75	66	5,0	110	6,89	2,07	37,36	1534	-150						
35	1281	1281	3,80	0,70	68	5,0	110	6,74	2,07	39,43	1470	-188						
36	1175	1175	3,80	0,70	70	0,0	110	6,59	2,07	41,49	1265	-90						
37	1067	1067	3,80	0,70	72	5,0	110	6,44	2,07	43,56	1201	-134						
38	958	958	3,80	0,70	70	6,0	105	6,42	1,74	45,30	1130	-173						
39	850	850	3,80	0,70	65	6,0	95	6,32	1,85	47,15	1094	-245						
40	744	744	3,80	0,70	60	5,0	93	6,45	1,16	48,31	983	-238						
41	643	643		0,70	0	0,0	0	5,70	1,52	49,83	754	-111						
42	547	547		0,00	0	0,0	0	5,06	1,30	51,13	658	-110						
43	459	459		0,00	0	0,0	0	4,52	1,09	52,22	577	-118						
44	378	378		0,00	0	0,0	0	4,00	1,06	53,28	499	-120						
45	307	307		0,00	0	0,0	0	3,50	1,01	54,29	424	-116						
46	247	247		0,00	0	0,0	0	2,80		54,29	424	-177						
47	198	198		0,00	0	0,0	0	2,30	1,01	55,30	349	-151						
48	161	161		0,00	0	0,0	0	0,60	3,60	58,90	82	79						
49	137	137		0,00	0	0,0	0		1,11	60,01	0	137						

In de winterperiode zal energie zuinig geteeld worden door maximaal gebruik van de schermen. Dit geeft een hogere plant temperatuur door minder uitstraling en lagere verdamping.

In/rond week 36 zal een tros verwijderd worden omdat de instraling te laag wordt voor deze stengelafstand. De keuze is door snoei het aantal vruchten per meter aan te passen aan de verwachte instraling, en niet door stengels terug te kappen. Deze keuze is gemaakt op basis van vermindering van risico's, doordat gekopte planten na leegogsten achteruit gaan in kwaliteit waardoor schimmelinfectie kan ontstaan.

Energie;

Berekening gebaseerd op maximaal benodigde energie in de vorm van gas/m<sup>2</sup>. De kans is groot dat deze waarden niet gerealiseerd worden en kunnen daarom als leidraad aangehouden worden als maximaal benodigde energie.

Er zal in de weken met een dubbel scherm en vast folie rond 0,8 m<sup>3</sup> gas/week nodig zijn (korte dagen, lage instraling).

De weken met (alleen) dubbel scherm 0,75 m<sup>3</sup>/week.

De zomerperiode gemiddeld 0,45 m<sup>3</sup> nodig zijn.

Herfst periode gemiddeld 0,55 m<sup>3</sup>.

Periode;

Week 1 t/m 10 8,0m<sup>3</sup>

Week 11 t/m 20 7,5 m<sup>3</sup>

Week 21 t/m 30 4,5

Week 31 t/m 48 4,4

Er wordt in principe niet met vaste minimum buizen gewerkt, maar deze wordt op vochtdeficit verhoogd. Alleen in de periode 2 uur voor tot 2 uur na zonsopgang wordt deze buis tijdelijk aangehouden op een niveau van 25 °C boven de kas temperatuur.

Op basis van vochtdeficit zal de minimum buis bij een vochtdeficit van 2 naar 1 van 0 tot 25 °C boven de kas temperatuur worden aangehouden.

Wekelijks zullen deze instellingen op basis van energie en gewasbeoordelingen worden bijgesteld.

### **Schermen;**

#### **Nachtperiode;**

In de praktijktest zal ontdekt moeten gaan worden of de capaciteit van buitenlucht inblaas met warmtewisselaar voldoende vocht afvoer geeft om de schermen te kunnen sluiten.

In normale praktijksituatie kan bij 7 á 8 temperatuur verschil binnen – buiten één scherm gesloten worden, waarschijnlijk bij 14 °C verschil het tweede scherm.

Daarbij kan gekozen worden, welk scherm, de LS10 ultra, en/of de XLS18 gesloten wordt.

De computer zal binnen de grenzen van verschil binnen-buiten temperatuur op basis van (ingestelde) energie vraag het scherm en/of tweede scherm moeten sluiten.

#### **Overdag zal op basis van instraling en energie behoefte het scherm geopende worden.**

Het XLS18 in principe altijd open van zon op- tot onder.

Het LS10ultra tijdens de periode vast folie open bij 50 Watt instraling.

Het LS10ultra tijdens de periode zonder vast folie open bij 150 Watt instraling.

Bij hogere energie behoefte kan dit gesloten worden, waarbij de leidraad het maximale gasverbruik/week zal zijn.

Leidend hierin zal zijn; wat is de beperkende factor, licht of temperatuur.

#### **Koeling met LBK.**

Bij voldoende instraling ligt de optimale temperatuur voor tomaat tussen de 18-20 °C etmaal temperatuur

Hieronder is de bloeisnelheid en rijpingstijd en assimilatie temperatuur niet optimaal. Hierboven verbruikt de plant te veel energie door ademhaling (dissimilatie).

De koelcapaciteit van 100 Watt zal alleen overdag gebruikt worden als dit gewenst is om warmte te oogsten, maar is in principe te klein om voldoende zonnwarmte weg te nemen om de ramen meer gesloten te houden t.b.v. het CO<sub>2</sub> niveau. Deze zal voornamelijk ingezet moeten worden als (buiten) de nachten te warm zijn waardoor de etmaal temperatuur te hoog wordt.

Het streven zal zijn de etmaal temperatuur binnen de 18-20 °C , afhankelijk van de instraling aan te houden. Het gewas met daarbij de berekening met de GreenScheduler zal hier leidend in zijn.

Het uitgangspunt is dat een plant bij elke °C te hoge etmaal temperatuur (ingeschat op basis van ervaring Green Q) 8% lagere productie geeft.

Om tijdens koelen energie te besparen en/of een groter effect te bereiken kan het (dubbele) scherm worden gebruikt.

#### **Luchtbevochtiging;**

Op basis van plant temperatuur en vochtdeficit zal de lucht bevochtiging worden gestart, onder voorwaarde van minimale instraling.

Afhankelijk van de stand van het gewas, waaraan af te lezen is of er groeizamer of juist minder groeizaam geteeld moet worden kunnen deze instellingen aangepast worden.

Als eerste wordt de ventilatie temperatuur verhoogd op basis van vochtdeficit

Bijvoorbeeld boven de 400 Watt instraling met een vochtdeficit van minimaal 5 en hogere windsnelheid kan luchtbevochtiging worden aangezet.

## **Kasuitrusting en globale klimaatbeheersing**

De kas is uitgerust met de volgende elementen

- Normaal glas.
- Buisrailverwarming
- Groeibuis.
- Een hogedruk nevelinstallatie <sup>1</sup>
- Een luchtdistributie systeem voor opgewarmde buitenlucht onder de planten <sup>1</sup>
- Nauwkeurig CO<sub>2</sub> dosering en meting van de gedoseerde hoeveelheid
- Een dubbel energiescherm <sup>1</sup>
- Een vast geperforeerd anticondensfoliescherm op de gewasdraad toegepast tot half februari Voor tomaat in één afdeling
- Luchtbehandelingskasten (LBK) boven het gewas <sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Gedetailleerde beschrijving in bijlage Extra technische voorzieningen.)

Middels de aanzuiging van buitenlucht kan de kas op een gecontroleerde wijze worden ontvochtigd. De buitenlucht is immers bijna altijd droger (in absolute luchtvochtigheid) dan de kaslucht. De warmtewisselaar in de luchtbehandelingskast kan de buitenlucht zonodig opwarmen. Het slurven-systeem zorgt voor een evenwichtige verdeling van deze droge, warme lucht zodat horizontale temperatuurverschillen, met name rond de ziekte-gevoelige onderste delen van het gewas zoveel mogelijk voorkomen kan worden.

De kas is ook uitgerust met een luchtbevochtigingsinstallatie. Deze zorgt ervoor dat de warmte die per m<sup>3</sup> lucht kan worden afgevoerd gemaximaliseerd kan worden. Bij koeling via de ramen betekent dit dat het ventilatiedebiet klein blijft en daardoor de CO<sub>2</sub> concentratie gemakkelijk hoog gehouden kan worden

Er wordt gebruik gemaakt van een standaard CO<sub>2</sub> verdeelsysteem voor zuivere CO<sub>2</sub>. Immers, CO<sub>2</sub> loopt niet helemaal parallel met koeling en verwarming.

## **Temperatuurbeheersing**

Gedurende de hele teelt wordt niet alleen het temperatuurverloop over de dag, maar ook de etmaaltemperatuur sterk bepaald door de instraling om zoveel mogelijk gebruik te maken van de “gratis” zonne-energie. Dit wordt gerealiseerd door de basisstooktemperatuur met 1 graad te verlagen, maar de lichtafhankelijkheid van de stooklijn (en parallel daaraan de ventilatielijn) met op basis van ruimte in het vochtdeficit te verhogen en de P band op ventilatie temperatuur te relateren aan buiten temperatuur en windsnelheid. Over het jaar heen levert de gewijzigde strategie een vrijwel gelijke temperatuursom aan een traditionele strategie, maar deze wordt relatief meer door zonne-energie gerealiseerd. Op sombere dagen is de kas hierdoor kouder dan gebruikelijk en op lichte dagen is de kas warmer dan gebruikelijk. Teneinde de zonne-energie zo gunstig mogelijk te benutten en de CO<sub>2</sub>-concentratie gemakkelijker hoog te kunnen houden wordt er minder fel op temperatuur gelucht. Dit wordt gerealiseerd door een beperkte ventilatie, waarmee wordt voorkomen dat de gratis zonnewarmte onnodig wordt afgelucht, maar wel vocht wordt afgevoerd.

Aan het einde van de dag wordt de temperatuur verlaagd naar de gewenste voornachttemperatuur. Het verlagen van de temperatuur vindt vooral plaats via ventilatie, en ook door de schermen niet te vroeg dicht te laten lopen. Door deze acties vindt het afkoelen van de kas, nodig om de assimilatenbalans van het gewas goed te houden, zoveel mogelijk met natuurlijke middelen plaats. Mechanische koeling in deze periode van de dag kost relatief veel aandrijfenergie per eenheid onttrokken warmte. Alleen als een snelle afkoeling in de voornacht overduidelijke teeltkundige voordelen biedt kan dit worden overwogen.

Vooralsnog realiseert de gekozen regelstrategie dus in een klimaat dat in de voornacht qua temperatuur nauwelijks anders is dan gebruikelijk.

## **Schermen**

De kas is voorzien van twee schermdoeken waarvan de bovenste een scherm van ge-aluminiseerde bandjes is gemaakt voor een maximale isolatiegraad en het onderste een transparant bandjesscherm is dat op koude dagen met een beperkt verlies van licht in de kas kan worden dichtgetrokken.

Het gebruik van bandjesschermen draagt 's nachts bij aan de natuurlijke vochtafvoer.

De lichtintensiteit waarbij het scherm 's ochtends wordt opengetrokken is afhankelijk gesteld van de gemiddelde buitentemperatuur rond het tijdstip van openen. Is de buitentemperatuur laag dan zal de extra productie niet opwegen tegen het extra gasverbruik en kan het scherm beter dicht blijven. Om kouval te voorkomen wordt in de regeling gebruik gemaakt van de temperatuur gemeten met een meetbox boven het scherm.

Omdat er naast een dubbel scherm gestart gaat worden met een vast folie op de gewasdraden (of extra altasdraden). Perforatie folie 20x20 cm omdat er geforceerde luchtbeweging is door gevelventilatoren, warmte wisselaar, slurven onder de goot.

De folie blijft 4 tot 8 weken in de kas, bij normaal weer ongeveer 6 weken, bij vorstperiode langer, bij te zacht weer korter. De recirculatie ventilatoren tussen het folie en scherm, als dit niet voldoende effectief is voor gelijkmatige temperatuur verdeling moeten deze verlaagd worden.

### **CO<sub>2</sub> dosering**

Er wordt uitgegaan van een rookgas CO<sub>2</sub> doseercapaciteit van 200 kg/ha/uur die verkregen door OCAP CO<sub>2</sub> in te zetten. Het moment van inzetten wordt bepaald door een economische analyse van de verhouding tussen productieverhoging en kosten van CO<sub>2</sub> doseren (Carbonomic). Het CO<sub>2</sub> niveau zal op basis van instraling verhoogd worden, met daarnaast een stralingsafhankelijke temperatuurverhoging. Dit omdat er in een hogere (plant) temperatuur meer CO<sub>2</sub> in de lucht (huidmondjes) kan worden opgenomen.

### **Inzet van buitenlucht aanzuiging en luchtbevochtiging.**

(bewerking notitie Voogt/Van Weel)

In het teelt concept speelt de beheersing van de luchtvochtigheid en de homogeniteit van het klimaat een belangrijke rol. Onderstaand worden in vier situaties de consequenties besproken vanuit de energie balans van de plant.

### **De nachtsituatie**

In deze situatie gedraagt de plant zich in hoofdzaak volgens het "natte bol" principe. De planttemperatuur is meestal iets lager dan de kastemperatuur. Door uitstraling naar een koud kasdek kan de planttemperatuur dalen terwijl de verdamping daardoor afneemt. Immers, de toegevoerde convectie energie wordt dan niet gebruikt om te verdampen, maar om het verlies door uitstraling te compenseren. Bij gebruik van schermen zal het effect van uitstraling lager zijn en dus de planttemperatuur iets stijgen.

In de nachtsituatie, waarin sprake is van hoge RV en heel weinig energietoevoer, ontstaat het gevaar van een plaatselijk sterk ongunstig microklimaat rond bepaalde delen van de plant. Door relatief kleine temperatuur verschillen, al dan niet door uitstraling naar koudere kasdelen, kan op sommige plantedelen condensatie ontstaan. Verse wonden door gewasbehandeling drogen niet op. Ook kan door de minimale verdamping door worteldruk een zodanig hoge turgor ontstaan dat plaatselijk guttatie optreedt. Op deze natte plekken kunnen schimmels zich ontwikkelen. Bovendien kan door het stagnerende watertransport ook de aanvoer van mineralen, waaronder Calcium naar bepaalde plantendelen stoppen waardoor o.a. cellen aangelegd worden met zwakke celwanden.

In deze situatie wordt een optimale klimaatregeling bereikt door:

- Actief en homogeen microklimaat door geringe mechanische luchtbeweging.
- Schermen met energiedoek om energieverlies te beperken en plaatselijke condensatie als gevolg van uitstraling te voorkomen.
- Energie zuinige vochtafvoer in combinatie met lagere grenswaarde voor vochtdeficit.
- CO<sub>2</sub> dosering niet relevant omdat er geen fotosynthese plaatsvindt.

De rol van de huidmondjes is in deze situatie secundair. Vanwege de beperkte grootte van de energiestromen hebben de huidmondjes namelijk een geringe invloed op de verdamping.

### **De situatie bij opkomend licht, zonsopgang**

Onder invloed van licht zullen de huidmondjes zich gaan openen. Door de straling wordt energie toegevoerd voor de verdamping. Door verdamping wordt voorkomen dat de planttemperatuur te veel zou toenemen. Anders gezegd, de plant koelt zichzelf door te verdampen. Tegelijk vindt er onder invloed van PAR licht fotosynthese plaats, en de hiervoor benodigde CO<sub>2</sub> wordt door de geopende huidmondjes opgenomen.

Uit de benadering volgens de energiebalans komt naar voren dat bij opkomend licht de huidmondjes maximaal kunnen openen om CO<sub>2</sub> op te nemen zonder dat dit een excessieve verdamping tot gevolg heeft. Immers, de energie toevoer is hiervoor de beperkende factor.

Anderzijds is er ook geen enkele reden om in deze situatie zorgen te hebben over onvoldoende verdamping als gevolg van bijvoorbeeld een hoge luchtvochtigheid. Immers de plant zal altijd moeten verdampen om de toegevoerde stralingsenergie af te voeren. Bij een hoge RV van de lucht zal de bladtemperatuur zodanig toenemen dat de VPD weer voldoende hoog wordt om te kunnen verdampen. En zolang de plant voldoende water ter beschikking heeft door aanvoer uit de wortels zullen de huidmondjes open blijven om CO<sub>2</sub> op te nemen.

Bij oplopend licht zal in het begin het PAR niveau meestal de beperkende factor zijn voor de fotosynthese, maar daarna kan ook de CO<sub>2</sub> beperkend worden. Het heeft mogelijk echter niet altijd zin om het CO<sub>2</sub> niveau (nog) verder te verhogen. Uit onderzoek is n.l. gebleken dat ook de diffusie weerstand voor CO<sub>2</sub> in het bladweefsel, ook wel de Carboxylatie weerstand genoemd, beperkend kan zijn.

In deze situatie wordt de optimale klimaatregeling volgens de omschreven doelstellingen bereikt door:

- Actief en homogeen microklimaat door geringe luchtbeweging,
- Door de homogene temperatuurverdeling kan een relatief hoge RV worden aangehouden, dit leidt tot minder ventilatie en dus minder CO<sub>2</sub> verlies door de luchtramen.
- CO<sub>2</sub> dosering voldoende om het PAR licht maximaal te benutten

De rol van de huidmondjes is in deze situatie betekenisvol. De stand van de huidmondjes kan in deze situatie waar de zon een aanzienlijke energiestroom levert op robuuste en betrouwbare wijze uit de energiebalans afgeleid worden.

De huidmondjes zullen in deze situatie waarschijnlijk nog niet sluiten vanwege waterstress, tenzij kortstondig bij snelle toename van de verdamping. Een eventuele sluit reactie van de huidmondjes op een toenemend CO<sub>2</sub> niveau zou daarom relatief eenvoudig gedetecteerd kunnen worden. Dit signaal zou dus gebruikt kunnen worden om niet meer CO<sub>2</sub> te doseren dan nodig is om het aanwezige PAR licht volledig te benutten en daarmee de emissie te beperken.

### **De situatie bij hoge instraling**

Bij hoge instraling hoort een hoge verdampingsnelheid, en dan kan op den duur watergebrek ontstaan in de plant. Er dreigt (plaatselijke) uitdroging c.q. turgorverlies en hierop zal de plant reageren door (plaatselijk) de huidmondjes gedeeltelijk te sluiten. Het lijkt er op dat de bekende "namiddag depressie" die bij veel planten gesignaleerd wordt vooral veroorzaakt wordt door watergebrek in combinatie met een lage RV van de lucht. Toch valt ook niet uit te sluiten dat een oplopende voorraad assimilaten een terugloop in de fotosynthese veroorzaakt. Om dat te voorkomen zou de omzetting daarvan in suikers gestimuleerd moeten worden door een hogere planttemperatuur aan te houden.

Dat komt overeen met de gedachte van de "plantbalans", de afgeleide van de "energiebalans" die uitgaat van de theorie dat de sommen aan licht, warmte, CO<sub>2</sub> en water steeds met elkaar in balans moeten zijn. Dus bij veel licht ook een hogere etmaal temperatuursom.

Het gedeeltelijk sluiten van de huidmondjes betekent niet dat de verdamping hierdoor evenredig minder wordt. Men zou dit kunnen denken, maar in de praktijk blijkt de verdamping ook tijdens stressmomenten onveranderd hoog te blijven. Vanuit de energiebalans is dat verklaarbaar. Immers als de verdamping aanzienlijk zou verminderen, waar blijft dan de rest van de opgevangen energie? Hierdoor zou ten minste de bladtemperatuur sterk moeten stijgen, en dat wordt niet waargenomen in gewassen zoals tomaat, paprika en roos, tenzij in extreme gevallen van waterstress.



De verklaring is dat het blad probeert om de verdamping te verminderen door het sluiten van de huidmondjes, maar dat dit wordt tegengewerkt door het oplopen van de VPD. Het resultaat is dat hierdoor de verdamping hoog blijft, terwijl ook de opname van CO<sub>2</sub> wordt belemmerd. Indirect versterkt dit nog de verdamping, omdat hierdoor nog meer stralingsenergie in het blad wordt omgezet in warmte.

In de praktijk worden verschillende methoden aangewend om stresssituaties, waarbij de plant in moeilijkheden komt door watergebrek en te hoge planttemperaturen, te voorkomen;

- het wegschermen van licht. Hierdoor wordt de verdamping verlaagd en komt de waterbalans weer op orde, maar het betekent tegelijk een verlaging van de potentiële fotosynthese. Dit is dus schadelijk, behalve voor gewassen waar lichtverzadiging optreedt.

- Het verhogen van de CO<sub>2</sub> concentratie. Hierdoor wordt het sluiten van de huidmondjes deels gecompenseerd en blijft de fotosynthese op een hoog niveau. Dit echter wel ten koste van een hoge CO<sub>2</sub> emissie, en het is de vraag of de fotosynthese in geval van waterstress optimaal is. In diverse onderzoeken komt naar voren dat dit niet het geval is.

Vanuit de energie balans geredeneerd is de meest effectieve methode echter het verhogen van de RV in de kas. Het blijkt dat hierdoor de verdamping wordt teruggebracht met 5 – 15% ten opzichte van een situatie met lage RV.

Doordat hierdoor de wortels de aanvoer van water beter en langer volhouden zal de stress verminderen, de huidmondjes blijven (meer) open, en de fotosynthese gaat goed door zonder verdere verhoging van de CO<sub>2</sub> concentratie.

In deze situatie met hoge instraling wordt de optimale klimaatregeling volgens de omschreven doelstellingen dus bereikt door:

- Het aanhouden van een hoge luchtvochtigheid deels door minder te ventileren, deels door zonodig water te vernevelen met een nevel installatie.
- Door de combinatie van hoge RV en hogere kasttemperatuur wordt de energie inhoud van de kaslucht hoger zodat het ventilatievoud verminderd kan worden. Hierdoor wordt de CO<sub>2</sub> concentratie in de kas hoger bij de zelfde doseerkosten.
- Omdat de piekverdamping wordt afgeremd komt de plant minder in stress en blijven de huidmondjes langer open.
- Hierdoor kan ook meer PAR licht toegelaten worden door minder te schermen.
- Door de hogere kasttemperatuur overdag kan 's nachts een lagere temperatuur worden aangehouden (temperatuurs-integratie) waardoor energie kan worden bespaard.

De rol van de huidmondjes is in deze situatie van groot belang. De stand van de huidmondjes kan in deze situatie waar de zon een aanzienlijke energiestroom levert op robuuste en betrouwbare wijze uit de energiebalans afgeleid worden.

Het huidmondjes gedrag kan de informatie leveren om:

- de nevel installatie in te zetten als sluiting door overmatige gewasverdamping dreigt. En niet eerder opdat niet onnodig wordt verneveld als de plant zelf de verdamping nog goed aan kan.
- De watergift te vergroten of de frequentie van druppelbeurten te verhogen als watertekort gesignaleerd wordt.
- De CO<sub>2</sub> dosering te verminderen als sluiting als gevolg van te hoge CO<sub>2</sub> gesignaleerd wordt.
- Het zonnescherm in te zetten als blijkt dat ondanks genoemde maatregelen waterstress dreigt doordat de plant de hoeveelheid zonne-energie niet kan verwerken.

### **De situatie aan het einde van de dag bij afnemend licht**

Aan het eind van de dag als het licht afneemt krijgt de plant het weer "gemakkelijker" omdat de energietoevoer vermindert en dus ook de noodzakelijke koeling door verdamping. Wel speelt hierbij een belangrijke rol hoe de plant de voorgaande uren van hoge verdamping en dus potentiële stress is doorgekomen. In de praktijk wordt vaak aangenomen dat de plant "uitgeput" is na een warme dag en daarom wordt nogal eens overgegaan tot het zogenaamde "lucht knijpen" of "vochtsparen". Door minder te ventileren blijft er meer vocht in de kas, de RV loopt op en niet zelden wordt het in de kas zelfs koeler dan buiten. Vanuit de energiebalans is dit weer relatief eenvoudig te verklaren. Omdat de absolute straling afneemt, loopt ook de verdamping terug en krijgt de plant de waterhuishouding weer op orde.

Met als gevolg dat het gewas dankzij het natte bol effect energie uit de kas kan absorberen. Omdat na een warme zonnrijke dag ook de RV buiten vaak daalt, ontstaat er meer ruimte voor adiabatiese koeling.

In deze situatie zullen de huidmondjes gewoonlijk geen reden hebben om te sluiten en kan het fotosynthese proces doorgaan om het aanwezige PARlicht volledig te benutten.

In deze situatie met afnemende instraling wordt de optimale klimaatregeling volgens de omschreven doelstellingen dus bereikt door:

- Het aanhouden van een hoge luchtvochtigheid door minder te ventileren, "vochtsparen".
- Door de combinatie van hoge RV en hogere kasttemperatuur wordt de energie inhoud van de kaslucht hoger zodat het ventilatievoud verminderd kan worden. Hierdoor wordt de CO<sub>2</sub> concentratie in de kas hoger bij de zelfde doseerkosten.
- Omdat de piekverdamping wordt afgeremd komt de plant minder in stress en blijven de huidmondjes langer open.
- Hierdoor kan ook meer PAR licht toegelaten worden door het eventuele scherm eerder weer te openen.
- Voldoende CO<sub>2</sub> doseren om het beschikbare PAR licht volledig te benutten.
- Door de hogere kasttemperatuur overdag kan 's nachts een lagere temperatuur worden aangehouden (temperatuurs-integratie) waardoor energie kan worden bespaard.

## **Korte omschrijving van de gevolgde teelt en klimaatstrategie per seizoen**

### **Winter**

In het begin van de teelt wordt warmte eerst ingebracht via het ondernet en de warmtewisselaar in de luchtbehandelingskast<sup>2</sup>. Als er vruchten aan de plant hangen wordt er in eerste instantie verwarmd via de groeibuis en komt daarna pas het ondernet en luchtbehandelingskast erbij. Door de luchtbehandelingskast in serie met het bovennet te plaatsen kan het verwarmingswater diep worden uitgekoeld waardoor de warmtepomp bij een hoge COP kan werken. De temperatuur wordt overdag hoger aangehouden dan 's nachts. Op bijna 60% van de dagen zal het echter energetisch interessant zijn om een hogere nachttemperatuur aan te houden dan overdag om daarbij 's nachts maximaal te kunnen profiteren van het dubbele scherm, terwijl overdag de schermen open moeten om het gewas het licht te laten gebruiken. Het toepassen van deze negatieve DIF remt de strekking van stengel en bladeren wat leidt tot een langzamere toename van LAI, waarvan de gevolgen doorwerken in periode daarna. Door de gehanteerde schermcriteria wordt frequent geschermd.

<sup>2</sup>) Verwarming via de boven het gewashangende LBK;s kan alleen in de afdeling waar deze zijn geïnstalleerd

### **Voorjaar**

De teeltstrategie is gebaseerd op het laten meelopen van de temperatuur met het licht (met de natuur mee-telen). Er wordt een ruime afstand aangehouden tussen stooktemperatuur en ventilatietemperatuur. Dat betekent dat als er voldoende instraling is de kas opgewarmd wordt, maar op donkere dagen de temperatuur lager blijft. Op moment dat het gewas in productie is wordt gestreefd naar een gemiddelde etmaaltemperatuur van 19 °C of lager (afhankelijk van het ras). Het gebruik van een sterke lichtafhankelijke setpointverhoging (4 °C over een traject van 100 tot 400 W/m<sup>2</sup>) leidt tot een sterke koppeling van de etmaaltemperatuur aan de lichtsom. Daarnaast zal op basis van de stralingsom de kas temperatuur verhoogd worden, met het accent op de uren dat de instraling aan het einde van de middag gaat afnemen (mede om te hoge plant temperatuur door instraling te voorkomen. Deze 2 temperatuurverhoging dienen zodanig op elkaar afgestemd te worden dat de juiste etmaal temperatuur bereikt wordt. Het temperatuurregime zal het karakter krijgen van een meerdaagse temperatuurintegratieregeling maar het belangrijkste verschil is dat de klassieke temperatuurintegratie regelingen toewerken naar een vastgestelde etmaaltemperatuur die nauwelijks afhankelijk is van de lichtsom terwijl in de nu gehanteerde strategie juist een sterke koppeling ligt tussen lichtsom en etmaaltemperatuur.

In het voorjaar wordt er nog steeds veel geschermd. Omdat het gewas zo groot is dat er veel verdamping plaatsvindt, zal er meer moeten worden geregeld op vocht. Door het bovenste en onderste scherm tegen elkaar in te laten openen kan de luchtuitwisseling tussen de vochtige kaslucht en de veel drogere (maar koude) lucht boven het scherpakket goed gecontroleerd plaatsvinden. Kouval wordt op deze manier voorkomen.

Doordat de kas is uitgerust met luchtbehandelingskasten die buitenlucht kunnen aanzuigen en deze lucht via slurven door de kas te verdelen kan de luchtvochtigheid nauwkeurig worden beheerst.

De toegepaste luchtvochtigheidsregeling kan worden gekarakteriseerd als een uitgestelde, maar feller ingrijpende regeling. Er wordt pas buitenlucht aangevoerd wanneer de RV boven de 90% komt, en/of het vochtdeficit onder de 1,5 daalt, maar er wordt dan sterk gereageerd. Als het nodig is gaan de ramen open om de luchtvochtigheid in de hand te houden.

In het voorjaar, wanneer de hoeveelheid licht toeneemt en daarmee ook de aanmaak van assimilaten, worden extra stengels aangehouden om voldoende assimilatenvraag te hebben. Via het aanhouden van extra stengels en bladplukken wordt het gewas gerealiseerd dat de teler wil hebben. Aandachtspunt hierbij is dat het "ideaalbeeld" dat een teler heeft van het optimale tomatengewas in de nieuwe situatie niet altijd de hoogste productie zal opleveren. Het gewas in een geconditioneerde kas met een energiezuinig klimaat zal er anders uit zien (andere bladvorm, andere plantopbouw etc.). Daarbij gelden per cultivar nog specifieke kenmerken.

In het voorjaar zullen nog niet veel dagen voorkomen met een te lage luchtvochtigheid, maar als het gewenst is kan een vernevelingsinstallatie met een capaciteit van 500 gram/(m<sup>2</sup> uur) worden ingezet. De inzet strategie is hiervoor beschreven. Daarbij zal het vooral gebeuren op momenten van sterke overgangen in het weer van bewolkt naar helder, omdat dan de plant onvoldoende in staat is om vocht voor verdamping aan te voeren.

### **Zomer**

In de zomer zullen er dagen voorkomen waarbij de temperatuur in de kas structureel hoger op zal lopen dan gewenst. Er zal dan moeten worden geventileerd en/of moeten worden gekoeld met de koelinstallatie. Zowel voor ventileren met buitenlucht als voor koelen met een koelinstallatie geldt dat dit efficiënter verloopt met vochtige lucht dan met drogere lucht. Bij warmteafvoer via de ramen zit de winst in de grotere hoeveelheid afgevoerde warmte door vochtigere lucht en bij gebruik van een koelinstallatie leidt vochtiger lucht tot een beperking van het noodzakelijke koeloppervlak per eenheid koelvermogen.

De kas wordt is uitgerust met een vernevelingsinstallatie met een capaciteit van 500 gram/(m<sup>2</sup> uur). De inzet daarvan is in 1.3 al beschreven.

De doseringsstrategie van de -CO<sub>2</sub> is een geoptimaliseerd profiel voor zuivere CO<sub>2</sub>. De dosering is gebaseerd op het (carbonomic-)algoritme dat van moment tot moment een afweging maakt tussen de kosten van de zuivere CO<sub>2</sub> en de opbrengsten daarvan. Het algoritme houdt onder meer rekening met de instraling, het ventilatiedebiet en gewastemperatuur.

In de afdeling met koeling via een LBK boven het gewas kan al op het moment dat de ventilatiebehoefte boven een bepaalde drempelwaarde komt (10 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> uur)) actief gekoeld worden. Deze drempelwaarde van 10 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> uur) is gekozen omdat onder dit ventilatiedebiet de beschikbare CO<sub>2</sub> om de concentratie in de kas hoog te houden. Het meer gesloten houden van de kas levert in deze situatie dus geen CO<sub>2</sub> voordeel. De koude lucht wordt voornamelijk boven in de kas ingebracht met een goed ruimtelijk verdeeld systeem. Gecombineerd met het gebruik van de luchtverdeelslurven onderin zullen er daardoor naar verwachting nauwelijks horizontale temperatuurverschillen zijn. Door de koude boven in de kas in te brengen worden verticale temperatuurgradiënten voorkomen.

De koeling wordt vooral ingezet bij hoge kasluchttemperaturen omdat onder deze omstandigheden relatief weinig elektriciteit per eenheid verzamelde warmte nodig is. Uit energiebesparing oogpunt wordt de koeling dus in de regel niet ingezet om snel naar de nachttemperatuur te gaan. Als dit voor de gewasontwikkeling gewenst is kan de koeling in de nacht worden ingezet om de etmaaltemperatuur te verlagen.

### **Najaar**

In het najaar zijn over het algemeen de nachttemperaturen nog hoog en is de gewasverdamping hoog. De luchtvochtigheid in de kas kan hierdoor sterk oplopen. Door vocht af te voeren via gecontroleerde inbreng van buitenlucht, kan de luchtvochtigheid in de kas teruggebracht worden tot acceptabele niveaus.

Niet alleen in het najaar, maar door de hele teelt wordt pas op vocht gereageerd als de RV boven de 90% komt en niet als deze boven de 80% komt, (vochtdeficit onder de 1,5) zoals gebruikelijk. De actie die de klimaatregelaar neemt als de RV te hoog wordt (ventileren) is echter in de energiezuinige teelt feller dan gebruikelijk. Hierdoor wordt de gemiddelde RV in kas hoger, maar is het aantal extreme situaties zelfs minder dan in de gangbare teelt.

Het gebruik van het gealuminiseerde bovenste scherm zal in het najaar beperkt zijn omdat de nachtelijke afkoeling van de kas in die periode een belangrijk zorgpunt is. Als de nachttemperaturen echter onder de 8 °C zakken ( 7 '8 °C temperatuurverschil binnen-buiten) zal het bovenste scherm weer gebruikt kunnen gaan worden.

De teelt wordt in week 48 beëindigd. Door afname van instraling in het najaar wordt de kas temperatuur lager aangehouden, voornamelijk in de periode na de laatste zetting. Wanneer er de gebruikelijk hogere buiten temperaturen aanhouden wordt door middel van de ramen veel geventileerd en vooral de luchtbeweging groot gehouden, ter voorkoming van schimmel ontwikkeling. Zo wordt de laatste productie energiezuinig gerealiseerd. De vorstvrij gehouden wordt.

## Gewas en teeltregistratie

In onderstaande tabel worden de gewas en teeltregistraties opgesomd.

### Teeltregistraties

Er wordt van uitgegaan dat voor een normale teelt uitvoering veel zaken standaard worden geregistreerd. een aantal hiervan kunnen in onderstaande lijst staan.			
<b>Gewas</b>	Pad/afdeling arbeid productie	uren per handeling per afdeling kg en stuks per pad/behandeling totaal en sortering in kg en stuks per behandeling	per keer per keer per keer
	Meetveld/ at random lengte stengeldiameter zetting bladafplitsing bladlengte productie gewasweging bladtemperatuur	per gewas andere wijze van telling kg per pad/behandeling met gewas aan weegbalk gemiddelde per 10 minuten	per week per week per week per week per keer continu per minuut gerealiseerd
<b>Ziekte en plagen</b>	scouting en registratie maatregelen	middelen en concentratie	wekelijks per inzet
<b>Weer</b>	Globale straling Temperatuur RV en/ of VD CO2 Windsnelheid Windrichting	som per 10 minuten gemiddelde per 10 minuten gemiddelde per 10 minuten gemiddelde per 10 minuten gemiddelde per 10 minuten gemiddelde per 10 minuten	gerealiseerd gerealiseerd gerealiseerd gerealiseerd gerealiseerd
<b>Klimaat</b>	PAR-lichtsom  Temperatuur RV en/ of VD CO2 concentratie  Buis Temperatuur Raamstand Scherm Gewas temperatuur Mattemperatuur Energie Ventilatorstand	som per 10 minuten  gemiddelde per 10 minuten gemiddelde per 10 minuten gemiddelde per 10 minuten  gemiddelde per 10 minuten gemiddelde per 10 minuten stand per 10 minuten gemiddelde per 10 minuten gemiddelde per 10 minuten som per 10 minuten gemiddelde per 10 minuten	totaal zon kunstlicht gewenst gerealiseerd gewenst gerealiseerd gewenst gerealiseerd gerealiseerd gerealiseerd gerealiseerd gerealiseerd gerealiseerd gerealiseerd gerealiseerd gerealiseerd per meetbox, op meerder hoogtes per meetbox, op meerder hoogtes per meetbox, op meerder hoogtes per net luwe en wind zijde per scherm per warmte/koude instrument per ventilator systeem
<b>Water</b>	watrigiftsom EC gift  pH gift  EC mat Vochtgehalte mat Drain  EC drain Nutrienten  Wateropname	som per 10 minuten per 10 minuten  per beurt  gemiddelde per 10 minuten gemiddelde per 10 minuten hoeveelheid per 10 minuten % van gift per 10 minuten gemiddelde per 10 minuten samenstelling samenstelling mat samenstelling drain weeggoet	gewenst gerealiseerd gewenst gerealiseerd gerealiseerd gerealiseerd gerealiseerd gerealiseerd gerealiseerd per keer/na wijziging per 2 weken per 2 weken continu
<b>Aanvullende metingen</b>	fotosynthese bladanalyse bladoppervlak		

# Bijlage II    Energie onder de knie, extra technische uitrusting

## Componenten

1. Een hogedruk nevelinstallatie die de RV in de kas onder alle omstandigheden moet kunnen verhogen naar 90%. Dat betekent een installatie van 500 gram/m<sup>2</sup>/uur. Belangrijk is dat er geen water op de planten komt en de ruimte boven de planten zo uniform mogelijk bevochtigd wordt. Van groot belang is het doel waarvoor deze installatie zal worden ingezet. Dat is primair het bereiken van een hogere CO<sub>2</sub> concentratie in de kas. Dat impliceert het handhaven van gelijke of zelfs hogere ventilatie temperaturen dan gewoonlijk. Gebruik maken van het koelend effect van verdampend water, om de ruimte temperatuur te verlagen, is dus niet aan de orde, tenzij kan worden aangetoond dat verlaagde kastemperaturen meer opleveren dan verhoogde CO<sub>2</sub> niveaus, maar dat lijkt vooralsnog niet te verwachten. Het verhogen van het vochniveau in de kas reduceert het ventilatievoud dat nodig is om een teveel aan energie af te voeren. Een lager ventilatievoud is gunstig om CO<sub>2</sub> in de kas te houden. Van belang is daarom dat de regeling van de raamstand op adequate wijze is aangepast aan de inzet van de verneveling. Een regeling op vochtdeficit (VD), om deze klein te houden, is daarbij uit den boze omdat een laag VD bij lage stralingsniveaus zal leiden tot een te lage verdamping. De aansturing moet daarom gebeuren op basis van energiebalans, dat is de verhouding tussen warmteafvoer via verdamping en via convectie (verschil kas-blad temperatuur).
2. Een luchtdistributie systeem onder de planten dat buitenlucht moet kunnen opwarmen tot kastemperatuur. Daarvoor is een verwarmingscapaciteit van 50 W/m<sup>2</sup> nodig en een luchtdebiet van 5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/uur. Daarmee moet de RV onderin het gewas verlaagd kunnen worden tot 85% zolang de buitenomstandigheden (vochtinhoud van de lucht) dat toelaten. Deze installatie zorgt ervoor dat er twee schermen volledig gesloten kunnen blijven doordat er een overdruk ontstaat onder het scherm. Het debiet komt bij een 7m hoge kas neer op minder dan één verversing van de kasinhoud per uur. Die hoeveelheid zal zelfs bij vrijwel gesloten ramen door lekkage kunnen verdwijnen. Dankzij de luchtstroming onderin het gewas zal er extra droging van wonden ontstaan waardoor het gevaar op botrytis afneemt. Bovendien ontstaat door het systeem een verticale luchtbeweging waardoor de verticale temperatuurverschillen binnen het gewas verkleinen en er zelfs bij hoger gekozen RV's geen condensatie op het gewas zal ontstaan. Het heeft geen zin om met deze installatie ook kaslucht bij te mengen omdat daarmee het drogende effect sterk wordt verminderd.

De lucht moet worden gedistribueerd via foliebuizen met, gegeven de kaslengte van 30 meter, een diameter van 160 mm waarin per plant horizontaal (aan weerszijden van de slang) 2 gaatjes van 8mm- afstand tussen de gaatjes is 30cm. In de kas komt 1 foliebuis per teeltgoot met een onderlinge afstand van 1.60 meter.

De regeling is gebaseerd op het handhaven van een ingestelde RV en een uitblaastemperatuur die gelijk is aan de gewenste kaslucht temperatuur om daarmee onnodige verdamping te voorkomen. De beslissing om het slangensysteem te gebruiken of de traditionele vochtregeling op basis van stoken en ventileren wordt gebaseerd op enthalpieverschil binnen/buiten. Bij gebruik van het luchtlangensysteem zal het doek dichtliggen. Ook de ramen blijven in principe dicht, totdat het enthalpieverschil boven en onder het doek te klein wordt. – dit betekent dat een meetbox boven het schermdoek aanwezig moet zijn.

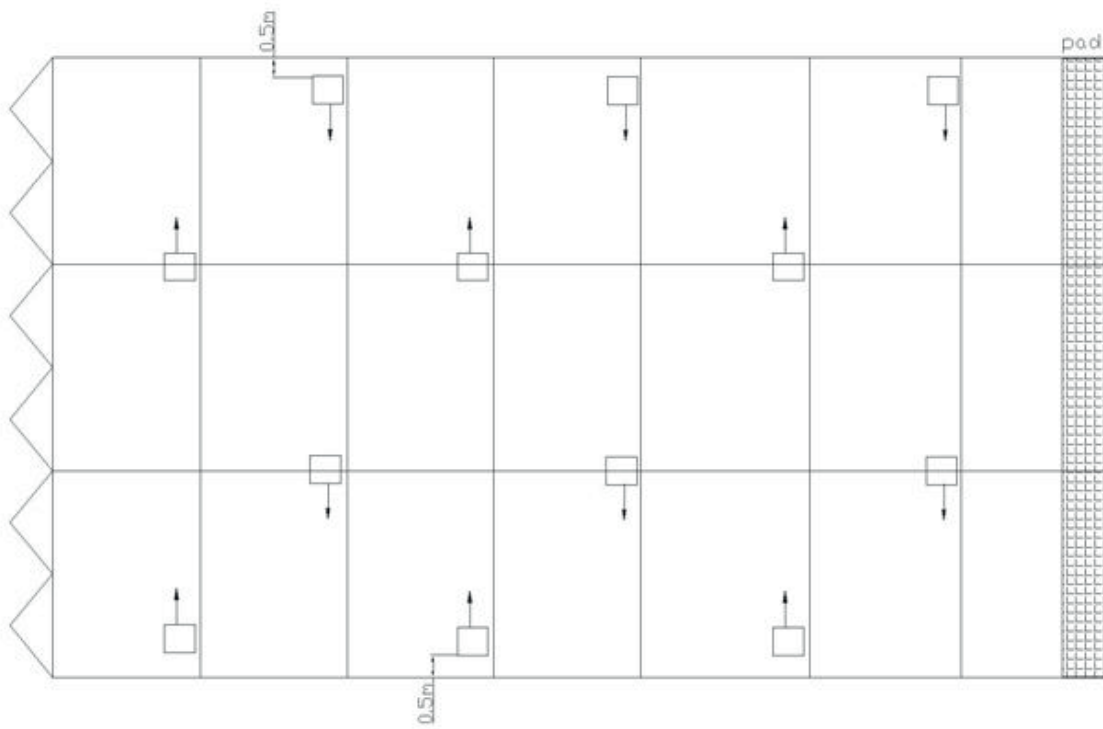
De ventilator wordt aan/uit geregeld om altijd een goede luchtverdeling te behouden.

Om aanzuigen van insecten te voorkomen moet een gaasscherm voor de aanzuigopening worden geplaatst. De ervaring leert dat dit gaas al snel vervuult en het geleverde luchtdebiet sterk verlaagt. Daarom is het gewenst om de hele installatie buiten te plaatsen en te voorzien van een aanzuigkooi met een dubbele laag gaas, grofmazig (koolvlieggaas, maaswijdte 1,35x1,35m) en daarachter fijnmazig (tripsgaas, maaswijdte 0,22x0,31mm). Die lagen moeten eenvoudig verwisseld of gereinigd kunnen worden en een zo groot mogelijk oppervlak hebben.

3. Nauwkeurige dosering van CO<sub>2</sub>. Gezien het grote belang van een goed afgestemde CO<sub>2</sub> concentratie op de beschikbare hoeveelheid licht is een snelle nauwkeurig reagerende doseerinstallatie van groot belang. Uitgaande van de situatie van het IC met OCAP CO<sub>2</sub> is vooral de regeling van de dosering per afdeling en de volumemeting essentieel.
4. Een dubbel energiescherm, Het onderste scherm is een SLS10 Ultra plus dat van zonsondergang tot zonsopkomst gesloten zal zijn zolang het buiten kouder is dan binnen. Het bovenste scherm is een XLS 18 firebreak. Dat in tegengestelde richting kan bewegen. Van belang is een zeer goede afsluiting bij gesloten doek, in overleg met de leverancier kunnen wellicht extra maatregelen worden genomen om dat te garanderen. Op die wijze wordt gegarandeerd dat de lucht door de overdruk van het luchtdistributiesysteem (2) gelijkmatig verdeeld door het doek wordt geperst. Daardoor zal het kasdek zo min mogelijk worden opgewarmd, waardoor deze volop ontvochtigt bij buitentemperaturen die onder dauwpunt liggen. Daardoor kunnen de ramen gesloten blijven. Bij zonsopkomst wordt eerst het bovenscherm geopend zodat eventueel opgehoopt vocht op het onderste scherm valt. Om kouval te voorkomen kan ook eerst een kier worden getrokken in beide schermen. Omdat de luchtslangen onderin het gewas overdruk opbouwen zal er warme lucht naar boven het scherm verdwijnen en zo kouval vermijden. Om kortsluiting van lucht te voorkomen verdient het aanbeveling om de kieren van beide schermen niet boven elkaar te plaatsen en de verticale ruimte langs het spant tussen de schermen met lichtdoorlatende folie af te sluiten. In de zomer kan het onderscherm ook gebruikt worden als zonnenscherm om te grote instraling tegen te gaan.
5. Een vast geperforeerd anticondensfoliescherm bij het begin van de teelt geplaatst op de gewasdraden. Toepassing is afhankelijk van de discussie met de gewasspecialisten. Bij paprika en komkommer waarschijnlijk toegepast, bij tomaat onzeker.

*Voor één afdeling tomaat*

6. **Luchtbehandelingskasten** (LBK) boven het gewas waarmee zonnewarmte geogst kan worden. Daarvoor is een capaciteit van 100 W/m<sup>2</sup> nodig en een uitblaasttemperatuur die maximaal 5 °C onder de ruimtetemperatuur ligt ( $\Delta T_{\max} = 5 \text{ °C}$ ). De aanvoertemperatuur van het koude water is 8.5 °C. De maximale capaciteit moet bereikt kunnen worden bij een luchttemperatuur van 20 °C. Daaronder zal niet de maximale capaciteit bereikt kunnen worden. Door omzetten van een klep kan met dezelfde installatie ook verwarmd worden met een vermogen van 50 W/m<sup>2</sup> en een uitblaasttemperatuur die maximaal 5 °C boven de gewenste ruimtetemperatuur ligt. Deze installatie wordt niet gebruikt om te ontvochtigen en ook niet om de dagtemperatuur te verlagen. Mogelijk kan wel in de avond gekoeld worden om met name in het najaar de etmaal temperatuursom te verlagen. De exacte plaatsing en uitvoering van de LBK's is nog te bepalen, basis is een systeem dat in opzet gelijk is aan het systeem in de Greenportkas Venlo. Deze LBK's hebben de ventilator aan de uitblaaszijde om zonder hoge druk een groot debiet aan lucht te kunnen realiseren. Keuze is of de LBK dwars op de kas of juist in lengte richting van de kas, maar wel met luchtbeweging die deels tegen elkaar in gaat en zo voldoende turbulentie geeft om homogene verdeling te krijgen.
- 7.



Figuur 20. Schema voor de ophanging van de koelunits in de afdeling bij het Improvement Centre.

*In alle afdelingen*

8. Een meetnet waarmee het klimaat en de plantreactie daarop bepaald kunnen worden. Een deel van de sensoren is zuiver voor registratie, anderen zijn ook nodig in de klimaat regeling. Daartoe behoren:

a. Gerealiseerd binnenklimaat en lichtniveau (meetpaal):

- Temperatuur op 3 hoogten, waarvan één boven het scherm
- RV op 3 hoogten waarvan één boven het scherm
- PAR net onder het scherm
- CO<sub>2</sub> op 3 hoogten waarvan één boven het scherm
- Bladtemperatuur met IR meter op 2 hoogten onder het scherm

De sensoren onder het scherm moeten op 2 stabiele steunen gemonteerd worden die eenvoudig in hoogte verstelbaar moeten zijn tussen 0,5 meter en de onderkant van het scherm. De bekabeling moet het toelaten dat alle sensoren tussen die hoogten ingesteld kunnen worden. De sensoren boven het scherm kunnen vast gemonteerd worden, minimaal 0,5 meter van de kasgoot verwijderd en net boven het scherm.

b. Groei en verdamping (bij de meetpaal), in de directe omgeving wordt in een telveld ook productie en kwaliteit geregistreerd:

- weeggoot met geïntegreerde drainmeting, lengte afgestemd op de vakmaat, de constructie mag niet doorbuigen en moet een voldoende afschot kennen
- weegbalk voor de meting van het gewicht, lengte afgestemd op de vakmaat

c. Raamstanden

d. Schermdoekstanden

- e. Verwarming
  - Aanvoer en retourtemperatuur per net
  - Debiet per netIC beschikt over energiemeting per afdeling.
- f. Luchtbehandelingskasten
  - Aanvoer en retourtemperatuur koeling
  - Debiet koeling
  - Aanvoer en retourtemperatuur verwarming
  - Debiet verwarming
  - Toerental ventilatorEnergie meting.
- g. Buitenluchtventilatie
  - Aanvoer en retourtemperatuur verwarming
  - Debiet verwarming
  - Ventilator aan/uit
  - Energiemeting
- g. Gedoseerde CO<sub>2</sub>
- h. Watergift: start en stoptijden, EC, pH gift en drain.  
Mattemperatuur, mat vochtigheid, EC en pH mat
- i. Buitenklimaat (naast de standaard metingen)
  - RV
  - CO<sub>2</sub>

Alle metingen moeten via Letsgrow of een vergelijkbaar systeem zichtbaar gemaakt kunnen worden beschikbaar zijn. De direct betrokkenen moeten on-line gewenste overzichten kunnen maken.

Gelet op het karakter van het experiment zal de praktijk via internet mee moeten kunnen kijken en ook daartoe uitgenodigd moeten worden. De beste toegankelijkheid hiervoor is een website op internet – bijvoorbeeld via Kijk in de kas technologie.

9. Een aangepaste klimaatregeling. In ieder geval bestaande uit aansturing van de componenten:
- buitenlucht aanzuiging
  - raamstandregeling in relatie to nevelinstallatie
  - LBK

De daarvoor benodigde aanpassingen zijn hierboven al beschreven. Daarnaast kunnen nog aanpassingen nodig zijn op basis van de nog te maken teeltplannen.



## Bijlage III Watergeefstrategieën

Energie besparing in de tomatenteelt wordt mede bereikt door de noodzaak voor het weg stoken van vocht op ongunstige momenten te reduceren. En door het plantmodel (schraal open of vet weelderig) aan te passen, wat elke dag opgewarmd moet worden. Een lagere energiebehoefte wordt bereikt gedaan door een betere vochtbeheersing. Door de watergeefstrategie kan je indirect invloed uitvoeren op de vochtuithouding in de kas. Door de betere vochtbeheersing in een (semi)-gesloten kas is ook het waterverbruik (opname) van het gewas lager (vooral in de ochtend en op donkere regenachtige dagen) vergeleken met een traditionele teelt. Met deze gedachte in achterhoofd zijn er twee strategieën gedefinieerd, de eerste genaamd 'praktijk' is de watergift die normaal in een semi-gesloten kas zou worden toegepast op de Grotop Master matten. Dit betekent starttijd van 2 uur na zon op met een standaard beurtgrote van 250 ml m<sup>2</sup> en een gegeven waterhoeveelheid jaarrond van 3 ml W/m<sup>2</sup>. Gedurende de nacht werd er gestreefd naar een intering in vochtgehalte in de mat van 8-10%.

Naast deze praktijk behandeling was er de 'sturende behandeling', waar doormiddel van het water geven werd getracht de verdamping zo te beïnvloeden dat de in theorie minder vocht weg hoeft te worden gestookt. Vooral op donkere dagen en aan het begin van de dag zijn er momenten dat er relatief veel energie nog in de kas moet worden gestopt om het vocht weg te werken. Daarom werd er in de sturende strategie getracht om ongeveer 30-60 minuten later te beginnen dan de praktijk strategie, hierdoor ook een grotere intering te krijgen van 10-12%. Om dan toch tijdig genoeg drain te realiseren en controle te houden op de EC is er met grotere beurten gewerkt namelijk een standaard beurtgrote van 350 ml m<sup>2</sup>. De totaal gegeven hoeveelheid water over het jaar zou dan tussen de 2,8 en 3 ml W/m<sup>2</sup> moeten komen.



## Bijlage IV Memo gevelinvloed

### 1 juli 2009 Correctie energiegebruik voor gevelinvloeden van afdelingen IC

Tot nu toe werd het energiegebruik van de afdeling van “Energie onder de knie – tomaat” bij het Improvement Centre (afdeling 7) gecorrigeerd met de factor 0,80. Met deze factor werd gecorrigeerd voor relatief meer geveloppervlak ten opzichte van het afdelingsoppervlak dan voor een kas van 5 ha. Echter bij toepassing van alleen een minimum buis is het niet terecht om met deze factor te corrigeren. Daarom is nog eens met een frisse blik naar de correctiefactor gekeken.

In de winter wordt de berekende buistemperatuur (na te streven buistemperatuur) volledig bepaald door de verwarmingsregeling om de kasluchttemperatuur op temperatuur te houden. De warmteverliezen vinden ook door de gevel plaats. Een correctiefactor van 0,80 is dan juist. Als de warmtevraag geringer wordt, wordt de berekende buistemperatuur voor verwarming ook lager. Onder 's zomerse omstandigheden zonder warmtevraag maar met minimum buis hoeft het energiegebruik niet voor gevelinvloeden gecorrigeerd te worden, immers de warmteverliezen door de gevel zullen dan zeer gering zijn.

Voorgesteld wordt om de correctiefactor als volgt gedurende het jaar te variëren:

jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
0,80	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80

*Tabel 1. Correctie factor om geregistreerde energiegebruik om te rekenen naar een energiegebruik voor een tuinbouw bedrijf.*

Weken	Van	Tot	Correctie factor
1 -9	12/29/2008	3/1/2009	0.8
10-13	3/2/2009	3/29/2009	0.85
14-18	3/30/2009	5/3/2009	0.9
19-22	5/4/2009	5/31/2009	0.95
22-35	6/1/2009	8/30/2009	1
36-40	8/31/2009	10/4/2009	0.95
41-44	10/5/2009	11/1/2009	0.9
45-48	11/2/2009	11/29/2009	0.85
48-53	11/30/2009	1/3/2010	0.8



# Bijlage V Opmerkingen uit weekrapporten

Bezoekrapport g/m<sup>3</sup>

## 15-1-2009

Het effect van dubbel schermen zal nu nog voornamelijk het effect van minder buiswarmte zijn, vochtdeficit zal nog niet snel te laag zijn maar moet wel gecontroleerd worden.

## 29-1

Het scherm is 1,5 – 5 uur open geweest, het vochtdeficit vraagt nog geen aandacht. Optimiser heeft nog niet aangestaan.

## 5-2

De laatste drie dagen is het vochtdeficit dag 3,8, nacht 2,4 dus nog geen gevoeligheden.

## 12-2

Verlaag het vochtdeficit vanaf 0.00uur, en verlaag het vochtdeficit overdag naar ochtend 2 en middag 2,5.

## 20-2

Er staat een minimum raamstand als er buitenlucht wordt ingeblazen. Het vochtdeficit wordt heermee netjes omhoog gebracht naar de ingestelde waarde.

## 25/2

Onvochtigingsniveau: 7:30 1.5; 10:00 2.5; 17:30 0,5; 23:00 0,8

## 5/3

Melding wordt gemaakt van schimmel, meeldauw en botrytis bladranden. Spuiten met enzicur.

De regeling op vochtdeficit waarop de buitenlucht aanzuiging aangaat staat bij lage vochtdeficit ingesteld. Voornacht 0,5, nanacht 0,8, ochtend 1,5 en middag 2,5. De nanacht hebben we verhoogd naar 1,0, de middag 2,5 vervroegd van 11 naar 9.30 uur, omdat er nu een dood moment is net voor de zon kracht gaat krijgen. De plant moet wel voldoende actief zijn als de zon de plant gaat verwarmen.

## 19/3

Zonder buis, met “koude” lucht en kouval door luchtraam is geen groeizaam klimaat te maken. Er is geen opstijgende warmte die helpt de plant te laten verdampen en vocht in de lucht brengt.

Vochtdeficiet wk 12 gemiddeld dag 2,9 en nacht 1.1

## 2/4

De heel enkele in rottende bladpunt is niet veilig droog, ook is er schimmelontwikkeling te vinden op enkele blad punten. Verder is geen/amper schimmel in de kas te zien.

## 9/4

Er is een opvallende explosie van schimmel aan de eerder ontstane bladrandje, deze gaan tevens meer in rotten. Dit terwijl juist de laatste dagen steeds meer aanpassingen zijn gemaakt met meer minimum buis en minder schermen/luchten in de nacht.

Teeltvisie. Het ontvochtigen is in de nacht van 0,8 naar 1,0 vochtdeficit gezet, overdag van 1,9 naar 2,2 om de toename van schimmels in te remmen, en liefst te stoppen. De afdeling van met enzicur gespoten worden, zijn deze beide maatregelen onvoldoende, spuit dan als nodig met Signum.

Er zijn een paar botrytis plekjes gevonden, net onder de 1<sup>e</sup> tros. Controleer de afdeling en laat als nodig de plekjes uitsnijden en insmeren.

## 23/4

Het is schrikken hoe de schimmels schade maken. Onderin op de stam zijn nog plekjes die niet snel gaat maar ook waar op breuk een zo grote botrytis plek is ontstaan dat de plant zal overlijden. Waar arbeid niet perfect is uitgevoerd wordt het direct afgestraft. De bladeren, verdeeld over de plant war vanuit een bladrandje of breuk zijn gaan inrotten sterven snel af en enkele rotten tot op de stam. Extra blad snijden liever een blaadje extra *et al.* dan een botrytis plek erbij.

Terugblik. Vochtdeficit wk 16, gemiddeld dag 3.5 nacht 1.0. Laatste 3 dagen dag 4.3 nacht 1.2

Het vochtdeficit daalt naar rond de 1 in de nacht en stijgt overdag naar 5,5 tot 7,5.

Het ontvochtigen staat nacht op 1,2 dag 1,6.

Alleen buitenluchtaanzuiging met ontvochtiging tot vochtdeficit nacht 1 en start dag 1,5, overdag 2,2 is onvoldoende als er geen buiswarmte is. Ook deze in kleine mate verhogen is onvoldoende. Het beperken van de luchtbeweging met schermen en werken met minimale buiswarmte vraagt om andere streefwaardes dan men in de praktijk gewend is. Het drogende effect met zonnig weer en goede doorstroming en droging is onvoldoende om de momenten van dood klimaat te compenseren.

Verneveling is een lastige, hoe groot is het effect van nat neerslaan van nevel op het gewas geweest, twee praktijkproeven in een kas maken het lastiger een conclusie te trekken daarom de verneveling nog meer minimaliseren, echt alleen op korte extreme momenten inzetten.

### **1/05**

Nu de minimum buizen zijn ingezet op veilig hoog niveau is er de laatste 4 dagen 0,44 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> gas (energie) verbruikt. Dit zou gelijk tot iets hoger zijn aan de praktijk van vorige week waar 0,7 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> verbruikt werd. In de prognose is deze weken 0,6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> opgenomen.

Een veilige minimum buis kost veel energie, het energie verbruik verdubbeld t.o.v. de eerdere werkwijze

### **8/05**

De vruchten zijn te koud, op dat moment is de instraling wisselend en de raamstand ruim waardoor onderin koel. Het is koel in de kas maar vooral onderin te koud en de groeibuis voelt koud.

### **22/05**

Koelen met 85 KW en daarbij lagere raamstand kan met zonnig weer een heerlijk klimaat geven waar de plant positief op reageert.

De plant is actiever door gebruik van meer energie, minder vochtig telen, mede door de veranderende buitenomstandigheden. De plantgroei is nu meer "normaal", meer zoals gewent in de praktijk, minder moeite met overgangen naar grotere verdamping.

De infectiedruk van botrytis speelt langer een rol dan gehoopt doordat infectie in de plant niet verdwijnt door aanpassingen van vochtigheid klimaat, maar de plant door vochtaanvoer deze schimmel actief houdt. Bij energie zuinig telen hoort een gewenste 0 tolerantie op botrytis, door bewaking op luchtvochtigheid. Is de botrytis eenmaal in de plant dan moet dit met chemie en arbeid bijgestuurd worden.

### **17/06**

Je kan grofheid houden/maken door koudere nachten met behulp van koeling.

Momenteel wordt de minimum buis niet gemist, er wordt voldoende op vochtdeficit ingezet maar door hogere buiten temperatuur is nu het ontbreken van minimum buis geen nadeel.

t.o.v. de praktijk met WKK en warmte moeten vernietigen, condensorwarmte overdag, is het nu een voordeel dat in deze proef minder warmte ingebracht wordt.

### **21/08**

De stand waar in het gewas gestaan heeft (april met botrytis) met daarnaast telen zonder standaard minimum buis maar alleen op vochtafvoer, daarbij de hobbels die het gewas heeft ondergaan bij weersovergangen geeft enerzijds verwondering, anderzijds geeft dit aan dat de latente kracht dus wel in het gewas aanwezig was.

Het gewas/kop staat nu in de conditie en uitstraling zoals we gewent zijn (in de praktijk) als in de periode eind mei/juni en niet als half/eind augustus gewastype.

Het ontbreken van een referentie afdeling is een gemis om deze resultaten naar de praktijk te kunnen vertalen, zeker vanuit energie besparingsdoelstelling (dus niet vanuit WKK beschikbare warmte).

**18/9**

Klimaat in de kas is op de kar lekker, zon, beperkte raamstand, koeling, groeizaam warm klimaat. Klimaat onderin de kas is frisser, voelt als 3 °C kouder, stengels zijn licht aangeslagen met vocht

Leerpunten;

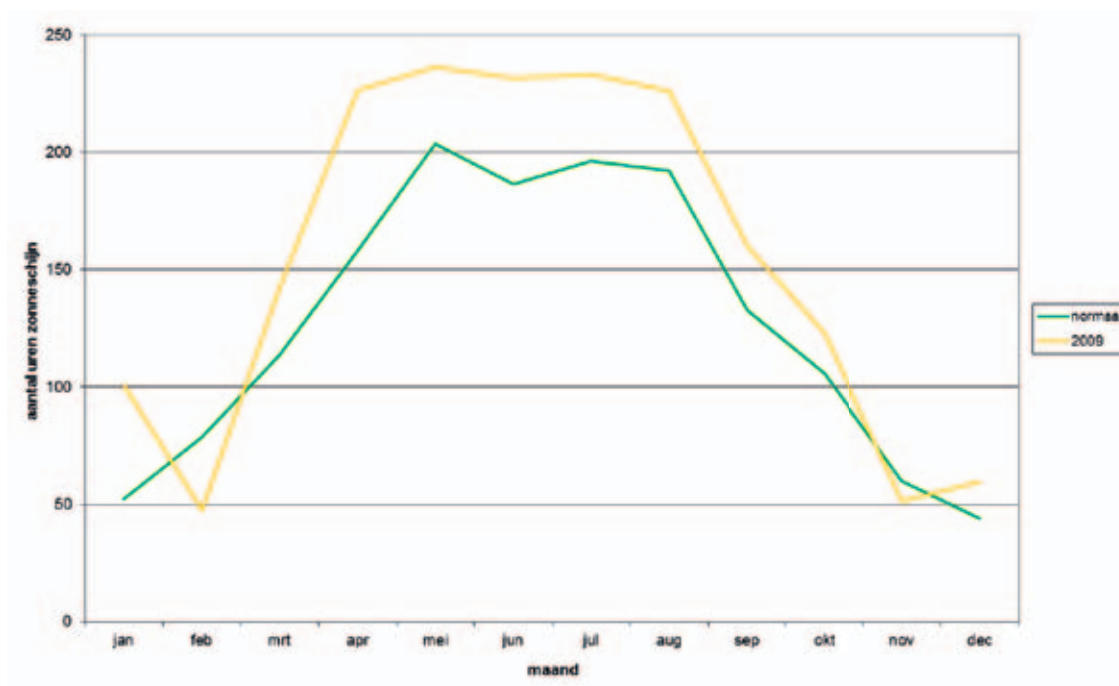
De combinatie koeling aan/lucht ramen open, ontvochtigen welke uit gaat, in het traject van sterk stijgende kas temperatuur; op dat moment een groot verschil in RV en nat slaan van stengels.

Bij energie zuinig telen zal de mogelijkheid moeten zijn om sturing op RV/VD op de meetbox hoog en laag in het gewas.





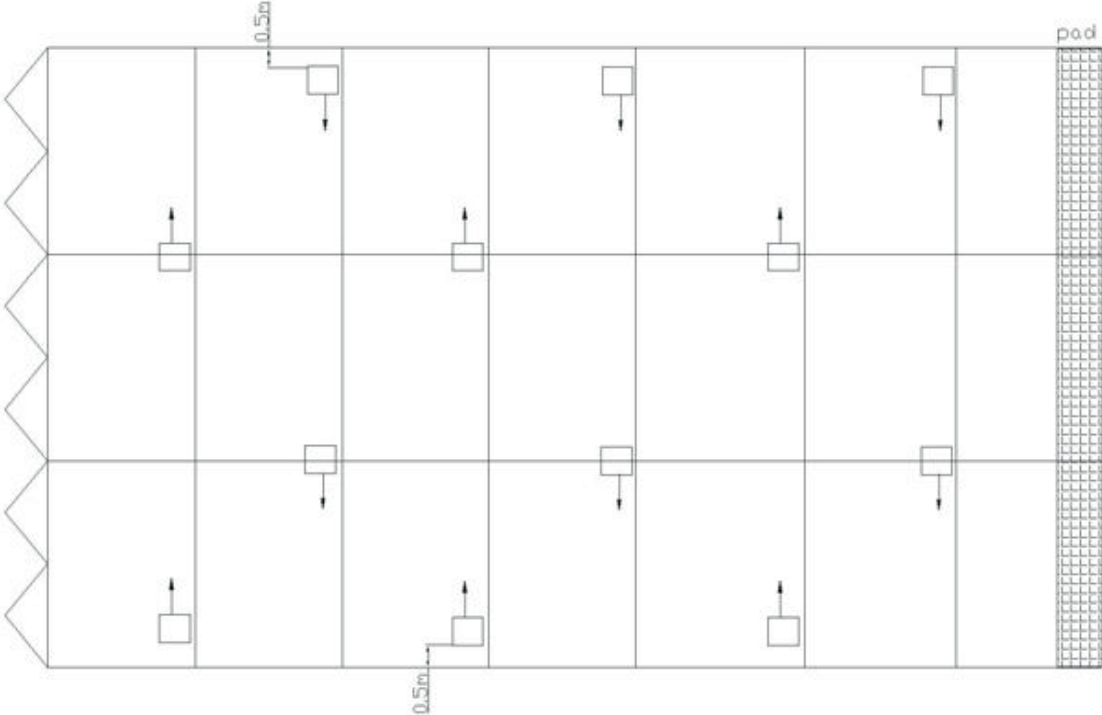
## Bijlage VI Aantal uren zon



Het aantal uren zon per maand in een normaal jaar en in 2009. Bron KNMI.



# Bijlage VII De plaats van de koelunits in de kas





## Bijlage VIII De draaiuren en het gemiddelde vermogen van de geforceerde ventilatie per week

Week	Aan uit		% tijd aan	% tijd uit	Gemiddelde stand bij aan
	uur:min	uur:min			
7	9:05	158:55	5	95	46
8	36:10	131:50	22	78	63
9	80:00	88:00	48	52	66
10	73:45	94:15	44	56	67
11	92:15	75:45	55	45	68
12	26:40	141:20	16	84	63
13	38:55	129:05	23	77	69
14	19:20	148:40	12	88	67
15	75:40	92:20	45	55	71
16	62:20	105:40	37	63	67
17	101:20	66:40	60	40	82
18	113:15	54:45	67	33	81
19	124:35	43:25	74	26	85
20	98:35	69:25	59	41	85
21	78:55	89:05	47	53	85
22	69:05	98:55	41	59	98
23	70:20	97:40	42	58	97
24	90:45	77:15	54	46	97
25	57:55	110:05	34	66	97
26	36:10	131:50	22	78	96
27	13:00	150:00	8	92	97
28	40:55	127:05	24	76	95
29	19:35	148:25	12	88	95
30	11:05	156:55	7	93	91
31	8:25	159:35	5	95	89
32	15:05	152:55	9	91	98
33	27:50	140:10	17	83	98
34	14:20	153:40	9	91	94
35	12:35	155:25	7	93	94
36	31:05	136:55	19	81	96
37	77:40	90:20	46	54	97
38	99:55	68:05	59	41	97
39	119:15	48:45	71	29	97
40	119:00	49:00	71	29	98
41	145:30	22:30	87	13	100
42	149:00	19:00	89	11	99
43	142:35	25:25	85	15	99
44	135:30	32:30	81	19	99
45	145:25	22:35	87	13	98
46	102:45	65:15	61	39	96
47	31:10	136:50	19	81	87
48	10:50	157:10	6	94	87
<b>Totaal</b>	<b>2827:35</b>	<b>4228:25</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	





