

# Energiezuinige teeltsystemen in kassen

De Glastuinbouw in Nederland is met 9% van het gasverbruik (= ± 4 miljard m<sup>3</sup>) een grote energiegebruiker. Daar staat tegenover dat de glastuinbouw de laatste jaren zo'n 10% (= 11 miljard kWh y<sup>-1</sup>) van de Nederlandse elektriciteitsproductie voor haar rekening neemt, dankzij het veelvuldig gebruik van warmte/krachtinstallaties [1]. De glastuinbouwsector heeft een convenant met de overheid gesloten: 'Schone & Zuinige Agrosectoren 2008-2020'. Er moet nog veel gebeuren om de doelstellingen van dit convenant te realiseren. Dit artikel biedt een beknopt overzicht van de status en een doorkijk naar de toekomst.

Ing. F.L.K. (Frank) Kempkes, onderzoeker Wageningen UR Glastuinbouw; ir. G.L.A.M. (Gert-Jan) Swinkels, onderzoeker Wageningen UR Glastuinbouw; dr.ing. Th.H. (Theo) Gieling, senior wetenschappelijk onderzoeker Wageningen UR Glastuinbouw; ir. S. (Siebe) Broersma, onderzoeker Bouwkunde TU Delft

De volgende doelstellingen zijn in het convenant opgenomen:

- nieuwe kassen zijn in 2020 klimaatneutraal;
- nieuwe kassen hebben dan ten opzichte van 1990 een 48% lagere CO<sub>2</sub>-uitstoot;
- kassen gebruiken in 2020 tenminste 20% duurzame energie;
- de energie-efficiëntie (m<sup>3</sup> gas per eenheid product) verbetert met 2% per jaar van 100 in 1990 naar 47 in 2020.

### ■ INNOVATOR

De Nederlandse glastuinbouw is een innovatieve sector, waarbinnen het Westland een innovatiekern van internationale betekenis is. In zijn artikel in Economisch Statistische Berichten van oktober 2009 heeft A.P. de Man [2] een stelling uitwerkt, waarbij hij ingaat op het innovatiesysteem in het Westland en de mogelijkheid om dit in andere sectoren toe te passen.

*"De ontwikkeling in het Westland valt op microniveau te karakteriseren aan de hand van*

*de drie elementen: i) strategie, ii) organisatie en iii) cultuur.*

*De strategie van de telers is sterk innovatiegericht. De concurrentie in de regio en de internationale en groepsgewijze concurrentie dwingen de telers om continu te innoveren. Om die strategie te realiseren is de organisatievorm van samenwerking gekozen. Deze kan informeel zijn, maar ook formeel in telersverenigingen. Door overlappende samenwerkingsverbanden is een ongepland netwerk tot stand gekomen, waardoor de verspreiding van ideeën plaatsvindt. Investerings in grotere innovaties vinden daarnaast (ook) plaats binnen telersverenigingen. Dit systeem bouwt voort op een informele cultuur en een lange historie. Veel ondernemers zijn familie, burens of vrienden. Dit vergroot de bereidheid en de sociale druk tot samenwerken".*

De formele (maar zeker ook de informele) netwerken strekken zich uit tot de (technische) toeleveranciers, de voorlichting en adviesbureaus, onderwijs en onderzoek en de financiële

ondersteuners van de innovatie. Het bevordert een snelle manier van verspreiden en accepteren van innovatieve kennis. De valkuil is dat rijpe en groene ideeën door elkaar worden toegepast met de kans op een miskleun. Echter, dit laatste risico is overal en altijd een onderdeel van het innovatieproces.

A.P. de Man benadrukt dat de kracht van deze innovatieve netwerken vooral naar voren komt, daar waar de sector er steeds weer in slaagt vroegtijdig de beschikbare geldstromen voor innovatie te richten op de probleempunten in nabije toekomst. Door zo te handelen dienen de innovatieve oplossingen zich aan op het moment dat problemen bedreigend worden. In het verleden richtte zich dat op de verhoging van kwaliteit en productie, terwijl de recente technische innovatie zich voornamelijk richt op beheersing van de kosten van energie en de kosten en beschikbaarheid van arbeid. Wetten en regelgeving van de nationale en de Europese overheid spelen hierbij steeds een grote rol.

## ■ GRENZEN

Het oppervlak aan glas in gebruik voor de tuinbouw bleef met ongeveer 10.500 ha de laatste 20 jaar stabiel. Jaarlijks wordt bij 'normale economische omstandigheden' ongeveer 325 ha vernieuwd of nieuw gebouwd. Als gevolg van de recessie was dit in de jaren 2009 en 2010 gereduceerd tot nagenoeg nul. Dit houdt in dat het kassenbestand gemiddeld zo'n 25 jaar meegaat. Hoewel de ontwikkelingen van technische innovaties gestaag doorgaat, betreft dit bijna altijd doorontwikkelen, uitgaande van wat er al was. Nieuwe innovaties als gevolg van een volledig 'out of the box'-denken worden niet of slechts heel beperkt in de praktijk gerealiseerd.

Een in oktober 2010 gestart project Cagim (Climate Adaptive Glastuinbouw: Inverse Modelling) probeert daar in een vierjarig onderzoek verandering in te brengen. In het project werken Wageningen UR Glastuinbouw, TU Delft, TU Eindhoven en TNO samen met het Productschap Tuinbouw en de bedrijven Kenlog en Priva. Het Ministerie van EL&I financiert het project via het EOS-LT programma van AgentschapNL. Het project streeft ernaar het huidige beeld van de kas van het netvlies te vegen en de kas als gebouw opnieuw in te vullen. TU Delft en TU-Eindhoven maken hierbij gebruik van hun kennis opgedaan in eerdere projecten in de utiliteitsbouw. Het ontwerp van de buitenschil van het gebouw, hier dus de kas, ontstaat daarbij uit de eisen die het gewas in de kas en het klimaat in de kas stellen aan die buitenschil. De eigenschappen van die buitenschil volgen uit het omgekeerd ontwerpen (backwards engineering) vanuit de kasklimaatseisen, onder stringente eisen voor energiebesparing bepaald. De mogelijkheid of onmogelijkheid om de materialen die bij die eisen horen ook daadwerkelijk beschikbaar te hebben, blijft in eerste instantie buiten beschouwing. Het ontwerp definieert wat nodig is en levert dus een specificatie op van de eigenschappen waar de vormen en materialen van de buitenschil aan moeten voldoen. Indien deze nog niet bestaan levert Backwards Engineering de definitie op van nog te ontwikkelen vormen en materialen. Dit zijn misschien wel materialen waarvan de eigenschappen gedurende het seizoen veranderen; eigenschappen die worden bestuurd door de veranderende eisen vanuit klimaat en gewas.

Om deze ontwerpmethodologie achtergrond te verschaffen, levert Wageningen UR Glastuinbouw de klimaatblauwdruk van drie economisch belangrijke gewassen. De blauwdruk beschrijft welk klimaat gedurende een jaar in de kas nodig is voor een optimale productie; optimaal uit oogpunt van opbrengst en uit oogpunt van



-Figuur 1- Gebruik van schermen in een belichte tomatenteelt om de lichtuitstoot te verminderen.

energie. Om te begrijpen hoe die klimaatblauwdruk tot stand komt, is het nodig te weten welke installaties nu in de kas aanwezig zijn en te begrijpen hoe die worden ingezet.

## ■ DE KAS VAN NU

Op veel bedrijven loopt het aandeel van de energiekosten in de productiekosten op tot wel 25%. In veruit de meeste gevallen gebruikt de kas een systeem van centrale verwarming (cv) met een gasgestookte warmte/krachtinstallatie of ketel als energiebron.

Het gebruik van (energie)schermen onder het kasdek was in het recente verleden het eerste belangrijke resultaat van onderzoek naar en investeringen in maatregelen voor energiebesparing (figuur 1).

Enkelvoudige en dubbele schermssystemen leveren een grote bijdrage aan de energiebesparing. Echter, met als nadeel dat bij een toenemende kwaliteit van de isolatie het vochniveau gedurende een groot deel van het jaar te hoog blijft. In een kas condenseert op een enkel dek tot 100 l m<sup>-2</sup> jaar<sup>-1</sup> tegen het glas. In het voorjaar is dit één van de belangrijkste methoden om te ontvochtigen.

In grote delen van het groeiseizoen (voorjaar, zomer en najaar) moeten warmte en vocht worden afgevoerd, terwijl gedurende de winter de vochtinhoud van de kaslucht van nature laag is.

De tuinder vervangt de vruchtgroentengewassen in het algemeen in de kas in december. Het is van belang om in deze periode vocht in de kas te houden, omdat voor een gunstige ontwikkeling van de plant een vochtdeficiet van zo'n 4 à 5 g m<sup>-3</sup> nodig is en kleine jonge planten

slechts weinig verdampen. Het koude kasdek neemt dan door condensatie een te groot deel van het vocht in de lucht weg.

Echter, waar het gedurende de winter moeilijk is voldoende vocht in de kas te houden, vormt hoge luchtvochtigheid gedurende het voor- en najaar een bijna onoverkoombaar groot probleem. Als condensatie op het kasdek ontbreekt of beperkt is, is het eerder te vochtig dan te droog in de kas. Deze vochtproblemen nemen toe naarmate de isolatiegraad van de kas toeneemt en zijn dan een oorzaak van productieverlies en dus een stap in de weg voor verdere energiebesparing.

Natuurlijke ventilatie via luchtramen is dan vaak de meest efficiënte en energiezuinige methode van vochtafvoer. Echter, naast vochtafvoer gaat bij ventilatie voelbare warmte en CO<sub>2</sub> verloren. Dit is de reden waarom veel innovaties in de kas zich richten op het loskoppelen van vochtafvoer en ventilatie, en het terugwinnen van de warmte.

Licht is in combinatie met temperatuur, CO<sub>2</sub>, water en nutriënten de belangrijkste bron voor plantengroei. Een veel gebruikte vuistregel stelt dat 1% toename in licht gelijk is aan 1% toename in productie. In de Nederlandse winter is licht voor vrijwel alle gewassen de beperkende factor. Dit is een goede reden om in de wintermaanden een zo groot mogelijke lichtdoorlaat van de kasconstructie te waarborgen. In deze afweging van licht en energiebesparing is de keuze voor een schermdeuk daarom altijd een balans van te bereiken doelen. In de groententeelt liggen transparante, geweven doeken daarom het meest voor de hand. Bij potplanten, of als kunstmatige



-Figuur 2- Voorbeeld van een warmte/krachtinstallatie, zoals in de tuinbouw veelvuldig wordt toegepast

belichting wordt gebruikt, zijn andere overwegingen vaak overheersend. In tegenstelling tot de groenteteelt zijn veel potplanten schaduwminnend, hetgeen betekent dat de plant tegen teveel licht beschermd moet worden. Dit is aanleiding tot het gebruik van schermdoeken met aluminium bandjes of aluminium stroken. Regelgeving schrijft voor dat bij kunstmatige toediening van licht (assimilatiebelichting) de lichtuitstoot naar de omgeving van de kas tot 90%, soms zelfs tot 100%, moet worden voorkomen. Lichtdichte schermdoeken zijn dan onontbeerlijk. Het installeren van meer dan één scherm is de trend; elk scherm met een eigen, specifiek doel.

In nog geen tien jaar tijd vervangt een warmte/krachtinstallatie (WK) op veel bedrijven de vertrouwde gasketel als warmtebron (figuur 2). De tuinder gebruikt de elektriciteit uit de WK op het eigen bedrijf of levert deze door aan openbare net. De afvalwarmte en CO<sub>2</sub> van de verbrandingsmotor van de WK gebruikt hij voor de warmte- en CO<sub>2</sub>-vraag (na reiniging) van het gewas in de kas. Voor groenteteelten in een kas is een WK met een geïnstalleerd elektrisch vermogen van 600 tot 700 kW<sub>el</sub> ha<sup>-1</sup> voldoende om het grootste deel van het jaar aan de warmtevraag te kunnen voldoen. Deze innovatie zorgt voor de grootste bijdrage in de verbetering van de energie-efficiëntie tot nu toe. Het hergebruik van de CO<sub>2</sub> tijdens de productie van elektriciteit draagt bij aan de algehele verlaging van de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Maatregelen op het gebied van de teelt zelf helpen bij het terugdringen van het energiegebruik. Meest in het oog springend onderdeel hiervan is het meer 'met de natuur meetelen'. Voor vele plantprocessen is de verhouding

tussen de lichtsom (J cm<sup>-2</sup> dag<sup>-1</sup> globale straling) en de temperatuursom (°C uur etmaal<sup>-1</sup>) van belang. Op dagen dat de natuur veel licht aanbiedt mag de temperatuur oplopen en op dagen met weinig licht wat achter blijven. Nieuwe teeltconcepten zijn daarom in ontwikkeling onder de noemer 'Het Nieuwe Telen'.

### ■ KAS ALS ENERGIEBRON

De hiervoor beschreven punten zijn de belangrijkste maatregelen die telers in de loop van de tijd hebben genomen om hun energiegebruik te reduceren. In het kader van het genoemde convenant Schone & Zuinige Agrosectoren 2008-2020 is dit echter bij lange na niet genoeg. Om dit proces een duwtje in de rug te geven heeft het ministerie van EL&I in samenspraak met het Productschap Tuinbouw het programma 'Kas als Energiebron' opgezet. Dit programma beschrijft in verschillende transitiepaden de aanpak voor het behalen van de doelstellingen: Teeltstrategieën, Licht, Zonne-energie, Aardwarmte, Biobrandstoffen, Duurzame elektriciteit en Duurzame CO<sub>2</sub>. Binnen het transitiepad Teeltstrategieën wordt momenteel onderzoek verricht naar het ontwikkelen van nieuwe energiezuinige teeltstrategieën onder de naam 'Het Nieuwe Telen'. De volgende zeven stappen zijn belangrijk om energiezuinig te telen:

1. ontvochtigen met buitenluchtaanzuiging (buitenlucht bevat minder vocht dan lucht in de kas), niet langer droogstoken en ventileren;
2. meer isolatie door dubbele of driedubbele schermen en isolerende kasdekken door aanpassingen aan het kasdek zelf;
3. aanpassingen in de besturing van het

klimaat:

- rustiger telen (= minder dynamiek in de streefwaarden voor temperatuur en vocht),
  - met het klimaat mee telen (= denken vanuit de plantprocessen),
  - schermen eerder sluiten, vochtiger telen,
  - temperatuurintegratie (°C h etmaal<sup>-1</sup>) en lichtsom (J cm<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> globale straling) gebruiken bij de besturing;
4. klimaat homogeniseren (minder horizontale en verticale temperatuurverschillen toelaten) door luchtbeweging;
  5. koelen door luchtbevochtiging, hierdoor ramen langer gesloten, behoud van CO<sub>2</sub>;
  6. actieve koeling via warmteterugwinning;
  7. toepassen van warmte/koudeopslag + warmtepompsystemen.

Een alternatieve methode van ontvochtigen is onontbeerlijk om een flinke stap te kunnen maken in het verhogen van de isolatiegraad van de kas. Het aanzuigen van buitenlucht geeft mogelijkheden om bij gesloten schermen gecontroleerd te ontvochtigen. Buitenlucht is in 98% van de tijd droger (in absolute termen) dan kaslucht. Opwarmen tot de temperatuur van de lucht in de kas voorkomt problemen met temperatuurongelijkheid en condensatie. Gecontroleerd aanzuigen en gelijkmatig verdelen van buitenlucht in de kas voert via verdringing vocht af. Berekeningen en tests laten zien dat een capaciteit van  $5 \text{ tot } 7 \text{ m}^3_{\text{lucht}} \text{ m}^{-2}_{\text{kas}} \text{ h}^{-1}$  het grootste deel van het jaar de vochtproblemen beheersbaar maken [3 en 4]. Teeltproeven [5] hebben aangetoond dat intensief gebruik van drie schermen mogelijk is, ondanks het nadeel van verlies van veel licht (in februari wel tot 25% op gewasniveau). Een alternatief voor dit intensieve schermen, is het toepassen van dubbel glas. Met behulp van antireflectie coatings is het mogelijk een hogere transmissie te bereiken dan met standaard enkel glas [6].

In het stappenplan wordt ook gesproken over aanpassingen in de klimaatregeling; rustiger sturen, eventueel ten koste van het nastreven van exact de gewenste temperatuur op ieder moment van de dag. In dat verlengde past ook goed de toepassing van temperatuurintegratie. Op momenten van te hoge temperatuur worden graaduren opgebouwd en op momenten dat het verwarmingssysteem daadwerkelijk fossiele energie moet verstoken wordt de gewenste temperatuur verlaagd tegen inlevering van eerder gewonnen graaduren. In combinatie met weersvoorspelling kan de regeling zo vele procenten energiebesparing bereiken.

Een belangrijke factor voor aanpassingen in de klimaatregeling is de vermindering/afbouw



van het gebruik van de zogenaamde 'minimum buistemperatuur' (= minimum gesteld aan de temperatuur van het verwarmingssysteem, dat niet op warmtevraag is gebaseerd). Telers beïnvloeden de vochtbalans in het klimaat door de cv in te zetten op momenten dat dit strikt genomen voor de energiebalans van de kas niet noodzakelijk is. Het gebruik van de minimum buistemperatuur gebeurt nog te veel en is lastig met getallen te onderbouwen of te weerleggen.

Inzet van lokale ventilatoren (mixers) heeft slechts op beperkte schaal een homogeen kas-klimaat tot gevolg. Op het moment dat er storende horizontale luchtstromingen ontstaan is het vrijwel onmogelijk deze met ventilatoren op te heffen. Een zorgvuldige uitleg van het verwarmingssysteem met de juiste maatregelen aan de gevel van de kas (extra beweegbaar scherm of apart regelbaar verwarmingsnet aan de gevel) zijn van belang.

De ventilatiebehoefte in de zomer kan sterk verminderen door middel van actieve koeling. Vermindering van het gebruik van fossiele brandstof op tuinbouwbedrijven vereist een alternatieve CO<sub>2</sub>-bron. Koppeling met industrieën die een overschot aan CO<sub>2</sub> produceren liggen hier voor de hand. Actieve koeling met warmte- en koudeopslag in een aquifer (WKO) kan een bijdrage leveren aan een verder terugdringen van het energiegebruik. In de zomer

oogst actieve koeling de overtollige warmte in de kas en wordt deze warmte opgeslagen in een aquifer om in de winter dienst te doen als verwarmingswater. De temperatuur van deze waterstroom is te laag om de kas direct mee te verwarmen. Als tussenstap dient dan een warmtepomp (WP), die het water op een geschikt temperatuurniveau brengt. Het restproduct van deze cyclus, koud water, kan in de aquifer worden opgeslagen om in de zomer de kas weer mee te koelen (warmte te oogsten). Met zo'n systeem moet het mogelijk zijn om met een beperkte inzet van elektriciteit voor aandrijving van (warmte)pompen en ventilatoren een kasklimaat te realiseren, waarin te telen is zonder restricties voor productie en productkwaliteit. Proeven met kasconcepten samen hebben op experimenteel gebied het energiegebruik vermindert van zo'n 40 naar 23 m<sup>3</sup><sub>gas</sub> m<sup>-2</sup><sub>kas</sub> jaar<sup>-1</sup>. Bij de toepassing van dubbelglas is zelfs de 20 m<sup>3</sup> grens te doorbreken.

#### ■ UITDAGING

De ontwikkelingen zoals in dit artikel genoemd, bouwen nog steeds voort op de technologie van gisteren en vandaag. Hiermee is wel al heel veel bereikt, zoals de hiervoor genoemde resultaten laten zien. Echter, het concept 'kas' is er nog niet echt door aangepakt. Dit kasconcept is volgens het eerder

genoemde convenant nog steeds onvoldoende klimaatneutraal. Om te kunnen voldoen aan de uiteindelijke eis van nul-fossiele energie, nul-uitstoot van afvalstoffen, optreden als CO<sub>2</sub>-sink voor de industrie en netto energieleverancier is een vernieuwing in inzichten, theorieën en modellen nodig. Die paradigma-aanpassing is een uitdaging voor Cagim.

#### LITERATUUR

1. Velden, N. van der en P. Smit, (2010) Energiemonitor van de Nederlands glastuinbouw 2009. LEI-rapport 2010-091
2. Man, A.P. de. (2009) Innovatie in de glastuinbouw. Economisch Statistische Berichten, ESB 94(4570S) 16 oktober 2009
3. Campen, J.B. (2009). Dehumidification of greenhouses. Wageningen UR proefschrift.
4. Campen, J.B. en F.L.K. Kempkes, (2008). Praktijkproef mechanische vochtafvoer: resultaten van het najaarsexperiment 2007 en voorjaarsexperiment 2008. Rapport/Wageningen UR Glastuinbouw 212.
5. Staalduinen, J. van en A. de Gelder, (2009). Het nieuwe telen : komkommer en tomaat met 25 m<sup>3</sup> gas per m<sup>2</sup>: Gezamenlijke studie naar energiearm telen. Onder Glas 6 (2). - p. 48 - 49.
6. Kempkes, F.L.K. en J. Janse, (2011). De VenLowEnergy-kas doet wat hij beloofde. Groenten en Fruit Actueel 2011 (2). - p. 11.

# Betrouwbare en kostefficiënte HVAC instrumenten

## / rV & CO<sub>2</sub>

Wanneer de prestaties uw eerste bezorgdheid zijn kiest u de oplossingen van Vaisala voor vocht- en CO<sub>2</sub>-meting.



Meer informatie over de nieuwe producten:  
[www.vaisala.com/HVAC](http://www.vaisala.com/HVAC)

benelux.sales@vaisala.com tel. +31(0)6 28422031 fax. +49 (0)228 2497111

**VAISALA**