

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente
Vestiging Aalsmeer
Linnaeuslaan 2a, 1431 JV Aalsmeer
Tel. 0297-352525, fax 0297-352270

ISSN 1385 - 3015

VOORLICHTING OP BASIS VAN ONDERZOEK

1e Update en uitbreiding

Project 1331

E. van Rijssel, PBG Aalsmeer
C. Ploeger, LEI-DLO Den Haag
Aalsmeer, mei 2000

Rapport 272
Prijs f 50,00

16N 974337

INHOUD

WOORD VOORAF	4
SAMENVATTING	5
1 INLEIDING	7
2 EVALUATIE RAPPORT 99 'VOORLICHTING OP BASIS VAN ONDERZOEK'	8
3 ZOEKEN NAAR LITERATUUR VIA INTERNET	10
4 VOORLICHTINGSBOODSCHAPPEN	13
4.1 De opbouw van een voorlichtingsboodschap	13
4.2 Uitgewerkte boodschappen	13
4.2.1 Verwarmingsketel, aanschaf, afstelling en regeling	14
4.2.2 Warmte/Kracht-installaties	23
4.2.3 Duurzame energiebronnen	29
4.2.4 Rookgascondensors	37
4.2.5 Warmteopslag, inclusief warmteopslag voor langere termijn	42
4.2.6 CO ₂ -productie en verdeling	50
4.2.7 Elektriciteitsverbruik	59
4.2.8 Verwarmingsnetten, ligging en temperatuurgradiënten	65
4.2.9 Schermen	72
4.2.10 Belichtingsinstallaties	78
4.2.11 Krijt op de kas	88
4.2.12 Meten ten behoeve van de klimaatregeling	92
4.2.13 Klimaatregeling, temperatuur en vocht	99
4.2.14 Minimumbuis-regeling	111
4.2.15 Planning en evaluatie van de kastemperatuur in de klimaatregeling en de invloed hiervan op de gewassturing	115
4.2.16 Klimaatregeling CO ₂ -concentratie	121
4.2.17 Belichtingsstrategie	127
4.2.18 Dataregistratie en dataverwerking	134
LITERATUUR	140
BIJLAGEN	
A: Het enquêteformulier ten behoeve van de evaluatie van rapport 99	141
B: Uitslag van de enquête.	143
C: Overzicht van trefwoorden (CAB) en gebruikte titelwoorden per onderwerp	146

WOORD VOORAF

Het rapport dat voor u ligt is gemaakt in opdracht van de Nederlandse onderneming voor energie en milieu (NOVEM). Het is een vervolg op een eerste opdracht¹ om de bestaande tien boodschappen aan te vullen met nieuwe kennis en het aantal boodschappen uit te breiden. De opdracht van de NOVEM aan het Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente (PBG) is verstrekt in het kader van de 'Meerjarenafspraak Energie'. Deze afspraak houdt in dat in het jaar 2000 de doelstelling: 'Daling van het energieverbruik per eenheid product tot 50% ten opzichte van 1980' gerealiseerd wordt. De tussendoelstelling van 40% verlaging in 1995 is gehaald. De opdracht aan het PBG luidde om voorlichtingsboodschappen te schrijven op het gebied van energiebesparing. Hierin moesten onderzoeksresultaten meer toegankelijk worden gemaakt en verantwoorde besparing op het energieverbruik worden gestimuleerd.

Het project moest worden uitgewerkt in samenwerking met het DLO-instituut Landbouw Economisch Instituut (LEI-DLO en de voorlichtingdiensten De Landbouw Voorlichting (DLV), de Organisatie Voor Tuinbouwadviseurs en -Onderzoekers (OVTO) en het Energiebedrijf Westland.

De boodschappen zijn gebaseerd op historisch onderzoek en geschreven in de taal van de gebruikers, voorlichters, installateurs en telers.

In een evaluatie van rapport 99 'Voorlichting op basis van onderzoek' is stijl, leesbaarheid en bruikbaarheid van het rapport onderzocht en er is gevraagd naar onderwerpen die als eerste gemist worden. Op basis van deze evaluatie heeft dit project verder vorm gekregen.

Het onderzoek is uitgevoerd door E. van Rijssel (PBG) en C. Ploeger (LEI-DLO).

Bijdragen zijn geleverd door M. van Oostende (DLV), René Grootsholten (OVTO) en P. van Marion (Energiebedrijf Westland). De eindredactie is gevoerd door het PBG dat ook heeft gezorgd voor het uitbrengen en verspreiden van het rapport en aanverwant voorlichtingsmateriaal.

De directeur PBG

De directeur LEI

Dr.ir. H.M.C van Holsteijn

Prof.dr.ir. L.C. Zachariasse

¹ Rapport 99: Voorlichting op basis van onderzoek, tien boodschappen over

SAMENVATTING

Onderzoek naar energiebesparingsmogelijkheden in de glastuinbouw is jarenlang sterk gestimuleerd. Eerst moest het onderzoek antwoorden vinden om in te spelen op sterk gestegen energieprijzen. Later moesten wegen worden aangegeven om energiebesparing ook bij de lagere energieprijzen aantrekkelijk te maken.

De rapporten en artikelen die verschenen zijn naar aanleiding van uitgevoerd onderzoek zijn alle te vinden in de bibliotheek van de landbouwwuniversiteit in Wageningen. In deze bibliotheek zijn eveneens de belangrijkste internationale tijdschriften op agrarisch terrein opgenomen. Het bestand van de bibliotheek is sinds ruim een jaar voor iedereen te raadplegen via internet, www.agralin.nl. Op deze site zijn verschillende bestanden te raadplegen, de bestanden met boeken en rapporten, met wetenschappelijke artikelen en met artikelen uit de vakbladen geven te zamen een vrij volledig overzicht van de beschikbare literatuur.

Relevante literatuur kan uit deze bestanden worden geselecteerd via trefwoorden, abstractwoorden, titelwoorden, auteur, op taalgebied en op jaarreeks. De beschikbare trefwoorden zijn Engelstalig en worden door het Centraal Agrarisch Bureau geselecteerd. Ze zijn niet uitputtend zodat via titel- en abstractwoorden verder geselecteerd moet worden. De gevonden selecties zijn bijna altijd te klein of te groot, zodat altijd verder moet worden geselecteerd op de titel of het abstract van de gevonden publicaties. Op diverse terreinen die in de opgenomen boodschappen staan opgenomen was weinig gepubliceerd, dit blijkt uit het soms beperkte literatuuroverzicht.

De voorlichtingsboodschappen die gemaakt zijn hebben vooral betrekking op de regeling die het gebruik van allerlei installaties moet optimaliseren maar ook op enkele installaties die binnen het verwarmingssysteem nog relatief nieuw zijn, zoals voor de CO₂-productie en -verdeling, de W/K-installatie en de warmtebuffer. De tien uitgewerkte voorlichtingsboodschappen hebben betrekking op de volgende energiebesparingsopties:

- Verwarmingsketel, inclusief afstelling en regeling
- Warmte/Kracht-installaties
- Duurzame energiebronnen
- Condensortoepassing
- Warmteopslag voor de korte en langere termijn
- CO₂-productie en verdeling
- Elektriciteitsverbruik
- Verwarmingsnetten, ligging en temperatuurgradiënten
- Schermen
- Belichtingsinstallaties
- Krijt op de kas
- Klimaatmeting
- Klimaatregeling, temperatuur en vocht
- Minimumbuis-regeling
- Temperatuurintegratie
- Klimaatregeling CO₂-concentratie
- Belichtingsstrategie
- Dataregistratie en dataverwerking

De geschreven voorlichtingsboodschappen bevatten een praktisch advies voor de teler en/of installateur. Voorafgaande aan het advies is de praktische betekenis van het onderwerp voor de praktijk aangegeven en het doel dat de teler voor ogen staat bij

aanschaf van een installatie of een regeling. In hoeverre het doel bereikt kan worden met de huidige kennis, is beschreven onder de kop 'conclusies vanuit het onderzoek', terwijl onder de kop 'theoretische achtergrond' uitgebreider wordt ingegaan op het totaal aan beschikbare kennis.

Tot slot is aan dit rapport een diskette toegevoegd met de tekst van dit rapport. De teksten of tekstgedeeltes mogen worden gebruikt om op eigen wijze telers of toeleveranciers van informatie te voorzien.

1. INLEIDING

Onderzoek naar energiebesparingsmogelijkheden is vanuit de overheid en het bedrijfsleven sterk gestimuleerd. De eerste aanleiding hiervoor was de verdubbeling van de aardgasprijzen, eerst van 6 naar 11,5 ct/m³ tussen 1972 en 1975 en opnieuw van 15,5 naar 35 ct/m³ tussen 1979 en 1982, met een doorloop naar 45 ct/m³.

Er werden fondsen gevormd om via onderzoek mogelijkheden tot energiebesparing uit te werken. Via subsidies op investeringen is getracht een aantal mogelijkheden snel in te voeren om de sterke kostenstijgingen voor de glassector te beperken.

Na 1985 is de gasprijs snel gedaald tot het huidige niveau van ca. 25 ct/m³. Aan de daling van het gasverbruik per m² glas kwam al snel een einde en het gemiddeld verbruik in m³/m² glas is tussen 1985 en 1993 weer iets toegenomen.

De gevonden mogelijkheden om het gasverbruik te beperken zijn ook na 1985 nog toegenomen. Veel onderzoek dat vanuit energiefondsen is opgestart is eind jaren '80 beëindigd. De animo om zuiniger aan te doen met het verbruik was echter beperkt, enerzijds door de vrij lage brandstofprijs, anderzijds door fouten die zijn gemaakt bij het snel terugdringen van het energieverbruik begin jaren '80. Fouten die in een aantal gevallen hebben geleid tot productieverliezen, direct of via uitval door ziekten.

Het milieubeleid heeft geleid tot een nieuwe poging om het energieverbruik en daarmee de CO₂-uitstoot terug te dringen. Via de 'Meerjarenafspraken Energie' heeft de sector glastuinbouw zich verplicht tot het veel efficiënter gebruik van energie per eenheid product.

In de praktijk worden lang niet alle onderzoeksresultaten algemeen toegepast. Het stimuleren van de toepassing van onderzoeksresultaten kan door het gemakkelijker toegankelijk maken van literatuur op dit gebied en het vertalen van onderzoeksconclusies naar voorlichtingsboodschappen. Het bij elkaar brengen van onderzoeksresultaten, het combineren van conclusies die elkaar aanvullen dan wel tegenspreken, is het doel van dit project.

Het project is een vervolg op een eerste project dat heeft geresulteerd in de publicatie 'Voorlichting op basis van onderzoek', een publicatie van het PBG. Het is wederom in een opdracht vanuit NOVEM door het PBG uitgevoerd te zamen met het LEI-DLO en voorlichtinggevers (DLV, OVTO en Energiebedrijven).

Leeswijzer

Het rapport is zo opgebouwd dat er in de hoofdstukken 2, 3 en 4 t/m 4.2, verslag wordt gedaan van de werkzaamheden in het project. Hoofdstuk 2 behandelt de evaluatieformulieren die met de voorgaande publicatie zijn meegestuurd. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de mogelijkheden om via internet literatuur te selecteren, inclusief de ervaring die daarmee is opgedaan. Hoofdstuk 4 schetst de opbouw van de voorlichtingsboodschappen.

De voorlichtingsboodschappen zelf staan opgenomen in de paragrafen 4.2.1 t/m 4.2.18.

In de bijlagen wordt tot slot een overzicht gegeven van relevante trefwoorden en titelwoorden per onderwerp, een overzicht van de relevante symposia en een toelichting op de gebruikte terminologie en eenheden.

2. EVALUATIE RAPPORT 99 'VOORLICHTING OP BASIS VAN ONDERZOEK'

De evaluatie naar de bruikbaarheid van de tien voorlichtingsboodschappen zoals die opgenomen zijn in rapport 99, 'Voorlichting op basis van onderzoek', is uitgevoerd onder de lezers van het rapport. Tot de onderzochte lezerskring behoorden de groep van 32 lezers waaraan het rapport gratis is toegezonden en de eerste 57 kopers van het rapport. Het rapport is gratis verstuurd aan de zeven instellingen die aan het onderzoek hebben meegewerkt, hetzij door deelname hetzij door financiering en 25 kantoren van voorlichtingsorganisaties.

Van de 89 verstuurde enquêtes zijn er 42 (47%) terugontvangen, 17 vanuit de groep gratis ontvangers en 25 vanuit de groep bestellers van het rapport. Dit wordt als een goede respons beschouwd. Er zijn drie enquêtes niet verwerkt omdat ze slecht zeer gedeeltelijk waren ingevuld. De overige 39 ingevulde evaluatieformulieren waren afkomstig van:

Voorlichtinggeevenden	17
Toeleveranciers	5
Telers	6
Energiebedrijven	7
Onderwijsinstellingen	4

De aanleiding om het rapport aan te schaffen was met name de publicatie erover in het blad 'Energie-Flits'. Met name vanuit de energiebedrijven en de onderwijsinstellingen wordt deze bron genoemd. Het artikel in het 'Vakblad voor de Bloemisterij' vormde voor vele anderen de aanleiding om het rapport te bestellen. Met name onder telers, maar ook door voorlichters en toeleveranciers wordt dit blad vaak aangehaald. De voorlichters en toeleveranciers horen ook van elkaar over het verschijnen van dit rapport.

Het rapport zelf wordt als vrij helder en duidelijk beoordeeld, het ontbreken van illustraties wordt door een deel van de lezers wel gemist, anderen kunnen deze uit eigen archieven aanvullen. Het literatuuroverzicht bij de voorlichtingsboodschappen wordt noch als zeer nuttig noch als overbodig beschouwd.

De in het rapport opgenomen voorlichtingsboodschappen zullen door de gebruikers van het rapport geregeld worden gebruikt. De populariteit ervan is uit de onderstaande tabel af te lezen.

Tabel 1 - Het gebruik¹⁾ van de voorlichtingsboodschappen

	voorl.	toelev.	teler	ener. bedr.	onder- wijs	totaal
CO ₂ -productie	1.2	1.0	1.8	1.3	1.3	1.3
Klimaatregeling CO ₂	1.4	1.5	1.7	1.3	1.3	1.4
Warmtebuffer	1.4	1.0	2.0	1.4	1.3	1.4
Verwarmingsketel	1.6	1.3	1.8	1.3	1.3	1.5
W/K-installatie	1.4	1.5	2.0	1.3	1.3	1.5
Min. buis-regeling	1.4	1.8	1.8	1.6	1.3	1.5
Energiescherm	1.7	1.2	1.7	1.7	1.3	1.6
Klimaatregeling Temp/rv	1.6	1.5	1.7	1.6	1.3	1.6
Belichtingsstrategie	1.8	2.0	2.0	1.8	1.3	1.8
<u>Krijt op de kas</u>	<u>1.8</u>	<u>2.5</u>	<u>2.7</u>	<u>2.3</u>	<u>1.3</u>	<u>2.1</u>
Totaal	1.5	1.5	1.9	1.6	1.3	1.6

¹⁾ 1 = vaak, 2 = soms en 3 = nooit

Naast de nu gepubliceerde voorlichtingsboodschappen geven de geënquêteerden aan behoefte te hebben aan uitwerking van de volgende onderwerpen:

Tabel 2 - Behoeftte aan aanvulling en update voorlichtingsboodschappen

Behoeftte aan aanvulling:	aantal maal genoemd
Warmtepomp	5
Temperatuurverdeling	4
Alternatieve energie	5
Zonne- / wind- / biomassa-energie	(3)
Ondergrondse warmteopslag	(2)
Restwarmte	(1)
Elektra besparing	2
Condensor op cond.net	2
Verwarmingsnetten	4
Positionering / richtlijnen installatie	(2)
Effect kashoogte op klimaat	(1)
Effect afdelingsgrootte	(1)
Behoeftte aan update	
Verwarmingsketel	2
Richtlijnen installatie ketel	(1)
Expansie installatie	(1)
Klimaatregeling temperatuur + rv	6
Benutting klimaatcomputer	(1)
Delta X regeling	(1)
Luchting	(1)
Plantprocessen temperatuur + rv	(1)
Tijdstip berekening etmaaltemperatuur	(1)
Klimaatmeting en -onderhoud	(1)
Belichtingsstrategie	3
Licht-productie-relatie	(1)
Lichtopbrengst assimilatielampen	(1)
Reflectie armaturen	(1)

De mogelijkheden van de geënquêteerden om zelfstandig in de literatuur te zoeken naar informatie voor hun relaties zijn beperkt. Zelf acht men de toegankelijkheid tot de literatuur redelijk, doch men beschikt meestal niet over de mogelijkheid om op trefwoord naar benodigde informatie te zoeken. Er bestaat wel een wens om gericht naar artikelen te kunnen zoeken en dan met name op Cd-rom of via internet. Men zoekt daarbij liefst vrij gedetailleerd en stelt daarbij prijs op het direct zichtbaar krijgen van gevonden resultaten en conclusies.

De belezenheid van de geënquêteerden is beperkt, men beschikt over de meest bekende Nederlandse vakbladen en men is redelijk op de hoogte dat onderzoeksrapporten opvraagbaar zijn. Vrijwel alle categorieën geënquêteerden lezen drie tot vier rapporten per jaar. De inhoud, samenvatting en conclusies vormen daarbij de belangrijkste onderdelen van het rapport. De tabellen, figuren en meest interessante hoofdstukken zijn alleen voor de liefhebbers.

Voor meer gedetailleerde informatie over de vraagstelling in de enquête en de uitkomsten ervan wordt verwezen naar Bijlage A.

3. ZOEKEN NAAR LITERATUUR OP INTERNET

De bibliothecaris van de Wageningse Universiteit, drs. Jacques Schippers, heeft op 8 september 1999 afscheid genomen. Hij zei onder andere: 'Het feit dat het Internet tal van zoekopties biedt, betekent niet dat het systematisch archiveren en toegankelijk maken van wetenschappelijke literatuur overbodig is geworden'. Hij zei ook: 'Het is mij een raadsel waarom wetenschappers zelf al dat zoekwerk willen gaan doen. Dat is duur en niet efficiënt'.

De ervaring die wij in dit project hebben opgedaan geeft drs. Schippers gelijk in de zin dat zoeken op abstract en trefwoord niet direct en automatisch leidt naar het gewenste literatuuroverzicht. Internet geeft wel een belangrijke uitbreiding van de zoekmogelijkheden naar relevante literatuur. Met wat ervaring lukt het vrij goed om, als niet-specialist, op Internet de relevante literatuur te vinden. Een aantal problemen en ervaringen willen wij hier doorgeven om anderen te helpen sneller tot resultaat te komen. De opmerkingen zijn bedoeld voor de 'bouwers en verzorgers' van Internet-sites om de kinderziekten en onvolkomenheden van de zoekmogelijkheden te verminderen.

Overzicht van de geraadpleegde internetsites

De site van de bibliotheek van de Landbouw Universiteit is een rijke bron van informatie. De site, www.agralin.nl geeft toegang tot een aantal bronnen waarvan wij er vier intensief hebben geraadpleegd:

- *Union Catalogue*; geeft toegang tot de boeken en rapporten in alle bibliotheken van Wageningen Universiteit en Research, inclusief het praktijkonderzoek.
- *CAB-Abstracts* en *Current Contents*; geeft toegang tot de artikelen in wetenschappelijke tijdschriften.
- *ARTIK*; geeft toegang tot de meest gelezen vakbladen op agrarisch gebied uit Nederland, België, Duitsland, Engeland, Denemarken en Frankrijk. De nadruk ligt op de Nederlandse bladen.
- Agralin biedt nog een veel grotere lijst aan bestanden om in te zoeken, doch voor algemeen gebruik bieden deze weinig extra mogelijkheden.
-

Alle boeken en artikelen zijn ontsloten via auteur en titel, aangevuld met trefwoorden (engelstalige lijst opgesteld door Centraal Agrarisch Bureau) en een abstract (uitreksel). De site biedt hulpmogelijkheden voor het zoeken naar relevante trefwoorden.

De site van het Energieonderzoek Centrum Nederland, www.ecn.nl, bevat een overzicht van de Nederlandstalige Energie Literatuur (NEL) vanaf 1995. Deze site geeft een interessant overzicht op een breed terrein maar is niet gericht op energietoepassingen in de land- en tuinbouw.

De site van het Centrum voor Landbouw en Milieu, www.clm.nl, geeft een overzicht van de eigen publicaties en voegt daarmee nauwelijks iets toe aan de informatie via 'AGRALIN'.

De site van de vakpers, www.agriwide.nl, heeft een iets breder pakket vakbladen dan ARTIK maar geeft slechts informatie vanaf januari 1998.

Ervaringen met het bestand Union Catalogue

In dit bestand kan gezocht worden op trefwoord (CAB), op titel, op auteur, op jaar en op taal. De zoekopdracht kan eindeloos verfijnd worden door in een vervolgoopdracht de zoeklijst uit te breiden.

De zoekopdracht resulteert in een lijst van publicaties met titel, auteur(s) en jaartal, die op jaar wordt weergegeven. Deze is zowel te raadplegen als te printen. Per titel kan aanvullende informatie worden opgevraagd waarbij een abstract en de plek wordt aangegeven waar de publicatie kan worden gevonden of opgevraagd. Ook dit kan worden geprint.

De ervaring is dat het aantal echt relevante rapporten niet via selectie doch pas door selectie uit relatief lange lijsten moet worden opgezocht. Meestal zijn lang niet alle publicaties gevonden die bij het opstellen van de oorspronkelijke boodschappen zijn gebruikt. Opvragen van de rapporten bij andere bibliotheken kost tijd.

Digitaal overnemen van de gegevens voor de eigen literatuurlijst is ons niet gelukt.

Ervaring met het bestand CAB-Abstracts en Current Contents

In het bestand wordt bij elk ingegeven woord gezocht of dit in de titel, het abstract of de trefwoordenlijst voorkomt. De gebruiker krijgt direct een overzicht van het gevonden aantal titels per (tref)woord. De zoekvraag kan worden verfijnd door een combinatie te kiezen van meerdere trefwoorden.

De zoekopdracht resulteert in een lijst publicaties die direct alle informatie bevat over de betreffende publicaties, inclusief een zeer informatief abstract. Men kan kiezen voor een beperkte of een uitgebreide lijst.

In de lijst gevonden publicaties kan nog een selectie worden gemaakt naar eigen keuze. Bij het printen kan men zich dus beperken tot de publicaties die relevant worden gevonden.

De ervaringen met dit bestand zijn positief omdat veel relevante informatie via de abstracts direct beschikbaar is. Op vrij specifieke terreinen worden echter weinig of geen relevante artikelen gevonden.

Digitaal overnemen van de gegevens voor de eigen literatuurlijst is ons niet gelukt.

Ervaring met het bestand ARTIK

ARTIK begint met de vraag naar een Nederlandstalige zoekterm. Het systeem omschrijft vervolgens een aantal mogelijke zoekrichtingen, waaruit een gekozen dient te worden. De zoekrichtingen staan voor combinaties van Engelstalige trefwoorden (CAB-lijst) waarop geselecteerd wordt.

Een verfijning van de zoekvraag wordt verkregen door te selecteren op één of twee woorden in de titel, abstract en/of auteursnaam, te combineren met een begrenzing in jaren en taal van de publicatie. Een verdere verfijning aanbrengen in tweede ronde is niet mogelijk. Bij opgaaf van een tweede verfijning wordt ook buiten het eerst afgegrensde gebied gezocht.

De zoekopdracht resulteert in een lijst van publicaties met titel, blad, auteur(s) en jaartal, die min of meer aflopend op jaar wordt weergegeven. Deze is zowel te raadplegen als te printen. Per titel kan aanvullende informatie worden opgevraagd waarbij een abstract en het nummer van het blad wordt aangegeven waar de publicatie kan worden gevonden. Ook dit kan worden geprint.

De ervaring is dat er onder de diverse combinaties van trefwoorden lange lijsten artikelen beschikbaar zijn. Selecteren op titel en/of trefwoord lukt met wisselend succes. Geregeld moeten toch vrij lange lijsten worden doorgenomen om de gezochte info te selecteren. Er zitten veel artikelen tussen van vakredacteurs e.d. die een overzicht of praktijkervaringen weergeven. Een voordeel van dit bestand is wel dat veel van de opgenomen artikelen in de eigen bibliotheek beschikbaar zijn en dus direct kunnen worden geraadpleegd. Ook kan van een artikel direct een kopie besteld worden dat tegen een landelijk afgesproken tarief wordt toegestuurd.

Digitaal overnemen van de gegevens voor de eigen literatuurlijst is ons niet gelukt.

De toegang tot www.agralin.nl is natuurlijk gratis doch het gebruik van de verschillende bronselecties is dat niet. De Union Catalogue is gratis, maar voor ARTIK is een toegangscode nodig, kosten f. 450,- per jaar voor één tot negen gebruikers. Voor kennismaking kan gratis een tijdelijk wachtwoord worden aangevraagd.

Ervaringen met het gebruik van selecteren via tref-, titel- en abstractwoorden

Toekennen van trefwoorden aan een publicatie is mensenwerk. Er worden synoniemen gebruikt zoals:

- Horticulture, Greenhousehouse culture en Glasshouses
- Glasshouses, Glasshouse, Glashouses (spelfout) en Greenhouse

Bij het zoeken op titelwoord moet men naast het gebruik van synoniemen ook bedacht zijn op diverse schrijfwijzen van eenzelfde woord zoals:

- warmteopslag, warmtebuffer
- warmteopslag, warmte-opslag en warmte – opslag
- dit is te omzeilen door gebruik van de @, bijvoorbeeld warmte@

Ook in de abstracten wordt niet consequent gebruik gemaakt van de officiële namenlijst.

Het is nogal hinderlijk om te ervaren dat trefwoorden soms wel in de titel maar niet in het abstract voorkomen of andersom.

4. VOORLICHTINGSBOODSCHAPPEN

4.1 DE OPBOUW VAN EEN VOORLICHTINGSBOODSCHAP

De voorlichtingsboodschappen zijn gemaakt rondom een advies aangaande het betreffende aandachtspunt. Voor het gebruik van het advies door voorlichtinggevers is het advies geplaatst in een context waarin opgenomen:

- a Betekenis van het aandachtspunt voor de praktijk
- b Doel van het aandachtspunt
- c Conclusies vanuit het onderzoek
- d Advies voor de praktijk / de installateur enz.
- e Theoretische achtergrond waarop het advies is gebaseerd
- f Literatuuroverzicht

- ad a In de betekenis voor de praktijk is opgenomen in hoeverre productiebedrijven met het betreffende aandachtspunt in aanraking komen. Het effect van het aandachtspunt op het energieverbruik van een bedrijf wordt aangegeven en tevens wordt het betreffende aandachtspunt gedefinieerd om misverstanden rondom het advies te voorkomen.
- ad b In het doel wordt omschreven wat het productiebedrijf wil bereiken met het betreffende aandachtspunt.
- ad c In de conclusies van onderzoek wordt beschreven of datgene wat de teler wil bereiken ook inderdaad bereikt wordt of bereikt kan worden.
- ad d Het advies geeft weer hoe de teler, de installateur e.d. moet handelen om datgene te bereiken wat zij willen bereiken.
- ad e De theoretische achtergrond is toegevoegd om het inzicht te vergroten bij de voorlichtinggevers en de geïnteresseerde teler / installateur. Een helder inzicht helpt om de voorlichtingsboodschap juist te verstaan en juist over te brengen.
- ad f Het literatuuroverzicht biedt de mogelijkheid om het inzicht zelfstandig te verdiepen.

De kwaliteit van de voorlichtingsboodschappen is bewaakt door:

- a. goed te definiëren,
- b. bij de doelstelling van elk aandachtspunt door te dringen tot de essentie ten aanzien van de effecten op energieverbruik en productie,
- c. aan te geven welk deel van de doelstelling niet realiseerbaar blijkt te zijn en
- d. een controleerbare theoretische achtergrond te geven bij het advies.

4.2 UITWERKING DOOR ONDERZOEK EN VOORLICHTING

De voorlichtingsboodschappen zijn opgesteld voor de onderzoeksparticipanten in het project na literatuurstudie. De beschikbare literatuur is veelal zo overvloedig dat het in dit project onmogelijk was om dit allemaal door te werken. Op basis van titel- en trefwoorden is een selectie gemaakt uit rapporten, wetenschappelijke en vakartikelen om zo breed mogelijk kennis over het aandachtspunt te verzamelen. Voor het opstellen van een voorlichtingsboodschap is drie tot vijf werkdagen uitgetrokken.

De tekst van de voorlichtingsboodschappen is geredigeerd door de voorlichtingsparticipanten in het project. Zij hebben gezorgd dat de tekst helder en toegankelijk is voor zowel de teler / installateur als voor de voorlichtinggevers. Tot slot heeft de

eindredacteur gezorgd voor een uniforme lay-out en voor de begeleidende tekst rondom de opzet en uitvoering van het project.

4.2.1 Voorlichtingsboodschap 'Verwarmingsketel, aanschaf, afstelling en regeling' E. van Rijssel (PBG), R. Telle (IMAG-DLO), P. van Marion (Westland Energie Services)

Betekenis van de verwarmingsketel voor de praktijk

De ketel met (aardgas-)brander is op vrijwel alle glastuinbouwbedrijven aanwezig voor de productie van warmte en CO₂. Het warmterendement per jaar van ketelinstallaties voor warmteopwekking loopt in de praktijk uiteen van 90-93,4% (op onderwaarde). Het gebruik van modulerende branders en een ketelregeling vermindert de opstartverliezen en levert lagere rookgastemperaturen op. Vermindering van de warmteverliezen van de ketelinstallatie is in veel gevallen mogelijk door plaatsing van een rookgascondensor. Met een condensor wordt de latente (condensatie-)warmte uit de rookgassen teruggewonnen, zie voorlichtingsboodschap 4.2.4 'Rookgascondensators' en 4.2.6 'CO₂-productie en verdeling'.

Warmtevernietiging bij de inzet van de ketel als CO₂-producent kan grotendeels worden voorkomen door plaatsing en gebruik van een warmtebuffer, zie voorlichtingsboodschap 4.2.5 'Warmteopslag'.

Naast de ketel worden steeds vaker aanvullende warmtebronnen ingezet, zoals de restwarmte van energiecentrales en W/K-installaties, zie voorlichtingsboodschappen 4.2.2 'Warmte/Kracht' en 4.2.3 'Duurzame energiebronnen'. In deze gevallen staat de ketel vele uren standby en loopt het ketelrendement terug.

Tenslotte wordt de ketel in een aantal gevallen gebruikt voor het stomen (ontsmetten) van de kasgrond.

Afstelling en regeling van de ketel, te zamen met een goede afstemming op de andere installaties in het verwarmingscircuit, is belangrijk om het energieverbruik zoveel mogelijk te beperken. Zorgvuldig onderhoud is belangrijk zowel voor een goed functioneren als voor behoud van een hoge energie-efficiëntie van de installatie.

Laatste ontwikkelingen

Om de aanwezige warmtebuffer maximaal te benutten is een regeling ontworpen, 'KEBUS' waarbij de ketel niet meer primair reageert op de warmtevraag. De benodigde warmte wordt uit de buffer onttrokken en de ketel reageert daar secundair op. Onlangs is ook een aangepaste ketel geïntroduceerd met een extra grote buffer die optimaal inspeelt op het stabiel houden van de branderstand over het gehele etmaal. De ketelcapaciteit kan worden teruggebracht en het ketelrendement kan worden opgevoerd. Er is nog geen onderzoek naar deze systemen gepubliceerd.

Doel van de ketelinstallatie

De verwarmingsketel dient op het glastuinbouwbedrijf primair voor de efficiënte productie van warmte en secundair voor de productie van CO₂. Bij gebruik van restwarmte uit een centrale of W/K-installatie dient de ketel altijd nog om de pieklast op te vangen en voor opvang van calamiteiten bij de warmtelevering. (De verdeling van warmte en CO₂ wordt verzorgd door aansluitende kasinstallaties).

Conclusies onderzoek

Het aantal publicaties over het installeren en de werking van ketels en branders is beperkt, er is weinig onderzoek verricht op dit terrein. Uit hoofde van onderhoud en

veiligheid wordt er wel veel gemeten aan het functioneren van de ketels en branders en dat resulteert in een reeks voorlichtende artikelen vanuit energiebedrijven en voorlichtingsorganisaties. Uit de gevonden literatuur kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Het te installeren (maximum) ketelvermogen houdt verband met de teelt (gewenste kastemperatuur), met de locatie en met de uitvoering van de kas. De locatie bepaalt de minimum buitentemperatuur en de maximaal te verwachten windsnelheid, terwijl de ligging (beschutting) de afkoeling beïnvloedt van de kas bij wind. De uitvoering van de kas, het geveleppervlak (de gevelverwarming), de keuze van dekmateriaal en de aanwezigheid van schermen, bepalen het warmteverlies per °C. De ketelcapaciteit wordt meestal afgestemd op de ongeschermdde kas met enkel glazen dek, daarbij wordt gemiddeld een ketelvermogen van ruim 6 W/m².°C geïnstalleerd. Hierbij moet de gewenste kastemperatuur (ca. 20°C) tot aan een buitentemperatuur van -10°C kunnen worden gerealiseerd. Nu temperatuurintegratie en de nieuwe gaswet in discussie zijn wordt deze ondergrens ter discussie gesteld. Overcapaciteit kost geld en leidt tot extra warmteverliezen in het ketelhuis.
- De ketelcapaciteit kan kleiner gekozen worden wanneer er een condensor op eigen net wordt aangelegd, gevelisolatie (met minder gevelverwarming) is toegepast en wanneer er voor een isolerend kasdek of (energie)scherf gekozen is.
- Het aantal uren dat de maximale capaciteit van de ketel gevraagd wordt is gering. De wens om de gewenste kastemperatuur tegen elke prijs te realiseren is niet erg sterk. De ketelcapaciteit blijkt vaak onvoldoende om bij extreme buitenomstandigheden de kastemperatuur te handhaven.
- Een ketelregeling verhoogt het warmterendement van de ketel.
- Isolatie van de verwarmingsketel, transportleidingen, verdeel- en verzamelstuk beperkt de warmteverliezen met ca. 3%.
- Aansluiting van het expansievat op het verdeel- of verzamelstuk, eventueel via een verticale lus, voorkomt dat systeemwater door het expansievat gaat circuleren. Het vat wordt niet warm. Aansluiting op de aanzuigpijp van de pompen voorkomt het ontstaan van onderdruk en aanzuiging van lucht in het systeem.
- Laagwatertemperatuurketels (30-90°C) verhogen het ketelrendement.
- Een grotere waterinhoud van het systeem, door opname van o.a. warmtebuffers in het systeem, vraagt om meer of grotere expansievaten. Na het vullen van het systeem zal ook extra veel lucht ontwijken (ca. 14 l/m³), zie ontluchting.
- Ketelsteenafzetting op de vlampijpen in de ketel verlaagt het ketelrendement met 5-8% per mm ketelsteen. Voorkom ketelsteenvorming door bij het vullen Ca- en Mg-arm water te gebruiken of pas waterbehandeling toe.
- Corrosie in de ketel en rookkanaal ontstaat door condensatie van vocht. Houd de ketel en de rookkanalen boven de 65°C of zorg voor corrosiebestendig materiaal.
- Corrosie ontstaat door O₂ in het water van het verwarmingscircuit. Gebruik geen lucht maar stikstof om het drukvat op druk te brengen, ontlucht zo volledig mogelijk en voorkom luchtaanzuiging via onderdruk en slecht sluitende aansluitingen en pakkingen. Er zijn goed werkende automatische ontluchters. Pas een O₂-bindende waterbehandeling toe bij gebruik van kunststofslangen als verwarmingsnet, deze zijn luchtdoorlatend.
- Slib ontstaat door gecorrodeerde ijzerdeeltjes en vuil in het water van het verwarmingssysteem. Het kan worden afgevangen door deelfiltratie. Het voorkomt verstoppingen in de ketel en verwarmingsnetten.
- Uit de temperatuur en de samenstelling (CO₂- en/of O₂-gehalte) van de rookgassen is af te leiden of het verbrandingsproces optimaal plaatsvindt.

- Adviezen bij aansluiten en installatie van de afzuigapparaten, desbetreffende installatievoorschriften en de afzuigkap met de afzuigbuis en de afzuigbuisafvoer.
- Maak een ontwerp van de afzuigbuis en de afzuigbuisafvoer voor installatie van een afzuigkap of afzuigbuisafvoer.
- Maak een ontwerp van de afzuigbuis en de afzuigbuisafvoer voor installatie van een afzuigkap of afzuigbuisafvoer.
- Maak een ontwerp van de afzuigbuis en de afzuigbuisafvoer voor installatie van een afzuigkap of afzuigbuisafvoer.
- Zorg voor goede isolatie van de afzuigbuis en de afzuigbuisafvoer.
- Bekijk de benodigde grootte van de afzuigbuis en de afzuigbuisafvoer.
- Bekijk de benodigde grootte van de afzuigbuis en de afzuigbuisafvoer.
- Bekijk de benodigde grootte van de afzuigbuis en de afzuigbuisafvoer.

- 16

- Bedrijfslid van de kerel het gasverbruik bij aan en de beschikbare verwarmingsnetten
- Bezit of toepassing van een warmtepomp en zijn volris
- Controleer de veiligheid van de installatie, keer de installatie een keer per twee jaar
- Zoek naar veiligheidsproblemen: CO₂ productie, condensaat, waterdoving,

- Bedrijfslid van de kerel het gasverbruik bij aan en de beschikbare verwarmingsnetten
- Bezit of toepassing van een warmtepomp en zijn volris
- Controleer de veiligheid van de installatie, keer de installatie een keer per twee jaar
- Zoek voorlichtingsboodschappen, CO₂-productie, condensaat, waterdoving

- Zorg bij de bouw van de kereluis voor een voldoende zware constructie van minimum 25 kg om de luis vast te houden.
- Beperk de overspanning van de waterkies voor een sterkere bouw van de blonder of voor installatie van twee kerels om opstralverlenging te beperken en kies een zware kerelisolatie die minimaal 10 mm heeft als te veel water.
- Vult de installatie met de op maat gemaakte ter ontbreken van systeem, de bouw van de luis die de kerelisolatie niet kan worden toegevoegd. Het gebruik van kunststoffen of aluminium kan het ontwerp van de kerelisolatie beïjndigen.
- Raadpleeg uw installateur voor de mogelijke nadelen en risico's van een (nieuwe) condensor op uw installatie van warmte uit de omgeving 3-15.
- Raadpleeg uw installateur voor de mogelijke nadelen en risico's van een (nieuwe) condensor op uw installatie van warmte uit de omgeving 3-15.

- Zorg bij de bouw van de kereluis voor een voldoende zware constructie van minimum 25 kg om de luis vast te houden.
- Beperk de overspanning van de waterkies voor een sterkere bouw van de blonder of voor installatie van twee kerels om opstralverlenging te beperken en kies een zware kerelisolatie die minimaal 10 mm heeft als te veel water.
- Vult de installatie met de op maat gemaakte ter ontbreken van systeem, de bouw van de luis die de kerelisolatie niet kan worden toegevoegd. Het gebruik van kunststoffen of aluminium kan het ontwerp van de kerelisolatie beïjndigen.
- Raadpleeg uw installateur voor de mogelijke nadelen en risico's van een (nieuwe) condensor op uw installatie van warmte uit de omgeving 3-15.
- Raadpleeg uw installateur voor de mogelijke nadelen en risico's van een (nieuwe) condensor op uw installatie van warmte uit de omgeving 3-15.

- Adviezen bij controle van de kerelinstallatie, zoals van isolatie
- Laat de verwarmingsketel jaarlijks nazien en afstellen.
- Laat de brander elke twee jaar keuren. De ketelverbranders en de branders zijn zeer veilig, maar het risico is verkleint om de veiligheid ook op andere terreinen te waarborgen.
- Controleer regelmatig de isolatie van ketel-leidingen en verdeelschakelkasten gedurende het gehele jaar, want warmte verloren gaan.
- Controleer of de minimum keteltemperatuur stilstaat op 65 °C, wat nodig is om condensvorming te voorkomen, tenzij de ketel corrosiebestendig is. Alleen als een (bijstook-)ketel gedurende een langere zomerperiode wordt ontschakeld, mag deze temperatuur verder dalen.
- Controleer of de afname van warm water wordt begrensd (ketelgedrings) om te voorkomen dat plotseling grote temperatuurvariaties de ketel nuaderen.
- Laat het water in de installatie controleren op pH en O₂-gehalte en pas z nodig waterbehandeling en deaëratie toe om corrosie te voorkomen.
- Vul de installatie bij met Ca- en Mg-arm water en onthoud na opwarmen 20-30 minuten om ketelsteenvorming en corrosie te voorkomen.
- Spui de ketel na het stomen zorgvuldig om slibvorming onder de ketel te voorkomen (corrosie van de vuurgang).

- Adviezen bij controle van de kerelinstallatie, zoals van isolatie
- Laat de verwarmingsketel jaarlijks nazien en afstellen.
- Laat de brander elke twee jaar keuren. De ketelverbranders en de verbranders zijn zeer veilig, maar het risico is verkleind om de veiligheid ook op andere terreinen te waarborgen.
- Controleer regelmatig de isolatie van ketel-leidingen en verdeelschakelkasten gedurende het gehele jaar, want warmte verloren gaan.
- Controleer of de minimum keteltemperatuur stilstaat op 65 °C, wat nodig is om condensvorming te voorkomen, tenzij de ketel corrosiebestendig is. Alleen als een (bijstook-)ketel gedurende een langere zomerperiode wordt ontschakeld, mag deze temperatuur verder dalen.
- Controleer of de afname van warm water wordt begrensd (ketelgedrings) om te voorkomen dat plotseling grote temperatuurvariaties de ketel uitrekenen.
- Laat het water in de installatie controleren op pH en O₂-gehalte en pas z nodig waterbehandeling en deefitatie toe om corrosie te voorkomen.
- Vul de installatie bij met Ca- en Mg-arm water en onthoud na opwarmen 20-30 vldig om ketelsteenvorming en corrosie te voorkomen.
- Spui de ketel na het stomen zorgvuldig om slibvorming onder de ketel te voorkomen (corrosie van de vuurgang).

Suggesties voor illustratie en demonstratie

Voorbeeldsituatie (tekeningen en/of foto's) van goed en fout geïnstalleerde en geïsoleerde ketelinstallaties. Zie o.a. Meijndert, 1973.

Ontwikkel en gebruik een programma om de benodigde investering en de jaarkosten van een verwarmingsinstallatie te kunnen bepalen. De terugverdientijd van energiebesparende meerinvesteringen moeten hierin tot uiting komen.

Theoretische achtergrond

De ketel is de belangrijkste bron van warmte en CO₂ voor het klimaatsturingssysteem op het glastuinbouwbedrijf. De ketel is uitgerust met een modulerende brander en het te leveren vermogen is regelbaar tussen minimum en maximum branderstand. De brander is hiertoe uitgerust met een variabele gas- en een luchttoevoerregeling. Deze zorgt bij elke stand voor de juiste verhouding tussen gas en lucht. Het warmterendement van de (heet water)ketels in de praktijk varieert. Bij momentane meting en maximum branderstand blijkt dat 93,0 - 96,7% van de verbrandingsenergie (onderwaarde) als warmte beschikbaar komt en bij minimum branderstand 95,3 - 98,2% (Nawrocki et al., 1991). Met warmwaterketels (ketelwater 30-90°C) kan het ketelrendement nog wat verder worden opgevoerd doordat een deel van het vocht uit de rookgassen in de ketel condenseert. De ketel fungeert deels als condensor op de retour (Stijger, 1998).

De branderstand, het gevraagde vermogen aan warmte of een gevraagde hoeveelheid CO₂, wordt bepaald door de klimaatcomputer, die fungeert als intermediair tussen het kasklimaat en de verwarmingsinstallatie. Het is de vraag of de ketel onder alle weersomstandigheden aan de warmtevraag moet voldoen. Het handhaven van een minimale rv voorkomt dat blad snel veroudert en voortijdig afsterft (praktijkwaarneming). De klimaatregeling moet tevens voorkomen dat het verwarmingscircuit plotseling teveel warmte uit de ketel trekt waardoor grote temperatuurwisselingen in de ketel optreden en er schade aan de ketel ontstaat (Zwarts, 1993). Uit de samenstelling en de temperatuur van de rookgassen is af te leiden of het verbrandingsproces optimaal plaatsvindt (Nawrocki et al., 1991). Bij volledige verbranding van aardgas met lucht bevatten de rookgassen waterdamp, kooldioxyde (CO₂) en stikstof (lucht zonder O₂). Eén m³ aardgas levert 1,78 kg CO₂ die kan worden gebruikt voor CO₂-bemesting. Ook in juist afgestelde ketels zal de verbranding echter nooit volledig zijn. Er wordt ook CO (koolmonoxide: < 50 ppm), soms C₂H₄ (etheen, voorheen ethyleen: < 0,4 ppm) en als bijproduct ook NO_x (stikstofoxiden: < 60 ppm) gevormd (Rijdsijk en Nederhof, 1989). CO is voor de mens zeer giftig. CO is bij hoeveelheden boven 30 ppm een aanwijzing dat er ook etheen (C₂H₄) kan voorkomen. Etheen is funest voor het gewas. Bij centraal CO₂ doseren is een CO-detector, afgesteld op maximaal 30 ppm, noodzakelijk (Nunink, 1996).

NO_x ontstaat bij vlamtemperaturen > 1700°C (Verveer, 1996), is schadelijk voor gewas en milieu en dient te worden beperkt. De huidige NO_x-arme gasbranders (1996) produceren 60 tot 100 mg NO_x per m³ rookgas, wat lager is dan de meeste bestaande gasbranders (150 tot 200 mg/m³). De wettelijke bovengrens van 70 mg/m³ is met rookgasrecirculatie te halen, maar daarmee daalt de ketelcapaciteit met ca. 15% en neemt het investeringsbedrag toe met 30-60% (Coenen, 1992). Het retrofit-systeem voldoet eveneens en is in vele bestaande branders in te bouwen tegen betrekkelijk lage kosten (Verveer, 1996 en Arendse et al., 1997). Ook oppervlaktebranders voldoen, doch het regelbereik van deze branders is gering (Coenen, 1992). Ze zijn nog niet leverbaar.

Het verwarmingssysteem omvat ook expansievaten van voldoende omvang om wisseling van het watervolume bij wisselende watertemperaturen te kunnen opvangen. Expansievaten dienen te worden aangesloten op aanzuigleidingen om onderdruk waar mogelijk te voorkomen (Zwarts, 1993).

Ketelsteenafzetting op de vlampijpen in de ketel verlaagt het ketelrendement (5-8% per mm ketelsteen). Vul daarom het systeem slechts met Ca- en Mg-arm water of pas waterbehandeling toe (Duijsters, 1993 en Wilk, 1996).

Corrosie in het verwarmingssysteem ontstaat wanneer er O₂ in het systeem aanwezig blijft. Bij het (bij)vullen van het systeem komt er altijd O₂ mee, door goed ontluichten bij

hoge watertemperaturen kan dit grotendeels worden afgevoerd (Duijsters, 1993 en Zwarts 1995). De inbouw van een warmtebuffer in het systeem vergroot de waterinhoud sterk en kan de corrosie doen toenemen (Wilk, 1996). O₂ kan ook via diffusie in het systeem terechtkomen. Dit kan voorkomen als expansievaten met lucht op druk worden gebracht of als (grotere) oppervlakten kunststofslang in het systeem zijn gebruikt. Met waterbehandeling, toevoeging van O₂-bindende taninen, kan corrosie worden voorkomen.

Slibophoping in de ketel of in verwarmingspijpen leidt tot versterkte corrosie en tot verlies aan verwarmingscapaciteit. Vullen met oppervlaktewater en een doorgaande corrosie geven aanleiding tot slibvorming. Met deelfiltratie in de transportleiding kan het slib grotendeels worden afgevangen (Wilk, 1996).

Literatuuroverzicht

Arendzen, A.J., Dop, L.A. (onderzoek) 1997.

Schonere branders in beproeving. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 13 p 18-19.

Relevante conclusies/resultaten:

- *De NO_x-norm van maximaal 60 mg per m³ rookgas wordt met de normale low-NO_x branders meestal niet gehaald.*
- *Het gerealiseerde NO_x-gehalte is afhankelijk van de branderstand en de omvang van de vuurgang in de ketel.*
- *Met het door Gasunie-Research ontwikkelde nieuwe brandertype is de norm in geen enkele branderstand overschreden.*
- *Zie ook Verveer, 1996.*

Breuer, J.J.G. (onderzoek) 1987.

Jaarbelastingduurkromme en energiebesparing voor de Nederlandse glastuinbouw: een studie naar relevante invloeden. IMAG Wageningen NL 90 67 p.

Relevante conclusies/resultaten:

- *De maximale warmtevraag van het bedrijf is afhankelijk van de K-waarde van de kas en van de maximale verschillen tussen kas- en buitentemperatuur.*
- *Door toepassing van gevelisolatie en energiescherm is de maximale warmtevraag te verminderen.*
- *Het aantal uren met maximale warmtevraag is gering.*

Coenen, J.A.F. (energiebedrijf) 1992.

Naar minder NO_x bij gasgestookte ketelbranders: tuinbouw draagt steentje bij aan schonere rookgassen. Vakblad voor de Bloemisterij 14 p 56-59.

Relevante conclusies/resultaten:

- *Tot 1991 mochten rookgassen tot 174 mg NO_x/m³ bevatten, de maximum toelaatbare norm wordt 60 mg/m³. De rookgassen bevatten in de praktijk gemiddeld 120 mg NO_x/m³.*
- *Met twee-traps lucht of gastoevoer daalt het NO_x-gehalte, maar niet voldoende.*
- *Met rookgasrecirculatie is de norm van 60 mg/m³ wel te halen. De ketelcapaciteit daalt echter met 15% en de meerinvestering bedraagt 30-60%.*
- *Met volledige voormenging en verbranding in oppervlaktebranders is de norm redelijk te halen, afhankelijk van de belasting. Het regelbereik is echter gering.*

Domke, O. (voorlichting) 1991.

Kesselbau im Gartenbau: unbedingt auf qualifizierte Planung achten. Gartenbau und Gartenwelt, 47 p 2304-2306.

Relevante conclusies/resultaten:

- *Voor een snelle reactie van buistemperaturen in de kas is een aparte transportleiding met pomp nodig van ketelhuis naar de kassen, met kasaansluiting via een driewegklep.*
- *Keteltemperatuur en watertemperatuur in de transportleiding dient afhankelijk te zijn van de warmtevraag.*
- *Te grote verschillen in aanvoer- en retourtemperatuur kunnen leiden tot beschadiging, dit maakt een apart ketelcircuit nodig.*

- <i>Inzet van meerdere ketels per bedrijf biedt meer mogelijkheden tot afstemmen van de warmteproductie op de warmtevraag.</i> - <i>Er zijn zowel hoog- als laagwatertemperatuorketels beschikbaar (70-90 resp. 40-90°C). De laagwaardige bieden perspectief voor tuinbouwtoepassing omdat koude pijpen snel kunnen worden opgewarmd.</i> - <i>Pompafslag bij ontbreken van warmtevraag voorkomt ongewenste afkoeling van ketel en condensor.</i> - <i>Een ketelregeling, waarbij de keteltemperatuur, de temperatuur in de transportleiding en het toerental van pompen worden afgestemd op de warmtevraag, werkt energiebesparend.</i>
Duijsters, P. (Energiebedrijf) 1993. Stringente eisen stellen aan 'voedingswater'. Vakblad voor de Bloemisterij 10 p 48-51. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Ketelsteenafzetting (Ca- en Mg-zouten) op de vlampijpen kost 5-8% meer gas per mm ketelsteen.</i> - <i>Vullen met Ca-, Mg-arm water of water voorbehandelen, halfjaarlijks de ketelwatersamenstelling controleren.</i> - <i>Corrosie leidt tot verstoppingen, kleppen sluiten niet goed meer en er ontstaan koude plekken in de kas. Vul met Cl-vrij (bassin)water of pas voorbehandelingsmiddel toe, vooral bij aanwezigheid van aluminium pijpen.</i> - <i>Zonder O₂ wordt staal beschermd door een magnetiet laagje (Fe₃O₄). O₂ komt in het systeem door: a. bijvullen, b. diffusie door kunststofslangen en c. door luchtaanzuiging bij onderdruk via slecht sluitende aansluitingen en pakkingen.</i> - <i>Bij O₂-toestroom O₂-bindende bestanddelen (tanninen) toevoegen en deelstroomfiltratie toepassen om vuil af te vangen.</i> - <i>Combinatie van Cu en Fe in het systeem is vaak funest, houd pH > 9,8. Houd bij aanwezigheid van aluminium in het systeem de pH tussen 7 en 8,2.</i>
Flaherty, T.O., Cochrane, R. (onderzoek) 1975. Determination of glasshouse heat requirements from temperature en wind records. Acta Horticulturae 46 p 33-40. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Het warmteverlies (H) uit de kas kan worden berekend met de formule: $H = K\text{-waarde} \cdot (T_{bi} - T_{bu})$, Temp in °C. K-waarde = $(4.26 + 0.176 \text{ wind})$, wind in km/h.</i> - <i>Temperatuurvoordelen worden in Ierland / Engeland grotendeels gecompenseerd door nadeel van meer windsnelheid.</i>
Meijndert, J.B., Verveer, J.B. (onderzoek) 1973. Toepassing van aardgas voor verwarming en CO₂-toediening. PTG, informatiereeks nr 23 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Lineariteit bij terugregeling van modulerende branders is belangrijk, dit is grotendeels een kwestie van afstelling.</i> - <i>Onderdruk in de ketel bij kleinere vlamstanden is funest voor het verbrandingsproces. Teveel trek moet voorkomen worden, schoorsteenhoogten van 8 m is voldoende > 15 m ongewenst.</i> - <i>Volledige verbranding gecombineerd met een hoog CO₂-gehalte in de rookgassen is alleen met modulerende branders te realiseren (goede gas/luchtverhouding bij alle vlamstanden).</i> - <i>Rookgasafzuiging moet plaatsvinden met een gering ventilatorvermogen om vlambeïnvloeding (onderdruk) in de ketel te voorkomen. Voor rookgastransport naar de kas is een (tweede) groter ventilatorvermogen vereist (en bijmenging van buitenlucht). CO₂-gehalte rookgas dient > 7,5% te zijn om voldoende te kunnen transporteren.</i> - <i>Het onderhouden van 1000-1500 ppm CO₂ kost 5-8 m³ gas/1000 m².uur.</i> - <i>Etheenmeting is kostbaar, CO-meting als beveiliging voldoet ook goed. Voor momentcontrole zijn meetbuisjes beschikbaar.</i>
Nawrocki, K.R., Velden, N.J.A. van der (onderzoek) 1991. Gebruiksefficiënties aardgasgestookte ketels in de glastuinbouw; gissen is missen, meten is (z)weten. IMAG-DLO, nota 91-55 (intern verslag) <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Het gasverbruik van de ketel per week is vrijwel lineair gerelateerd aan de door de ketel geleverde warmte.</i>

- <i>Er is een constant gasverbruik van de ketel voor het op temperatuur houden van de ketel, waarvan de hoeveelheid bepaald wordt door de omvang van de ketel, de dikte van de ketelisolatie en de temperatuur van het expansievat.</i> - <i>De ketelcapaciteit bedraagt ca. 6 Watt/m². °C (= ca. 240 W/m²).</i> - <i>Het ketelrendement bedraagt 90-93,4% afhankelijk van de ketelisolatie en kan verhoogd worden door toepassing van condensors.</i> - <i>Het ketelrendement neemt af wanneer een deel van de warmte (basislast) wordt geleverd door andere warmtebronnen, met name bij minder geïsoleerde ketels.</i>
Ogink, R. (Energiebedrijf) 1997. Nederland voorop in low NO_x-ventilatorbranders. Lucht nr 1 maart 1997. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>De Winnox brander is een vortexbrander met optimale voormenging van lucht en gas en een ringvormige turbulentie zorgt voor een gedeeltelijke recirculatie van rookgassen. De vlam is klein en heeft een zeer homogene, lage temperatuur.</i> - <i>In een keervlamkast worden nog lagere NO_x-gehalten gerealiseerd dan in een doorgaande vuurhaard, 60 resp. 70 mg/m³.</i> - <i>Een vernieuwde nozzel-mix-brander (Retro-fit-systeem) injecteert gas op diverse plaatsen in een turbulente luchtstroom. De vlam is zeer stabiel en laag in temperatuur door interne rookgasrecirculatie. NO_x < 70 mg/m³.</i> - <i>De keramische schuimbrander heeft in potentie nog betere mogelijkheden maar dient verder ontwikkeld te worden voordat tuinbouwtoepassing interessant wordt.</i>
Rijssel, E. van (onderzoek) 1993. Stoken met voorbedachten rade; verslag van een onderzoek naar de oorzaken van verschillen in brandstofverbruik bij de teelt van vroege stooktomaten. LEI-Den Haag, onderzoekverslag nr 3. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>De K-waarde van de kas wordt bepaald door hoeveelheid extra verwarming aan de gevels (en door het toepassen van schermen). Gemiddelde K-waarde zonder scherm is 6,13 W/m². °C.</i> - <i>Het extra gasverbruik bij hogere windsnelheden is sterk afhankelijk van de ligging (beschutting) van het bedrijf.</i> - <i>De streef temperatuur varieert ca. 1,5°C tussen de bedrijven, evenals de maximaal toegelaten buistemperatuur (rv-behoud).</i>
Stouthart, F.J. (onderzoek, TNO) 1997. Modulerende pomp bespaart elektriciteit. TVVL Magazine, vol 26(11) p 42-45 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Tweetoerenpomp op glastuinbouwbedrijven bespaart ca. 65% op elektriciteit ten opzichte van de pomp met constant toerental.</i> - <i>Een modulerende pomp bespaart nog eens 7,3% elektriciteit</i>
Stijger, H. 1998. Ecron 2000 is energiezuinige vervanger voor drietreksketel. Groenten en Fruit, vakdeel Glas-groenten 2 p16-19. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>De 'Ecron' is een nieuw ontwikkeld keteltype van CRONE, bestaande uit twee geschakelde componenten, een vuurgang en een warmte-overdrachtsdeel.</i> - <i>De waterinhoud van de ketel is gering en het water doorloopt de ketel via het tegenstroom-principe, waarbij de inkomende watertemperatuur geen minimum kent. De ketel heeft als het ware een ingebouwde condensor.</i> - <i>De rookgassen hebben een lager NO_x-gehalte dan de normale drietrapsketels.</i>
Tantau, H.J. (onderzoek) 1983. Heizungsanlagen im Gartenbau, Handbuch des Erwerbsgärtners. Stuttgart, Ulmer Verlag, ISBN 3-8001-5123-5, 250 p <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Algemene beschrijving verwarmingssystemen in de glastuinbouw met veel illustraties.</i>

Vegter, B. (vakredacteur) 1999.

Kebus nieuwste ontwikkeling in energiebeheer. Vakblad voor de Bloemisterij 35 p 46-47

Relevante conclusies/resultaten:

- *Afvlakken van pieken in gasverbruik door warmtelevering uit de buffer.*
- *Kebuspaneel wordt op afstand door Westland Energie Services bediend.*
- *Vermindert ketelafslag en levert daardoor meer CO₂.*

Vegter, B. (vakredacteur) 2000.

'Vos' brandt dag en nacht op constant niveau. Vakblad voor de Bloemisterij 5 p 34-36

Relevante conclusies/resultaten:

- *Verticaal opslagsysteem over een verwarmingsbron heen gebouwd voor een constant branderniveau.*
- *Brander capaciteit kan tot 60% van normaal worden teruggebracht.*
- *Branderstand anticipeert op meerdaagse weersvoorspelling.*
- *Condensor is eenvoudiger en met meer rendement te installeren.*

Verveer, J. (Energiebedrijf) 1991.

Corrosie verkort technische levensduur leidingen en ketels. Vakblad voor de Bloemisterij 16 p 56-57.

Relevante conclusies/resultaten:

- *In water van 20°C zit 1,8% lucht opgelost (18 l/1000 l water), bij 90°C nog maar 0,4%. Goede ontluchting is daarom nodig om bij opwarming gasbellen weg te vangen. Er zijn zeer goed functionerende, automatische ontluuchters.*
- *Aan de aanzuigzijde van pompen kan onderdruk ontstaan waardoor lucht in het systeem gezogen kan worden via slecht sluitende aansluitingen en pakkingen. Sluit expansie- en drukvaten aan op de aanzuigleidingen om onderdruk te voorkomen.*
- *Via diffusie in kunststofslangen en aanzuiging kan lucht (O₂) het systeem binnendringen. Controleer het systeemwater op O₂-gehalte en gasontwikkeling.*

Verveer, J. (Energiebedrijf) 1996.

Nieuwe techniek geeft minder NO_x in rook. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 3 p 7.

Universele voorzetbrander kan NO_x-uitstoot halveren. Vakblad voor de Bloemisterij 3 p 59

Relevante conclusies/resultaten:

- *NO_x-vorming vindt plaats bij temperaturen boven 1700°C.*
- *Getrapte verbranding reduceert de NO_x-vorming reeds tot 50%.*
- *Het retrofit-systeem in de door de Gasunie-Research ontwikkelde brander is in vrijwel alle branders toepasbaar en kost f. 6000,- tot f. 9000,-.*

Wilk, G. van der 1996.

Slecht water funest voor ketel. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 3 p 33.

Relevante conclusies/resultaten

- *De toepassing van warmtebuffers e.d. vergroot de waterinhoud van verwarmingssystemen en daarmee de kans op vervuiling en corrosie van het systeem.*
- *Gebruik om ketelsteenafzetting te voorkomen kalkarm of behandeld water om het systeem te vullen.*
- *Pas deelfiltratie toe om slibophoping (magnetiet en laskorrels) in het systeem te voorkomen.*
- *Zorg voor een O₂-dichte installatie.*

Zwarts, G. (voorlichting) 1993.

Ketel is niet van steen. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 23 p 19

Telers moeten minder slordig met ketels omspringen: tips om gebruik te verbeteren. Vakblad voor de Bloemisterij 14 p 43

Relevante conclusies/resultaten:

- *Het verwarmingscircuit bevat soms O₂ door: a. het gebruik van open expansievaten, b. het op druk brengen van het expansivat met lucht in plaats van met stikstofgas, c. het aanzuigen van lucht via niet goed vastgedraaide slangaansluitingen, en dit leidt tot corrosie.*
- *Vullen van het systeem met oppervlaktewater kan leiden tot slibvorming waardoor de onderste pijpen in de ketel worden afgedekt.*
- *De keteltemperatuur daalt soms tot <65°C en dat leidt tot condensatie en corrosie in de ketel.*
- *Veelvuldige wisseling in keteltemperatuur tussen 65 en 95°C kost veel energie.*

Zwarts, G. (voorlichting) 1995.

De ketel en de buren. Vakblad voor de Bloemisterij 14, p 49 ; Herrie van ketel is goed te beperken. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 11 p 6-7

Relevante conclusies/resultaten:

- *Volgens de hinderwet mag het geluid op de erfgrans de 40 dB en in de eigen kantine of kantoorruimtes de 50 dB niet overschrijden.*
- *Toepassing van stenen wanden en een zwaar dek bij de bouw van ketelhuizen dempt de geluidssterkte van ketels.*
- *Het geluid van de branderventilator kan gedempt worden met een trommel voor de aanzuigopening.*
- *Het geluid van de brander kan gedempt worden door plaatsing van een absorptie- of een coulissendemper in het rookkanaal. Een laagtoerige brander is reeds geruislozer.*
- *Een geluidsmeting is nodig voor het nemen van de juiste maatregelen.*

4.2.2 Voorlichtingsboodschap 'Warmte/Krachtinstallaties'

E. van Rijssel (PBG), M.G. Telle (IMAG-DLO), P. van Marion (Westland Energie Services BV)

Betekenis van W/K-installaties voor de praktijk

Op 1 januari 1996 stond er in de glastuinbouw totaal een W/K-capaciteit van 671 MW_e opgesteld. Hiervan was 302 MW_e in beheer van telers en 369 MW_e bij nutsbedrijven (een toename van 69 MW_e (10%) ten opzichte van 1995).

De W/K-installatie als besparingsoptie geniet bij tuinders een grote populariteit. Het gas voor W/K-installaties is goedkoper dan gas voor verwarmingsketels. Bedrijven die assimilatiebelichting toepassen gebruiken zowel de opgewekte elektriciteit als de koelwarmte en besparen daarmee op de verwarmingskosten. Grotere bedrijven, zowel met als zonder assimilatiebelichting, profiteren van de korting op warmte- en eventueel elektralevering die de nutsbedrijven aanbieden. Het gebruik van W/K-installaties wordt gezien als een zeer belangrijke optie om het gasverbruik binnen de glastuinbouw in absolute zin terug te dringen.

Gebruik van CO₂ uit W/K-installaties is in potentie nu reeds mogelijk door het gebruik van rookgasreinigers. Het reinigingsprincipe is nog steeds in ontwikkeling waardoor de rookgassen schoner en het doseren van CO₂ uit W/K-installaties veiliger wordt.

Er wordt gewerkt aan de ontwikkeling van kleine gasturbines en brandstofcellen voor elektriciteitsopwekking waardoor de rookgassen schoner zullen worden.

De opmars van W/K in de tuinbouw is momenteel vertraagd door overcapaciteit bij de stroomopwekking. De nutsbedrijven hebben zich sinds 1995 met W/K-plaatsing contractueel gebonden aan een limiet. In de contracten is tevens de wijze van afrekening tussen nutsbedrijven en de SEP herzien, waardoor w/k plaatsing door nutsbedrijven minder voordelig werd. Op dit moment komen er vrijwel geen W/K-installaties meer bij.

Door de aankomende liberalisatie van de energievoorziening zullen de aansluitkosten, de energieprijzen en de opbouw ervan wijzigen. Naar verwachting gaat de gasprijs voor glastuinbouwbedrijven omhoog. Dit kan het voordeel van het gebruik van W/K-warmte volledig tenietgaan doen.

Doel

De tuinbouwondernemer maakt gebruik van W/K-installaties vanwege een lagere prijs voor de gecombineerde afname van elektriciteit en warmte, of door de lagere prijs bij warmte-inkoop van de nutsbedrijven.

De energieleverancier past W/K toe om een gunstiger inkoopstructuur te realiseren. Met de geplaatste installaties worden de pieken in de afname verlaagd (peak-shaving). De energieleverancier geeft een deel van het voordeel door aan de teler.

Conclusies onderzoek

- Het gebruik van rest- en afvalwarmte, koelwarmte van groot- en kleinschalige W/k-installaties, levert een brandstofbesparing tot ca. 75% ten opzichte van gescheiden opwekking van elektriciteit en warmte. Bij opwekking van het eigen stroomverbruik, op bedrijven met assimilatiebelichting, is de besparing ca. 17%.
- De bedrijfstijd van W/K-installaties die op warmtevraag draaien hangt sterk af van de teelt. De inzet varieert van 4000 tot 6000 uur per jaar.
- Toepassing van een warmtebuffer zal de bedrijfstijd met ca. 500 uur verhogen. Een buffer zal tevens het pendelen (voortdurend aan- en uitschakelen) terugbrengen van ca. 2700 tot <1000 keer per jaar en het aantal deellast-uren beperken. De economisch optimale buffergrootte is 50-100 m³/ha en is voor het gemiddelde glastuinbouwbedrijf zeker rendabel.
- Het gebruik van rookgassen uit de ketel voor CO₂-dosering leidt tot een vermindering van het aantal draaiuren van de W/K tot ca. 2500 uur. Gebruik van CO₂ uit W/K-installaties wordt, met gebruik van rookgasreinigers, steeds meer toegepast. Rookgasreiniging is vrijwel uit het experimentele stadium en de prijs voor kleine reinigingsinstallaties is onlangs verlaagd. Verzekeren voor gewasschade blijft ook bij het doseren van gereinigde rookgassen uit W/K-installaties mogelijk.
- De verkregen korting op verwarmingskosten bij plaatsing van de installatie door de energieleverancier varieert van energieleverancier tot energieleverancier door grote verschillen in contractopbouw. Bij berekening van de geleverde warmte vanuit het gasverbruik of de opgewekte stroom van de W/K is de korting sterk afhankelijk van de gekozen uitgangspunten. Meting van de geleverde warmte (55% van de bedrijven) voorkomt problemen. De rekening over de afgenomen warmte is in ruim 40% van de gevallen onduidelijk, over de gevolgen van meet- of rekenfouten en over geleden schade zijn de contracten vaak niet duidelijk.
- Tuinders blijken onvoldoende inzicht in de economische voor- en nadelen van rookgasreiniging te hebben. Achteraf berekenen van de voordelen gebeurt niet en dat leidt tot grote onzekerheid over het behaalde voordeel.
- Bij toepassing van een WK in combinatie met assimilatiebelichting is het behaalde thermisch rendement sterk afhankelijk van de aanwezige belichtingsintensiteit en het aantal uren dat belicht wordt.

Advies omtrent warmte/kracht, doelgroep telers

- Laat bij aanschaf van assimilatiebelichting tevens een offerte maken voor plaatsing van een W/K-installatie. Vraag ook offerte voor aansluiting op het openbare net. Laat een berekening uitvoeren over het economisch rendement van beide opties, met alternatieven voor een hogere of lagere belichtingsintensiteit en meer of minder belichtingsuren.
- Ga bij gebruik van een eigen W/K-installatie de mogelijkheid na voor warmtelevering aan collega-telers.
- Voor grote bedrijven met veel warmtevraag is aanvraag van een W/K-installatie bij de energieleverancier wellicht zinvol.
- Bij aanvraag van een offerte moeten de volgende punten in de uitwerking worden betrokken:
 - Elektrisch vermogen en warmtevraag;

- Te verwachten aantal draaiuren
- Tarieven van aardgas, elektriciteit en terugleververgoedingen
- Investeringskosten en exploitatiekosten inclusief besparing gas gebruik van de verwarmingsketel
- Subsidie
- Inzet van een warmtebuffer en een condensor
- Inzet van rookgascondensator
- Aankoop van stroom en/of warmte aan derden
- Bekijk ook het alternatief van plaatsing van een W/K-installatie door derden met aankoop van stroom en/of warmte
- Wissel de contractvoorwaarden onderling af en bezie of herziening van het contractering en mogelijkheden

Theoretische achtergrond

Bij de opwekking van elektriciteit komt ook warmte vrij. Aangezien elektriciteit een product is met een hogere prijs dan warmte, wordt de vrijkomende warmte als een rest- of afvalproduct beschouwd. Het gecombineerd benutten van elektriciteit en warmte via warmte/krachtinstallaties is, uit oogpunt van een efficiënt gebruik van energie, veruit te verkiezen boven het gescheiden opwekken van elektriciteit en warmte. Het transport van warmte kent meer beperkingen dan het transport van stroom, vandaar dat veel W/K-installaties op warmtebehoefte glastuinbouwbedrijven worden geplaatst.

Gebruik restwarmte bij elektriciteitsproductie

In de glastuinbouw bestaat een W/K-installatie uit een tot één geheel samengebouwd systeem van een aardgasmotor, een draaistroomgenerator voor de opwekking van elektriciteit en hulpapparatuur. In dit systeem ontstaat warmte als bruikbaar restproduct. De installatie wordt waterzijdig aangesloten op het verwarmingssysteem van de kas en elektrisch op het elektrisch net. Het nuttig totaalrendement kan oplopen tot 85%, elektrisch ca. 35% en thermisch tot ca. 50% (Verhoeven 1995, Verveer 1995). De plaatsing van een antigeluidssysteem, een meerinvestering ten opzichte van een demper van ca. f. 5.000,-, beperkt de tegendruk in de uitlaat. Dit leidt tot een energiebesparing van 3% en verminderde slijtage (Vegter, 1998).

Om het elektrisch rendement op te kunnen voeren wordt gewerkt aan de ontwikkeling van kleine gasturbines en aan brandstofcellen. Neveneffect van deze ontwikkeling is dat deze installaties minder vervuilde rookgassen produceren (Eeuwes 1998).

Een elektriciteitscentrale haalt een elektrisch rendement van hoogstens 55% en, omdat de restwarmte meestal niet wordt benut, is dit tevens het totale rendement (Verveer 1995). Bij nieuwbouw van productiecapaciteit worden centrales zo mogelijk bij glastuinbouwcentra gebouwd of er wordt een nieuw glastuinbouwgebied in de directe omgeving gecreëerd. Soms wordt de opwekkingscapaciteit gerelateerd aan de warmtevraag in het gebied (STEG eenheden).

Optimaliseren van W/K-toepassing

Het aantal draaiuren van de W/K-warmte kan worden opgevoerd door plaatsing van een warmteopslagtank. De warmtelevering van de W/K neemt ook toe door aansluiting op een rookgascondensor.

Plaatsing van een warmteopslagtank, gecombineerd met een computergestuurde afstemming van W/K en ketel, dringt ook het aantal starts/stops terug van 2500 tot <1000 per jaar (Huijs 1995).

Door CO₂-dosering met gereinigde W/K-rookgassen kan het aantal draaiuren van de W/K-installatie met maximaal 2500 uur worden verhoogd, afhankelijk van de gedoseerde CO₂-hoeveelheid (Nunnink 1995). Hiervoor moet de W/K wel netparallel geschakeld worden en kan dus niet meer in eilandpositie functioneren!

Gebruik CO₂ uit de rookgassen van de W/K

In de uitlaatgassen van W/K-installaties bevinden zich, naast het bruikbare CO₂, schadelijke verbindingen als stikstofoxiden (NO_x) en koolwaterstofverbindingen (C_xH_y) als gevolg van de explosieve verbranding van aardgas. Om CO₂ uit rookgassen van W/K-installaties te kunnen doseren zijn reinigingsinstallaties beschikbaar die de uitlaatgassen zuiveren van NO_x en C_xH_y. Het reinigingsprincipe bestaat meestal uit het injecteren van ureum in de rookgassen in combinatie met een oxidatiekatalysator. Dit verlaagt het NO_x-gehalte tot 20 ppm. Het plaatsen van een driewegkatalysator komt minder vaak voor. De reinigingsprincipes en controlemogelijkheden zijn inmiddels zo ver ontwikkeld dat gewasschade inmiddels weer verzekeraar is (Vegter 1998). De resultaten blijken toch weer tegen te vallen zodat de Hagelunie nu niet meer zo enthousiast is.

Onderscheid tuinbouwbedrijven met W/K in bedrijfstypen

Tuinbouwbedrijven zijn in te delen in 'warmtebedrijven' en 'belichtingsbedrijven' (Verveer, 1995). Warmtebedrijven hebben een normale warmtevraag en een geringe elektriciteitsvraag. De W/K-installatie is verbonden met het openbare net en de geproduceerde elektriciteit wordt (deels) door het energiebedrijf afgenomen. Belichtingsbedrijven hebben een normale warmtevraag en een hoge elektriciteitsvraag vanwege assimilatiebelichting. Als alle geproduceerde elektriciteit op het bedrijf zelf wordt gebruikt heet dit een eilandbedrijf.

Op warmtebedrijven wordt de installatie gedimensioneerd op de warmtevraag van het bedrijf. Omdat het eigen verbruik aan elektriciteit hier relatief gering is, vindt teruglevering plaats aan de energieleverancier. De energiebesparing die wordt gerealiseerd bedraagt gemiddeld 22%. De leveringsvoorwaarden hebben te maken met het beheer over de installatie. Ligt het beheer bij de energieleverancier, de nutsopdrachtgever, dan wordt de elektriciteit door de energieleverancier afgenomen en wordt de warmte geleverd aan het glastuinbouwbedrijf via een warmteleveringscontract. De financiële aantrekkelijkheid van warmtelevering door de energieleverancier hangt nauw samen met de opbouw van het contract (Verhoeven et al., 1996). Indien de W/K-installatie in eigen beheer wordt gehouden, gekoppeld aan het net, dan verloopt de teruglevering van elektriciteit aan de energieleverancier via duidelijke vooraf gemaakte afspraken. Op termijn (1-1-2002) wordt de tuinder energieproducent, hij heeft dan zelf zorg te dragen voor de verkoop van zijn product (= elektriciteit).

Op de belichtingsbedrijven wordt de installatie gedimensioneerd op de vraag naar elektriciteit. De warmte en de elektriciteit worden op het eigen bedrijf benut en de gerealiseerde energiebesparing bedraagt gemiddeld 17% (Huijs, 1995). Het warmteoverschot dat ontstaat is sterk afhankelijk van het opgestelde W/K-vermogen in kW/ha en van het aantal draaiuren overdag (Van Rijssel, 1995). Bij een groot warmteoverschot kan gezien worden of er warmte kan worden geleverd aan nabij gelegen glastuinbouwbedrijven, om de W/K-toepassing meer rendabel te maken. Op de bedrijven is W/K-toepassing als eilandbedrijf in eigen beheer vaak interessant vanwege de besparing op aansluitkosten op het net. Ook vereist teruglevering van elektriciteit aan het openbare net extra hulpapparatuur bij de W/K-installatie. De economische aantrekkelijkheid van teruglevering is verminderd na herziening van de leveringscontracten tussen nutsbedrijven en de SEP na 1995 (Vegter 1995).

Literatuuroverzicht:

Dijck, P van. (energiebedr.) 1998. Biologische rookgasreiniger: wereldprimeur in Friesland op verzoek van NUON. Oogst 17 p 41 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Door besproeiing worden de rookgassen gereinigd.</i> - <i>De sproeivloeistof wordt in een vat met bacteriën gereinigd, de bacteriepopulatie moet zich wel voldoende hebben ontwikkeld.</i> - <i>Nog in beproeving.</i>
Eeuwes, T.M. (voorlichting) 1994. Warmte-Kracht heeft smeerolie nodig. Groente en Fruit, vakdeel Glasgroente 31 p 16-17 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Cultuurverschil tussen nutsbedrijven en telers bij W/K-projecten, teler verwacht maatwerk en nutsbedrijf wil standaard. Nutsbedrijven dicteren de contracten, de schaderegelingen enz.</i> - <i>Beleid nutsbedrijven niet uniform, grote verscheidenheid in contracten, financiële vergoedingen en technische uitvoeringseisen.</i> - <i>Telers moeten een blok gaan vormen om maatwerk uniformering in leveringscontracten af te dwingen.</i> - <i>Om het aantal starts en stops terug te dringen is een warmtetoeverregeling nodig en plaatsing van een warmte-opslag.</i> - <i>Berekening van de warmte-afname via verbruikt aardgas of opgewekte stroom is onnauwkeurig, vervangen door warmte-meting.</i>
Eeuwes, T.M. (voorlichting) 1998. Clustering motor achter nieuwe energievoorziening. Vakblad voor de Bloemisterij 43 p 64-65 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>De ontwikkeling van (kleine) gasturbines als W/K-installaties zal leiden tot schonere rookgassen. Er wordt gewerkt aan nog schonere turbines.</i> - <i>De ontwikkeling van brandstofcellen levert een schone verbranding.</i>
Huijs, J.P.G., Zwart, H.F. de (onderzoek) 1995. Energie-effecten bij inzet WKK in eiland- en parallelbedrijf in kassen. IMAG-DLO, rapp. 95-4, 51 p <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Bij inzet van een WKK van 66W/m² met ca. 5000 bedrijfsuren (200 kWh/m²) stijgt het gasverbruik met 43%.</i> - <i>De energiebesparing bedroeg 17 (eiland) tot 22% (parallel).</i> - <i>Het aantal start/stops kan van 2700 door een goede regeling en een warmteopslag van 60 m³/ha worden teruggebracht tot < 1000. Bij een buffer van 220 m³/ha tot ca. 650. Optimale buffer is 47 m³/ha met een besparing van 5,7 m³/m².</i>
Kreij, R. de (vakredacteur) 1998. Warmteoverschot tuinders: sector luidt noodklok over gevolgen nieuwe elektriciteitswet. Oogst-tuinbouw, 14 p 34-35 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Grote onzekerheid over de aansluitkosten en prijs van elektriciteit bij liberalisatie. Er worden eerder hogere dan lagere prijzen verwacht.</i> - <i>Weinig ruimte voor plaatsing WK door nutsbedrijven door contract met SEP.</i> - <i>Grote kans op sterke uitbreiding eigen W/K-installaties door telers.</i>
Neijenhuis, J. (teler) 1994. Energie: Teler moet warmtecontract weigeren. Groente en Fruit, vakdeel Glasgroenten 22 p 10-11 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Glastuinbouw financiert de subsidiëring van WK grotendeels zelf via de voorheffing van 0,7 ct/m³.</i> - <i>Het individuele financiële voordeel van W/K-toepassing is onduidelijk en hooguit klein.</i> - <i>Extra voorzieningen als W-opslag, condensor en rookgasreiniging moet de teler zelf financieren.</i>
Nunink, E. (vakredacteur) 1996. Sector mag warmte-kracht niet laten schieten. Groente en Fruit, vakdeel Glasgroenten 13 p 6-7

<i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - Door contract is de installatie van WK door distributiebedrijven beperkt tot 1,75% per jaar van de opwekkingscapaciteit bij de SEP. Hierdoor wordt nieuwe plaatsing sterk beperkt. - Door rookgasreiniging kan het aantal draaiuren van de WK worden opgevoerd van 3500 naar 6200 uur/jaar. - Beveiliging bij CO₂-dosering is noodzakelijk om een doorbraak voor rookgasreiniging te bereiken, gewasschade moet weer verzekeraar worden. - W/K-toepassing wordt gestimuleerd door subsidieregelingen (vraag bij min. EZ) en een verlaagde gasprijs (2,5 ct/m³ bij een aparte meter).
Persoon, J. (vakredacteur) 1994. Super WK's stomen op. Vakblad voor de Bloemisterij 43 p 26-29 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - Grootschalige WK toepassing (STEG-eenheden) heeft milieuvoordelen. Distributienet kost ca. 150.000/ha. - Amercentrale dekt 81% van de warmtebehoefte bij glastelers, voordeel f. 1,50/m². De CO₂-behoefte wordt daarbij met zuivere CO₂ gedekt. - W/K-installaties op het eigen bedrijf zijn economisch aantrekkelijker.
Rijssel, E. van, Vogelesang, J., Leeuwen, G. van (onderzoek) 1996. Optimaal belichten. PBG-rapport 8 36p <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - Sturing van de W/K op de lichtbehoefte van het gewas leidt vrijwel altijd tot warmteoverschot situaties. - De grootte van het warmteoverschot is sterk afhankelijk van de capaciteit van de WK (kW/ha) en van het gewenste aantal uren belichting overdag.
Vegter, B. (vakredacteur) 1995. De grote energiebespaarder heeft last van groeiremmers. Vakblad voor de Bloemisterij 35 p 42-43 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - Overcapaciteit bij de stroomopwekking heeft ertoe geleid dat projecten > 2MW naar de koelkast zijn verhuisd. - De gewijzigde inkoopprocedure per 1/1/95 voor de nutsbedrijven heeft ertoe geleid dat vermijden van pieken minder oplevert. Wellicht wordt het per 1/1/96 nog minder lucratief. Installatie van W/K-eenheden wordt daardoor minder interessant. - Narekenen van voordeel van warmte-inkoop door telers gebeurt niet, dit leidt tot onzekerheid over het te behalen voordeel.
Vegter, B. (vakredacteur) 1998. Rookgasreiniger veroverd belangrijke plaats in WK [Warmte/kracht] hok. Vakblad voor de Bloemisterij 43 p 56-58 <i>Relevante conclusies/resultaten</i> - De meeste rookgasreinigers werken op basis van ureumkatalyse, dit reinigt tot 20 ppm NO_x. De driewegkatalysator komt minder voor. - De problemen zijn grotendeels opgelost en gewasschade is weer verzekeraar. - De prijs voor kleinere installaties is onlangs verlaagd tot f. 100.000,-. - Er zijn er reeds meer dan 200 geplaatst, nu ook in groenteteelt door nutsbedrijven. - Het beschikbare antigeluidsysteem (ca. f. 5.000 extra) biedt door vermindering van de tegendruk mogelijkheden voor energiebesparing (3%) en verlengde levensduur.
Velden, N. van der Sluis, B. van der (onderzoek) 1995. Energie-efficiëncy in de glastuinbouw stagneert. Vakblad voor de Bloemisterij 7, p 32-34 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - De terugloop van het gasverbruik per eenheid product stagneert sinds 1984, de CO₂-uitstoot vanuit de glastuinbouw loopt op. - Gebruik rest- en afvalwarmte levert doorbraak, 70-80% brandstofbesparing.
Verhoeven, A.T.M., Kempkes, F.L., Velden, N.J.A. van der (onderzoek) 1995. Warmte/Kracht – installaties in de glastuinbouw: gebruiksrendementen en dekkingsgraden. LEI-DLO, rapport 4.137 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - Het totaal gebruiksrendement W/K van 86% varieert van 79-93%, het gemiddelde elektrisch

rendement van 33% varieert van 28-36% en het gemiddelde thermisch rendement van 53% varieert van 47-60%. - De variatie in elektrisch rendement zit in de motoreigenschappen (grootte) en in het gebruik van de WK in deellast. - De oorzaak van een sterk wisselend thermisch rendement zit in condensorgebruik. - De dekkingsgraad van 35% varieert van 11-66%, met de grootte van de W/K. - De toepassing van warmteopslag leidt tot minder starts/stops en een hogere dekkingsgraad. - Het gebruik van CO₂ uit de ketel verlaagt de dekkingsgraad, bij gebruik van 14 m³/m² met ca. 3%, bij max. gebruik van 28 m³/m² met 13%
Verhoeven, A.T.M., Kempkes, F.L., Velden, N.J.A. van der (onderzoek) 1995. Grote verschillen in energiebesparing 'nuts-WK's'. Vakblad voor de Bloemisterij 14 p 52-53 <i>Relevant conclusies/resultaten:</i> - Zie Verhoeven 1995.
Verhoeven, A.T.M., Velden, N.J.A. van der, Verhaegh, A.P. (onderzoek) 1996. Levering van warmte aan glastuinbouwbedrijven. warmte/kracht-contracten en bedrijfseconomische aspecten. LEI-DLO Den Haag, Mededeling 563, 90 p. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - Bij plaatsing W/K-installatie door nutsbedrijf was de tariefstelling 18x verschillend op 40 bedrijven. Veelal komen wel dezelfde elementen voor, doch de inhoud verschilt. - Het economisch voordeel van warmte-inkoop is afhankelijk van de bedrijfssituatie. - De vergoeding voor grondgebruik en aansluitkosten WK is soms buiten het contract om geregeld. De vergoeding voor warmteopslag, condensor en of rookgasreiniging is beperkt. Als de vergoeding al in het contract is opgenomen dan wordt niet alles geregeld en verschilt de vergoeding per aansluiting. - De warmtelevering wordt in 55% gemeten, bij de overigen wordt het berekend vanuit het gasverbruik of geproduceerde stroom. Gevolgen van meet- of rekenfouten worden niet in het contract geregeld. - De aansprakelijkheid voor schade wordt wel geregeld, doch verschillend en niet altijd sluitend. - 43% van de afrekeningen zijn onduidelijk door ontbreken van meterstanden of afwijkingen ten opzichte van het contract. - Het berekend economisch resultaat warmte-inkoop is afhankelijk van het behaalde ketel- en W/K-rendement en van de gerealiseerde draaiuren W/K. - Gebruik van een condensor op de ketel verkleint het voordeel, gebruik op de W/K vergroot het voordeel. - Bij berekening van de geleverde warmte is het resultaat sterk afhankelijk van het gerealiseerde elektrisch en thermisch rendement van de W/K. - De spreiding in rendement van warmte-inkoop loopt van licht negatief tot f 3.-/m².
Verhoeven, A.T.M., Velden, N.J.A. van der, Verhaegh, A.P. (onderzoek) 1996. Variatie in contracten warmtekracht. Groente en Fruit, vakdeel Glasgroente 24 p 22-23. Financieel voordeel W/K afhankelijk van contract. Vakblad voor de Bloemisterij 23 p 54-55 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - Zie Verhoeven 1996.
Verveer, J.B. (energiebedrijf) 1995. Handboek Verwarming. Energiebedrijf Westland N.V. Misset Uitgeverij bv.

4.2.3 Voorlichtingsboodschap 'Duurzame energiebronnen'

E. van Rijssel (PBG), P. van Marion (Westland Energie Services)

Betekenis van duurzame energiebronnen voor de praktijk

Onder het begrip duurzame energie valt het gebruik van zonne- en windenergie alsook het gebruik van geothermische warmte. De directe winning en benutting van zonne-energie is voor tuinbouwbedrijven economisch niet interessant. De plaatsing van

solitaire windmolens wordt door de politiek als ongewenst aangemerkt. Een windmolenpark bij nieuwe vestigingsgebieden lijkt politiek wel haalbaar.

Energiewinning uit biomassa, de kortetermijn-opslag van zonne-energie, wordt ook gezien als een duurzame energiebron. Het kan hier gaan om de volledige productie van energieteelten alsook om restproducten uit reguliere teelten, zoals stro, afvalhout en bermgras. Er is reeds ervaring opgedaan in de glastuinbouw. Ook de energiewinning uit rest- en afvalstoffen, zoals de winning van biogas uit mest, stortgas uit vuilstortplaatsen en het winnen van houtgas, valt onder het gebruik van duurzame energiebronnen. Er zijn enkele demoprojecten in de glastuinbouw.

De winning van laagwaardige (zonne)warmte uit lucht of water met behulp van een warmtepomp wordt eveneens gerekend tot het gebruik van duurzame energie, ondanks het feit dat er fossiele energie benodigd is om deze energiebron voor het verwarmen van kassen nuttig te gebruiken. Deze vorm is toepasbaar op het overgrote deel van de tuinbouwbedrijven en er is de nodige ervaring opgedaan.

Het gebruik van rest- en afvalwarmte wordt soms wel en soms niet tot de duurzame energiebronnen gerekend. In deze voorlichtingsboodschap wordt deze vorm van energiewinning niet meegenomen.

Door een groot aantal partijen uit de glastuinbouw is toegezegd (Convenant Glastuinbouw en Milieu) dat gestreefd wordt naar een aandeel van 4% duurzame energie in het energieverbruik van de sector in het jaar 2010.

Waterkracht- en getijde-energie zijn vormen van duurzame energie die in Nederland vrijwel niet toepasbaar zijn. De hoogteverschillen in het landschap en de verschillen in waterhoogte bij eb en vloed zijn te gering.

Laatste ontwikkelingen

De invoering van het nieuwe tariefstelsel voor gasprijzen zal een nadelige invloed hebben op alle "basislast" warmtebronnen. Het resterende gas dat nog nodig is voor verwarming (alleen nog de pieken) wordt namelijk erg duur.

Doel van het gebruik van duurzame energiebronnen

Het gebruik van duurzame energiebronnen is bedoeld om verdere verhoging van het CO₂-gehalte in de atmosfeer tegen te gaan. Tevens wordt door gebruik van duurzame energie het verbruik van (eindige) fossiele energie beperkt.

Conclusies onderzoek

- Het direct winnen en benutten van zonne-energie op glastuinbouwbedrijven is economisch niet aantrekkelijk. Het vergt een hoge investering en veel ruimte waarbij vraag en aanbod niet op elkaar zijn afgestemd.
- De mogelijkheden van toepassing van windenergie stuit op planologische problemen (plaatsingsvergunning) en op aansluitingsproblemen, de in de buurt aanwezige kabels zijn vaak niet voldoende zwaar. Inpassing van één of meer windmolenparken in nieuwe vestigingsgebieden biedt meer mogelijkheden.
- De door de agrarische sector opgewekte elektriciteit uit windenergie wordt vrijwel geheel geleverd aan het net als 'groene stroom' en draagt daarmee niet bij aan de benutting door de sector van duurzame energie. Het gedeeltelijk benutten ervan voor eigen gebruik stuit op bezwaren van de nutsbedrijven en op grote extra investeringen.
- De winning van aardwarmte wordt pas interessant bij hoge gasprijzen van meer dan 35 ct/m³, 60% van de kassen kan worden aangesloten. Eén bron is voldoende voor ca. 30 ha kassen, die dan wel in de directe omgeving dienen te liggen om de investering in transportleidingen te beperken.

- De meest rendabele warmtepompen zijn de pompen met een water/water-aansluiting, deze halen een warmterendement tot $> 200\%$ (op opgenomen elektrisch gedreven vermogen). De warmtebron (grondwater van $10-12^{\circ}\text{C}$) kan hierbij nog opgewarmd worden met de rookgassen vanuit de condensor. Voor het behalen van een hoog warmterendement is het zaak om het CV-water niet te ver in temperatuur op te voeren, maar als laagwaardige warmte tot ca. 45°C te gebruiken. De te leveren watertemperatuur wordt reeds bij de constructie van de machine ingebouwd.
- Voor een rendabele toepassing moet de warmtepomp veel draaiuren maken, daartoe moet de capaciteit van de pomp beperkt blijven tot $30 \text{ à } 50 \text{ Watt/m}^2$, ongeveer 25% van de maximale verwarmingsbehoefte. Het oppervlak verwarmingsbuizen moet worden uitgebreid met ca. 35% en het net voor de warmtepomp moet ca. 45% beslaan van het totaal beschikbare verwarmend oppervlak.
- Het vermogen van de warmtepomp blijkt in gebruik vaak kleiner dan in de offerte staat aangegeven.
- Intensief doseren van CO_2 met rookgassen uit de ketel en warmteopslag doet het aantal draaiuren van de warmtepomp behoorlijk afnemen.
- De warmtepomp kan worden aangedreven met een elektromotor of met een gasmotor. De gasmotor is pas interessant bij hogere vermogens.
- De warmtepomp kan tevens worden ingeschakeld voor de grondkoeling, het betreft dan wel een relatief klein vermogen van ca. 30 Watt/m^2 .
- Toepassing van de warmtepomp voor de ontvochtiging van kaslucht is duurder dan ontvochtiging via stoken en luchten. Of dit ook zo is als de ontvochtiging een nevenactiviteit is van de warmtepompinstallatie is niet bekend.
- CO_2 doseren met rookgassen uit de motor van de warmtepomp is alleen mogelijk na rookgasreiniging.
- Biogas, stortgas en biomassa worden verstookt in vrij grote W/K-installaties om te kunnen profiteren van de hoge prijs voor 'groene stroom'. De W/K-warmte kan dan door een cluster van tuinbouwbedrijven worden benut.

Advies omtrent warmtepomptoepassing, doelgroep telers

- Bij warmtepomptoepassing zijn subsidieregelingen van groot belang om tot een rendabele opzet te komen, laat u goed voorlichten.
- Kies bij warmtepomptoepassing altijd voor een water/water-installatie en voor een installatie met uitgangswater van 40 tot 45°C .
- Kies bij warmtepomptoepassing voor voldoende verwarmend oppervlak, zowel in de netten voor hoogwaardige temperatuur van de ketel, ca. 70% van normaal, als voor laagwaardige warmte van de warmtepomp, ca. 60% van het oppervlak van de hoogwaardige netten. De warmtepomp komt als eerste in aanmerking op bedrijven met betonvloerverwarming.
- Zorg ervoor dat bij de berekening van het verbruikte rendement van de warmtepomp de inzet van de ketel en de warmteopslag voor CO_2 dosering juist wordt meegenomen.
- Laat in de offerte voor aankoop van een warmtepomp opnemen dat u afrekent op het gemeten vermogen na installatie en niet op het berekende vermogen.

Advies omtrent toepassing van biogas, stortgas en biomassa, doelgroep telers

- Bekijk of het in uw directe omgeving mogelijk is om stort- of biogas te winnen of om aan goedkoop hout(afval) te komen.
- Bekijk of de collega's uit uw directe omgeving geïnteresseerd zijn in de afname van

restwarmte uit een gezamenlijke W/K-installatie.

- Geef een objectontwikkelaar opdracht om de haalbaarheid van een W/K-installatie voor "groene stroom" bij een van de gemeenteraden na te gaan.

Theoretische achtergrond

Warmtepompen

Er zijn lucht/water en water/water aansluitbare warmtepompen. Er zijn elektrisch aangedreven, gasgedreven warmtepompen en pompen die draaien op een gas/dieselolie-mengsel. Soms wordt ook gebruik gemaakt van een W/K-warmtepompcombinatie. Er zijn warmtepompen beschikbaar met vast en met een regelbaar vermogen (Kok, 1986). De gasgedreven warmtepompen geven het hoogste energierendement maar zijn duurder in aanschaf en onderhoud (Sterke, 1986). Een W/K-warmtepompcombinatie biedt alleen mogelijkheden als de W/K kan doordraaien wanneer de warmtebehoefte terugloopt (Fonville, 1990, Kok, 1986).

Op bedrijven met teelten die positief reageren op grondkoeling kan de warmtepomp ook worden ingezet als koelmachine. Gezien de beperkte behoefte aan koude zullen hierbij alleen relatief kleine, veelal elektrisch gedreven warmtepompen worden ingezet (Benninga, 1986).

Warmtepompen, lucht/luchtinstallaties, zijn in principe ook inzetbaar om vocht te onttrekken aan de kaslucht. Bij afkoeling van vochtige kaslucht in de verdamper condenseert een deel van het vocht uit de lucht en als de lucht daarna wordt verwarmd in de koeler wordt een drogend en verwarmend effect gecombineerd. In nieuwbouw worden deze apparaten soms ingezet als de verwarmingsinstallatie nog niet is opgeleverd (Sterke 1986). Bij een centrale warmtepompplaatsing kan droging worden verkregen door alleen de verdamper decentraal in de kasafdelingen te plaatsen. De warmte uit de koeler kan dan naar meer geschikte plaatsen worden afgevoerd. Bij absorptiekoelers, vocht- (en warmte-)absorptie in een chemische substantie en regeneratie ervan via opwarming, kan de droging en de warmteproductie ook in de tijd nog worden gescheiden. Vocht afvoeren via droging is echter vaak duurder dan vocht afvoeren via natuurlijke ventilatie (Feuilloley, 1987; Sterke, 1986). Nieuwe mogelijkheden die ontstaan bij toepassing van nieuwe ontwikkelingen worden momenteel onderzocht (H.F. de Zwart, IMAG, progr. 293: ontvochtigingsonderzoek). De capaciteit van de warmtepompen blijkt in de praktijk vaak lager uit te vallen dan de capaciteit die de producent/installateur in de offerte opgeeft (Sterke, 1986). De prijs van warmtepompen, ca. f. 500,- per kW bij een grootte van ca. 1000 kW, is beduidend hoger dan de prijs van een verwarmingsketel. Naast de investering is ook de afschrijving en het onderhoud duurder, dit maakt dat een afweging tussen ketel en warmtepomp sterk beïnvloed wordt door het te behalen warmterendement en de mogelijkheid om subsidies te krijgen (Sterke, 1986, Benninga, 1986).

De rookgassen van gasgedreven warmtepompen zijn relatief vies en niet zonder reiniging te gebruiken voor CO₂-dosering (Fonville, 1990).

Warmtepompen onttrekken warmte aan lucht of aan water

Het onttrekken van de warmte uit de buitenlucht gebeurt veelal door een koeler met een geforceerde luchtstroom. De benodigde elektriciteit voor de ventilatoren kost echter vrij veel energie die het rendement van de warmtepomp verlaagt. In de koeler treedt ijsvorming op zodra de buitenlucht vochtig en koel wordt ($< 6^{\circ}\text{C}$), de koeler dient dan geregeld ontdooid te worden en dit kost tijd en energie. Gebruik van de lucht/waterwarmtepomp bij buitentemperaturen $< 0^{\circ}\text{C}$ is niet rendabel, zodat zowel

het warmerendement als de dekkingsbijdrage van de warmtepomp lager is dan bij warmtewinning uit water (Telle, 1987).

Het elektriciteitsverbruik is terug te dringen met een 'stille' koeler met een groot oppervlak en een natuurlijke luchtdoorstroming, het vermogen van de warmtepomp wordt daarmee echter sterk afhankelijk van de heersende windsnelheid (Sterke, 1986). Een water/water aangesloten warmtepomp wordt vrijwel altijd aangesloten op een bron met water van een constante temperatuur van 10-12°C. Er dienen op enige afstand twee bronnen geslagen te worden, één voor de wateraanvoer en één voor terugpompen van het koude water (Benninga, 1986). Het bronwater kan eventueel worden voorverwarmd met de rookgassen uit de condensor, doch dan is een corrosiebestendige warmtewisselaar nodig (Sterke, 1986).

Warmteafgifte en warmerendement van de warmtepomp

Het realiseerbare warmerendement van de warmtepomp is sterk afhankelijk van de te leveren watertemperatuur. Hoge rendementen zijn alleen haalbaar als er genoeg wordt genomen met watertemperaturen < 50°C, laagwaardige warmte dus. Hoe lager de watertemperatuur, hoe hoger het te halen rendement (Kok, 1986). Voor toepassing van een warmtepomp in de glastuinbouw dient dus een laagwaardig verwarmingsnet te worden aangelegd. De capaciteit van de warmtepomp en het verwarmingsnet moeten daarbij goed op elkaar worden afgestemd. Bijmengen van ketelwarmte in dit net, bijvoorbeeld op dagen met een hoge warmtebehoefte, is funest omdat dan het warmerendement van de warmtepomp sterk terugloopt. Het primaire net dient dus nog voldoende groot te zijn (Benninga 1986, Telle 1987).

Het net waarop de warmtepomp wordt aangesloten dient voldoende capaciteit te hebben om de beschikbare warmte in de kas af te geven. Als het laagwaardige net zowel de warmtepompwarmte als de condensorwarmte in de kas dient af te geven kan het zijn dat de nettemperatuur op dagen dat de ketel volop draait te hoog oploopt, zodat de warmtepomp afslaat. De schakeling van de twee warmtebronnen op dit net, parallel of in serie, speelt daarbij een rol, evenals de volgorde als de warmtebronnen in serie worden geschakeld (Benninga, 1986).

Draaiuren en dekkingsbijdrage van de warmtepomp

De capaciteit van de warmtepomp wordt zo gekozen dat de warmtepomp kan worden ingezet om in de basisbehoefte aan warmte te kunnen voorzien. Een capaciteit van ca. 40 Watt/m² bij een gasverbruik van ca. 50 m³/m² lijkt voldoende, bij deze grootte moet het haalbaar zijn om 5000 draaiuren per jaar te halen (Fonville, 1990). Het realiseren van dit aantal draaiuren bij praktijkproeven valt tegen (Sterke 1986, Telle 1987).

Omdat de rookgassen van de warmtepomp niet voldoende schoon zijn wordt vaak de ketel gebruikt voor CO₂-dosering. De beschikbare ketelwarmte vermindert de basisbehoefte aan warmte die door de warmtepomp gedekt kan worden, zeker als via een warmteopslagtank vrijwel alle vrijkomende ketelwarmte nuttig wordt aangewend. Zeker bij een toenemende doseerbehoefte zal de inzet van warmtepompwarmte teruglopen (Telle, 1986).

Toepassing van bio- en stortgas

De winning van gas uit vuilstortplaatsen is niet nieuw en het gebruik ervan in elektriciteitscentrales en W/K-installaties wordt reeds vele jaren toegepast. De productie van biogas door bacteriële omzetting of vergisting van mest en biologisch afval is een nieuwere techniek. De stankproductie die hierbij optreedt kan met de vergisting in gesloten tanks geheel worden voorkomen, terwijl er een goed bruikbare

compost ontstaat als eindproduct (Gajdos, 1997). Mest- en afvalverwerking (GFT) kan daardoor een toenemende bijdrage gaan leveren aan de energievoorziening. Het gewonnen gas wordt veelal verbrand in W/K-installaties die groene stroom leveren aan het openbare net en warmte aan glastuinbouwbedrijven. Grotere installaties met warmtelevering aan clusters van tuinbouwbedrijven blijken het beste te voldoen, gezien de huidige ontwikkeling van projecten (Huijs, 1998).

Toepassing van biomassa als brandstof

De overschakeling van gas naar houtverbranding op glastuinbouwbedrijven is een beproefde methode, in begin tachtiger jaren is er op dertien bedrijven ervaring mee opgedaan (Sterke, 1985). In alle gevallen ging dit om afval van houtverwerkende bedrijven. De bedrijven moeten daartoe beschikken over een ruime berging om jaarrond afval te kunnen ontvangen. Voor een automatische brandstoftoevoer moet het aangevoerde hout verkleind worden tot stukken < 30 cm, op diverse bedrijven gebeurde dit in eigen beheer met houtversnipperaars. Houtzaagsel moet verwerkt worden tot briketten.

De ontwikkeling van gespecialiseerde houtstookinstallaties en de noodzaak om rookgasreiniging toe te passen maken houtstook tot een kostbare zaak. De nieuwste projecten gaan in de richting van houtstook in W/K-installaties, soms in combinatie met een vergassingsinstallatie. De stroom wordt als 'groene stroom' aan het openbare net geleverd en de warmte gaat naar clusters van glastuinbouwbedrijven. Over de econo-mische resultaten zijn nog geen gegevens beschikbaar.

Literatuuroverzicht

Anonymus (onderzoek) 1982

Warmte uit eigen grond: aardwarmte voor de glastuinbouw. Stichting Energie Anders (Hoek van Holland), 32 p

Relevante conclusies/resultaten:

- *Toepassing mogelijk voor 60% glastuinbouwoppervlak.*
- *Eén bron is voldoende voor > 30 ha kassen. In verband met de investering in transportleidingen moet dit een goed ontsloten, aaneengesloten kassengebied zijn.*
- *Biedt veel mogelijkheden bij gasprijzen > 35 ct/m³, proefproject gewenst.*

Benninga, J. (onderzoek) 1986

Praktische toepassing warmtepomp niet bewezen: enquête LEI. Vakblad voor de Bloemisterij 47 p 82-85

Relevante conclusies/resultaten:

- *Van de 43 geplaatste warmtepompen staan er 19 stil vanwege slecht mechanisch functioneren. Dit betreft met name de lucht/lucht- en de lucht/waterinstallaties.*
- *Acht van de 24 draaiende warmtepompen werden 's zomers ingezet voor grondkoeling.*
- *Van de draaiende warmtepompen draaiden er tien op elektriciteit, negen op gas en vijf op een mengsel van gas en dieselolie. De kleinere motoren draaien op elektriciteit.*
- *De hoogwaardige koelwarmte van de compressor werd lang niet altijd als hoogwaardige warmte benut (mee afgevoerd met warmte van de koeler).*
- *Op 12 van de 38 bedrijven was de capaciteit van het laagwaardige net te klein. Ook werd soms bijgemengd vanuit de ketel, de capaciteit primaire net was te klein.*
- *Het laagwaardig net (vaak combinatie condensor en warmtepomp net) is soms in serie geschakeld.*
- *Afschakeling warmtepomp soms op kastemperatuur, soms op temperatuur aangevoerde water.*
- *Bij water/waterinstallaties zijn twee bronnen nodig, bij lucht/waterinstallaties een koeler.*

Feuilloley, P. Gratraud, J (onderzoek) 1987

Comparison of the thermal balance of two excess humidity control systems in greenhouses.

Proceedings of the French-Israeli symposium on greenhouse technology, p 51-57

Relevante conclusies/resultaten:

- *RV-controle door natuurlijke ventilatie is eenvoudig, maar kost veel energie*
- *Met een lucht/lucht-warmtepomp kan 30% energie bespaard worden, economisch niet rendabel.*

Fonville, V.P., Telle, M.G., Velden, N.J.A. van der (onderzoek) 1990

Warmtepompen in de glastuinbouw : technisch - economische evaluatie in samenwerking met het IMAG. LEI Den Haag NL nr 4.125 54p.

Relevante conclusies/resultaten:

- *Een warmtepomp levert laagwaardige warmte.*
- *Het is geen probleem om een technisch goed werkende warmtepomp op tuinbouwbedrijven te installeren. De capaciteit dient te zijn afgestemd op de grootte van het laagwaardige net. Goede inpassing in de warmteregeling is belangrijk, hoe dat moet is niet geheel duidelijk.*
- *De rookgassen van gasgedreven warmtepompen zijn minder schoon dan rookgassen uit de ketel.*
- *Bij een warmtebehoefte van ca. 50 m³/m² is de energiebesparing van een warmtepomp van 40 Watt afhankelijk van de aansluiting:*
 - *Een water-waerpomp geeft een energierendement van 210% bij een dekkingsgraad van 38% en verbruikt 2 kWh elektra per GJ.*
 - *Een lucht-waerpomp met stille koeler geeft een rendement van 180% bij een dekkingsgraad van 35%, zonder extra elektraverbruik.*
 - *Een lucht-waerpomp met geforceerde koeling geeft een rendement van 175% bij een dekkingsgraad van 30% en een elektraverbruik van 5 kWh per GJ.*
- *Het gebruik van een generator voor stroomopwekking geeft geen bedrijfseconomisch voordeel.*

Gajdos, R. (onderzoek) 1997

Product-oriented composting from open to closed bioconversion systems. Acta-Universitatis-Agriculturae-Suecicae-Agraria 68 p 7-144

Relevante conclusies/resultaten:

- *Compostering in de open lucht levert te veel milieu-overlast.*
- *Bacteriële vergisting van biologisch afval in afgesloten tanks is zonder milieu-overlast mogelijk. Het proces levert bruikbaar biogas en het residu is als compost goed te gebruiken.*

Huijs, J.P.G., Nieuwkerk, J.P. van (onderzoek) 1998

Energie uit zon en wind steeds aantrekkelijker. Vakblad voor de Bloemisterij 53 p 44-46

Duurzame energie kansrijker bij grootschaligheid. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 53 p 12-14.

Relevante conclusies/resultaten:

- *Zonnecollectoren voor warmtewinning zijn voor de glastuinbouw niet rendabel. De watertemperatuur is te laag en de aanbod/vraagverhouding is ongunstig.*
- *Zonnepanelen voor elektriciteitsopwekking zijn alleen economisch rendabel bij ontbreken van een elektriciteitsnet.*
- *Aardwarmte, > 100°C op 2500 m diepte, is voor tuinbouwtoepassing niet rendabel te winnen.*
- *Windmolens bieden perspectief als er voldoende stroomvraag is, doch het plaatsen van solitaire molens is politiek vaak ongewenst. Windmolenparken bij nieuwe vestigingsgebieden zijn wel mogelijk.*
- *Biomassa wordt verbrand in W/K-installaties op drie clusters van tuinbouwbedrijven; één met afvalhout en twee met stortgas. Een vierde project, een houtvergasser gecombineerd met W/K, is in .*

Knijff, A. van der (onderzoek) 1999

Windenergie in de agrarische sector. Meewind of tegenwind. LEI-DLO rapp 2.99.08, 46 p

- *14% totale vermogen windenergie op agrarische bedrijven (363 MW).*
- *Ruim 85% zijn solitaire molens, veelal op akkerbouwbedrijven, doch ook bij melkveehouderij.*
- *De meeste molens leveren alle energie aan het net, soms een deel voor eigen gebruik.*
- *Rendement verschil sterk o.a. door plaats van opstelling, hoogte en beschikbare wind.*
- *Beleid (plaatsingsvergunning) grootste knelpunt voor uitbreiding.*

- <i>Voor halen doelstelling duurzame energie telt alleen eigen verbruik mee, niet de opwekking.</i> Kok, J. (voorlichting) 1986 Warmtepomp op groentebedrijf: water/water-warmtepomp in Maarseveen draait goed. De Tuinderij 5 p 42-43 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>De warmtepomp heeft een vermogen van 10-40 Watt/m², koelt de bron van 12,5 naar 5°C en warmt het CV water op van 38 naar 45°C. (bij verwarming van 35 naar 40°C 10% zuiniger).</i> - <i>Het is een W/K-warmtepompcombinatie waarbij de W/K electriciteit aan het net levert als de warmtepomp niet op volle capaciteit draait.</i> - <i>Het bronwater koelt eerst de rookgassen van de ketel (na condensor).</i> - <i>Rendement warmtepomp 206%, inclusief W/K 179%</i>
Sterke, H.J. de (voorlichter) 1985 Hout als brandstof in de tuinbouw? Groenten en Fruit 11 p 40-43. Hout als brandstof : Alternatieve stookmethode soms interessant. Vakblad voor de Bloemisterij 51/52 p 106-109 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Houtstook reeds bij dertien bedrijven in gebruik. Een ruime opslag is nodig om jaarrond aanvoer mogelijk te maken. De besparing ten opzichte van een gasgestookte installatie is klein of zelfs negatief.</i> - <i>Voor automatisch brandstoftoevoer moet hout gebroken worden tot stukken < 30 cm, te kleine stukken moeten worden geperst tot briketten. Versnippering gebeurt vaak in eigen beheer.</i> - <i>De uitstoot van stof 30-50 mg/m³ (na rookgasreiniging) en een grotere verontreiniging met NOx, CO en onverbrande koolwaterstoffen is een probleem.</i> - <i>Ernstige verontreiniging van de rookgassen met onverbrande koolwaterstoffen treedt op bij hogere vochtgehalten in het hout en bij branden op een laag pitje.</i>
Sterke, H.J. de (voorlichter) 1986 Warmtepomp blijft goede alternatieve warmtebron: ondanks lage gasprijs. Vakblad voor de Bloemisterij 32 p 22-25. Warmtepompen: stand van zaken in de glastuinbouw. Groenten en Fruit 6 p 32-33 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Gerealiseerde vermogens warmtepompen vaak lager dan opgegeven.</i> - <i>Vermogen stille verdamper erg afhankelijk van de windsnelheid</i> - <i>Rookgassen van de motor pas na reiniging geschikt voor CO₂-dosering. Verhouding CO₂/warmte bij warmtepomp ongunstig.</i> - <i>Doseren met de ketel + warmteopslagtank verminderen draaiuren warmtepomp.</i> - <i>Prijs warmtepomp ca. f. 500,-/kW (bij ca. 1000 kW vermogen).</i> - <i>Bij lucht/waterinstallatie is corrosiebestendige koeler nodig als men ook rookgaswarmte wil benutten (rookgas vanuit de condensor).</i>
Sterke, H.J. de (voorlichter) 1986 Warmtepomptoeepassingen : Ontvochtigen met warmtepomp duurder dan stoken en luchten. De Tuinderij 3 p 98-99 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Een bouwdroger droogt en verwarmt gelijktijdig, dit leidt tot warmteoverschotten.</i> - <i>Bij centrale opstelling van de warmtepomp is de warmte gescheiden af te voeren.</i> - <i>Bij absorptiekoelers (geconcentreerde zoutoplossing) is het drogen en regenereren (warmte-productie) in tijd te scheiden.</i> - <i>Een gasgedreven warmtepomp is goedkoper in gebruik maar veel duurder in aanschaf.</i>
Telle, R. (onderzoek) 1986 IMAG past warmtepompen aan: meer energiebesparing. Vakblad voor de Bloemisterij 47 p 70-71 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>De lucht/water pomp geeft nauwelijks meer rendement bij luchttemperaturen < 0°C.</i> - <i>De water/water pomp geeft bij een vermogen van 75 Watt/m² teveel warmte. Bij water-temperaturen 11°C (bron) naar 60°C is het rendement laag.</i> - <i>Bij een klein primair net wordt het lage temperatuurnet vaak bijgemengd of wordt primair en secundair omgewisseld.</i>

- <i>Bij CO₂-regeling is een zeer kleine vlamstand belangrijk (25 m³/ha.uur) (of warmteopslag?), anders wordt de W-pomp vaak afgeschakeld.</i>
Telle, R (onderzoek) 1987 Proefproject warmtepomp in Bergschenhoek afgesloten: gasbesparing valt tegen, investeringskosten erg hoog. Vakblad voor de bloemisterij nr 29 p 47 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Betreft een lucht/water pomp, watertemperatuur 54°C. 3432 draaiuren, 158% rendement.</i> - <i>Bij luchttemperaturen < 6°C en hoge rv bevriezen de verdampers en moet geregeld ontdooid worden. Dit geeft verlaging warmterendement (350 uur per jaar ontdooien).</i> - <i>Bij vorst is het rendement te laag om rendabel te kunnen draaien.</i>
Velden, N.J.A. van der (onderzoek) 1996 Potentiële penetratiegraden energiebesparende opties in de glastuinbouw; een proeve van toepassing van het energiemodel. Landbouw-Economisch Instituut publ 4.141 79p <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Warmtepompen technisch inzetbaar op 78% tuinbouwbedrijven.</i> - <i>De warmtepomp is economisch nog geen haalbare optie.</i>
Zabeltitz, C. von (onderzoek) 1989 Energy substitution. Acta horticulturae 245 p 253.260 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Onder 'renewable energy' valt: zonne-, wind-, lucht- en waterenergie alsmede geothermische warmte en afvalwarmte. Voor de winning kunnen warmtepompen worden gebruikt.</i> - <i>De laatste jaren > 35 demoprojecten, zonneboilers blijken veel oppervlak en een hoge investering te vragen. Bij de omzetting van windenergie in warmte is de productie van veel laagwaardige warmte een handicap.</i> - <i>Gebruik van biomassa als energiebron kost heel veel ruimte en de rookgassen bevatten veel stof (stro en gras). Biogas is wel een schone vorm van energie.</i>

4.2.4 Voorlichtingsboodschap 'Rookgascondensors'

C. Ploeger (LEI), R. Grootcholten (OVTO), P. van Marion (Westland Energie Services BV) en M.N. van Oostende (DLV)

Betekenis van condensors voor de glastuinbouwpraktijk

De rookgascondensor is een vanaf 1976 ontwikkelde innovatie op het gebied van energiebesparing in de glastuinbouw. Met rookgascondensors kan in potentie circa 10% energiebesparing worden behaald. Recent gepubliceerd onderzoek onder telers geeft aan dat het gerealiseerde percentage nog maar op 6% wordt geschat. Deze telers zien mogelijkheden dit percentage te verhogen.

Doel van de toepassing van rookgascondensors

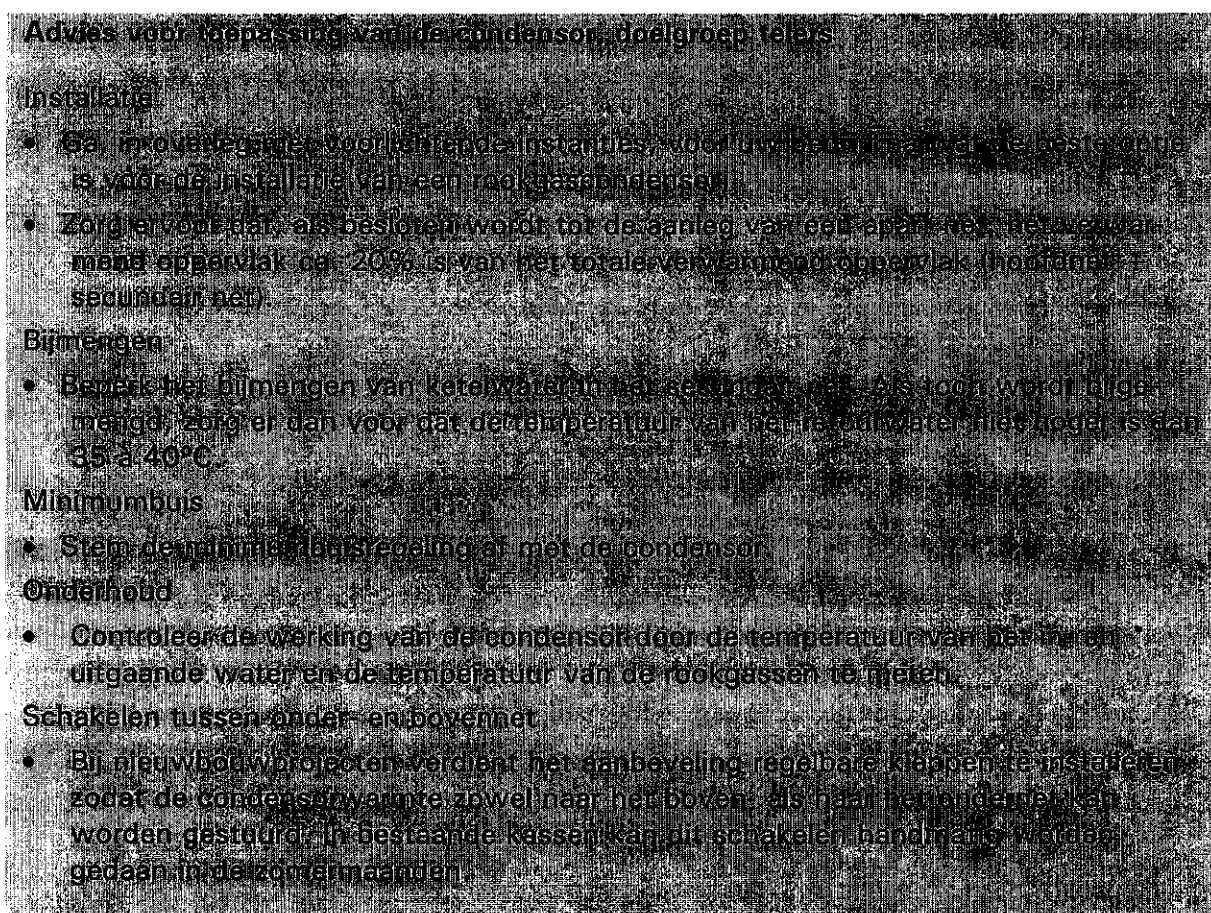
Met rookgascondensors worden rookgassen uit de ketel verder afgekoeld, waarbij het grootste deel van het in de rookgassen aanwezige vocht condenseert. De verkregen warmte wordt in de kassen nuttig aangewend. Op deze wijze wordt een bijdrage geleverd aan het behalen van de in de afspraken met de overheid vastgelegde energie-efficiëntie en aan het terugdringen van de CO₂-uitstoot.

Conclusies onderzoek

- Bij de huidige gasprijs is de condensor op de meeste bedrijven een economisch rendabele optie;
- Op veel glastuinbouwbedrijven wordt nog niet de maximaal mogelijke brandstofbesparing met een condensor gerealiseerd;
- Het aanwenden van laagwaardige warmte brengt met zich mee dat er een apart net (secundair net) van voldoende omvang (20% van het totale verwarmend oppervlak (vo)) aanwezig is;

- De mogelijkheden van energiebesparing worden maar op één van de drie bedrijven afgestemd met de minimumbuisregeling;
- Met name op chrysanten- en potplantenbedrijven komt bijmengen in het secundaire net veel voor;
- De capaciteit van de condensor is bij de meeste telers onbekend. Bij de opzet van het bedrijf is de capaciteit van de condensor door de installateur op de ketelcapaciteit afgestemd;
- Verlaging van de rookgastemperatuur tot onder het dauwpunt levert, dankzij de vrijkomende condensatiewarmte, een sterke stijging op van de warmteopbrengst. Het condensatiepunt (rv = 100%) ligt bij een zuinige afstelling van de ketel met 5% luchtvermaat op 58,7°C en loopt terug naar 47,5°C bij een luchtvermaat van 100%. Bij afkoeling van de rookgassen tot 30°C, via condensortoepassing, kan het warmerendement worden opgevoerd tot maximaal 104-107% (11% extra warmte uit de condensor bij maximaal warmerendement in de ketel);
- Over het teeltkundig verschil van laagwaardige warmte ten opzichte van hoogwaardige warmte zijn de meningen onder de telers verdeeld;

Op veel glastuinbouwbedrijven bestaat behoefte aan een gebruiksvriendelijk keuzeprogramma voor condensors, zowel voor bestaande kassen als voor nieuwbouw.



Suggestie voor illustratie

Figuur met de opgenomen warmte in relatie tot de rookgastemperatuur (Van Rijssel, 1996, blz. 12).

Theoretische achtergrond

Mogelijkheden van rookgascondensators

Eén van de mogelijkheden om energie te besparen in de glastuinbouw is de toepassing van een condensor. In een condensor worden rookgassen uit de ketel verder afgekoeld, waarbij de vrijkomende warmte wordt benut voor de verwarming van de kas. De condensor is met name geschikt voor het opwarmen van water tot een temperatuur van circa 45 °C. Voor verwarmingsdoeleinden wordt water van deze temperatuur laagwaardige warmte genoemd, dit ter onderscheid van hoogwaardige warmte (water met een temperatuur van circa 50 °C tot circa 95 °C).

Typen condensor

De 'condensor' kan in drie typen worden ingedeeld, namelijk de enkelvoudige condensor met een aansluiting op de retourleiding van het centrale verwarmingsnet, de condensor met een aansluiting op een apart net en de combicondensor, die zowel op de retourleiding als op een apart net is aangesloten. De enkelvoudige condensor op de retourleiding is de toepassing met de laagste besparing (circa 5%). Dit gebruikstype komt voor op bedrijven met één verwarmingsnet (dus toepassing van laagwaardige warmte komt hier niet voor). Voor de benutting van de energie die vrijkomt bij de andere twee gebruikstypen, is toepassing van laagwaardige warmte in de teelt noodzakelijk.

Laagwaardige condensorwarmte kan benut en aangewend worden als er een apart verwarmingsnet beschikbaar is om de condensor op aan te sluiten. Aanleg van een apart net is relatief kostbaar, zodat in de regel volstaan wordt met een vrij klein net. Hier staat tegenover dat de energiebesparing toeneemt tot 7 à 8%. Met de combicondensor is veelal het hoogste warmterendement mogelijk, omdat deze uit twee secties bestaat, waarvan de eerste is aangesloten op de retourleiding en de tweede op een apart laagwaardig net. Hiermee wordt dus respectievelijk hoog- en laagwaardige warmte uit de rookgassen gehaald en kan een besparingspercentage tot circa 10% worden gehaald.

Minimumbuisregeling

Indien de instelling van een minimumbuisregeling samengaat met de aanvoer van condensorwarmte via een apart net, gaat het effect van de condensortoepassing op de energiebesparing verloren. Er wordt dan namelijk warmte weggelucht.

Bijmengen

Op een groot aantal bedrijven met een secundair net wordt bijgemengd. Dit wil zeggen dat warm water uit de ketel via het secundaire net (dat bedoeld is voor laagwaardige warmte) de kas ingaat. Het effect van energiebesparing via een condensor met een apart net wordt hierdoor sterk beperkt. Als belangrijkste reden voor het bijmengen wordt opgegeven onvoldoende afstemming van het secundaire net op het totale net.

Literatuuroverzicht

Coolen, E. (voorlichting) 1995

CO₂-verdeling laat meest te wensen over. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 7 p 44-45

Relevante conclusies/resultaten:

- *Uit de door DLV opgestelde energiebesparingsplannen voor glastuinbouwbedrijven blijkt onder andere dat aan de situatie ten aanzien van de condensor nog vaak wat mankeert;*

- <i>Nog niet op alle bedrijven waar het technisch en economisch mogelijk is een condensor te hebben, is deze ook aanwezig;</i> - <i>Door goed onderhoud (schoonmaken), een andere aansluiting en aansluiting op de juiste kranen kan het rendement vaak verder worden verbeterd.</i>
Ploeger, C. Rijssel, E. van Sluis, B.J. van der (onderzoek) 1999 Toepassing van laagwaardige warmte uit condensors. Energiebesparingsmogelijkheden bij lagere buistemperaturen. LEI, Den Haag, Rapport 2.99.02 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> <i>Van de aanwezige condensors bestaat 20% uit condensor op de retourleiding, dit is het minst energiebesparende type. Twee derde deel van de ketels is voorzien van een condensor op een apart net en 14% op combicondensors. Duidelijk blijkt dat energiebesparing met behulp van condensors verder kan worden geoptimaliseerd. Hierbij komt dat het grote voordeel van energiebesparing met condensors is, dat dit een energiebesparende optie is die het licht in de kas niet onderschept en het kasklimaat niet beïnvloedt;</i> - <i>De energiebesparing die met een condensor gerealiseerd wordt, wordt vooral bepaald door de mogelijkheden van het secundaire net. Berekend is dat het secundaire net, bij een energiebesparing uit de condensor van 10%, een omvang van 22% tot 27% van het totale verwarmend oppervlak (vo) moet hebben om alle condensorwarmte te kunnen afgeven. Het bedrijfseconomisch optimum voor een grenswaarde van het secundaire net wordt geschat op 20% van het totale vo van het verwarmingsnet in de kas. Uit een enquête onder zestig telers is gebleken dat op 37% van het areaal met secundaire netten het vo kleiner is dan 20% van het totale vo van het verwarmingssysteem. Ook op een aantal bedrijven met een condensor op een secundair net valt dus nog energie te besparen.</i> - <i>Bij tomaat en paprika komt naast regelmatig bijmengen ook incidenteel bijmengen voor. Als reden voor het incidenteel bijmengen wordt een lage buitentemperatuur opgegeven. Bedrijven, die regelmatig bijmengen geven op dat zowel een lage buitentemperatuur als een hoge relatieve luchtvochtigheid redenen zijn om bij te mengen. Wanneer besloten wordt tot bijmengen in het op de condensor aangesloten net dient men zich bewust te zijn van de retourtemperatuur in dit net. Deze dient niet hoger dan 35 à 40°C te zijn om de condensorwarmte goed te kunnen benutten.</i> <i>Gezien het aantal bedrijven dat 'bijna altijd' bijmengt en de gevonden bijmengtemperaturen komt het geregeld voor dat de condensorwarmte slecht wordt benut, zeker bij potplanten.</i> - <i>Bij het schoonhouden van de condensor is de verticaal opgestelde lamellencondensor in het voordeel door de zelfreinigende werking. Over het algemeen geldt dat een controle eens per twee jaar zinvol is om na te gaan of reiniging nodig is. Bij het ragen van de pijpencondensor dient men de nodige voorzichtigheid in acht te nemen om beschadiging te voorkomen.</i>
Rijssel, E van (onderzoek) 1996 Meer warmte uit condensors door aansluiting op een net met lage watertemperatuur. PBG-rapport 21 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Verlaging van de rookgastemperatuur tot onder het dauwpunt levert, dankzij de vrijkomende condensatiewarmte, een sterke stijging op van de warmteopbrengst per °C daling van de rookgastemperatuur. Het condensatiepunt (rv = 100%) ligt bij een zuinige afstelling van de ketel met 5% luchtvermaat op 58,7 °C en loopt terug naar 47,5°C bij een luchtvermaat van 100%. Bij afkoeling van de rookgasen tot 30°C, via condensortoepassing, kan het warmterendement worden opgevoerd tot maximaal 104-107% (11% extra warmte uit de condensor bij maximaal warmterendement in de ketel);</i> - <i>Een hoog schoorsteenverlies, veroorzaakt door een grote luchtvermaat, heeft een laag vochtgehalte (laag dauwpunt) tot gevolg.</i> Sluis, B.J. van der (onderzoek) 1996

Rendement condensors valt op te krikken. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 8 p 15 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Op 13% van de ketels is geen condensor aangesloten;</i> - <i>Een condensor levert een hoog rendement op als de temperatuur van het secundaire net laag blijft. Dit is mogelijk als het net voldoende groot is en als er geen warm ketelwater wordt bijgemengd.</i>
Stijger, H. (vakredacteur) 1998 Economie en energie. Wikken en wegen bij de bouw van een energiezuinig bedrijf. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 1 p 16-18 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Op het bedrijf van Gebroeders Duijvestijn wordt 4,5 ha tomaten geteeld in een 'energiezuinige kas'. Ook bij koud weer draait het groeibuizenet zoveel mogelijk op de warmte van de condensor;</i> - <i>Er wordt gewerkt met een combicondensor. Deze werkt zo goed dat de rookgassen met 38°C uit de schoorsteen komen.</i>
Velden, N.J.A. van der, Nawrocki, K.R., Custers, C.M.H.G. (onderzoek) 1992 Vakblad voor de Bloemisterij 2 p 50-52 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Het (jaar)gebruiksrendement van een ketel is onder andere afhankelijk van het type condensor en van de ketelisolatie. Het gebruiksrendement is het aandeel (in %) van de energie in de brandstof dat omgezet wordt in warmte, gemiddeld over een bepaalde periode. In dit onderzoek wordt het gebruiksrendement uitgedrukt in onderwaarde (OW), dit is de waarde van de warmte exclusief de warmte die vrijkomt bij condensatie van de waterdamp in de rookgassen;</i>
Velden, N.J.A. van der, Sluis, B.J. van der, Verhaegh, A.P. (onderzoek) 1996 Energie in de glastuinbouw van Nederland; Ontwikkelingen in de sector en op de bedrijven t/m 1994; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI) Periodieke Rapportage 39-93 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>De enkelvoudige condensor op de retourleiding is de toepassing met de laagste besparing (circa 5%). Laagwaardige condensorwarmte kan benut en aangewend worden als er een apart verwarmingsnet beschikbaar is om de condensor op aan te sluiten. Hiermee neemt de energiebesparing toe tot 7 à 8%. De combicondensor bestaat veelal uit twee secties, waarvan de eerste is aangesloten op de retourleiding en de tweede op een apart laagwaardig net. Hiermee wordt hoog- en laagwaardige warmte uit de rookgassen gehaald en kan een besparingspercentage tot circa 10% worden gehaald.</i>
Velden, N.J.A. van der, Sluis, B.J. van der, Verhaegh, A.P. (onderzoek) 1996 Energie in de glastuinbouw van Nederland; Ontwikkelingen in de sector en op de bedrijven t/m 1995; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI) Periodieke Rapportage 39-94 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Op 38% van de bedrijven komt nog geen condensor voor. Enerzijds zijn dit kleine groentebedrijven (25%), vaak met hetelucht als warmtebron. Deze bedrijven hebben ook geen scherm (energieverbruik 10% van het totaal). Anderzijds betreft dit kleine bloemen- en potplantenbedrijven (13%) met een laag brandstofverbruik (energieverbruik 7% van het totaal). Deze bedrijven hebben als regel wel een scherm.</i>
Zwart, H.F. de (onderzoek) 1999 Meer besparing mogelijk met condensor. Schakelen tussen onder- en bovennet geeft 1,5% extra besparing. Vakblad voor de Bloemisterij 8 p 58-59 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Op een glastuinbouwbedrijf kan het voorkomen dat er een apart regelbaar onder- en bovennet aanwezig is. Het bovennet dekt daarbij een basisdeel van de warmtevraag. De rest wordt ingevuld door het ondernet. De (combi)condensor is dan vaak</i>

aangesloten op het bovennet. Omdat in deze situatie het ondernet vaak begrensd is (minimumbuisregeling), is verdere energiebesparing mogelijk door de condensorwarmte naar het ondernet te leiden. Dit gebeurt nu op sommige bedrijven handmatig. Bij nieuwbouwprojecten is aan te raden een extra investering te doen in een paar regelbare kleppen, onder voorwaarde dat het programma in de klimaatcomputer deze kleppen kan aansturen;

- *Met het IMAG simulatieprogramma KASPRO is een berekening gemaakt van de situatie met automatische omzetting van de condensorwarmte naar het ondernet. Gebleken is dat hiermee 1,3% van het gasverbruik per jaar kan worden bespaard. Omdat het financiële voordeel beperkt is, leent de toepassing zich vooral voor nieuwbouwprojecten.*

Zwarts, G. (voorlichting) 1994

Condensor plaatsen is niet voldoende. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 28 p14-15

Relevante conclusies/resultaten:

- *De rookgassen hebben (zonder condensor) een temperatuur van ca. 90°C, bij een ketelrendement van ongeveer 85%. Met een condensor achter de ketel bespaart een bedrijf van 1 ha glas bij een gasverbruik van 50 m³/m² (bij een condensorrendement van 5%) 25.000 m³ gas per jaar. Bovendien wordt een bijdrage geleverd aan een beter milieu, want er komt minder CO₂ vrij;*
- *De condensor verbetert het rendement van de ketel door de rookgassen verder af te koelen. Bij ongeveer 57°C begint de waterdamp in de rookgassen te condenseren. Hierbij komt een grote hoeveelheid warmte vrij;*
- *De rookgassen kunnen nooit verder afkoelen dan het koudste water op het bedrijf. Het condensorrendement bij een gemiddelde watertemperatuur van 65°C kan nooit groot zijn. Voor een optimaal rendement moet er relatief 'koud' water aanwezig zijn en er moet voldoende water zijn om alle warmte op te nemen. Met een apart net kan het rendement van de condensor tot 8 à 10% worden opgevoerd;*
- *Als de brander niet goed is afgesteld kan de condensor vervuilen. Hierop kan gecontroleerd worden door meting van de temperatuur van het in- en uitgaande water.*

4.2.5 Voorlichtingsboodschap 'Warmteopslag' (of Warmtebuffer), inclusief 'Warmteopslag voor langere termijn'

C. Ploeger (LEI) en P. van Marion (Westland Energie Services)

(zie ook de voorlichtingsboodschap 4.2.16 'Klimaatregeling CO₂-concentratie')

Betekenis van warmteopslag (korte termijn) voor de praktijk

Door verhoging van het CO₂-gehalte in de kassen neemt de productie en opbrengst van gewassen toe. In de glastuinbouw bestaat toenemende belangstelling voor het doseren van CO₂, er wordt zowel bij meer gewassen gedoseerd als het aantal uren per gewas neemt toe. Bovendien speelt de toenemende belangstelling voor assimilatiebelichting een rol. Het effect van assimilatiebelichting wordt verbeterd als tijdens belichting tegelijkertijd het CO₂-gehalte wordt verhoogd.

Verhoging van het CO₂-gehalte door verbranding van aardgas is veel goedkoper (ca. een derde) dan via aankoop van zuivere CO₂. Als de bij CO₂-productie vrijkomende warmte nuttig kan worden aangewend, wordt het voordeel voor CO₂ uit aardgas nog groter. Bovendien levert de productie van CO₂ (als bijproduct van warmte die toch al geproduceerd wordt), geen extra milieubelasting op.

Voor de warmtevoorziening wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van de warmte die vrijkomt bij de stroomopwekking. Ook de rookgassen die bij deze installaties (warmte/kracht- of W/K-installaties) vrijkomen leveren CO₂. Opslaan van de

warmte maakt het mogelijk tijdelijk overtollige warmte, die vrijkomt bij de productie van CO₂ en/of elektriciteit, toch nuttig aan te wenden.

Toepassing van warmteopslag leidt tot een energiebesparing van 10 tot 13% vergeleken met het afluchten of anderszins afvoeren van de overtollige warmte.

Warmteopslag wordt over het algemeen gerealiseerd met een geïsoleerde watertank met een capaciteit van 50 tot 120 m³ per ha glas;

Op blz. 53 en 54 wordt ingegaan op de warmteopslag voor overbrugging van langere termijn.

Doel van warmteopslag (korte termijn)

Het tijdelijk opslaan van overtollige warmte, met het doel die warmte op een later tijdstip nuttig in de kas aan te wenden en zo energiebesparing te realiseren.

Conclusies onderzoek

- De thermische verliezen van warmteopslag zijn beperkt tot 1 à 2%, mits de installatie goed is geïsoleerd en de opgeslagen warmte binnen één etmaal weer wordt gebruikt. De benutting van de opgeslagen warmte hangt af van de opslag grootte en de warmtebehoefte in de kas.
- De teler verandert na plaatsing van een opslag meestal zijn teeltstrategie. Hij gaat overdag meer CO₂ toedienen. Het komt voor dat de dagelijkse warmtevraag hierbij wordt overschreden en de opslag 's morgens onder normale omstandigheden niet wordt verbruikt. Om 's morgens toch over een lege opslag te beschikken wordt in die gevallen 's nachts de kastemperatuur verhoogd.
- Bepaling van de gewenste inhoud van de warmteopslagtank kan het beste in de voorjaars situatie worden uitgevoerd. In de hoogzomer-periode kan de effectieve benutting van de opgeslagen warmte teruglopen tot 50% of minder, zeker indien ook wordt geschermd. Een inschatting van het gebruiksrendement is grotendeels afhankelijk van het nuttig gebruik van de opgeslagen warmte en ligt gemiddeld over het gehele jaar meestal op circa 90%. In de bloemisterij kan in de nacht de warmtevraag vanwege schermen beperkt zijn. Als de totale CO₂-voorziening in orde is, zijn er zelfs bij een chrysantenteelt met een 's nachts gesloten scherm voldoende mogelijkheden om de warmteopslagtank 'leeg' te maken.

Advies omtrent de warmteopslag, doelgroep telers

- Bepaal de grootte van de warmteopslagtank in het voorjaar.
- Overleg hierover met uw adviseur of installateur.
- Neem contact op met uw computerleverancier over het regelprogramma.
- Laat het opslagvat zo dicht mogelijk bij het verdeelstelsel plaatsen en zorg voor voldoende pompcapaciteit om smalle kringloop en laag rendement.
- Zorg dat de leidingen naar de tank ongeveer even dik zijn als de leidingen naar de ketaf.
- Als twee opslagvaten worden toegepast moeten deze hydraulisch met elkaar aangesloten worden.
- Zietoe op voldoende isolatie tussen tank en steunen, en wat aant en afvoer leidingen.
- Let op de veiligheid. Om schade door onderdruk te vermijden is een veiligheidsventiel gewenst. Daarbij hoort ook een afluchter. In een verticale tank wordt veelal een stikstof deken aangebracht om corrosie te voorkomen. Het aanbrengen van een laag olie op het water wordt afgeraden.

- Zorg bij installatie van een warmteopslagtank ook voor extra expansiemogelijkheden in verband met de grotere waterinhoud van het systeem.

Theoretische achtergrond

Opslaggrootte

De opslag moet qua grootte vol kunnen, maar binnen een etmaal ook weer leeg. Gangbare grootten zijn 50 tot 120 m³ opslaghoud per hectare glas (bij tomaten 80 tot 140 m³ per ha (Vermeulen, 1995a, 1995b en 1995c)). Per bedrijf is de optimale grootte verschillend. Twee zaken zijn daarvoor bepalend. Ten eerste de warmteproductie tijdens het CO₂ doseren en ten tweede hoeveel ervan moet worden opgeslagen. Dit hangt samen met het gewas en de capaciteit van de CO₂-unit. Met behulp van de gasmeter, de CO₂-uren en de branderstand is een schatting te maken van de warmteproductie overdag. De hoeveelheid via minimumbuis afgevoerde warmte is te berekenen uit de buistemperatuur en de lengte en het type buizen. De warmtevraag in de nacht kan worden bepaald door op enige karakteristieke dagen met de gasmeter het nachtverbruik te registreren. De warmtevraag wordt beïnvloed door het gebruik van schermen (Verveer, 1995; Corsten, 1997).

Onderzoek op tomaten- en paprikabedrijven komt tot de conclusie dat de bufferafmetingen, waarbij de aan CO₂ verbonden kosten het laagst zijn, voor tomatenteelt op 75 à 100 m³ liggen en voor paprikateelt op 70 à 80 m³ per ha (Zwart et al., 1999).

Aansluiting en regeling

In de praktijk zijn er twee methoden om de ketel en de opslag aan het verdeelstuk te koppelen: in serie of parallel. Elke installateur heeft zijn eigen visie op de methode van aansluiten. Parallelschakeling heeft in vergelijking tot serieschakeling het voordeel van simpeler regeling en minder kleppen (De Zwart, 1996).

Aanpassing van de klimaatregeling is noodzakelijk bij de aanleg van een warmteopslag-tank. De computerleverancier moet tijdig worden geraadpleegd om een optimale afstemming, rekening houdend met de warmteopslag, aan te brengen. De efficiëntie van de opslag is te controleren via een grafiekenprogramma (De Zwart, 1996).

Door onderdruk kunnen opslagtanks vervormen. Deze ontstaat door verkeerd gebruik van afsluiters, door te kleine leidingdiameters of door een te kleine expansie-installatie. Om schade te voorkomen is een beluchtingsventiel nodig, waarbij tegelijkertijd een ontluchter moet worden geplaatst. Deze laatste voorkomt corrosie (Verveer et al., 1996). Bij verticale tanks kan het best worden gekozen voor een stikstofdeken om corrosie te voorkomen. Het aanbrengen van een olielaag op het water, om zo de verdamping van het water tegen te gaan, wordt afgeraden (Wilk, 1998).

De warmteopslag wordt bij voorkeur zo dicht mogelijk bij het verdeelstuk geplaatst. De leidingdiameters naar de opslag zijn dan als regel even groot als die naar de ketel. Als plaatsing bij het verdeelstuk niet mogelijk is moet de leidingdiameter ruimer worden aangehouden om de leidingweerstand te beperken (Verveer et al., 1996; Zwarts en Deenen, 1995).

Bij Westland Energie Services is, in samenwerking met Hoogendoorn Automatisering, een ketelregelsysteem-op-afstand ontwikkeld (de ketel-buffer-sturing, kortweg KeBuS), waarbij niet de ketel maar de warmteopslagtank als het centrale punt wordt gezien. Het Kibus-paneel is voorzien van een afstandsbediening, waarmee Westland Energie Services het functioneren van de installatie en het energierendement bijhoudt.

Met de ketel en eventuele andere warmteleveranciers wordt de warmtevoorraad in de opslagtank op peil gehouden. Hierdoor hoeft de ketel niet 's morgens ineens vollast te

draaien. De ketel kan dus veel meer uren in de lage stand draaien, waardoor brandstof wordt bespaard.

Intussen zijn veertien glasgroentebedrijven uitgerust met een KeBuS-regeling. Naar verwachting volgt ook de bloemisterij onder glas met introductie van deze regeling (Vegter, 1999).

Liggende of staande vaten

In het opslagvat bevinden zich een koude en een warme watermassa. Mits er in het vat geen of een geringe stroming optreedt is de grenslaag tussen deze massa's stabiel en vindt er geen menging plaats. Het voordeel van een staande tank is dat de oppervlakte van de grenslaag niet verandert als het peil ervan stijgt of daalt. Bij een liggende tank verandert dit wel, waardoor meer menging zal plaatsvinden. Een nadeel van een staande tank is dat het gewicht door een relatief klein grondoppervlak moet worden gedragen. Een zwaardere fundering is dus noodzakelijk. Soms lost men dit op door meer vaten te plaatsen. In dat geval dienen deze in serie geschakeld te worden. (Verveer, 1995; Zwarts en Deenen, 1995). Een staande tank betekent, wanneer hij boven de kassen uitsteekt, een vorm van horizonvervuiling (Persoon, 1997).

Energiebesparing

Hoeveel energie met warmteopslag bespaard wordt is afhankelijk van de wijze van toepassing en de uitgangssituatie. De mate van energiebesparing is afhankelijk van de strategie die er was in de situatie zonder warmteopslag. Indien de tuinder gewend was veel CO₂ toe te dienen en het warmteoverschot af te luchten wordt de energiebesparing bij het gebruiken van een opslag maximaal. Was dat niet het geval, dus de CO₂-dosering werd in de uitgangssituatie beperkt om geen al te groot warmte-overschot te creëren, dan is het vaststellen van de mate van energiebesparing gecompliceerder. Als de warmteproductie de dagelijkse totale vraag van de kas overtreft, krijgt de tuinder in de nacht de opslag niet meer leeg op warmtevraag (De Zwart, 1996) en moet alsnog worden afgelucht of moet zo mogelijk de nachttemperatuur verhoogd worden. Afluchten in de nacht is energie-efficiënter dan afluchten overdag. Bij overdag afluchten is het moeilijk de gewenste CO₂-concentratie te realiseren.

Liberalisering van de aardgasmarkt

Liberalisering van de aardgasmarkt in combinatie met invoering van het CDS (Commodity/Diensten-systeem) leidt tot een verandering in de tariefstructuur en een verhoging van de aardgasprijs. De tariefstructuur wordt vooral bepaald door de contractcapaciteit (de in het contract van het distributiebedrijf met het glastuinbouwbedrijf overeengekomen maximale afname in m³ per uur).

Glastuinbouwbedrijven kunnen technische maatregelen uitvoeren waardoor de contractcapaciteit of het volume afneemt. Warmteopslag behoort tot de opties waarbij de daling van de contractcapaciteit sterker is dan de daling van het volume. Als gevolg hiervan zal in het CDS-systeem de gasprijs afnemen bij toepassing van warmteopslag (Velden et al., 1999).

Literatuuroverzicht

Bakker, J.C. Sluis, B.J. van der Kempkes, F.L.K. (onderzoek) 1997

Energiebesparing door warmtebuffers in de glastuinbouw. Fase 1 voorstudie en meetmethode-ontwikkeling. Eindrapportage IMAG-DLO Nota P 97-68

Relevante conclusies/resultaten:

- *Buffers komen vooral voor op grotere bedrijven met een hoge brandstofintensiteit;*
- *De voorstudie is uitgevoerd op vier tomatenbedrijven, twee met en twee zonder buffer. De bufferinhoud bedroeg ca. 80 m³ per ha. Incidenteel werd nog 's nachts bijgestookt;*
- *Over de maanden mei-oktober bedroeg de benutting van de maximale buffercapaciteit 80-85%;*
- *De voorstudie is uitgemond in een onderzoek op tomaten- en paprikabedrijven in 1998.*

Coolen, E. (voorlichting) 1995

CO₂-verdeling laat meest te wensen over. Groenten + Fruit, vakdeel Glasgroenten 7 p 44-45

Relevante conclusies/resultaten:

- *Voordat tot aanschaf van warmteopslag wordt overgegaan dient, ter bepaling van de inhoud van de tank, geregistreerd te worden hoeveel warmte 's nachts nodig is. Dit kan het beste in het voorjaar gemeten worden;*
- *CO₂-toepassing met warmteopslag is in veel gevallen (bedrijfseconomisch (red.)) interessant, in tegenstelling tot zuivere CO₂.*

Corsten, A.J. (voorlichting) 1997

Chrysantentelers zonder warmteopslag doen zichzelf tekort. Vakblad voor de Bloemisterij 17 p 54-55

Relevante conclusies/resultaten:

- *Het investeringsbedrag voor een warmteopslagtank bij de CO₂-dosering wordt vooral bepaald door de kosten van plaatsing en van de aansluiting op de verwarmingsinstallatie en de klimaatcomputer. De inhoud van de tank speelt hierbij maar een geringe rol, praktijkervaring leert dat een inhoud van 80 à 100 m³ per ha voldoet;*
- *De kosten van het installeren van een tank met een inhoud van 100 m³ per ha bedragen (incl. aanpassing van de klimaatcomputer, de betonvloer, vergunningsaanvragen en de koppeling aan de verwarming) ongeveer f 100.000,-. Afhankelijk van de individuele fiscale situatie bestaat de mogelijkheid van investerings- en energieaftrek;*
- *Het is een misverstand te denken dat er op een chrysantenbedrijf, 's nachts als het scherm gesloten is, onvoldoende mogelijkheden zijn de tank 'leeg' te maken. Alleen investeren in een warmteopslagtank is echter niet genoeg, de totale CO₂-voorziening moet in orde zijn. Indien niet in elk bed CO₂-darmen liggen en de druk in de darmen minder is dan 5 cm-waterkolom loopt het rendement van de warmteopslagtank aanzienlijk terug.*

Persoon, J. (vakredacteur) 1997

Met warmteopslag de lucht in. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 32 p 12-13

Relevante conclusies/resultaten:

- *Om zuurstofopname van het water in de opslagtank te voorkomen wordt het water 'afgedekt' met een laag olie of een laag stikstof. Olie is minder milieuvriendelijk, lost langzaam op in het water en tast verwarmingsbuizen en vlampijpen aan. Stikstof is duurder, maar milieuvriendelijker en bedrijfszekerder;*
- *Een tank voor warmteopslag kan liggend of staand worden gebouwd. Bij een liggende tank kan alleen met olie worden 'afgedekt', bij een verticale tank kan zowel olie als stikstof als afdeklaag worden gebruikt. Een liggende tank is voordeliger, maar neemt meer ruimte in. Een staande tank is duurder in aanschaf, onder andere doordat zwaardere onderbouwning nodig is om verzakken te voorkomen. Een staande tank betekent, doordat de tank boven de kassen uitsteekt, een vorm van horizonvervuiling.*

Vegter, B. (vakredacteur) 1999

Kebus nieuwste ontwikkeling in energiebeheer. Uitvoering ketel-buffer-sturing de eenvoud zelve. Vakblad voor de Bloemisterij 35 p 46-47

Relevante conclusies/resultaten:

- *Bij Westland Energie Services is, in samenwerking met Hoogendoorn Automatisering, een*

<i>ketelregelsysteem-op-afstand ontwikkeld (de ketel-buffer-sturing, kortweg KeBuS), waarbij niet de ketel als het centrale punt wordt gezien, maar de warmteopslagtank;</i> - <i>Het KeBuS-paneel is voorzien van een afstandsbediening, waarmee Westland Energie Services het functioneren van de installatie en het energierendement bijhoudt;</i> - <i>Met de ketel en eventuele andere warmteleveranciers wordt de warmtevoorraad in de opslagtank op peil gehouden. Hierdoor hoeft de ketel niet 's morgens ineens vollast te draaien. De ketel kan dus veel meer uren in de lage stand draaien, waardoor brandstof wordt bespaard;</i> - <i>Intussen zijn veertien glasgroentebedrijven uitgerust met een KeBuS-regeling. Naar verwachting volgt de bloemisterij onder glas met introductie van de KeBuS-regeling.</i>
Velden, N.J.A. van der, et al. (onderzoek) 1999 Liberalisering aardgasmarkt. Verkenning glastuinbouw. LEI, Den Haag Rapport 1.99.07 57 p. Relevante onderzoeksresultaten: - <i>Liberalisering van de aardgasmarkt in combinatie met invoering van het CDS (Commodity/Diensten-systeem) leidt tot een verandering in de tariefstructuur en een verhoging van de aardgasprijs. De tariefstructuur wordt vooral bepaald door de contractcapaciteit (de in het contract van het distributiebedrijf met het glastuinbouwbedrijf overeengekomen maximale afname in m³ per uur);</i> - <i>Glastuinbouwbedrijven kunnen technische maatregelen uitvoeren waardoor de contractcapaciteit of het volume afneemt. Warmteopslag behoort tot de opties waarbij de daling van de contractcapaciteit sterker is dan de daling van het volume. Als gevolg hiervan zal in het CDS-systeem de gasprijs afnemen bij toepassing van warmteopslag.</i>
Vermeulen, P. (onderzoek) 1995a Warmtebuffer beter dan aanvullend doseren. Groenten + Fruit/Glasgroenten-Week 1 p 14-15 Relevante conclusies/resultaten: - <i>Vergeleken met rookgas-CO₂ worden bij zuivere CO₂ weliswaar positieve resultaten bij tomaten geboekt, maar deze resultaten liggen beduidend lager;</i> - <i>Het gebruik van een warmtebuffer is, bedrijfseconomisch gezien, de beste manier om het CO₂-gehalte in de kas te verhogen.</i>
Vermeulen, P. (onderzoek) 1995b Warmtebuffer afstemmen op voorjaarsnachten. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 2 p 10-11 Relevante conclusies/resultaten: - <i>Stem de capaciteit van de warmtebuffer af op de warmtebehoefte in de voorjaarsnachten;</i> - <i>Een grotere warmtebehoefte in het voorjaar rechtvaardigt bij tomaten een grotere warmtebuffer;</i> - <i>Bij een stookregime als voor tomaten is een buffercapaciteit tussen 80 en 120 m³ per ha glas bedrijfseconomisch optimaal.</i>
Vermeulen, P. (onderzoek) 1995c Buffer en zuivere CO₂ de beste combinatie. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 3 p 10-11, 13 Relevante conclusies/resultaten: - <i>Het gebruik van een warmtebuffer, gecombineerd met aanvullend doseren tot 350 dpm geeft bij tomaten de beste resultaten;</i> - <i>Per ha tomaten geeft een warmtebuffer van 100 à 140 m³ economisch gezien het beste resultaat.</i>
Verveer, J.B. et al. (onderzoek) 1995 Handboek verwarming glastuinbouw. Nutsbedrijf Westland. N.V. Misset Uitgeverij bv
Wilk, G. van der (voorlichting) 1998 Vele opties bemoeilijken aanschaf warmtebuffer. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 15 p 14-15, 17 Relevante conclusies/resultaten: - <i>Voor buffers van 100 tot 500 m³ worden meestal horizontale tanks gebruikt. Bij nog grotere tanks wordt een verticale tank in overweging gegeven, omdat deze ruimte bespaart en goedkoper is;</i>

- Een verticale tank moet voldoende hoog zijn om problemen met stoombelletjes op plaatsen met een lage druk (cavitatie), bijvoorbeeld aan de zuigzijde bij de waaier van de pomp, te voorkomen; - Onafhankelijk van het tanktype moet de warmte zo egaal mogelijk over het oppervlak van de tank worden verdeeld door sproeileidingen; - Bij horizontale tanks volstaat een expansie-automaat, bij verticale tanks kan het best worden gekozen voor een stikstofdeken onder overdruk op waterniveau; - Het aanbrengen van een laagje olie op het water wordt ten zeerste afgeraden; - Bezuinigen op de diameter van leidingen is verkeerd. Er bestaat implosiegevaar als gevolg van onderdruk; - Een goede vacuümbeveiliging is nodig en levert premierestitutie op bij verzekering van de buffertank; - De temperatuur in de warmteopslagtank varieert van ongeveer 90 °C overdag tot ongeveer 40 °C 's nachts. Deze temperatuurschommelingen brengen drukverschillen met zich, die de expansie-installatie veilig moet kunnen opvangen; - Het water dat de buffer ingaat dient een pH van 9 à 10 te hebben en een hardheid van 0,1 tot 1 °dH. Bedrijven in waterbehandelings techniek kunnen hierover adviseren.
Zwart, H.F. de (onderzoek) 1996 Analyzing energy-saving options in greenhouse cultivation using a simulation model. De Zwart [S.I.] NL 236 p.
Zwart, H.F. de Zwinkels G.L.A.M. en Vernooij, C.J.M. 1999 Praktijkevaluatie van het gebruik van warmtebuffers in de tomaten- en paprikateelt. IMAG Wageningen, Nota P 99-99 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - Geen verschillen in jaarlijks gasverbruik tussen bedrijven met en zonder warmtebuffer; - De jaarlijkse CO₂-gift op de bedrijven met buffer lag gemiddeld 30% (tomaten) of 35% (paprika) hoger dan op bedrijven zonder buffer; - De productiecijfers, die op de bedrijven zijn verzameld waren slecht bruikbaar voor het bepalen van een causaal verband tussen CO₂-gift en productie; - De bufferafmetingen, waarbij de aan CO₂ verbonden kosten het laagst zijn, blijken voor tomatenteelt op 75 à 100 m³ te liggen en voor paprikateelt op 70 à 80 m³ per ha.
Zwarts, G. Deenen, H.P.M. (voorlichting) 1995 Vraag en antwoord over warmte-opslag. Vakblad voor de Bloemisterij 7 p 46-47

Informatieboodschap 'Warmteopslag voor overbrugging van langere termijn'

Betekenis van warmteopslag voor overbrugging van langere termijn voor de praktijk

Met warmteopslag (door ECN opslag van thermische energie genoemd) kan de ongelijktijdigheid van aanbod van en vraag naar warmte worden opgevangen. Energie Centrum Nederland (ECN) onderscheidt als perioden van overbrugging: korte (pieken), middellange (dag/nacht, week/weekend cyclus) en lange (seizoenopslag) perioden. In de glastuinbouw is tot nu toe nog geen ervaring opgedaan met opslag van warmte voor langer dan enkele dagen of weken.

Doel van de opslag van thermische energie

Met warmteopslag voor overbrugging van langere termijn wordt beoogd warmte, die op het glastuinbouwbedrijf op zeker moment overbodig is, op te slaan en nuttig aan te wenden op een later moment (over een periode van één of meer weken of maanden) als er warmtevraag is.

Conclusies onderzoek

- Een door ECN uitgevoerd onderzoek geeft aan dat er (zowel energetisch als economisch) voor (kantoor)gebouwen mogelijkheden zijn door introductie van de 'flexibele waterzak'. Plaatsing van een waterzak is op veel meer plaatsen mogelijk dan een tank. De kosten liggen lager en de buffer is in verschillende vormen te realiseren. Inclusief steenwolisolatie worden de investeringen (bij een volume van 50 m³) begroot op f 240,- per m³;
- Warmteopslag met behulp van slangen (bijvoorbeeld in vloerverwarming) blijkt in het algemeen geen goede optie, omdat dit leidt tot een zeer groot warmtewisselend oppervlak, maar zou voor glastuinbouw met teelt op betonvloeren onderzocht moeten worden;
- Fase transformatie materialen, die hun smeltpunt hebben rondom temperaturen van 16 tot 25 °C en verwerkt in bouwmaterialen, zijn toe te passen in muren en plafonds van gebouwen;
- Op het terrein van de Universiteit te Utrecht is een systeem voor lange termijn warmteopslag gerealiseerd. Het betreft een innovatief systeem voor de opslag van restwarmte van warmtekrachtinstallaties in een aquifer (afgesloten waterlaag in de aarde op een diepte tot enkele honderden meters).

In de zomer wordt water op een punt uit de aquifer opgepompt en verwarmd door de W/K-installaties, die stroom produceren. Het water gaat, na verhitting tot 90°C, op een punt enkele meters verder dan het oppomppunt, terug naar de aquifer op 200 à 300 m diepte. In de winter wordt het warme water vanuit de aquifer omhooggepompt en voor verwarming gebruikt. Op deze wijze bespaart de universiteit ongeveer 4,5% op de verwarmingskosten.

Door ECN is op dit experiment gewezen, met daarbij de opmerking dat voor het opslaan van warmte met temperaturen tot 90 °C in het algemeen geen vergunning wordt verleend.

Literatuuroverzicht

Smeding, S.F. Bach, P.W. (onderzoek) 1997

Compacte thermische energieopslag bij kantoorgebouwen. ECN, Petten, ECN-97-039, 96 p.

Relevante conclusies/resultaten:

- *Van de gekozen alternatieven komt de waterzak als enige oplossing met het predikaat 'goed' naar voren. De waterzak is geschikt voor opslag van koude en warmte in één systeem, het systeem kan worden geplaatst op minder toegankelijke locaties en de kostprijs zal lager liggen dan van een vergelijkbaar tank-systeem;*
- *Bouwmaterialen, geïmpregneerd met Fase Transformatie Materiaal bieden in de toekomst goede mogelijkheden om thermische energie op te slaan;*
- *De financiële resultaten van de modelberekeningen tonen een aanzienlijke gevoeligheid voor de tariefstructuur van de energie.*

Anonymus (onderzoek) 1998

Wegen als zonnecollector. Energie Verslag Nederland. ECN, Petten

Relevante conclusies/resultaten:

- *Het zwarte wegdek is een prima zonnecollector, 5 m² asfalt levert evenveel energie als 1 m² zonnecollector. Voor de warmteafvoer en -toevoer wordt gedacht aan grondwaterbronnen (aquifers) op 80 tot 120 meter diepte.*

4.2.6 Voorlichtingsboodschap 'CO₂-productie en -verdeling'

E. van Rijssel (PBG), R. Grootcholten (OVTO)

(zie ook 4.2.16 'klimaatregeling CO₂-concentratie').

Betekenis CO₂-dosering voor de praktijk

Het verrijken van de kaslucht met CO₂ (koolstofdioxide) is in de glastuinbouw een normale teeltmaatregel. In de kas vindt de verdeling over het kasoppervlak plaats via een CO₂-verdeelsysteem.

CO₂-productie vindt plaats door verbranding van fossiele brandstoffen waarvan de rookgassen geheel of ten dele worden aangewend om de CO₂-concentratie in de kas te verhogen, indien noodzakelijk met reiniging van deze rookgassen. De reiniging van rookgassen is een techniek die weliswaar voldoet maar momenteel nog niet probleemloos kan worden toegepast.

Rookgas vanuit de gasgestookte verwarmingsketel op het eigen bedrijf, eventueel na bijmengen met lucht, is de meest voorkomende bron van CO₂. De introductie van low-NO_x-branders vormt een nieuwe impuls om voluit van het CO₂-effect te gaan profiteren. Het gebruik van CO₂-kanonnen vindt nog vrijwel alleen plaats op heteluchtbedrijven. In opkomst zijn het gebruik van gereinigde rookgassen van W/K-installaties op het eigen bedrijf en het gebruik van aangevoerde rookgassen van gecombineerde stoom- en gasturbine(STEG)-eenheden. De (gedeeltelijke) aankoop van zuivere CO₂ is een alternatief.

De verdeling van CO₂ over het teeltoppervlak vindt plaats via buizen bovenin of slurven onder in de kas, die aansluiten op een transportleiding voor rookgas of zuiver CO₂.

Een CO₂-doseerinstallatie verhoogt de jaarkosten met 30-35 ct/m² (KWIN 1995/96). Het gebruik van CO₂-kanonnen kost ca. 45 ct/m² per jaar. Het gasverbruik stijgt door het doseren van CO₂, afhankelijk van de doseerstrategie, tot ca. 7 m³/m² per jaar. CO₂-dosering verhoogt de productie met 10 tot 40%, afhankelijk van doseerstrategie en de teelt. De vervuiling van de rookgassen met NO_x of etheen vermindert het positieve effect van het doseren en kan, bij ernstige vervuiling, leiden tot zichtbare beschadiging van het gewas.

Doel van de CO₂-installatie

Het glastuinbouwbedrijf heeft een CO₂-installatie om CO₂ gelijkmatig over de gehele kas te doseren en de CO₂-concentratie te kunnen verhogen naar een instelbaar niveau met als doel verhoging van de productie en/of de productkwaliteit.

Indien de CO₂ op het eigen bedrijf wordt geproduceerd (ketel of W/K-installatie), dient de toevoer van rookgas naar de kas te worden beveiligd om schade door toevoer van CO (koolmonoxide), etheen (oude naam: ethyleen) en NO_x naar de kas te voorkomen.

Conclusies onderzoek

- Het systeem van centraal CO₂-doseren met rookgassen van de verwarmingsketel voldoet goed. De ketelbranders kunnen een volledige verbranding bereiken bij alle branderstandens en de mogelijkheden om te kunnen terugregelen naar zeer kleine vlamstanden zijn vergroot.
- Bij onvolledige verbranding ontstaat CO en mogelijk etheen. Etheen is funest voor het gewas, zodat bij centraal CO₂ doseren, CO-detectie, die de rookgastoevoer afsluit bij onvolledige verbranding, noodzakelijk is. Met een CO-melder, afgesteld op max. 15 - 30 ppm, afhankelijk van de ingestelde tijdsduur waarna alarmering plaatsvindt, kunnen de rookgassen van de ketel worden bewaakt. Roetafzetting in de verdeelslangen wijst op CO -orming.

- NO_x ontstaat bij hoge (vlam)temperaturen (> 1700°C), is schadelijk voor mens en gewas en dient uit oogpunt van milieu en gewasschade te worden beperkt.
- De introductie van low-NO_x-branders verhoogt het effect van CO₂-dosering omdat het negatieve effect van NO_x op de assimilatiesnelheid sterk vermindert. Het NO_x-gehalte in de rookgassen van 120-170 mg/m³ kan zakken tot < 60 mg/m³.
- Het retrofit-systeem, dat in vrijwel alle branders toepasbaar is, kan de NO_x-vorming beperken tot < 60 mg/m³ rookgas. Met rookgasrecirculatie is dit ook te bereiken doch dit is duurder en doet de ketelcapaciteit met 15% teruglopen.
- Toepassing van volledige voormenging in oppervlaktebranders verlaagt de NO_x vorming nog sterker, doch het regelbereik ervan is nog gering. De keramische oppervlaktebranders zijn nog niet rijp voor praktijktoepassing in de glastuinbouw.
- De verdeelsystemen om de CO₂ via slurven laag bij de grond in te blazen, of via een minder vertakt buizenet boven in de kas (nadeel: matige verdeling in de kas), voldoen bij een juiste technische installatie. Een slechte verdeling, veelal door een ongelijke druk in de buizen/slurven, komt echter nog geregeld voor door fouten bij de aanleg en door ongecontroleerd gebruik (mededeling P. van Marion uit evaluatie EDO-rapportages). De verdeling van CO₂ in de kas wordt slechts sporadisch gemeen waardoor een slechte verdeling vaak pas laat wordt 'ontdekt'.
- De CO₂-dosering met kanonnen, waarin aardgas of lichte olie wordt verbrand, is snel teruggelopen en komt nu met name nog voor op heteluchtbedrijven. Deze kanonnen zorgen zowel voor de productie van CO₂ als voor verdeling.
- De regeling van de CO₂-concentratie in de kas kan verbeteren, meestal wordt de gewenste concentratie gestuurd vanuit één meetpunt, of vanuit een mengmonster vanuit meerdere afdelingen, per bedrijf. IJking van de sensor(en) vindt wel geregeld plaats.

Advies omtrent de CO₂ installatie, doelgroep installateurs

Ketelinstallatie

- Controleer of de ketel is voorzien van een low-NO_x brander en zo niet, of de brander is om te bouwen. Adviseer de teler over de mogelijkheden.
- Controleer of de minimale en maximale branderstand voor CO₂ overeenkomt met de wens van de teler. Globale richtlijn is 50-100 m³ ka.uu.
- Controleer of alle rookgassen bij de laagste CO₂ branderstand ook daadwerkelijk worden afgezogen door de CO₂-ventilator.
- Controleer of de druk in de uitgang van de ketel niet te sterk wordt benut door het afzuigen van rookgassen. Gebruik eventueel koeldebussen voor de gassen.
- Controleer de plaatsing van de CO-detectoren (of de condensoren indien aanwezig), maar voor de CO₂ set in de onverdunde rookgassen.
- Controleer de werking van de CO-detectoren alarm bij meer dan 10-30 ppm CO in de onverdunde rookgassen. De in te stellen alarm-concentratie is afhankelijk van de ingestelde tijdspanne waarna alarmgeving plaatsvindt.
- Kijk of een condensor aanwezig is en zo ja, of deze goed functioneert. De rookgastemperatuur na de condensor moet de watertemperatuur die de condensor ingaat te benaderen. Als de condensor op de retour is aangesloten, kijk dan of gebruik kan worden gemaakt van een apart lage temperatuurset om de rookgastemperatuur na de condensor verder te verlagen.
- Kijk of er een warmteopslagtank aanwezig is en of deze juist is gemonteerd. Zie voorlichtingsbrochure 'Warmteopslag', paragraaf 4.2.5.

CO₂-installatie

- Controleer de draairichting van de ventilator.
- Controleer of het systeem volgens het ontwerp is geïnstalleerd. Het CO₂-verdeelstelsel moet het verdeelsysteem opnieuw berekenen. Na de ventilator moet een rechte buis van minimaal 6x de diameter van de verdeelleiding zijn aangesloten om turbulenties te voorkomen.
- Controleer of het drukverval max. 600 Pa is en de bypass van de ventilator afgevoerd van het verdeelsysteem overeen komt met de berekening van warmteverlies. Zie het boekje bij de lichte smeerplaatjes zijn opgeleest.
- Stel het bijbrengen van lucht in de rookgassen zodat de ontstekingstemperatuur van het CO₂-verdeelstelsel niet worden beschadigd. Het moet min. 100°C zijn.
- Zorg voor een goede afvoer van condenswater uit het verdeelsysteem. Ook indien de rookgassen eerst door een condensor zijn gegaan. Het condensaat moet worden afgevoerd. Zorg dat het gas de rookleiding op afschot ligt.

Advies omtrent de CO₂-installatie op de groep (tabel)

Technische randvoorwaarden voor de toelassing van CO₂

Verhogen van het gas

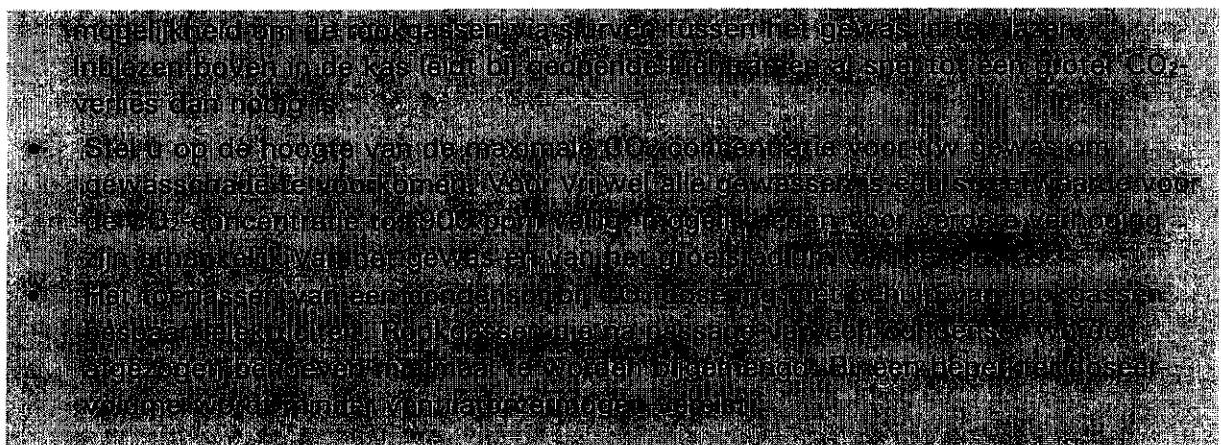
- De brandstof moet vrij van zwavel zijn. Het gebruik van gas met een zwavelgehalte van meer dan 100 ppm is niet aanbevolen.
- Bij de verbranding moet de verbranding plaatsvinden onder een goede afzuiging, waardoor de rookgassen vrij zijn van een gasafname van 30-60 ppm. De lichte moet niet meer dan 10-15 ppm zijn.
- Bij de verbranding moet zo weinig mogelijk NO_x gevormd worden. De gevormde NO_x moet via nabehandeling of de rookgassen worden verwijderd. Rookgasemissie voor elke installatie NO_x < 10 ppm in de kas.
- De CO₂-doserings moet automatisch op een constante dosering worden vastgesteld of te veel NO_x in de rookgassen.

Controle en onderhoud

- Laat het CO₂-verdeelstelsel (of oplevering) controleren op basis van de volgende vereisten. Lichte overdruk in de hoofdleidingen en een uniforme CO₂-verdeling in de kasruimte.
- Controleer of de afvoer van CO₂ in de rookgassen staat afgesteld op een concentratie van 30 ppm in de onverdunde rookgassen.
- Laat de verwarmingsketel jaarlijks nazien en afstellen.
- Laat de afstelling van het bijbrengen van lucht in het verdeelsysteem jaarlijks nazien. Controleer elke winter of alle verdeelstukken op druk. Rookgasemissie moet leiden tot een goede CO₂-verdeling in de kas.
- Controleer maandelijks de condenswaterafvoer uit het verdeelsysteem. Voortbrenging is een van de belangrijkste zaken van een goede CO₂-verdeling.

Meer rendement

- Overweeg de mogelijkheden om het NO_x-gehalte in de rookgassen te verlagen. Het wettelijk maximum milieu-gehalte is 60 mg/m³.
- Overweeg de aansluiting van een warmtebuffer (60-120 m³ na afhankelijk van de doseerstrategie) om onnodig CO₂-verlies (ventilatieverlies) te voorkomen. De CO₂-concentratie te kunnen opvoeren en/of om het aantal doseeruren te verminderen.
- Wanneer het verdeelsysteem de CO₂ boven in de kas blaast, ook naar de



Suggesties voor illustratie en demonstratie

- Voorbeeldsituaties (met foto) van gemaakte fouten en de gevolgen daarvan voor het regelen van de CO₂-concentratie en concentratieverschil in de kas.

Theoretische achtergrond

Gebruik rookgassen voor CO₂-dosering

Het verbrandingsproces moet leiden tot een volledige verbranding bij een zeer beperkte luchtvermaat om etheenschade te voorkomen. Modulerende branders met een atmosferische verbranding bleken aanvankelijk niet geschikt, ventilatorbranders zijn wel in staat om de gas/lucht-verhouding bij diverse branderstanden nauwkeurig te regelen (Meijndert, 1974). De rookgassen bevatten een NO_x-gehalte van 120-170 mg/m³. Met ombouw van bestaande branders of vervanging van de brander door een low-NO_x-brander is het gehalte met 50% of meer te verlagen (voorlichtingsboodschap Verwarmingsketel).

De rookgassen van W/K-installaties (verbrandingsmotoren) bevatten zowel etheen als NO_x, ook als ze aardgas als energiebron gebruiken. De rookgassen zijn daardoor niet direct te gebruiken voor CO₂-dosering. De rookgasreiniging en -detectie, zoals die heden ten dage is ontwikkeld en op praktijkbedrijven is getest, biedt goede perspectieven om de W/K-installaties als veilige CO₂-bron te kunnen gaan benutten.

Doseerschade aan gewassen door etheen en NO_x

Schade kan optreden door verontreiniging van de rookgassen of bij langdurig doseren zonder ventilatie in goed afgedichte kassen, door ophoping van een zeer geringe verontreiniging in de rookgassen. De schadebeelden zijn als volgt:

Symptomen van etheenschade bij kasgewassen zijn: remming van de (lengte)groei, afname apicale dominantie, voortijdige veroudering van bladeren en bloemen, misvorming en afstoting van bladeren en knoppen (Hand, 1982/90; Dings en Meeuws, 1989).

De gevoeligheid van gewassen voor etheen is door Deense onderzoekers gemeten (Hoyer en Adriansen, 1994). Etheengevoelig (schade bij concentratie >0,01ppm in de kas) zijn veel (bloeiende) potplanten: Begonia, Beloperone, Clerodendrum, Euphorbia pseudo-cactus, Fuchsia, Hibiscus, Impatiens, Kalanchoë, Kohleria, Primula vulgaris, Saintpaulia, Schlumbergera, Sinningia, Stephanotis en Streptocarpus en ook een aantal snijbloemen: Antirrhinum majus, Bouvardia, Cymbidium, anjer, Gypsophila, Lilium en een aantal cultivars van Alstroemeria en roos.

Minder etheengevoelig (schade bij concentratie >0,1-0,5 ppm in de kas) zijn de potplanten: Anthurium scherzerianum, Asparagus densiflorus, Dieffenbachia, Dra-

caena, Ficus benjamina, F. pumila, Hedera en Yucca en ook de snijbloemen: Anthurium, Dahlia, Gerbera en Nerine.

Weinig gevoelig waren de potplanten: Asplenium nidus, Chamaedorea elegans, Codiaeum variegatum, Cordyline, Nephrolepis exaltata, Scindapsus pictus en Senecio x cruentus en de snijbloemen: Alchemilla mollis, Amaranthus, Astilbe, Liatris, Solidago en Tanacetum parthenium.

Symptomen van NO_x-schade zijn beschadiging op celniveau, membranen en wanden. De schade wordt zichtbaar als grillige lichtgekleurde, of necrotische vlekken op het blad en aan bladranden, met name bij volgroeide en oudere bladeren (Rijdsdijk 1998). Het kan optreden bij NO_x-concentraties > 1 ppm in de kas (Rijdsdijk, 1989/98). Schade treedt minder snel op wanneer de huidmondjes gesloten blijven door een (te) hoge CO₂-concentratie (Hand, 1990; Rijdsdijk 1989). Gewassen die gevoelig zijn voor NO_x zijn: sla, roos en de potplanten Dieffenbachia en Saintpaulia (Hand, 1990).

Beveiligen tegen (etheen)schade aan de gewassen

Beveiliging tegen etheenschade bij rookgasdosering uit de verwarmingsketel is goed mogelijk door een continue meting van de CO-concentratie in de (onverdunde!) rookgassen. Etheen dat ontstaat door onvolledige verbranding gaat samen met het ontstaan van CO. De CO-concentratie is echter veel hoger en eenvoudiger te meten dan de etheen-concentratie. De grenswaarde voor CO is vastgesteld op 15-30 ppm in de onverdunde rookgassen achter de condensor (Rijdsdijk, 1989).

Ophoping van etheen in de kas kan alleen worden voorkomen door ventilatie. De natuurlijke ventilatie via kieren kan bij windstil weer te klein zijn. Dit valt op doordat de CO₂-concentratie na stoppen van de dosering erg langzaam terugloopt (Nederhoff, 1984)

Over de mogelijkheid tot beveiliging tegen het voorkomen van NO_x zijn geen publicaties gevonden. Wel zijn er nu economisch aantrekkelijke mogelijkheden om de NO_x-productie bij de brander terug te brengen, zie voorlichtingsboodschap Verwarmingsketel.

Schade door etheen en NO_x kan ook ontstaan door ophoping van deze gassen in de atmosfeer (smog). Deze schade treedt echter op bij geopende luchtramen en is daarvoor goed te onderscheiden van NO_x-schade door CO₂-dosering.

CO₂-schade door overdosering

Naast schade door rookgasverontreiniging kan er ook schade ontstaan door overdosering van CO₂. Schadebeelden ontstonden in de begintijd van het doseren toen CO₂-meting in de kassen nog niet mogelijk was en er op een aantal bedrijven continu dag en nacht werd gedoseerd. Bij de huidige klimaatregeling wordt het gewenste CO₂-gehalte ingesteld en de gerealiseerde concentratie gemeten. Het knelpunt voor overdosering is met de doseerregeling verschoven van de doseerstrategie naar de CO₂-verdeling in de kas. Een uniforme verdeling hoeft geen probleem op te leveren als voldaan wordt aan de volgende voorwaarden:

- a. voldoende overdruk in het verdeelsysteem en
- b. geen drukverval in het systeem, onder andere door verstoppingen of waterophoping in de verdeelleidingen (condensvorming).

CO₂-schade kan ontstaan bij instellingen van de gewenste CO₂-concentratie > 900 ppm, met name bij gevoelige gewassen en cultivars of bij grote concentratieverschillen binnen de kasafdeling. De schade komt dan tot uiting in groeireductie en bij nog hogere concentratie in bladschade (chlorose, necrose en gedraaid blad) (Berkel, 1984; Hand, 1990). De schade wordt veroorzaakt door het geheel of gedeeltelijk sluiten van de huidmondjes bij verhoogde CO₂-concentratie, waardoor uiteindelijk de uitwisseling

van gassen niet meer mogelijk is. De hoogte van de CO₂-concentratie die schade veroorzaakt verschilt per gewas (Stapel, 1996).

Volgens Deens onderzoek (Mortensen, 1987) ligt de oorzaak van gewasschade in:

- a. een te hoge bladtemperatuur bij hoog lichtniveau, vooral na donker weer;
- b. afbreken van chlorofyl bij zetmeelophoping in het blad, met name bij hoog lichtniveau en lage temperatuur en
- c. afname van verdamping en opname voedingsstoffen.

Afzuigen van rookgassen en bijmengen van lucht

De hoeveelheid rookgassen die kunnen worden afgezogen wordt bepaald door de gewenste doseercapaciteit. Een goed afgestelde, sterk modulerende brander is gewenst om aan de wisselende behoefte aan CO₂ te voldoen bij een minimum aan energieverbruik (Uffelen, 1988).

De meeste CO₂-regelprogramma's werk(t)en via een aan/uit principe. Hierbij moet(s) een keuze worden gemaakt voor de doseercapaciteit:

- a. als de doseercapaciteit wordt gekozen op basis van een hoge CO₂-behoefte, wordt niet geprofiteerd van de laagst mogelijke branderstand. Dit leidt tot energieverspilling door pendelend gedrag van de ketel bij een lage warmtebehoefte;
- b. een lage doseercapaciteit leidt tot lagere productie-winst doordat de gewenste CO₂-concentratie niet wordt gehaald in situaties met hoog CO₂-verbruik.

Mengen van lucht en rookgassen gebeurt om de temperatuur van de doseergassen te verlagen, waardoor beschadiging van het verdeelsysteem door te hoge temperaturen wordt voorkomen. Een minimale bijmenging is nodig om voldoende volume en druk in het aanwezige verdeelsysteem op te bouwen om tot een uniforme verdeling te komen (Uffelen, 1988). Rookgassen die na passage van een condensor worden afgezogen behoeven minimaal te worden bijgemengd. Beperken van het doseervolume bespaart elektriciteit omdat minder ventilatorvermogen wordt vereist.

Het verdeelsysteem in de kas

Bij voldoende ruimte tussen gewas en kasdek kunnen de rookgassen via geperforeerde buizen of slurven, boven het gewas, worden verdeeld. Een uniforme verdeling is hiermee echter moeilijk te bereiken en bij geopende luchtramen zijn de ventilatieverliezen relatief groot.

Verdelen van de rookgassen onder in de kas via geperforeerde slurven van 40 tot 120 mm diameter (40 en 60 mm is gebruikelijk) is efficiënter. Alle slurven dienen wel op druk te komen om een uniforme verdeling te bereiken, doch dit is eenvoudig te controleren.

Een ongelijke verdeling is vrijwel altijd te wijten aan drukverval in de transportleiding, ophoping van condenswater (bij rookgas-CO₂) in het verdeelsysteem, of geplukt/gevalen blad op de slurven (ophanging CO₂-darmen). Deze problemen kunnen eenvoudig worden vermeden:

- a. door minimaal drukverval in de verdeelleiding door plaatsing van zogenaamde smoorplaatjes, het juist afstemmen van de inblaasopeningen naar de slurven;
- b. door condens in het verdeelsysteem correct af te voeren door middel van verzamelputjes met pompjes;
- c. door condensvorming in het verdeelsysteem te voorkomen door meer lucht bij de rookgassen te mengen. Condensvorming vindt dan pas bij een hogere temperatuur en in kleinere hoeveelheden plaats. Dit condenswater moet wel worden afgevoerd;

- d. voorkom dat de uitstroom wordt gehinderd, verwijder regelmatig geplukt en/of gevallen blad van de CO₂-slurven.

Om de juiste werking van het verdeelsysteem te controleren moet een meting plaatsvinden van de CO₂-concentratie op verschillende plaatsen in de kas. Dit is technisch goed mogelijk maar wordt nog slechts sporadisch toegepast (Vermeulen 1994). CO₂-kanonnen bevatten grote ventilatoren om de kaslucht boven het gewas in beweging te brengen. Via de luchtbeweging wordt de warmte en de CO₂ verdeeld, een methode die niet erg energiezuinig is en ook niet erg efficiënt (Langer, 1990).

Gebruik warmtebuffer

De behoefte aan CO₂ voor aanvulling van de concentratie in de kassen is niet gekoppeld aan de warmtevraag. Zelfs bij geopende luchtramen in de zomer kan overdag de CO₂-concentratie in de kas ver dalen onder de buitenluchtconcentratie van ca. 360 ppm (Mortensen, 1990; Nederhoff, 1990).

Als CO₂ uit de ketel of W/K-installatie wordt gebruikt, kan een minimum buistemperatuur worden aangehouden om CO₂ te kunnen blijven doseren. Dit verhoogt echter het energieverbruik en stuurt de luchtramen (verder) open. Het openen van de luchtramen beperkt de mogelijkheid om meer te doseren dan tot aan de buitenluchtconcentratie. Gebruik van een warmtebuffer voor opslag van overtollige warmte (overdag) kan dus de gasrekening beperken en ook nog productieverhogend werken (Vermeulen, 1987a/88; Zandbelt, 1987). Het blijkt echter dat bij gebruik van een warmtebuffer vaak meer of langer wordt gedoseerd dan zonder warmtebuffer, zodat het gasverbruik alsnog kan stijgen (0-3 m³/m².jaar).

Regelmogelijkheden

Om de CO₂-toevoer te regelen wordt een CO₂-detector geïnstalleerd. Deze detector wordt veelal gevoed vanuit één afdeling of met een mengmonster uit de verschillende afdelingen. Voor een optimale regeling is een frequente detectie per afdeling nodig met een controle op de CO₂-verdeling in de aanwezige afdelingen (Vermeulen 1994).

Literatuuroverzicht

Berkel, N. van (onderzoek) 1984. Injurious effects of high CO₂-concentrations on cucumber, tomato, Chrysanthemum and Gerbera. Acta Horticulturae 162: 101-112 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - Chlorose gevolgd door necrose - Tomaat jong blad > 790, oud blad > 1500; - Komkommer oud blad > 1500 ppm; - Chrysant > 2200 ppm; - Potchrysant 300, 1500, 3000, 4500 ppm; - Gerbera > 800 ppm; - Tomaat > 2200 ppm. - Opperold blad	
Berkel, N. van (onderzoek) 1987. Chrysant is zeer gevoelig voor ethyleen : reeds 0,05 ppm veroorzaakt schade. Vakblad voor de Bloemisterij 17 p 66-67 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - bij chrysant > 0,05 ppm vertraagde knopaanleg en doorwas.	
Brand, P.M.F. 1987. Verbeteren CO₂-dosering: Centraal doseren op heteluchtbedrijven. De Tuinderij 11 p 36 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - Op veel bedrijven koolzuurgasvoorziening via CO₂-kanonnen, geeft ongelijke warmteverdeling; - Partieel uitschakelen van CO₂-kanonnen leidt tot ongelijke verdeling CO₂;	

- <i>Bij CO₂-kanonnen te veel CO₂-verliezen bij geopende luchtramen;</i> - <i>Op bedrijven met slangenverwarming is ook een keteltje aanwezig. Centraal CO₂-dosering met ketel is effectiever dan met kanonnen, mits verlaging van rookgastemperatuur.</i>
Bruggink, G.T., Wolting, H.G., Dassen, J.H.A., Bus, V.G.M. (onderzoek) 1988. The effect of nitric oxide fumigation at two CO₂ concentrations on the photosynthesis and stomatal resistance of tomato (<i>Lycopersicon lycopersicum</i> L. cv. Abunda) <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>NO_x-schade bij 1 ppm trad op vanaf 3 dagen na doseren (8-9 uur/dag, 22°C).</i> - <i>Bij 350 ppm CO₂ liep de assimilatie tot 38% terug bij 1000 ppm tot 24% in verhouding tot 0 ppm.</i> - <i>Het positieve effect van CO₂ 1000 ppm van 40% liep dus sterk terug bij 1 ppm NO_x</i> - <i>De plant herstelt niet tijdens de donkerperiode, maar start de assimilatie op het niveau van de vorige avond. Zichtbare schade trad binnen vijf dagen niet op.</i>
Dings, E.E.H.M., Meeuws, G.J.J.M. 1989. Ethyleenschade herkennen en vervolgens voorkomen. Vakblad voor de Bloemisterij 44 p 181 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>bij lelie bladvergeling, knopverdroging en knopval;</i> - <i>bij roos >0,5 ppm kortere stelen, platknoppen, bladvergeling en blad- en knopval</i>
Goeijenbier, P.G.H.M. (voorlichting) 1985 Meten per afdeling werkt nauwkeuriger - meten van CO₂-concentratie. Vakblad voor de Bloemisterij 5 p 132-133 <i>Relevante conclusies/resultaten</i> - <i>Concentratieverschillen binnen de afdeling met name bij gebruik CO₂-kanonnen, -kachels en verdeelleidingen zonder slurven.</i> - <i>Bij gebruik van slurven drukverschillen tussen de slurven, kapotte slurven en bij ophoping van condensvocht. Ook neerslaande rookgassen uit de schoorsteen zorgen voor concentratieverschillen.</i> - <i>Verticale gradiënten ontstaan in dichte gewassen, met name bij geopende ramen.</i>
Hand, D.W. (onderzoek) 1982. CO₂ enrichment, the benefits and problems. Scientific Horticulture 1982, 33 p 14-43 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>CO₂ geeft een hogere productie en een lagere verademing bij concentraties tot 1000 ppm.</i> - <i>Verbranding van brandstoffen (aardgas, propaan, gezuiverde petroleum enz.) is een goedkopere bron van CO₂-verhoging dan doseren van zuiver CO₂.</i> - <i>Bij onvolledige verbranding ontstaan CO, Etheen en aanverwante stoffen die schadelijk tot zeer schadelijk zijn voor de plant (Etheen > 500 ppb leidt tot knopabortie).</i> - <i>Bij verbranding ontstaat ook NO_x en dit kan leiden tot 30% reductie van de productie.</i>
Hand, D.W. 1990. CO₂ enrichment in greenhouses : problems of CO₂ acclimation and gaseous air pollutants. Acta Horticulturae 268 p 81-101 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>groeireductie > 900 ppm CO₂ bij potplanten;</i> - <i>bladnecrose > 1000-1500 ppm CO₂ bij potplanten;</i> - <i>minder en kleiner blad > 1500 CO₂ ppm;</i>
Hoyer, L., Adriansen, E. 1994. Empfindlichkeit gegen Ethylen - Qualität und Haltbarkeit. Deutscher Gartenbau 32 p 1852-1853 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>schadegrenzen en schadegevoeligheid per gewas.</i>
Meijndert, J.B. Verveer, J.B. (onderzoek) 1973. Toepassing van aardgas voor verwarming en CO₂-toediening. PTG, informatiereeks nr 23 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Lineariteit bij terugregeling van modulerende branders is belangrijk, dit is grotendeels een kwestie van afstelling.</i> - <i>Onderdruk in de ketel bij kleinere vlamstanden is funest voor het verbrandingsproces. Teveel trek moet voorkomen worden, schoorsteenhoogten van 8 m is voldoende > 15 m ongewenst.</i> - <i>Volledige verbranding gecombineerd met een hoog CO₂-gehalte in de rookgassen is alleen met</i>

<i>modulerende branders te realiseren (goede gas/luchtverhouding bij alle vlamstanden).</i> - <i>Rookgasafzuiging moet plaatsvinden met een gering ventilatorvermogen om vlambeïnvloeding (onderdruk) in de ketel te voorkomen. Voor rookgastransport naar de kas is een (tweede) groter ventilatorvermogen vereist (en bijmenging van buitenlucht). CO₂-gehalte rookgas dient > 7,5% te zijn om voldoende te kunnen transporteren.</i> - <i>Het onderhouden van 1000-1500 ppm CO₂ kost 5-8 m³ gas/1000 m².uur.</i> - <i>Etheenmeting is kostbaar, CO-meting als beveiliging voldoet ook goed. Voor momentcontrole zijn meetbuisjes beschikbaar</i>
Mol C. 1993 Met ballonnen plaatselijk CO₂ meten. Vakblad voor de Bloemisterij 10 p 59 <i>Relevante conclusies/resultaten</i> - <i>Gemeten CO₂-concentraties in luchtmonsters (ballonnen) geeft snel inzicht in de horizontale verdeling in de CO₂-concentratie.</i> - <i>Een herhaaldelijk terugkerend patroon wijst op slecht werkend doseersysteem.</i>
Rijsdijk, A.A. (onderzoek) 1989. Gewas in de kas ondervindt schade van rookgassen. Vakblad voor de bloemisterij nr 22 p 53 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Bij onvolledige verbranding ontstaan zowel ethyleen als CO;</i> - <i>Concentratie van CO duidelijk hoger dan van ethyleen en daardoor beter te meten;</i> - <i>CO-concentratie < 30 ppm in onverdunde rookgassen na condensor om ethyleenschade te voorkomen;</i> - <i>NO_x-gevoeligheid wordt groter bij hogere temperatuur en rv, kleiner bij hoog CO₂.</i> - <i>Bij ca. 1 ppm No_x kan schade optreden, lichtgekleurde bladvlekken door kapotte celmembranen en -wanden.</i>
Rijsdijk, A.A. (onderzoek) 1998. Klimaat: NO_x is beperkt schadelijk. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 8 p 17 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Bij gewasschade moet onderscheid gemaakt worden tussen acute beschadiging en schade door chronische blootstelling.</i> - <i>Acute schade treedt op bij NO_x-gehalten > 1 ppm, met name bij volgroeide en oudere bladeren en bestaat uit necrotische vlekken tussen de nerven en langs bladranden.</i> - <i>Chronische schade treedt op bij NO_x-gehalten > 0,25 ppm en bestaat uit een verminderde fotosynthese (het negatieve effect is kleiner dan het positieve effect van de verhoogde CO₂-concentratie).</i> - <i>Kans op hoge NO_x-concentraties is aanwezig bij gebruik van heteluchtkachels op momenten dat alle kieren dicht zitten en er een grote warmtevraag is. Bij normale dosering tot 100 ppm CO₂ is de kans op schade door NO_x laag.</i>
Vermeulen, P. (onderzoek) 1987. Kosten en baten CO₂ doseren in de zomer: Berekenen kostenplaatje voor aanvullend CO₂-gehalte. Vakblad voor de Bloemisterij 4 p 44-45 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Doseren zuiver CO₂ alleen goedkoper dan eigen aanmaak bij prijs zuiver CO₂ < 10 ct/kg.</i>
Vermeulen, P. (onderzoek) 1994. CO₂-installatie sluitpost op begroting. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 46 p 12-13. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Bevat resultaten enquête 78 bedrijven;</i> - <i>Per bedrijf zijn twee verdeelleidingen aanwezig met één slang per 3,20m kap. De slang ligt op de grond of iets verhoogd.</i> - <i>Voor de regeling heeft 65% één meetpunt CO₂ en 20% twee meetpunten. De verdeling van de CO₂-concentratie per bedrijf/afdeling wordt slechts op zes bedrijven jaarlijks gemeten.</i> - <i>De meting gebeurt op ca. 1,20m hoogte en ijkings vindt ca. 3x per jaar plaats.</i> - <i>De druk in de slangen/slurven wordt nooit gemeten, beschadiging wordt wel hersteld.</i> - <i>Voor realisatie van de gewenste concentratie regelt slechts 50% de dosering op de streefwaarde, 25% regelt op minimum branderstand en 20% op minimum buis (45-50°C). Bij keteltemp boven 90-100°C slaat de ketel uit.</i> - <i>Op 29 van de 78 bedrijven is (ook) zuiver CO₂ aanwezig, op zeven bedrijven alleen zuiver</i>

CO₂. De prijs voor zuiver CO₂ ligt gemiddeld op 20 ct/kg + 7 ct/kg tankhuur
Verveer, J. (voorlichting) 1986. Afstemmen doseerinstallatie en regeling: Nu is het tijd voor controle en correctie. Tuinderij 19 p 22-24 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Grote verschillen in doseerhoeveelheid per uur. Afstemmen gaatjesafstand in de verdeeldarmen nodig voor optimale verdeling.</i>
Verveer, J. (voorlichting) 1987. Wanneer is warmte-opslag verantwoord? Tuinderij 13 p 16-18 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>De hoeveelheid CO₂-gassen die naar de kas wordt gevoerd wordt bepaald door de ventilatorcapaciteit in het doseersysteem;</i> - <i>De CO₂-concentratie in de doseergassen is te regelen door bijmenging van buitenlucht, stand van regelkleppen in de aanzuigbuizen van rookgas en buitenlucht;</i> - <i>De CO₂-concentratie moet geregeld worden door een regeling op basis van gemeten concentratie in de kas. Bij tekort aan rookgassen moet de branderstand omhoog.</i>
Verveer, J.B. (voorlichting) 1987. Zorgvuldig CO meten voor veilige CO₂-dosering. Vakblad voor de Bloemisterij 4 p 49 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Meetapparatuur etheenmeting duur, CO-meting veel goedkoper.</i>
Verveer, J. (Nutsbedrijf) 1996. Nieuwe techniek geeft minder NO_x in rook. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 3 p 7 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>NO_x-vorming vindt plaats bij temperaturen boven 1700°C.</i> - <i>Getrapte verbranding reduceert de NO_x-vorming reeds tot 50%.</i> - <i>Het retrofit-systeem in de door Gasunie-Research ontwikkelde brander is in vrijwel alle branders toepasbaar en kost f. 6000,- tot f. 9000,-.</i>
Wondergem, A. (voorlichting) 1990. Verlaging NO_x-vorming in gasmotoren en turbines. Energiespectrum, mei 1990 p 72-73 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>In W/K-installaties op aardgas zit geen SO₂ in de rookgassen, wel NO_x;</i>

4.2.7 Voorlichtingsboodschap 'Elektriciteitsverbruik'

C. Ploeger (LEI) en P. van Marion (Westland Energie Services BV)

Betekenis van elektriciteitsverbruik voor de glastuinbouwpraktijk

Bedrijfsvoering in de glastuinbouw is zonder elektriciteit niet mogelijk. Warmteproductie en warmtetransport, CO₂-dosering, ventilatie, koeling van gewas en/of product, verwerking van de oogst en niet te vergeten (assimilatie)belichting zijn processen die niet zonder elektriciteit kunnen worden uitgevoerd.

Van de totale hoeveelheid energie die in de glastuinbouw (excl. opkweek) wordt verbruikt is (in 1997) ongeveer 15% nodig als elektriciteit (ca. 19 PJ). Van het totale elektriciteitsverbruik in de glastuinbouw wordt 55% (10 PJ) aangewend voor assimilatiebelichting, 30% (6 PJ) voor de productie van warmte en het daarbij behorende transport en 15% voor alle overige processen. Op de snijbloemenbedrijven is het elektriciteitsverbruik het hoogst, gevolgd door de potplantenbedrijven. Op de glasgroenteteeltbedrijven is het elektriciteitsverbruik een stuk lager omdat daar (vrijwel) geen assimilatiebelichting voorkomt.

Doel van het elektriciteitsverbruik

Het (mede) produceren van warmte, licht en CO₂, die op het glastuinbouwbedrijf nodig zijn voor de bevordering van het groeiproces. Verder is elektriciteit nodig voor sturing van de kasklimaatregeling en voor verwerking en bewaring van het geoogste product.

Conclusies onderzoek

- Door het LEI uitgevoerde onderzoeken geven aan dat het elektriciteitsverbruik op glastuinbouwbedrijven de laatste jaren toeneemt. Dit komt met name doordat er meer en langer wordt belicht. Een besparing in het elektriciteitsverbruik door belichting wordt dan ook niet reëel geacht, gezien het proces van intensivering waarin de glastuinbouw zich bevindt;
- In het algemeen geldt dat een toenemende brandstofintensiteit resulteert in een hoger elektriciteitsverbruik. Opvallend bij het LEI-onderzoek is dat er voor de betrekkelijk homogene groep glasgroentebedrijven met zware stook geen verband kon worden gevonden tussen elektriciteit en brandstofintensiteit terwijl dit, gezien de voorgaande conclusie, wel werd verwacht. Dit wijst op besparingsmogelijkheden. Verder onderzoek moet uitwijzen waar deze besparing op het elektriciteitsverbruik kan worden gevonden;
- Door gebruik te gaan maken van frequentiereguleerde pompen kan op sectorniveau ongeveer 5% elektriciteit worden bespaard. Hierbij moet worden nagegaan dat er geen horizontale temperatuurverschillen (als gevolg van toenemend temperatuurverschil tussen aanvoer- en retourwater) ontstaan. Frequentieregeling op transportpompen en branderventilatoren heeft vrijwel altijd een groot en rendabel effect.
- In de rozenteelt viel (in 1994-1997) de vraag naar energie voor verwarming het grootste deel van het teeltjaar samen met de energievraag voor belichting. Het verschil is dat de energievraag voor belichting in de maanden juli en augustus vrijwel nul is, terwijl voor verwarming en CO₂-dosering dan nog 1 tot 3 m³ per m² per maand is verbruikt;
- Gemiddeld worden de kosten van assimilatiebelichting maar net goedgehaakt door de hogere opbrengsten;
- Rozen, geteeld met assimilatiebelichting, blijken een lager energieverbruik (in m³ aardgasequivalenten per gulden verkochte rozen) te hebben dan onbelichte rozen.

Advies voor toepassing van elektriciteitsverbruik, doelgroep telers

Assimilatiebelichting

- Vervang, indien uw kas hoog genoeg is, uw 400 W-lampen door 600 W-lampen. U bespaart ongeveer 9% elektriciteit.
- Bereken de kosten en opbrengsten van assimilatiebelichting voor de diverse perioden van het jaar en apart voor de dag- en nachtperiode. Garni belichten als het geen voordeel oplevert.
- Zorg dat de lampspanning niet onder het voorgeschreven niveau komt. 1% minder spanning geeft 3 à 5% minder licht.
- Houd lamp en armatuur goed schoon. Vervuiling die niet met het blote oog waarneembaar is kan al een terugloop veroorzaken van 10%.

Warmtekrachtinstallaties

- Als u zowel warmte als veel elektriciteit verbruikt, overweeg dan de installatie van een W/K-installatie. Door het hogere totale rendement van een W/K-installatie ten opzichte van een elektriciteitscentrale wordt primair brandstof bespaard.

Frequentiereguleerde pompen

- Ga na of ook op uw bedrijf elektriciteit kan worden bespaard door over te gaan op frequentiereguleerde pompen.

Aansluitwaarde

- U kunt geld besparen op uw elektriciteitsrekening door een lage aansluitwaarde na te streven. Een computerprogramma dat zorgt voor betere volgschiktheid bij 'stroomvreterende processen' (waar dit kant is momenteel in combinatie met een KeBuS-installatie) in onderzoek bij Westland Energie Services.

Theoretische achtergrond

Voorziening van elektriciteit

De behoefte aan elektriciteit op de glastuinbouwbedrijven wordt gedekt door afname van het openbare net (ca. 60% van het totaal) en door ca. 40% eigen productie (Nieuwkoop et al., 1998). Op de rozenbedrijven is deze verhouding (1994-1997) 20:80 (Vernooij et al., 1999).

Warmtekracht

Met warmtekracht-installaties wordt elektriciteit opgewekt en wordt de warmte nuttig aangewend. Dit leidt tot een hoog rendement van de primaire energie (Nunnink, 1996).

Liberalisering energiemarkt

Momenteel zijn zowel de Elektriciteits- als de Gaswet in concept gereed. Hieruit volgt een andere wijze van tariefvaststelling voor de glastelers. De effecten op de elektriciteitsrekening van glastuinbouwbedrijven zijn nog niet duidelijk. (Gottschall, 1999).

Literatuuroverzicht

Gottschall, J. (vakredacteur) 1999

Liberalisering energiemarkt niet voordelig voor portemonnee. Groenten en Fruit 6 p 16-17

Relevante conclusies/resultaten:

- *In 2002 krijgen telers met een gasverbruik van meer dan 170.000 m³ en/of meer dan 3x80 Ampère elektriciteitsverbruik te maken met de vrije energiemarkt. In 2007 geldt dit ook voor de bedrijven met een kleinere afname. Hiervoor moeten nog wel de Gaswet en de Elektriciteitswet (nu nog in concept gereed) door de regering worden vastgesteld.*
Essentieel in de vrije markt is de scheiding tussen het distributienet en de leverancier. Het landelijke net voor gas wordt beheerd door de Gasunie, voor elektriciteit door Tennet. De regionale energiebedrijven blijven verantwoordelijk voor het (fijnmazige) distributienetwerk;
- *Voor de berekening van de transportkosten en andere diensten speelt de bedrijfstijd van de aansluiting een belangrijke rol. De bedrijfstijd is de totale jaarafname, gedeeld door de maximale uurcapaciteit van de aansluiting. Het klein aantal uren met maximale afname en het groot aantal uren met een geringere afname mondt voor het glastuinbouwbedrijf uit in een aanzienlijk hogere gasprijs dan nu;*
- *Door glasgroente- en rozenbedrijven te gaan clusteren en de W/K-installaties in het nog te realiseren glastuinbouwgebied in de Harmelerwaard op te nemen denkt men de hogere kosten (voor een deel) te kunnen opvangen;*
- *Algemeen bestaat de vrees dat liberalisering van de energiemarkt nadelig uitpakt voor projecten, gericht op decentralisatie (zoals de W/K-installatie) en duurzame energie (zoals windmolens). Nu al is het voor nutsbedrijven nauwelijks aantrekkelijk om w/k-installaties te plaatsen bij telers. Liberalisering kan dus nadelig uitwerken op het behalen van de in de Meerjarenaafpraak Energie afgesproken doelstellingen.*

- <i>De verwachting is dat liberalisering tot lagere elektriciteitsstarieven leidt. Binnen Europa is er namelijk een overcapaciteit aan stroom. Probleem is echter dat nog niet duidelijk is hoe de distributiekosten uit zullen pakken. Het tarief voor stroom en distributie samen kan hoger uitvallen dan de huidige prijs.</i>
Kreij, R. de (vakredacteur) 1998a Warmteoverschot tuinders. Sector luidt noodklok over gevolgen nieuwe Elektriciteitswet. Oogst, Tuinbouw 14 p 34-35 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>De door de Tweede Kamer aangenomen Elektriciteitswet heeft, volgens Hoogervorst (voorzitter van de LTO-vakgroep Tuinbouw) tot gevolg dat er onzekerheid dreigt te ontstaan over de energiezuinige w/k-installaties. Om de concurrentie met het buitenland aan te kunnen, wordt door de elektriciteitsmaatschappijen gestreefd naar een zo hoog mogelijke omzet. Hieruit vloeit voort dat er nog maar 30% van de elektriciteit decentraal mag worden opgewekt, dit niveau is nu al bereikt. De elektriciteitsmaatschappijen zullen zichzelf niet in moeilijkheden willen brengen en zich derhalve terughoudend opstellen wat betreft nieuwe W/K-installaties. Volgens Van der Struijs van het Energiebureau van het Productschap Tuinbouw is er dus weinig ruimte voor nieuwe installaties. Met het installeren van een W/K-installatie op eigen rekening kan volgens Van der Struijs beter pas op de plaats worden gemaakt;</i> - <i>De beste oplossing is samenwerking tussen een 'belichtingstuinder' en een 'warmtetuinder', volgens B. Verhagen van het Projectbureau Warmte/Kracht. Het zou helemaal perfect zijn als beiden ook restwarmte en CO₂ van nabijgelegen industrie zouden gebruiken.</i>
Kreij, R. de (vakredacteur) 1998b Drie keer winst in Almere met clusterovereenkomst. Tuinder levert collega elektriciteit via gewone net. Oogst, Tuinbouw 17 juli p 36-37 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>In Almere gaat een potplantenteler elektriciteit leveren aan een collega die rozen teelt. Tussen de bedrijven bestaat een afstand van enkele honderden meters, die overbrugd wordt door gebruik te maken van het net van Nuon, de elektriciteitsmaatschappij voor Flevoland, Friesland en Gelderland. Dit wordt gezien als een vorm van clustering op afstand;</i> - <i>Bij Nuon hebben zich inmiddels een tiental andere kwekers gemeld voor een soortgelijke constructie. Nuon probeert aan deze vraag te voldoen.</i>
Ministerie van Economische Zaken, Directie Voorlichting (voorlichting) 1997 Derde Tender subsidieregeling warmtekracht. Senter, Zwolle Informatieboekje <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Voor 1998 is, evenals voor voorgaande jaren, acht miljoen gulden beschikbaar voor ondersteuning van NEWS (Nieuwe Energie-efficiënte combinaties met W/K-systemen);</i> - <i>Vorig jaar zijn projecten gehonoreerd als gasexpansiecombinaties, combinaties met warmtepompen, mini-W/K, Organic-rankine cycle (dat is elektriciteit opwekken uit restwarmte via een fysisch proces, bijv. met propaan), proces-geïntegreerde toepassingen en projecten met biomassa als brandstof. Deze projecten zijn samen goed voor een additionele energiebesparing van 19 mln m³ aardgas per jaar.</i>
Nieuwkoop, P. van, Velden, N.J.A. van der, Verhaegh, A.P. (onderzoek) 1998 Elektriciteitsverbruik op glastuinbouwbedrijven. LEI, Den Haag, Mededeling 624 41 p. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>In de glastuinbouw bedraagt het jaarverbruik (totaal) aan elektriciteit op snijbloemen-, potplanten- en glasgroentebedrijven gemiddeld resp. 23, 17 en 5 kWh/m². Op snijbloemen- en potplantenbedrijven wordt ca. 70% van het totaal verbruikt voor assimilatiebelichting, op glasgroentebedrijven wordt 66% verbruikt voor de warmteproductie;</i> - <i>Het elektriciteitsverbruik op snijbloemen- en potplantenbedrijven neemt nog steeds toe, vooral als gevolg van toenemende assimilatiebelichting. Op de glasgroente-</i>

<i>bedrijven heeft het elektriciteitsverbruik zich, over de periode 1991-1994, gestabiliseerd;</i> - <i>In het algemeen geldt: een toenemende brandstofintensiteit (in m³ aardgasequivalenten per m²) resulteert in een hoger elektriciteitsverbruik. Uitzondering vormt de groep glasgroentebedrijven met zware stook;</i> - <i>Door gebruik te gaan maken van frequentiegeregelde pompen kan op sectorniveau ongeveer 5% elektriciteit worden bespaard. Hierbij moet dan wel het knelpunt van grotere horizontale temperatuurverschillen (als gevolg van toenemend temperatuurverschil tussen aanvoer- en retourwater) worden opgelost.</i>
Nunnink, E. (vakredacteur) 1996 Sector mag warmte-kracht niet laten schieten. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 13 p 6-7 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Het Landbouwschap acht het gebruik van W/K-installaties belangrijk. Voor het vierde, achtereenvolgende jaar heeft het schap een subsidieregeling voor deze installaties uitgeschreven. Van de 25 miljoen gulden die het Landbouwschap binnenkrijgt via een heffing op de aardgasprijs wordt 15 miljoen gulden voor W/K-toepassing gereserveerd;</i> - <i>Er is nu een probleem. Het Projectbureau Warmte/Kracht concludeert dat de nutsbedrijven moeite hebben om zich aan de afspraken op het gebied van warmte/kracht te houden. Dit betreft de regel dat de nutsbedrijven aan de energieproducenten (verenigd in SEP) hebben beloofd niet meer dan 1,75% van het bij SEP gecontracteerde vermogen zelf aan warmte/kracht neer te zetten. Zo krijgen telers in de regio's Dordrecht, Rotterdam en Den Haag geen W/K-installaties meer aangeboden. Ook het Nutsbedrijf Westland biedt geen W/K-projecten meer aan omdat het plafond is bereikt;</i> - <i>Vooraf voor glasgroentetelers ontstaat hierdoor een probleem. Omdat ze zelf te weinig stroom verbruiken zijn ze aangewezen op samenwerking met een nutsbedrijf;</i> - <i>Het rendement van W/K-installaties kan worden opgevoerd door ze uit te breiden met rookgasreiniging, een rookgascondensor en een warmtebuffer. Het Landbouwschap heeft deze voorzieningen daarom ingepast in de subsidieregeling;</i> - <i>Installatie van een rookgasreiniging op de W/K-installatie heeft bij een tomatenteler een toename van het aantal draaiuren van 3.500 naar 6.200 per jaar te zien gegeven. Een probleem is nog wel dat de verzekeraars aparte voorwaarden stellen voor de afdekking van het risico van gewasschade in deze situatie.</i>
Rijssel, E. van (onderzoek) 1999 Lichtopbrengst assimilatielampen kan een stuk beter. Vakblad voor de Bloemisterij 28 p 34-35 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Metingen van het PBG tonen aan dat de lampspanning op glastuinbouwbedrijven bijna altijd lager is dan 220 of 230 Volt. Voor het effect van te lage lampspanning geldt de vuistregel: 1% onderspanning leidt tot 3 à 5% minder licht;</i> - <i>Het opvoeren van de lichtopbrengst via converters (40% meer licht bij 25% meer energie) blijkt alleen te werken bij 400 Watt lampen. Voor 600 Watt-lampen blijft de extra lichtopbrengst beperkt tot 10%;</i> - <i>Het reflectievermogen van de reflector gaat achteruit als gevolg van veroudering en vervuiling. Het schoonhouden van lamp en armatuur is belangrijk. Een terugloop tot 10% kan al veroorzaakt worden door vervuiling die met het blote oog niet waarneembaar is.</i>
Stouthart, F.J. (onderzoek) 1997 Modulerende pomp bespaart elektriciteit. TNO-proefproject in glastuinbouw. TVVL Magazine 11 p 42-45

Relevante conclusies/resultaten:

- *Uit een haalbaarheidsstudie op een glastuinbouwbedrijf blijkt dat met een modulerende pompregeling 7,3% elektriciteit kan worden bespaard ten opzichte van een twee-snelhedenpomp en 67% ten opzichte van een pomp met één snelheid;*
- *De regeling van de modulerende pomp maakt gebruik van de berekende warmtevraag van de afdeling. Hierbij is het mogelijk om het gevraagde vermogen te leveren met het regelen van de aanvoertemperatuur dan wel de pompcapaciteit. De uitersten zijn: regeling via een minimale pompcapaciteit om zoveel mogelijk elektriciteit te besparen of regeling via minimaal temperatuurverschil tussen aanvoer en retour om horizontale temperatuurverschillen te minimaliseren. In de proef is gekozen voor een zo laag mogelijke pompcapaciteit bij een voor de tuinder acceptabel verschil tussen aanvoer- en retourtemperatuur;*
- *Het toepassen van een modulerende pompregeling, aangestuurd vanuit de procescomputer, bleek geen effect te hebben op het kasklimaat;*
- *In de winter geeft de tweetoerenpomp het laagste energieverbruik te zien, maar in de rest van het jaar kent de modulerende pomp het laagste verbruik;*
- *De tuinder, bij wie deze proef is uitgevoerd, was tevreden met de behaalde resultaten. Als hij zijn tweetoerenpomp kosteloos kan vervangen door modulerende pompen, zou hij dit zeker doen. Hij zou dan kiezen voor een grotere pompcapaciteit, zodat ook bij extreme koude nog met een klein verschil tussen aanvoer- en retourwatertemperatuur kan worden gewerkt. Ook zou de regelstrategie nog kunnen worden aangepast, namelijk door de pompcapaciteit te verlagen op de momenten dat gelucht wordt. Dan mag namelijk het verschil tussen aanvoer- en retourwatertemperatuur groter zijn, dan in de perioden dat niet wordt gelucht.*

Vernooij, C.J.M. Ploeger, C. (onderzoek) 1999

Energie en gewasbescherming op rozenbedrijven. Evaluatie en analyse DART-gegevens 1994 tot en met 1997. LEI, Rapport nr 2.99.09

Relevante conclusies/resultaten:

- *Bij de belichting van kleinbloemige rozen is er in de jaren 1994 tot en met 1997, zowel gemeten naar geïnstalleerd vermogen als naar belichtingsduur, sprake van een toenemende intensivering;*
- *Belichtende bedrijven betrokken voor 20% elektriciteit van het openbare net en voor 80% via een W/K-installatie. De vrijkomende warmte van de W/K-installatie werd in de kassen gebracht;*
- *Voor belichting is (op de belichtende bedrijven) het gemiddelde elektriciteitsverbruik toegenomen van 106 naar 129 kWh per m²;*
- *In de rozenteelt viel de vraag naar energie voor verwarming het grootste deel van het teeltjaar samen met de energievraag voor belichting. Het verschil is dat de energievraag voor belichting in de maanden juli en augustus vrijwel nul is, terwijl voor verwarming en CO₂-dosering dan nog 1 tot 3 m³ per m² is verbruikt;*
- *Gemiddeld werden over 1994 - 1997 van belichte rozen 45% stuks meer per m² geoogst dan van niet belichte, bovendien was de veilingprijs van de belichte rozen 10% hoger. In guldens per m² bedroeg de gemiddelde opbrengst van de belichte rozen f 106,- en van de niet belichte f 67,-;*
- *Gemiddeld worden de kosten van assimilatiebelichting maar net goedgemaakt door de hogere opbrengsten;*
- *Rozen, geteeld met assimilatiebelichting, blijken een lager energieverbruik (in m³ aardgasequivalenten per gulden verkochte rozen) te hebben dan niet belichte rozen.*

Verveer, J. (onderzoek) 1996

Frequentieregelaars besparen stroom. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 12 p 10-11

Relevante conclusies/resultaten:

- *Met frequentie-geregelde pompen kan elektriciteit worden bespaard, namelijk 35% tov een hoog-laagregeling en 60% ten opzichte van een aan-uitregeling;*
- *Door ontwikkelingen in de elektronica zijn de prijzen van frequentiegeregelde*

<i>pompen flink gedaald en deze tendens zet door;</i> - <i>Frequentiegeregelde pompen zijn vooral in het ketelhuis toepasbaar, toegepast op de groepen in de kas kunnen ze horizontale temperatuurverschillen veroorzaken.</i>
Vliet, M. van (vakredacteur) 1998 Veranderende markt heeft invloed op warmtekracht. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 11, p 22-23 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Momenteel hebben 2.000 glastelers een W/K-installatie, ongeveer 70 van hen beschikken over een rookgasreiniger. Met een rookgasreiniger kan CO₂ van de W/K-installatie worden betrokken. Op deze wijze kan het aantal draaiuren van een W/K-installatie fors worden opgevoerd. Er zijn enkele punten om op te letten, de investering vergt veel geld en bij het CO₂ doseren kan ethyleen vrijkomen en het gewas beschadigen. Hiertegen kan een gewasverzekering worden afgesloten.</i>

4.2.8 Voorlichtingsboodschap 'verwarmingsnetten, effecten op horizontale en verticale temperatuurgradiënten'.

E. van Rijssel (PBG), M. van Oostende (DLV)

Betekenis van het verwarmingsnet voor de regelmogelijkheden van het kasklimaat
Een bedrijf is uitgerust met één of meer kassen om één of meer gewassen, partijen of cultivars te telen met meestal een verschillende warmtebehoefte. Grotere kassen zijn vaak opgedeeld in één of meer klimaatafdelingen of stookgroepen. Met de verschillende klimaatafdelingen in een kas worden temperatuurverschillen, als gevolg van luchtbeweging in de kas, gecorrigeerd.

Binnen één klimaatafdeling kunnen meer verwarmingsnetten worden aangelegd, zoals een onder- en een bovennet. Ook specifieke netten, zoals bodem- of substraatverwarming, gewasverwarming of een condensornet komen voor. Met name bij de potplantenteelt zijn betonvloer- en tabletverwarming gebruikelijk. Er zijn al met al veel keuzemogelijkheden bij de inrichting van een klimaatafdeling.

Doel verwarmingsnetten

Verwarmingsnetten hebben tot doel een klimaat te scheppen dat mogelijkheden biedt voor maximale productie. De horizontale gradiënt² in temperatuur moet minimaal zijn, de verticale gradiënt minimaal of aflopend met de hoogte.

Conclusies onderzoek

Horizontale temperatuurverschillen

- Plaatselijk overschot aan verwarmd oppervlak en plaatselijke afkoeling via lekkage veroorzaken horizontale temperatuurverschillen. Lekkage kan optreden door bijvoorbeeld slecht sluitende luchtramen en ongelijke kiergrootte in schermen.
- De temperatuurverschillen worden groter naarmate de buitentemperatuur lager is.
- Het effect van wind op het ontstaan van temperatuurverschillen is in moderne, goed afgesloten kassen heel klein.
- In de onderzoekresultaten staat niets vermeld over de invloed van het aantal en grootte van de stookgroepen op temperatuurverschillen.
- Temperatuurverschillen zijn goed te voorkomen of weg te werken.

Verticale temperatuurverschillen

- De temperatuurgradiënt is afhankelijk van de buisligging en buistemperatuur van de verschillende netten.

² Een temperatuurgradiënt is een geleidelijk verloop in de kastemperatuur.

- De plaats van de warmtetoevoer beïnvloedt de temperatuurgradiënt en de gewasverdamping.
- Een naar boven toe oplopende temperatuurgradiënt vergt meer energie dan een aflopende gradiënt.
- De gewastemperatuur ligt, op momenten zonder instraling, tot ca. 0,4°C onder de temperatuur van de omringende lucht.
- Een gesloten bovenscherm vermindert de uitstraling van het gewas en daarmee het verschil tussen de gewastemperatuur en de omringende lucht.

Advies aanleg verwarmingsnetten: doelgroep installateurs

Aanleg verwarmingssysteem met uniforme warmteverdeling

- Stem de dimensionering het aantal verwarmingsbuizen af op de gewenste warmtebehoefte in de kas. Vermijd plaatselijke oververhitting van de bodem van de kas of neem deze weg door salafte.
- Controleer voor oplevering en met buistemperaturen van meer dan 30°C de gewastemperatuur over het gehele kasoppervlak. Het verschil kan maximaal 2°C acceptabel.
- Controleer alle temperatuurverschillen tijdens de opbouw van het systeem. Controleer zo mogelijk twee keer op dagen met winden bij verschillende windrichtingen.

Advies inrichting met verwarmingsnetten: doelgroep telers

Wegwerken horizontale temperatuurverschillen

- Zet een meetplan op en meet de kastemperatuur meer in de nacht. In de ochtenden met water gevulde flesjes. Doe dit minimaal twee keer bij koud weer. Meet op dagen met wind en met verschillende windrichting. Houd daarbij de bodem warm dicht.
- Controleer of de temperatuurverdeling over het gehele kasoppervlak uniform is.
- Indien de verdeling niet uniform is, zoek dan de oorzaak op met name in het verwarmingsnet, en neem deze weg.
- Controleer of de temperatuurverschillen in de nacht zijn weggevoerd.

Werken aan een gewenste verticale temperatuurverdeling

- Meet de gerealiseerde verticale temperatuurgradiënt op. Meet zowel in het blad als in de bedden of plantengroei na een koude nacht. Pas het model aan.
- Controleer of de temperatuurgradiënt overeenkomt met uw wensen.
- Controleer de buisligging en instellingen van de netten, en pas deze zo nodig aan.

Suggesties voor demonstratie en illustratie

Verzamel figuren met de weergave van horizontale en verticale temperatuurgradiënten (Nijs, 1998, Bloemhard 1998) en neem foto's van ongewenste situaties.

Theoretische achtergrond

Met een volledig egale horizontale temperatuurverdeling heeft de teler de beste mogelijkheden om het kasklimaat optimaal te sturen. Een groot deel van de oorzaken van horizontale temperatuurverschillen is te vinden in het verwarmingsnet (Bakker, 1989, Nijs, 1998).

Verwarmingsnetten zorgen voor het warmtetransport naar de kas en voor de verdeling van de warmte. Door de capaciteit van de transportpompen te beperken, zover als verantwoord is, kan de benodigde energie voor het warmtetransport worden beperkt.

Het 'Tichelmansysteem' voorkomt dat een oplopend temperatuurverschil tussen de aanvoer- en retourleidingen tot plaatselijke verschillen in warmte-afgifte leidt. Dit biedt mogelijkheden tot besparing met kleinere, tweetoeren en frequentiegeregelde pompen (Stouthart, 1997).

Het verwarmingsnet behoort de warmte daar te brengen waar deze nodig is. Een verticale temperatuurgradiënt, oplopend van beneden naar boven, is energetisch niet ideaal, omdat de teler stuurt op de kastemperatuur bij het gewas (Bloemhard, 1998). Om bij een hoge rv condensatie op het gewas te voorkomen, moet de gewastemperatuur niet de laagst voorkomende temperatuur in de kas zijn.

Behalve het verwarmingsnet heeft een plaatselijk bovenmatige afkoeling ook invloed op de temperatuurgradiënten. Afkoeling kan ontstaan door: kapotte ruiten, slecht afgedichte doorvoeren naar buiten, ongelijk sluitende luchtramen en kapotte of slecht sluitende schermdoeken (Goeijenbier, 1986; Bakker, 1989). Temperatuurverschillen als gevolg van wind (luchtdrukverschillen) worden in moderne, goed afgedichte kassen niet meer gevonden (Bakker, 1989; Nijs, 1998).

Horizontale temperatuurgradiënt

Het gevolg van een horizontale temperatuurgradiënt op de groei en productie van het gewas is vaak al zichtbaar en kan met padregistratie in beeld worden gebracht. Door temperatuurmeters op verschillende plaatsen in de kas te plaatsen, kan de teler een horizontale temperatuurgradiënt meten. De teler gebruikt voor de meting met water gevulde (bier)flesjes die hij ophangt in de kas. Dit is een eenvoudige en vrij betrouwbare methode (anonymus). (Holsteijn, 1989, Nijs, 1997 en 1998).

Een relatief warme plek in de kas wordt vaak gevonden op plaatsen met een relatief groot verwarmd oppervlak. Verdeelstukken, transport- en verdeelleidingen en flexibele aansluitslangen van de verdeelleiding naar de spiralen, kunnen de oorzaak zijn van een te groot verwarmd oppervlak (Goeijenbier, 1986, Bakker, 1989, Nijs, 1998). De teler kan een deel van de warmteafgifte voorkomen met isolatie (Nijs, 1998). De meeste mogelijkheden voor afdoende isolatie geven ondergrondse transportleidingen.

Met extra (gevel)verwarming ter plaatse kan de teler teveel afkoeling langs de gevels compenseren. Met name bij isolatie van de gevels of bij de installatie van een scherm zonder gevelscherm, wordt nogal eens vergeten de verwarming aan de nieuwe situatie aan te passen (Goeijenbier, 1986). Buizen afsluiten en verdeelleidingen isoleren is dan vaak afdoende (Nijs, 1997).

Een achterblijvende kastemperatuur in het midden van de stookgroep treedt vaak op bij ongelijke instroom in de spiralen. Dit is vaak het gevolg van drukval in de verdeelleiding. De pompcapaciteit is dan niet afgestemd op de weerstand in de verdeelleiding. Soms komt dat alleen tot uiting als de (tweetoeren)pomp op het lage toerental draait (Goeijenbier, 1986, Nijs, 1997). Drukval in de verdeelleiding is te verhelpen door een grotere pomp in te bouwen of dunnere aanvoerleidingen naar de spiralen te gebruiken. Beide ingrepen zorgen voor een constante druk over de gehele leiding.

Effect schermsluiting op de horizontale temperatuurgradiënt

Koude gevels ontstaan als het scherm dicht is er geen gevelscherm wordt gebruikt. De teler kan dan zorgen voor een aanschakeling van extra buizen langs de gevels. Een goed gesloten scherm verkleint de horizontale temperatuurverschillen, omdat de warmtevraag en het plaatselijk warmteverlies door het dek afnemen. Als er echter plaatselijk kieren open blijven in het scherm, of als de getrokken kier niet overal gelijk is, nemen de temperatuurverschillen door ongelijke afkoeling juist toe (Holstein, 1989).

Effect van de stookgroepgrootte op de horizontale temperatuurgradiënt

Een temperatuurgradiënt van links naar rechts of van voor naar achter kwam vroeger vaak voor bij luchtbeweging of trek bij wind. Door de verwarming bij grotere kassen in verschillende stookgroepen op te delen, kon hiervoor gecorrigeerd worden. Met de veel betere afdichting van de kassen heeft de wind geen invloed meer op een temperatuurgradiënt (Bakker, 1989; Nijs, 1997).

Verticale temperatuurgradiënt

De temperatuur bij het groeipunt bepaalt in sterke mate de groeisnelheid. De temperatuur van blad, knop of vrucht heeft invloed op de condensatie van het gewas.

Een verwarmingsnet boven het gewas leidt tot lage kastemperaturen nabij de grond en tot hoge temperaturen boven het net. Bovenverwarming is energetisch een dure manier om de kastemperatuur nabij het gewas te sturen. Bovenverwarming compenseert wel een belangrijk deel van de uitstraling van het gewas naar het kasdek en voorkomt een relatief lage temperatuur boven in het gewas (Schnier, 1982).

Een verwarmingsnet onder in de kas stimuleert de verdamping en zorgt voor een vrijwel gelijke temperatuur op alle hoogten in de kas. Het bladpakket remt de luchtbeweging en het warmtetransport door het gewas. Hierdoor treedt in het gewas een temperatuurgradiënt op van warm beneden naar koud bovenin (Bloemhard, 1998). De dichtheid van het bladpakket bepaalt hoe groot deze remming is (Holsteijn, 1989).

Een verwarmingsnet tussen het gewas kan de temperatuur tussen het gewas verhogen en de verdamping stimuleren. Dit leidt tot een hogere vochtigheid in de kas.

Een verwarmingsnet hoger in het gewas heeft een groter effect op de verdamping dan een net dicht boven het grondoppervlak. Gewasverwarming verwarmt alleen het gewas in de directe omgeving van de buis tot op circa 30 cm afstand. Hier is het mogelijk dat de bovenste gewaslaag door uitstraling afkoelt (Holsteijn, 1986, Bloemhard, 1998).

Verwarming onder teelttabletten zorgt voor een hogere tablet-en pottemperatuur.

Opwarming van de tabletbodem gebeurt via stralingswarmte. Alleen goed geleidende bodems, eterniet of PVC geleiden de warmte naar boven. Op een onbedekte of met folie afgedekte bodem worden de pot- en gewas temperatuur verhoogd. In een goed sluitend gewas bij kleine potafstanden ontstaat tussen de potten en in het gewas een relatief hoge temperatuur. Een hoge temperatuur stimuleert de verdamping. In de bovenlagen van het gewas worden relatief lage temperaturen gemeten, ook bij tabletteelt met onderverwarming. De convectiewarmte die de buizen afgeven blijft niet onder de tabletten hangen, maar stijgt tussen de tabletten door naar boven en draagt bij aan een verticale temperatuurgradiënt (Schnier, 1982).

Tablet- of betonvloerverwarming hebben meer invloed op de temperatuur van de pot en de omringende lucht dan buizen onder de tabletten. Ook deze systemen kunnen niet voorkomen dat de bovenzijde van het gewas afkoelt en natslaat door condensatie bij hoge luchtvochtigheden (Weel, 1984).

Effect schermsluiting op de verticale temperatuurgradiënt

Een dicht energiescherm kan de uitstraling van het gewas naar het kasdek, en dus lage bladtemperaturen, tegengaan (Vogelezang, 1989).

Effect van de kashoogte op de verticale temperatuurgradiënt

Hierover zijn geen onderzoeksresultaten gevonden.

Literatuuroverzicht

Bakker, J.C., Holsteijn, G.P.A. van (onderzoek) 1989 Horizontal temperature distribution in heated glasshouses : causes and effects Acta horticulturae 245 p 226-231 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>De grootste horizontale temperatuurverschillen treden op bij lage buitentemperaturen;</i> - <i>Een effect van wind is niet gemeten;</i> - <i>Er zijn positieve afwijkingen bij transport- en verdeelleidingen en bij het verdeelstuk;</i> - <i>Negatieve afwijkingen kwamen voor waar extra lek in de kas optrad.</i>
Bloemhard, C.M.J. Kempkes, F.L.K. Braak, N.J. van de Bakker, J.C. (onderzoek) 1998 Effecten van buisligging bij de teelt van tomaat. Onderzoek naar verticale temperatuur- en vochtverschillen, energieverbruik en groei. PBG rapport 98-134, 29 p (PBG/IMAG). <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>De groeibuis heeft nauwelijks invloed op de luchttemperatuur vanwege de lucht-beweging;</i> - <i>De groeibuistemperatuur heeft tot op circa 30 cm van de buis invloed op de planttemperatuur (tot 0,4°C);</i> - <i>Het effect van de groeibuis op de productie is niet goed meetbaar (hooguit 2 à 3%), het kost echter wel extra energie (7% bij 2x buis 51 mm/kap).</i> - <i>Met een buis-railsysteem treedt een verticale gradiënt op van circa 1,5°C, met een meegroeibuis blijft deze beperkt tot 0,5°C.</i> - <i>De gewastemperatuur is tot circa 0,5°C lager dan de luchttemperatuur, met name boven in het gewas.</i>
Freriks, H (onderzoek) 1986 Gewascondensatie bij rozen in relatie tot het vochtgehalte en de heersende temperatuurverdeling in kas 17B van het PBN. Intern rapport, 3 p. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>In de kas met gootverwarming treedt de hoogste temperatuur op bij de goten, de laagste temperatuur in het gewas tussen het bladpakket. De temperatuurverschillen bleven wel beperkt tot circa 0,5°C.</i>
Goeijenbier, P.G.H.M. (voorlichting) 1986 Special : Warmteverdeling. De Tuinderij 24 p 23-67 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Oorzaken van horizontale verschillen: wind, afschot van de kas, ongelijke warmte-afgifte en ongelijke afkoeling;</i> - <i>Windinvloeden worden tegengegaan door afdichting van kieren en een goede sluiting van de luchtramen (warme plaatsen aan de windzijde);</i> - <i>Het afkoelen van lucht die langs het dek beweegt wordt tegengegaan door een warm bovennet;</i> - <i>Ongelijke warmte-afgifte ontstaat bij teveel meters buis langs de gevels en bij transportleidingen, maar ook bij drukval in de verdeelleiding en bij ongelijke verdeling over de spiralen. Oplossing: meer weerstand of grotere pompcapaciteit. Een grote delta T tussen aanvoer en retour levert bij sommige systemen ook temperatuurverschillen op;</i> - <i>De buizen moeten vrij liggen, anders loopt de warmteafgifte meer dan 10% terug;</i> - <i>Ongelijke afkoeling treedt op als de gevel niet wordt meegeschermd, bij ongelijke kieren en gaten in het scherm en bij luchtramen die ongelijk opengaan of open blijven staan;</i> - <i>Horizontale temperatuurverschillen kunnen soms worden gecorrigeerd met de verschillende stookgroepen.</i>
Holsteijn, G.P.A. van (onderzoek) 1989 Klimaat: temperatuurverschillen kosten veel geld: doe er wat aan. Groente en Fruit 29 p 48-49.
Koning, A. de Hoeven, A. van der Holsteijn, G. van (onderzoek) 1986

Invloed van buisligging en netschakeling op de groei, bloei en kwaliteit van chrysant bij twee plantdichtheden en vier rassen. PTG, intern verslag 49, 36 p. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - De hoogste temperaturen worden gemeten in de directe omgeving van de buizen; - De verticale temperatuurgradiënt is groter naarmate er meer verwarmd wordt; - Bij een lage buisligging is het vochtgehalte, door de verdamping, het hoogste.
Meijer, J. (onderzoek) 1980 Temperaturverteilung über Rolltischen im Gewächshaus. Taspo-Gartenbau Magazin 1 p 7-9 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - Bij roltabletten met verwarming onder de tabletten gaat de warmte met name tussen de tabletten door. Met aaneengesloten tabletten blijft de kasttemperatuur circa 1 °C lager dan met een kier tussen de tabletten. Boven de kier wordt een 2 °C hogere temperatuur gemeten dan boven de tabletten. Met een geopend gevelschem is het verschil boven en op het tablet kleiner; - Zonder bovenverwarming wordt er een verticale temperatuurgradiënt gemeten van circa 3 °C; - Met een geopend gevelschem wordt de ene zijde van de kap (10 m) warmer dan de andere zijde, met een gesloten gevelschem wordt het wel egaal warm; - Eterniet als bodem laat meer warmte door dan styropor, dit scheelt 3 °C in tablettemperatuur. Ook de potttemperatuur laat dit verschil zien. Overdag met zonlicht vervalt het temperatuurverschil of keert het zelfs om.
Nawrocki, K.R. (onderzoek) 1985 Meting warmteoverdrachtscoëfficiënt voor convectie van verwarmingspijpen in kassen. IMAG-DLO, rapport 73, 31 p <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - Warmteoverdracht door straling is goed te berekenen; - Warmteoverdracht door convectie is sterk afhankelijk van de luchtstroming, in kassen is dit circa 10% hoger dan volgens de formule van 'Jodlbauer'; - Buizen laag bij de grond hebben een lagere convectie-emissiecoëfficiënt (warmteafgifte per °C buistemperatuur) dan buizen boven het gewas; - De convectie emissiecoëfficiënt is onafhankelijk van de buistemperatuur.
Nijs, L. (onderzoek) 1997 Handleiding voor het opsporen en oplossen van horizontale klimaatverschillen. PBG rapport 112, 32 p. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - De gemeten temperatuurverschillen liggen tussen 2 en 4 °C. Deze zijn groter bij lagere buitentemperaturen. Het temperatuurverschil leidt ook tot een verschil in CO₂-concentratie (luchtbeweging); - Onvolkomenheden in het verwarmingssysteem zijn de belangrijkste oorzaak; - Wind is bijna nooit de oorzaak bij gesloten luchtramen; - Meting van temperatuurverschillen gebeurt via temperatuur van de (onverwarmde) mat of bovengrond of in watergevulde flesjes. Meet bij lage buitentemperaturen; - Meet bij constante omstandigheden, een constante kasttemperatuur en bij weinig of geen instraling; - Meet zowel met open als gesloten scherm en meet enkele malen. Meet met verschillende windrichtingen. - Mogelijke oorzaken zijn te vinden bij: gevelverwarming, transportleidingen, ongelijke temperatuurspiralen en het verdeelstuk.
Nijs, L., Berg, G.A. van den (onderzoek) 1998 Ontwikkelen en introduceren van een methodiek ter oplossing van klimaatverschillen in kassen. PBG-rapport 147, 34 p <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - De temperatuur in de mat is sterk gecorreleerd met de gemiddelde kasttemperatuur ter plaatse. De temperatuur in met water gevulde flesjes reageert sneller; - Meten met een meetnet op datalogger is kostbaar, het geeft echter wel fluctuaties

weer; - <i>Bij tomaat en paprika is de plantlengte een goede indicator voor temperatuurverschillen. Meten van de temperatuur is echter minder arbeidsintensief;</i> - <i>Een lagere temperatuur geeft minder tomaten, grovere tomaten en verlating van de oogst. De afwijkingen in vroege productie bedroegen bij tomaat -5 tot +4% en bij paprika -9 en +13%. Dit is echter niet geheel aan temperatuurverschillen toe te wijzen;</i> - <i>Padregistratie geeft alleen verschillen weer tussen de kappen en niet tussen de poten;</i> - <i>Er is geen relatie tussen temperatuurverschillen en ziekten gevonden;</i> - <i>Een verschil in spiraaltemperatuur kan gemeten worden bij een constant ingestelde buistemperatuur.</i>
Schnier, E. () 1982 Die Heizungssysteme bestimmen das Gewächshausklima. Gb + GW 37 p 842-846 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Een bovennet compenseert de uitstraling van het gewas naar het kasdek, maar leidt wel tot een verticale temperatuurgradiënt van circa 5 °C, zowel bij enkel als dubbel dek;</i> - <i>De uitstraling van het gewas naar het kasdek kost circa 50% van de warmte-behoefte;</i> - <i>Met buisverwarming onder tabletten wordt het tabletoppervlak wel warm, maar het gewas koelt af, zodat de bovenste helft van het gewas circa 2 °C kouder is dan de setpointtemperatuur in de kas. De bladtemperatuur ligt daarbij onder de luchttemperatuur.</i>
Stouthart, F.J. (TNO) 1997. Modulerende pomp bespaart elektriciteit. TVVL magazine, 11 p 42-45. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Een twee-toerenpomp bespaart circa 60% op het elektriciteitsverbruik ten opzichte van een pomp met constant toerental;</i> - <i>Een modulerende pomp levert nog eens circa 7% besparing op;</i>
Verkleij, F.N. 1985 Short-term effects of vertical temperature gradients on the translocation and distribution of assimilates. Acta horticulturae. Vol. 174 p 277-282 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Vruchten en bloemen vormen een sterkere sink dan vegetatieve groeipunten;</i> - <i>De sinkwerking neemt toe met de temperatuur.</i>
Vogelezang, J. (onderzoek) 1986 Effectief en efficiënt verwarmen met tabletverwarming. PBN intern verslag 34 ,27 p <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Tabletverwarming verhoogt de groeipunt- en bladtemperatuur bij Saintpaulia meer dan de luchttemperatuur;</i> - <i>De groeipunttemperatuur volgt de pottemperatuur, de bladtemperatuur volgt de luchttemperatuur;</i> - <i>Tabletverwarming met aluminium tabletten bespaart energie ten opzichte van het gebruik van een ondernet onder aluminium tabletten. Als het bovennet meedraait neemt de energiebesparing af;</i> - <i>Wind heeft een positief effect op de besparingsmogelijkheden;</i> - <i>Optimalisering is mogelijk als met de tablettemperatuur kan worden ingespeeld op de warmtebehoefte. Wat zijn de grenswaarden?</i>
Vogelezang, J., Weel, P. van (onderzoek) 1989 Bench heating systems and their influence on microclimate. Acta Horticulturae 245 p 243-251. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Op verwarmde tabletten is de pottemperatuur boven in de pot lager dan onderin.</i> - <i>De pottemperatuur onder in de pot is lager dan de ingestelde tablettemperatuur;</i> - <i>Potafstanden hebben een sterke invloed op de pot- en gewastemperatuur. De</i>

verticale temperatuurgradiënt wordt de helft kleiner;

- *Onder een scherm of dubbel dek is de bladtemperatuur hoger. Met een vochtier is de kans op condensatie duidelijk kleiner;*
- *Onder een dicht scherm wordt de verticale temperatuurgradiënt kleiner;*
- *Bij lage tablettemperatuur is de gewastemperatuur zo laag dat er nauwelijks uitstraling is. De bladtemperatuur wijkt dan niet af van de luchttemperatuur in het gewas, er is geen verticale gradiënt;*
- *Bij een hogere tablet- en potttemperatuur is de bladtemperatuur 1 tot 3°C lager dan de luchttemperatuur in de ongeschermd kas.*

Weel, P. (onderzoek) 1984

Benchheating for potplant or cutflower production. Acta Horticulturae 148 p 57-64

Relevante conclusies/resultaten:

- *Verwarmingsbuizen onder het tablet hebben bij styroporbodems geen effect op de potttemperatuur, bij eterniet bodems circa 0,5°C, bij doorboorde styroporbodems circa 2°C, bij aluminium bodems circa 3°C en bij PVC eb-vloed bodems circa 3,5°C;*
- *Op verwarmde tabletten is de potttemperatuur hoger dan de luchttemperatuur tussen de planten;*
- *In een ongeschermd kas is de lucht tussen de planten 's nachts iets kouder dan 1 m boven de planten, in een geschermd kas is deze hoger en is het verschil groter.*

4.2.9 Voorlichtingsboodschap 'Energiescherm'

C. Ploeger (LEI), M.N. van Oostende (DLV)

Betekenis van (energie)schermen voor de praktijk

In 1996 is 67% van het glastuinbouwareaal met een scherm uitgerust, 58% met een beweegbaar scherm en 9% met een vast scherm. Telers installeren een scherm om energie te besparen, maar ook om te verduisteren of het kasklimaat te verbeteren door de verdampingsdruk te verminderen. In de bloemisterij schermen telers vaak voor zonwering, in de glasgroente om condensatie tegen het kasdek tegen te gaan. Bij belichting kan een scherm worden geïnstalleerd om de lichtuitstoot te beperken. De schermen zijn gemaakt van meer of minder vochtdoorlatend folie of doek.

Deze voorlichtingsboodschap is gericht op schermtoepassing voor beperking van het energieverbruik in de kas. De toepassing voor lichtafscherming valt buiten het bestek van deze voorlichtingsboodschap.

Doel van het energieschermgebruik

Een teler sluit wanneer dit kan, met name tijdens 'de nacht' de (energie)schermen om met een lager energieverbruik eenzelfde kastemperatuur en/of een gunstiger rv te realiseren. De teler houdt hierbij rekening met effecten op het netto bedrijfsresultaat.

Conclusies onderzoek

Energieverbruik

- Het gebruik van energieschermen levert een energiebesparing op van gemiddeld 22%. De spreiding, in aantal uren dat het scherm gesloten wordt, is groot.

Rendement

- Het schermpakket veroorzaakt lichtverlies, evenals het schermen overdag. Lichtverlies leidt tot productieverlies. Uit berekeningen van IMAG-DLO komen lichtverliezen naar voren van 2,6 tot 7,3% voor de scherminstallatie, als het scherm open is. Lichtverlies van 1% geeft bij glasgroentegewassen een productieverlies van $\pm 1\%$ op jaarbasis. Hierdoor is schermen bij een gasprijs van circa 25 ct/m³ economisch niet altijd interessant.

Horizontale temperatuurverschillen

- Horizontale temperatuurverschillen leiden tot productieverlies. Hoewel energieschermen niet alleen de oorzaak zijn van deze temperatuurverschillen, zijn temperatuurverschillen onder gesloten schermen wel vaak groter.

Luchtvochtigheid

- Een scherm kan een extra hulpmiddel zijn om de verdampingsdruk te beheersen. Proeven wijzen de laatste jaren uit dat telers goede resultaten kunnen behalen met een scherm met een nauwkeurige regeling op de rv; de vochtkier moet geregeld kunnen worden met stappen van maximaal 0,25%.

Advies gebruik energiescherm: doelgroep: telers

Energieverbruik

- Sluit het scherm af op een manier die de verdamping van vocht en dus energie beperkt.
- Geef het scherm een deegmatige voorlader in welke staat het scherm wordt met 0,5 om te laden.
- Sluit de schermen niet dicht totdat de kas op de temperatuur van de kas niet meer afneemt. Maar wacht totdat de kas temperatuur is gedaald.
- Maak voordat u een vast scherm afsluit op een manier, eerst gaten in het scherm voor een geleidelijke overgang naar een ander energiescherm.

Regelen de luchtvochtigheid

- Gebruik een regeling die bij toelopen de tv eerst het scherm opent en daarna de ramen tot gebruik in combinatie met ventilatie.

Advies installatie energieschermen: doelgroep: vaak nultagevonden

Rendement

- Zet de voor- en nadelen van energieschermen uiteen: voordat een teler besluit te installeren. Schermgebruik is afhankelijk van technische mogelijkheden van bedrijfseconomische gevolgen.
- Houd bij berekening van het rendement rekening met de jaarlijkse kosten van de installatie en het scherm (aanschaf, onderhoud, brandstof, rekening met het lichtverlies en de eventuele positieve invloed van het scherm op de productie).

Nieuwbouw

- Houd bij de advisering voor nieuwbouw van kassen rekening met de installatie van een energie- en gevelscherm.

Toekomst

- Momenteel is het installeren van een beweegbaar energiescherm in de glas-groenteteelt nog niet algemeen. Nieuwe ontwikkelingen kunnen ervoor zorgen dat de installatie over enkele jaren wel interessant is.

Theoretische achtergrond

Invloed van schermen op energieverbruik en productie

Afhankelijk van het schermdoek kan de teler met een energiescherm aanzienlijk op energie besparen. Lichtverlies veroorzaakt echter productieverlies (Verhaegh, 1981). Door te schermen veranderen in de kas veel factoren tegelijk. Het is daarom van belang de natuurkundige achtergronden te kennen. Daaronder vallen onder meer: de

warmte-inhoud van lucht, ventilatieverliezen via het gesloten kasdek, stralingsverliezen van gewas, verwarmingsbuizen en kasdek en waterdampstromen van het gewas en de bodem naar het kasdek (Meinders et al., 1982).

Invloed van schermen op verdampingsdruk

Het gebruik van een scherm heeft altijd invloed op de waterdampstromen in de kas. Als een dampdicht scherm gesloten is, is de luchtvochtigheid meestal hoger als gevolg van een lagere vochtafvoer. Maar soms is de luchtvochtigheid lager, zoals bij een vochtdoorlatend scherm of bij toepassing van een vochtlier. Dit komt door een hogere vochtafvoer naar een kouder kasdek (Holsteijn, 1993).

Bedrijfseconomische evaluatie en toekomstige ontwikkelingen

Bij de huidige prijsverhoudingen, technische prestaties en bedrijfsomstandigheden is het energiescherm niet voor alle glasgroenteteeltbedrijven economisch interessant. Betere technische prestaties van het energiescherm, zoals minder lichtonderschepping van een open scherm en grotere mogelijkheden om het scherm te sluiten, kunnen het energiescherm economisch interessanter maken. De invloed van de gasprijs of subsidie op de benodigde investeringen is beperkt (Velden, 1996).

Literatuuroverzicht

Anonymus, (onderzoek) 1992 Terminologie geautomatiseerde kasklimaatregeling. Regelgebieden: verwarming, ventilatie, schermen en CO₂. PTG, Naaldwijk, Informatiereeks nr 102 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Voor de verschillende doeken en folies die in kassen geïnstalleerd worden kunnen we de term scherm gebruiken. Deze schermen zijn, naar de hoofdfunctie, onder te verdelen in zonnescherm, energiescherm en verduisteringsscherm, maar ze kunnen allemaal als energiescherm functioneren.</i>
Bakker, R., Velden, N.J.A. van der, Verhaegh, A.P. (onderzoek) 1999 Leeftijd bedrijven en energiebesparende opties in de glastuinbouw. LEI, Den Haag, Rapport 1.99.01 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Gemiddeld was er in 1996 in 67% van de kassen een scherm aanwezig (waarvan 58% beweegbaar scherm en 9% vast scherm). In kassen voor 1970 gebouwd slechts 40%;</i> - <i>Van de kassen, gebouwd in de periode 1981-1985 is een groot deel (73% van het areaal) van een beweegbaar scherm voorzien. Vanwege de hoge gasprijs in die periode werd getracht zoveel mogelijk energie te besparen;</i> - <i>Bij de voortgaande vervanging van oude kassen door nieuwe zal het totale areaal met een vast scherm afnemen;</i> - <i>In de periode 1991-1996 gebouwde kassen komt een groter aandeel voor met een brandstofintensiteit van meer dan 40 m³ per m² dan in de eerder gebouwde kassen. In weerwil van de hoge brandstofintensiteit in deze kassen is het geschermd areaal teruggelopen van 79% (bij in 1981-1985 gebouwde kassen) tot 59% (bij de in 1991-1996 gebouwde kassen);</i> - <i>In de na 1981 gebouwde kassen komt vaker een scherm voor als de brandstofintensiteit minder is dan 40 m³ per m² dan bij hogere intensiteit. Telers zien bij een relatief lage brandstofintensiteit kennelijk toch mogelijkheden voor een scherm.</i>
Beekmans, G., Hubert, L., Regteren, J. van (voorlichting) 1997 Goed schermen bespaart energie en maakt een weerbaar gewas. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 47 p 16, 17 en 19 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Bij komkommers wordt vaak een vast scherm gebruikt bij de start van de teelt. Kouval, die optreedt bij het verwijderen van het vaste scherm moet zoveel mogelijk worden voorkomen.</i>

<i>Dit kan door gaatjes in het scherm te boren, in nieuwe kassen op een afstand van 10x10 cm en bij oudere kassen op een afstand van 20x20cm. In verband met kouval moeten in de stroken langs de gevel geen gaatjes worden gemaakt;</i> - <i>Onder een vast plastic scherm is een minimum buisinstelling van 45 °C onmisbaar;</i> - <i>Vooraf het moment van weghalen vraagt extra aandacht. Dit kan het best bij rustig weer gebeuren (weinig wind en geen felle zon).</i>
Bloemhard, C., Ruiter, E. de (onderzoek) 1996 Schermonderzoek ondermijnt vermoeden. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 25 p 20-21 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>In de koude winter van 1996 is, bij een proef op het PBG, 30% energie bespaard, bij gelijke productie (tomaten);</i> - <i>De regeling van het scherm moet nauwkeurig afgestemd zijn op de rv met een mogelijkheid de schermopening te variëren met 0,5 cm.</i>
Braak, N.J. van de, Knies, P. (onderzoek) 1994 Onderzoek naar de invloed van schermtoepassing op energieverbruik en relatieve vochtigheid in kassen. IMAG-DLO Wageningen NL rapport 94-20 44 p. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Het is niet gelukt om de luchtuitwisseling te beschrijven als eenvoudige functie van raam- en schermstand en temperatuurverschil. Een meer fundamentele benadering en nauwkeurige analyse van alle deelprocessen bij het transport van lucht en waterdamp door en langs een scherm is noodzakelijk om te komen tot een bruikbare beschrijving ten behoeve van een kasklimaatmodel. In 1996 wordt hiervoor een nieuwe proef uitgevoerd;</i> - <i>Berekeningen met het IMAG-DLO-simulatiemodel DESSIM90 geven aan dat door toepassing van een opening van 2% het nadelige effect van het scherm op het aantal 'vochtige' uren (vrijwel geheel) wordt weggelaten. Dat heeft wel tot gevolg dat er minder energie wordt bespaard dan bij 0,5% opening;</i> - <i>Zowel polyetheenfolie als de dampdoorlatende folie Hyplast voldoen als schermmateriaal aanzienlijk minder goed op het gebied van vochtbeheersing dan LS 15 of gelijkwaardig materiaal;</i> - <i>Op basis van de resultaten van het onderzoek kunnen praktische richtlijnen voor het gebruik van LS 15 in een tuinbouwkas worden geformuleerd:</i> - <i>schermen niet in de zomer gebruiken;</i> - <i>bij toenemende vochtigheid het scherm enkele procenten openen;</i> - <i>bij de temperatuurovergang naar het nachtniveau de schermen later en niet direct geheel sluiten;</i> - <i>ramen (in combinatie met verwarming) gebruiken om op rv te regelen.</i>
Esmeijer, M. (onderzoek) 1997 Langer schermen goed mogelijk. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 47 p 6-7 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Vast folie (bij komkommers) kan langer blijven liggen boven het gewas, mits het verwijderen geleidelijk gebeurt. Beginnen met een kier van 1%, vergroot deze tot 4% voordat het scherm wordt verwijderd;</i> - <i>Het langer laten liggen van het vaste scherm kan in het voorjaar leiden tot een onaangenaam werkklimaat.</i>
Holsteijn, G.P.A. van (onderzoek) 1993 Luchtvochtigheid nu nog regelen met dampdoorlatende doeken: bij gebrek aan een goede regeling. Vakblad voor de Bloemisterij 25 p 46-47 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Het gebruik van een scherm heeft altijd invloed op de luchtvochtigheid in de kas. Meestal is de luchtvochtigheid hoger, maar soms ook lager onder een scherm. Een goed geregeld scherm kan een extra hulpmiddel zijn om de luchtvochtigheid te beheersen;</i> - <i>Regeling van de luchtvochtigheid gebeurt in de praktijk weinig nauwkeurig. Meestal wordt het scherm alleen open of dichtgestuurd. Een schermregeling waarbij de schermstand proportioneel geregeld wordt op luchtvochtigheid is daarbij een belangrijke verbetering. Een bijkomend voordeel van een dergelijke regeling is dat aanzienlijk meer energie wordt bespaard dan met een uitsluitend open/dicht geregeld scherm;</i>

- De vochtkier moet geregeld worden met stappen van maximaal 0,25%;
- Bij een verbeterde schermregeling is de behoefte aan dampdoorlatende schermmaterialen klein.

Kempkes, F.L.K., Bloemhard, C.M.J. (onderzoek) 1997

Betere schermregeling bespaart energie. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 48 p 20-21

Relevante conclusies/resultaten:

- Met behulp van simulatie (berekeningen) is gezocht naar een energiezuinige schermregeling die een te hoge rv voorkomt en een grote energiebesparing realiseert. Gebleken is dat een nauwkeurige schermkierregeling (met stapjes van 1 cm) van groot belang is;
- Om een te hoge rv te voorkomen en toch energie te besparen is het beter om in de voornacht (van zonsondergang tot drie uur voor zonsopgang) een hogere rv aan te houden (85-95%) dan in de nanacht (van drie uur voor zonsopgang tot zonsopgang). In de nanacht kan een rv van 80-85% worden aangehouden.
- Door kieren en stikselnaden vindt bij gesloten scherm nog een vochttransport plaats van 4 tot 9%;
- De aanpassing van de klimaatregeling bestaat eruit dat bij te hoge rv onder gesloten scherm eerst het scherm wordt geopend tot het ingestelde maximum en dat daarna het raam tot de ingestelde maximum raamstand wordt geopend. Ten opzichte van de oude regeling wordt 3% meer energie bespaard.

Kreij, R. de (vakredacteur) 1998

Kwart energiebesparing door scherm: IMAG-onderzoeker Bakker bepleit betere schermbediening en kierregeling. Oogst/Tuinbouw 44 p 34

Relevante conclusies/resultaten:

- Gemiddeld bespaart een tuinder die nauwkeurig schermt 22% energie. Door verdere verfijning van de schermsturing valt 25% te behalen;
- Bij een kierregeling (om overmatig vocht kwijt te raken) ligt het omslagpunt bij een opening van 4%. Tot dat openingspercentage wordt de rv wel lager bij beperkt warmteverlies;
- Een goed energiescherm bestaat uit een beweegbaar bovenscherm en een beweegbaar zijscherm. Als alleen het bovenscherm wordt gesloten ontstaan te grote temperatuurverschillen door relatief grote verliezen aan de gevel;
- Schermen onderscheppen licht en dit kost productie. Tuinders zijn daarom terecht terughoudend met het investeren in schermen. Maar soms moet de tuinder investeren in zaken die niet direct voordeel opleveren, zoals de waardering van de consument voor een milieuverantwoord geteeld product;
- Een scherm biedt voordelen boven een kas van kunststof of een dubbel glasdek: Met een scherm kun je kiezen voor openen of sluiten en bij de andere genoemde opties kan dit niet;
- Onderzoeker Bakker ziet in energieschermen, mits goed gestuurd, de meest haalbare optie met betrekking tot energiebesparing voor de komende tien jaar.

Meinders, H. et al. (onderzoek) 1982.

Schermen in kassen. PTG, Informatiereeks nr 74, 110 p

Relevante onderzoeksresultaten:

- Bij het beoordelen van de effecten van warmtesparende maatregelen is het van belang de natuurkundige achtergronden te kennen. Bij elke ingreep veranderen in de kas vele factoren tegelijk. Achtereenvolgens worden behandeld: de warmte-inhoud van lucht, ventilatieverliezen, stralingsverliezen, convectieverliezen en waterdampstromen (Bokhorst);
- Er wordt een overzicht gegeven van de verschillende systemen van beweegbare scherminstallaties. Verder wordt de technische uitvoering behandeld van de scherminstallaties zoals die in 1982 in Nederland voorkomen (Vahl);
- Een beweegbaar scherm in een kas eist een vrije horizontale ruimte van tenminste 15 tot 20 cm. Bestaande kassen zijn meestal niet op deze voorziening berekend. Dit betekent dat van kas tot kas eigen oplossingen moeten worden gevonden (Zandbelt);
- In nieuwe kassen moet het scherm zo hoog mogelijk worden aangebracht. Indien het scherm overal over dezelfde afstand beweegt is dit een voordeel (kleinere kans op storingen). Belangrijk is dat het scherm in opgerolde of opgevouwen toestand, eventueel in combinatie met een energiespant, zo weinig mogelijk lichtverlies geeft (Vahl);
- Schermmateriaal heeft niet altijd de eigenschappen die optimaal zijn voor de drie mogelijke,

met schermen beoogde doelen, namelijk verduistering, zonwering en energiebesparing. Bij energieschermen staat het isolerend effect op de eerste plaats. Verder dient het klimaat onder het scherm zo optimaal mogelijk te blijven en het schermpakket zo klein mogelijk. Van de in 1982 bekende schermmaterialen wordt een overzicht gegeven (Vahl);

- Het schermpakket kan overdag lichtverlies veroorzaken. Uit berekeningen van IMAG-DLO komen lichtverliezen naar voren van 2,6 tot 7,3%. Bij een energiescherm van transparant folie wordt op jaarbasis een energiebesparing berekend van 21,6% (gasverbruik 60 m³ per m²; temperatuurinstellingen: nacht 15 en dag 19 °C) (Vahl);
- De investeringen voor een enkele scherminstallatie worden berekend op f 8,- tot f 13,- per m², de jaarkosten op f 2,80 per m². Zonder rekening te houden met lichtverlies zou tenminste een gasbesparing van 8 m³ per m² (bij de gasprijs van 1982: f 0,35 per m³) deze kosten kunnen compenseren. Stellen we het lichtverlies op 5%, de licht/ productierelatie op 1 : 1 en de geldopbrengst op f 50,- per m², dan dient nog eens ruim 7 m³ per m² te worden bespaard (Nienhuis).

Nunnink, E. (vakredacteur) 1996

Resultaten schermproef voor praktijk onhaalbaar. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 25 p 16-17

Relevante conclusies/resultaten:

- Een geïntegreerde afstemming tussen dekconstructie, schermopening en schermregeling is alleen bij nieuwbouw te realiseren;
- In de proef is de geschermd kas vergeleken met een kas met een schermpakket. In de praktijk wordt vergeleken met een kas zonder scherminstallatie;
- In de proef kwam geen Botrytis voor, maar de kas op het PBG is uitgerust met tegels op de vloer, in de praktijk ligt folie en dit leidt tot een hogere luchtvochtigheid;
- Een regeling van de schermopening in stappen van 0,5 cm en in de hele kas overal even grote kieren is in de praktijk onhaalbaar;
- De investeringen voor een uitvoering zoals op het PBG kost f 12,35 tot f 12,85 per m².

Velden, N.J.A. van der (onderzoek) 1996

Potentiële penetratiegraden energiebesparende opties in de glastuinbouw. LEI-DLO Den Haag, Publicatie 1.141

Relevante conclusies/resultaten:

- Van de onderzochte energiebesparende opties in de glastuinbouw zijn bij de huidige prijs-verhoudingen, technische prestaties van de opties en bedrijfsomstandigheden alleen warmtelevering, warmteopslag en condensor bedrijfseconomisch interessant. Hiermee kan in de glastuinbouwsector 14% op het primair brandstofverbruik per jaar worden bespaard en hiervoor is een investering van 182 miljoen gulden nodig;
- Voor de opties energiescherm, alternatief kasdek, warmtepomp en W/K -installaties met of zonder levering van elektriciteit aan het openbare net zijn er in genoemde situatie geen bedrijfseconomische mogelijkheden;
- Belangrijke toekomstige invloedsfactoren op dit resultaat zijn de technische prestaties van warmteopslag en energiescherm. De hoogte van de gasprijs en een subsidie op de benodigde investeringen hebben een beperkte invloed.

Verhaegh, A.P. (onderzoek) 1981

The influence of insulation techniques on crop production and profitability in the Dutch glasshouse industry. Acta Horticulturae Vol. II nr 115 Symposium on more profitable use of energy in protected cultivation p 453-466

Relevante conclusies/resultaten:

- Met energieschermen kan aanzienlijke energiebesparing worden bereikt, het door het scherm veroorzaakte lichtverlies veroorzaakt echter een productieverlies van betekenis.
- De energiebesparing bij gebruik van een energiescherm (in guldens) moet tenminste gelijk zijn aan de jaarkosten van het scherm (afschrijving, rente en onderhoud) plus de opbrengstverliezen als gevolg van lagere productie door lichtverlies;
- In 1981 is de gasprijs f 0,21 per m³. Bij die prijs zijn voor tomaten de besparingen lager dan het productieverlies;
- Energieschermen leveren een energiebesparing van 20% en veroorzaken een lichtverlies van 5%. Voor dubbel glas zijn deze cijfers 30 en 12 en voor gecoat glas 25 en 12;

- *De licht-productie-relatie voor glasgroente wordt gesteld op 1 : 1,2 (1% lichtverlies veroorzaakt 1,2% productieverlies), voor potplanten 1 : 0,6 en voor snijbloemen 1 : 0,9;*
- *Bedrijfseconomisch bezien is in 1981 gebruik van een energiescherm alleen winstgevend bij potplanten met een opbrengst per m² van f 76,- en een gasverbruik van 110 m³. Dit hoge gasverbruik komt maar zelden voor, van de totale glastuinbouw in Nederland kent slechts 4% een gasverbruik van meer dan 90 m³ per m².*

Vernooij, C.J.M. Ploeger, C. (onderzoek) 1999

Energie en gewasbescherming op chrysantenbedrijven. Evaluatie en analyse van DART-gegevens. LEI, Den Haag, Rapport 2.99.10

Relevante conclusies/resultaten:

- *Op alle chrysantenbedrijven bevindt zich een beweegbaar scherm dat zowel voor het verduisteren van de kassen (voor de kortedagbehandeling) als voor energiebesparing wordt gebruikt;*
- *In drie van de vier onderzochte jaren is het gemiddelde gasverbruik voor verwarming minder dan 40 m³ per m². Alleen in het extreem koude jaar 1996 was het gemiddelde verbruik hoger (42,3 m³/m²).*

4.2.10 Voorlichtingsboodschap 'Belichtingsinstallatie'

E. van Rijssel (PBG), R. Grootcholten (OVTO)

Zie ook voorlichtingsboodschap 4.2.17 belichtingsstrategie

Betekenis assimilatiebelichting voor de praktijk

Circa 10% van de telers, met name in de bloemisterij en de plantenopkweek, maken gebruik van een belichtingsinstallatie voor toediening van extra assimilatielicht om het beschikbare zonlicht aan te vullen. Belichting vindt gedurende een groot deel van het jaar plaats, op sommige bedrijven wordt jaarrond belicht.

Belichting vergt een hoge investering voor de installatie. De toepassing van assimilatiebelichting leidt tot een hoger energieverbruik per m², ruim tweederde van het totaal aan elektriciteitsverbruik in de sector komt voor rekening van de bedrijven die assimilatiebelichting toepassen. De verhoging van het energieverbruik is afhankelijk van de geïnstalleerde belichtingsintensiteit en van de benutting van de warmte die bij de stroomopwekking vrijkomt.

De prijs voor de verbruikte elektriciteit of gas is lager dan normaal als de teler gebruik maakt van speciale contracten van de energiebedrijven.

Om milieuhinder naar omwonenden te voorkomen is tussen zonsondergang en zonsopkomst gevelafscherming verplicht zodra de lampen aangaan. In de periode tussen 1 oktober en 1 mei is tevens afschakeling verplicht tussen ca. 19.00 en 23.00 uur. Deze verplichting kan worden opgeschort als lichtuitstoot via een bovenafscherming wordt voorkomen.

Doel van de assimilatiebelichting

Telers passen assimilatiebelichting via een vaste installatie toe om de (winter)kwaliteit van het product te verbeteren, de (winter)productie te verhogen en de arbeidsbehoefte meer gelijkmatig over het jaar te spreiden.

Een andere toepassing waarmee telers experimenteren is een vaste of verhangbare installatie voor belichting van een, in tijd beperkte, fase van de teelt. Het doel hiervan is het stimuleren van scheut- of bloemknopvorming, het voorkomen van knopabortie (Freesia, Bouvardia) of verbeteren van de bloemkleur (chrysant).

Assimilatiebelichting leidt tot:

- a. een betere concurrentiepositie tegenover buitenlandse producenten;
- b. een op korte en/of lange termijn verbeterd rendement op het eigen bedrijf.

Conclusies onderzoek

- De lichtsom, en daarmee de belichtingsintensiteit, is lineair gerelateerd aan de kg-productie van zowel snijbloemen als potplanten. De grootte van het effect kan per soort en cultivar (roos) verschillen. Het verhogen van het vers- en drooggewicht door verhogen van de belichtingsintensiteit kent grenzen, al liggen die vrij hoog en zijn ze afhankelijk van andere groeifactoren.
- De lichtopbrengst van een armatuur wordt in sterke mate bepaald door het type en sterkte van de lamp, het type armatuur, de (onjuiste) spanning op de lamp en door vervuiling of veroudering van lamp en reflector.
- Zolang assimilatiebelichting wordt gebruikt als aanvulling op zonlicht heeft het lichtspectrum van de plant weinig effect op de lichtefficiëntie. Ook een ver-rood nabelichting verbetert de lichtefficiëntie niet.
- Bij snijbloemen heeft belichting een beperkt effect op de winterkwaliteit, de bloem wordt wat zwaarder en soms beter van kleur (chrysant). Het effect op de winterproductie is groot, doordat er meer ogen uitlopen en er, bij loosgevoelige gewassen en cultivars, minder bloemknoppen verdrogen. Een plotselinge piek in de voorjaarsproductie, als reactie op een weersverbetering, wordt wel verminderd (Gerbera).
- Bij (bloeiende) potplanten heeft belichting in de winter een groot effect op de kwaliteit, zwaardere en beter bloeiende planten. Een hoger vers- of drooggewicht zet zich echter niet automatisch om in een kwalitatief beter eindproduct. Op de productie is het effect meestal beperkt, soms zelfs negatief, omdat er vanwege de plantomvang eerder minder dan meer planten per m² staan en de teeltduur slechts in beperkte mate (gewasafhankelijk) wordt verkort. Bij bloeiende potplanten, die 's winters niet met een acceptabele kwaliteit kunnen worden geteeld, wordt via belichting jaarrondproductie (Begonia, Cyclamen) of verlenging van het aanvoerseizoen (Hydrangea) gerealiseerd.
- De arbeidsbehoefte wordt 's winters groter naarmate de productie toeneemt. Ook hoeft de teler 's morgens niet tot zonsopkomst te wachten om met oogsten te beginnen. Een verbeterde, uiterlijke kwaliteit leidt tot hogere prijzen. De houdbaarheid vraagt wel extra aandacht. Wanneer de teler geen of een korte donkerperiode geeft, maakt bijbelichting de producten kwetsbaar. De bloemen verdampen dan op de vaas veel meer en daardoor neemt de kans op voortijdige uitval door vaatverstopping toe.
- Productieverhoging en kwaliteitsverbetering door belichting hebben effecten op de markt. Aanvoervergroting leidt tot lagere prijzen. Kwaliteitsverschil tussen het belichte en onbelichte product kan resulteren in prijsverschil. Het markteffect leidt tot extra concurrentie zowel tussen telers die wel en niet belichten als tussen binnenlandse en buitenlandse aanvoerders. Het bedrijfseconomisch belang van assimilatiebelichting voor Nederland is hierdoor niet eenvoudig te bepalen. Het individueel belang kan zelfs strijdig zijn met het sectoraal belang.
- Het rendement van assimilatiebelichting valt niet altijd positief uit. De prijs wordt wel door uiterlijke kenmerken bepaald, maar verzwarende wordt niet bij alle kenmerken (positief) gewaardeerd.
- De ontwikkeling van de plant wordt beïnvloed door de lichtkleur, moment van knopvorming, uitloop van ogen en de internodiënlengthe. De meeropbrengst van belichting wordt er echter maar in beperkte mate door beïnvloed.
- De temperatuur van het groeipunt neemt in afnemende mate toe met een toename van de belichtingsintensiteit met 1 tot maximaal 2°C. Een toename van het dampdrukdeficit, het effect van een hogere kasttemperatuur of meer ventilatie, compenseert dit effect weer geheel of gedeeltelijk.

- Lichtuitstoot in de nacht leidt tot strooilicht in de omgeving. Dit strooilicht ($0,05\text{--}0,20\text{ }\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$) beïnvloedt de generatieve ontwikkeling en de strekkingsgroei bij bijna alle gewassen. Een hogere intensiteit vergroot het effect.
- Lichtuitstoot kan voorkomen worden door sluiting van een bovenscherm. Dit hoeft de productie en productkwaliteit niet te beïnvloeden maar het verhoogt wel de productiekosten.
- In groeikamers kan het temperatuurverhogend effect van lichtintensiteitverhoging sterk worden verminderd door de warmtestraling met een waterfilter weg te nemen.

Advies: koelgroei-facels

Keuze van lamp en armatuur

- Kies voor een lamp met een hoge lichtborensheid, een hoge opbrengst van licht op een lange levensduur.
- Kies voor een armatuur met een stabiel lichtvervalsingsniveau in de tijd, hierbij is het materiaal van de reflector belangrijk. Kies voor een stabiele plaatsing van de lamp in de reflector. Het licht moet een voldoende warmtebron in de reflector en de voorschakelapparatuur niet duurzaam zijn.
- Bezie of met de meest efficiënte lamp en armatuur een aanvaardbaar vervalsingsniveau bereikt is. Zo niet, vraag dan om alternatieven met een ander lichtvervalsingsniveau of een ander armatuur.
- Vraag om de officiële meetrapporten, de en informatie van de fabrikant, van de lamp en armatuur.

Onderhoud

- Vervang de lampen in principe bij het door de fabrikant voorgeschreven aantal branduren. Bij een hoge prijs voor ingekochte elektriciteit zou dat zelfs op 1000 uur eerder mogen, bij eigen stroomopwekking en een hoge brandingsmaatschappij, kan de warmte nog het ruim 1000 uur later.
- Maak de reflectoren jaarlijks schoon op de door de fabrikant aangegeven wijze en verwijder het stof van de lampen. De plaats van de installatie de lampen moet gebruikt. Heeft u het idee dat de helderheid van de reflectoren te snel omlaag gaat, dan de mogelijkheid om de reflectoren te vervangen of op maat te laten aanpassen.

Aanbevolen lichtintensiteit voor groei

- De aanbevolen maximum intensiteit voor groeisituaties wordt bepaald door de mogelijkheden om de beschikbare warmte (lampwarmte + koelwarmte) te benutten. Bij de toediening van ca. 18°C , en bij stroominkoop, ontstaat er bijna continue warmteverschotten bij intensiteiten boven ca. $70\text{ }\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$. Bij eigen stroomopwekking is dat bij intensiteiten boven ca. $85\text{ }\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$. Bij $1\text{ }\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ is ca. 80 lux . Bij gebruik van warmteopslag of opslag van lichtintensiteit. De hoogte is afhankelijk van de grootte van de warmteopslag of de warmtevlucht in het niet belichte deel van de kassen.

Aanbevolen lichtintensiteit voor specifieke doeleinden

- Het voorkomen van knopabortie vraagt om een normale intensiteit van belichting die afhankelijk is van de te teken soort en cultivar. Het doel dat de kweker wil bereiken, bepaalt de aanbevolen maximum belichtingsintensiteit. Een intensiteit van $65\text{ }\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ voorkomt knopabortie bij Bouvardia vrijwel helemaal. Verdere verhoging is dus zinloos.
- Een verhoogde intensiteit wordt soms aangeraden omdat het een stimulerend effect heeft op de lengtegroei (potplanten) en invloed heeft op de bloemkleur (chrysanth).

Advies, doelgroep: installateurs

Offerte

- Stel een belichtingsplan op met realiseerbare lichtoplossingen. Geef ieder voorwaarde op waarvoor welke toelating of vergoeding is vereist. Stel uitgangspunten voor de installatie voor op de offerte.

Opmeting

- Zorg dat de afstand tussen de planten en de lamp voldoende is om de belichtingssterkte voldoende te kunnen reguleren. De afstand tussen de planten en de lamp moet voldoende zijn om de belichtingssterkte te kunnen reguleren. De afstand tussen de planten en de lamp moet voldoende zijn om de belichtingssterkte te kunnen reguleren.

Stroomvoorziening

- De aansluitwaarde of de verbruikswaarde moet voldoende zijn om de belichtingssterkte te kunnen reguleren. De aansluitwaarde moet voldoende zijn om de belichtingssterkte te kunnen reguleren. De aansluitwaarde moet voldoende zijn om de belichtingssterkte te kunnen reguleren.
- De aansluitkosten en de elektrische kosten moeten voldoende zijn om de belichtingssterkte te kunnen reguleren. De aansluitkosten moeten voldoende zijn om de belichtingssterkte te kunnen reguleren. De aansluitkosten moeten voldoende zijn om de belichtingssterkte te kunnen reguleren.
- Omdat draadwerk van de Wijk installateurs niet paraat loopt met de vraag naar waar te is een warmtebuffer bijna altijd rendabel en dus vereist. Een warmtebuffer wordt wel een extra investering.

Overlevering

- Voor de installatie voor oplevering door de Wijk installateurs moet de Wijk installateurs voldoende zijn om de belichtingssterkte te kunnen reguleren. De Wijk installateurs moeten voldoende zijn om de belichtingssterkte te kunnen reguleren. De Wijk installateurs moeten voldoende zijn om de belichtingssterkte te kunnen reguleren.

Suggesties voor illustratie en demonstratie

Figuur met de beschikbare hoeveelheid zonlicht door het jaar heen (gewasniveau).

Programma (spreadsheet) met uitgangspunten ten aanzien van de gekozen belichtingsinstallatie en de bedrijfseconomische consequenties ervan ten aanzien van investering, rendement en terugverdientijd.

Theoretische achtergrond

Relatie licht en groei

Licht is een zeer sterk bepalende factor voor de groei, de toename in vers- en drooggewichtproductie. De groeistimulans door belichting is lineair gecorreleerd met de (kunst)lichtsom, de combinatie van intensiteit en duur van de belichting (Bredmose, 1997; Gisleroed et al., 1989; Van Rijssel et al., 1995). De lichtsom moet berekend worden vanuit de lichte-hoeveelheid die de geoogste massa heeft ontvangen, bij potplanten rekening houdend met (toenemende) plantafstanden (Van Rijssel et al., 1995). De lichtefficiëntie is niet afhankelijk van de hoeveelheid daglicht, maar wel van de geteelde soort of cultivar en van de gewasomvang (Bredmose, 1997; Moe 1997). De lichtefficiëntie kan beperkt worden door andere groeifactoren zoals, CO₂-concentratie, te weinig blad, te lage temperaturen en vochtstress (Koning, 1997; Moe, 1997). Het effect van belichting op de groeiduur is afhankelijk van de kasttemperatuur,

bij lagere kastemperaturen heeft belichting een groter positief effect (Faust et al., 1997; Gagnon et al., 1990).

Bij (bloeiende) potplanten leidt belichting tot zwaardere, meer vertakte en beter bloeiende planten. Het effect op de winterproductie is meestal beperkt, omdat er eerder minder dan meer planten per m² worden uitgezet (De Beer et al., 1991, Verberkt, 1995; Verberkt et al., 1995). Bij (bloeiende) potplanten, die 's winters niet met een acceptabele kwaliteit kunnen worden geteeld, wordt via belichting jaarrond-productie (Begonia, Cyclamen) of verlenging van het aanvoerseizoen (Hydrangea) gerealiseerd.

Bij snijbloemen is het effect van belichting op de winterkwaliteit minder groot. De bloem wordt wat zwaarder (Verberkt et al., 1987) en soms beter van kleur (chrysant, mededeling Van der Hoeven PBG). Het effect op de winterproductie is wel groot (Mortensen et al., 1992, Van Rijssel et al., 1995; Vernooij et al., 1999). De arbeidsbehoefte wordt 's winters groter naarmate de productie toeneemt. Ook hoeft de teler 's morgens niet tot zonsopkomst te wachten om met oogsten te beginnen. Een verbeterde, uiterlijke kwaliteit leidt tot hogere prijzen (Benninga, 1995).

Zonlicht en kunstlicht

Voor zonlicht en kunstlicht is, voor de omzetting van licht in drogestofproductie, geen verschil in efficiëntie aangetoond. Dit gaat op zolang de lichtsom gemeten wordt in PPF ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$) en assimilatiebelichting een aanvulling vormt op het beschikbare zonlicht. Belichting zorgt dan voor extra drogestofproductie. Het leidt tot toename van het takgewicht, in extra vertakking en/of extra bloemen (Gagnon et al., 1990). Als assimilatielicht de enige lichtbron vormt dan is een volledig lichtspectrum nodig voor de normale ontwikkeling van de plant.

Beïnvloeding microklimaat door belichting

De temperatuur van het groeipunt wordt door belichting verhoogd. De mate van temperatuurverhoging is afhankelijk van de belichtingsintensiteit en van de heersende dampdruk. Bij een zeer hoog dampdrukdeficit kan belichting zelfs een negatief effect hebben op de groeipunttemperatuur (Faust et al. 1997).

Morfologische effecten van licht en belichting

Het lichtspectrum van de lichtbron, en met name de verhouding rood/ver-rood daarin, is van belang voor de morfologie, de verschijningsvorm, van de plant (Murakami, 1997). De meeste lampen, die in aanmerking komen voor assimilatiebelichting hebben een hoge rood/ver-rood verhouding, waardoor de invloed van de lampkeuze op het belichtingseffect slechts een beperkte invloed heeft (Bakker et al., 1996). Een ver-rood nabelichting met gloeilampen heeft eveneens slechts een beperkt effect (Bakker et al., 1996). De effecten van lichtkleur zijn onderzocht in belichtingsproeven met HPI-T- (blauw) en SON-T-lampen (geel). Blauw licht verkort de trekduur bij lelies maar verkort ook de taklengte en de knopgrootte (Schouten et al., 1999). Het effect van negatieve DIF wordt onder belichting met HPI-T lampen wel kleiner. Het effect van het lichtspectrum is echter gering en zal pas invloed gaan hebben op de lampkeuze wanneer er keuzes zijn tussen lampen met een vergelijkbaar hoge lichtopbrengst in μmol per kWh.

Vaste of verplaatsbare installatie

Belichten heeft een groeibevorderend effect op planten. Het is echter niet zo dat alle groei-effecten op dezelfde wijze te vertalen zijn in extra opbrengst. Bij Freesia blijkt dat belichting pas effect krijgt op het aantal en de kwaliteit van takken en haken, als de eerste bloemtakken 20 cm lang zijn (Berghoef et al., 1991). Bij Bouvardia wordt loos-

vorming voorkomen, en bij Phalaenopsis wordt het aantal aangelegde bloemen en bloemstelen vergroot, door een korte belichtingsperiode na aanvang van de kortedag-behandeling (Hoog et al., 1995, Uitermark et al., 1998). Voor het verkrijgen van speciale effecten als minder knopabortie en bloeistimulans kan een korte belichtingsperiode dus voldoende zijn. Belichten in een vaste behandelingsruimte of met een verplaatsbare installatie, in plaats van installatie over het gehele bedrijfsoppervlak, spaart dan kosten en energie.

Rendement

De belichtingskosten, inclusief de extra kosten voor arbeid en afzet, de verkregen meerproductie en de (meer)prijs van het belichte product bepalen het rendement van assimilatiebelichting. Dat belichten niet zonder meer economisch rendabel is blijkt uit een vergelijking tussen bedrijven met en zonder assimilatiebelichting. Bij rozenbedrijven blijkt belichting geen effect te hebben op het bedrijfsrendement (Benninga, 1996), het geteelde sortiment was echter, op de wel en niet belichtende bedrijven, niet geheel vergelijkbaar. Het DART-onderzoek bevestigt deze conclusie in grote lijnen (Vernooij et al., 1999).

De belichtingskosten in relatie tot de gegeven belichtingsintensiteit zijn sterk afhankelijk van de keuze en aanleg van de installatie. De lichtefficiëntie van de beschikbare lampen verschilt sterk, de SON-T-lampen zijn echter veruit het meest efficiënt met het hoogste aantal μmol en lux per Watt. De 600 Watt-lampen zijn daarbij weer beter dan de 400 Watt-lampen (Philips). Het lichtrendement van het armatuur is afhankelijk van het gewenste spreidingspatroon en enigszins van de fabrikant en varieert van nog geen 80% tot hooguit 90% (Philips, Hortilux). De installateur dient ervoor te zorgen dat de lamp wordt aangesloten op de juiste spanning, spanningsverliezen in de bekabeling dienen klein te zijn. Het vermogen van de elektrische aansluiting moet voldoende groot zijn om extra vermogen te kunnen leveren bij inschakeling van de installatie, ook bij extra vermogensvraag na 10.000 branduren. Het effect van over- en onderspanning op de lichtopbrengst en de levensduur van de lamp is groot en moet bij de installateur bekend zijn. Bezuiniging in het investeringsbedrag leidt gemakkelijk tot een lagere lichtopbrengst en een minder rendabele installatie. Controle en onderhoud zijn belangrijk om het maximale rendement uit de installatie te halen, in de praktijk wordt daaraan niet voldoende aandacht besteed (Van Rijssel, 1999). De mogelijkheden om de warmte van de lampen en van de W/K-installatie nuttig te kunnen gebruiken hangen sterk af van de gekozen belichtingsintensiteit (Van Rijssel et al., 1995). De verkregen meeropbrengst is afhankelijk van de teelt en cultivar op het bedrijf. Teelten waarvan de productprijs in de winter relatief hoog is, door een grote vraag en een gering aanbod, geven de grootste opbrengststijging. Dit geldt ook voor teelten waarvan belichting de knopabortie in de winter beperkt. Al deze teelten komen het eerst in aanmerking om te belichten.

Productieverhoging en kwaliteitsverbetering door belichting hebben ook effecten op de markt. Aanvoervergroting leidt bijna altijd tot lagere prijzen en kwaliteitsverschil tussen het belichte en onbelichte product kan resulteren in prijsverschil. De genoemde markteffecten leiden tot extra concurrentie tussen Nederlandse telers onderling, tussen telers die wel en die niet belichten en tussen binnen- en buitenlandse aanvoerders. Het bedrijfseconomisch belang kan hierdoor strijdig zijn met het sectoraal belang, vooral wanneer de aanvoer uit het buitenland gering is (Opel, 1988).

Literatuuroverzicht

Bakker, J.A., Blaqui�re, T., Hoog, J. de (onderzoek) 1996 Kwalitatieve neveneffecten van assimilatiebelichting; literatuurstudie groei en ontwikkeling onder invloed van straling; effect van belichting met HPI-T en SON-T bij roos, 11 p; effect van ver-rood nabelichting bij roos en Eustoma, 30 p; inventarisatie neveneffecten assimilatiebelichting, 22 p; effecten van gesimuleerd buurmanlicht, 30 p PBG-rapport 53 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Het effect van lichtkleur en ver-rood nabelichting is gering.</i> - <i>Ver-rood nabelichting heeft geen effect op de loosvorming bij roos, geeft stengelstrekking bij Eustoma.</i> - <i>Strooilicht, 0,05-0,20 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$, beïnvloedt de gewasgroei bij bijna alle gewassen, het geeft meer of minder strekking en een vertraagde of versnelde bloei, afhankelijk van het gewas.</i> - <i>Een hogere intensiteit strooilicht geeft meestal een sterker ongewenst effect.</i>
Benninga, J. (onderzoek) 1995. Plantkenmerken, plantwaardering en prijsvorming bij Azalea. PBN-rapport 209, 46 p <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>De prijs wordt voor een zeer belangrijk deel bepaald door uiterlijke kenmerken van het product. De plantomvang en bloeirijkdom zijn het belangrijkste.</i>
Benninga, J., Duys, D. (onderzoek) 1996. Belichten niet bepalend voor bedrijfsresultaat : bedrijfsvergelijking rozen. Vakblad voor de Bloemisterij 10 p 28-29 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Het effect van assimilatiebelichting op opbrengsten en kosten is ongeveer even groot.</i> - <i>Het effect van assimilatiebelichting op de prijs (jaargemiddelde) is nihil.</i>
Berghoef, J., Farr, D.J., Zevenbergen, A.P. (onderzoek) 1991. Te vroeg beginnen heeft geen zin : belichtingsonderzoek Freesia (1). Vakblad voor de Bloemisterij 41 p 42-43; Daglengte belangrijke factor : belichtingsonderzoek Freesia (2). Vakblad voor de Bloemisterij 41 p 44-45 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Belichten geeft meer en zwaardere bloemtakken.</i> - <i>Belichten voordat de bloemtakken 20 cm lang zijn heeft geen effect op de productie.</i> - <i>Doorgaan met belichten na begin van de bloei heeft geen effect meer op aantal en zwaarte van de hoofdtak, maar wel op de kwaliteit van de haken.</i>
Bredmos, N. (onderzoek) 1997 Year-round supplementary lighting at twelve photosynthetic flux densities for cut roses. Acta-Horticulture 418, p 59-64 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Het vers-, drooggewicht en de bloemkwaliteit reageren lineair op de ontvangen lichtsom (belichtingsintensiteit tussen 0 en 174 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$).</i> - <i>Het aantal bloemblaadjes reageert op toename van de lichtintensiteit (gelijke belichtingsduur) tot een intensiteit van 100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$.</i> - <i>De lichtinvloed op het geoogste gewicht was bij Frisco een factor 1,6 hoger dan bij Gabriëlle.</i>
Faust, J.E., Heins, R.D. (onderzoek) 1997 Quantifying the influence of high-pressure sodium lighting on shoot-tip temperature. Acta-Horticulturae 418, p 85-91 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Onafhankelijk van het heersende dampdrukdeficit werd de temperatuur van het groeipunt met 1,2, 1,5 en 1,7�C verhoogd bij lichtintensiteiten van 50, 75 en 100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$.</i> - <i>De planttemperatuur daalde met 1,2�C als het dampdrukdeficit van 0,5 tot 3,0 kPa toenam;</i> - <i>Bij een belichtingsintensiteit van 100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ was de planttemperatuur 2,7�C lager wanneer het lamplicht werd gefilterd door een polycarbonaat/water filter.</i> - <i>De temperatuur van de knop kan door belichting zowel verhoogd als verlaagd worden, afhankelijk van de luchttemperatuur (en dampdrukdeficit).</i> - <i>De ontwikkelingssnelheid werd bij lelie, poinsettia en Hibiscus met respectievelijk 10, 14 en 23% bekort bij 15�C luchttemperatuur en slechts met 6, 7 en 9% bij 25�C.</i>

Gagnon, S. Dansereau, B. (onderzoek) 1990. Influence of light and photoperiod on growth and development of gerbera. Acta Hortic. 272 p 145-149 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Belichting stimuleert zowel de vegetatieve groei als de productie. De uitgroeiduur wordt verkort.</i> - <i>Het effect is in de herfst/winter groter dan in winter/voorjaar.</i>
Gislerød, H.R. Eidsten, I.M. Mortensen, L.M. (onderzoek) 1989 The interaction of daily lighting period and light intensity on growth of some greenhouse plants. Scientia horticultrae 3/4 p 295-304 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>De groei neemt toe met zowel het aantal belichtingsuren als de belichtingsintensiteit (tot 400 Watt SON-T/6m²).</i> - <i>Bij opvoeren van de belichtingsduur tot 24 uur per etmaal neemt de groei slechts beperkt toe.</i> - <i>Bij Begonia en Kalanchoë is sprake van interactie tussen daglengte en belichtingsintensiteit;</i> - <i>De daglengte heeft geen effect op de teeltduur, wel op de bloeirijkdom. Bij zeer lage licht-intensiteiten treedt wel een teeltduurvertraging op.</i>
Hoog, J. de, Rijssel, E. van (onderzoek) 1995. Kort gebruik assimilatiebelichting kan loos bij Bouvardia voorkomen: economisch perspectief per bedrijf verschillend. Vakblad voor de Bloemisterij 34 p 32-33 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Belichten is slechts gedurende een tiental dagen na de oogst nodig om loosvorming te voorkomen.</i> - <i>Belichten is alleen interessant voor bedrijven waar in de winter loosvorming optreedt.</i> - <i>Economisch wordt belichten pas interessant als de belichtingsinstallatie per belichtingsseizoen bij minimaal tien teelten per jaar kan worden gebruikt.</i>
Hoog, J. de (onderzoek) 1997 Dubbel aantal lampen geeft geen dubbele productie bij roos. Vakblad voor de Bloemisterij 21 p 48 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Verhoging intensiteit belichting van 4250 naar 8500 lux geeft geen verdubbeling van de productie.</i> - <i>Vergeleken bij gelijke kastemperatuur, verschil in luchting.</i>
Ludolph, D., Hendriks, L. (onderzoek) 1992. Kühlen, belichten oder verdunkeln. Gb + Gw 37: 1787-1790 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Belichten verkort de teeltduur bij perkplanten.</i> - <i>Belichting vooral effectief tijdens het begin van de teelt, weinig licht en hoge plantdichtheid.</i>
Moe, R. (onderzoek) 1997. Physiological aspects of supplementary lighting in horticulture. Acta Horticulturae 418 p 17-24 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>De totale lichtsom per dag, van zon- en lamplicht te zamen, is een bruikbare parameter om de benodigde bijbelichting te bepalen.</i> - <i>De benodigde lichtsom per dag varieert tussen 8 en 40-50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$, afhankelijk van de soort en cultivar.</i> - <i>De lichtbehoefte wordt mede bepaald door andere groeifactoren zoals CO₂-dosering, temperatuur, lichtkleur, rv, water en bemestingsniveau.</i>
Mortensen, L.M. Gislerød, H.R. Mikkelsen, H. (onderzoek) 1992. Maximizing the yield of greenhouse roses with respect to artificial lighting. Norwegian journal of agricultural sciences 1 p 27-34 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>De productie neemt toe met de intensiteit van bijbelichting, tot een niveau van 370 $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ (400 Watt SON-T per 1,3 m²).</i> - <i>De productietoename treedt zelfs op bij een hoog niveau van zonlicht in mei/juni.</i> - <i>Ook de taklengte en het takgewicht (drooggewicht) nemen toe bij hogere lichtintensiteit.</i>
Murakami, K., Aiga, I., Horaguchi, K., Morita, M. (onderzoek) 1997

Red/far-red photon flux ratio used as an index number for morphological control of plant growth under artificial lighting conditions. Acta-Horticulture 418, p 135-140 Relevante conclusies/resultaten: - <i>De verhouding rood/verrood licht, 600-700/700-800 nm, is een belangrijke index voor de controle van de morfologische ontwikkeling van de plant.</i> - <i>De plantvorm en andere morfologische kenmerken waren vergelijkbaar bij belichting met lampen heel verschillende spectra maar met een gelijke rood/verrood-verhouding.</i>
Nieuwkoop, P. van, Velden, N.J.A. van der, Verhaegh, A.P. (onderzoek) 1998 Elektriciteitsverbruik op glastuinbouwbedrijven. LEI-DLO, mededeling 624 Relevante conclusies/resultaten: - <i>Slechts op 10% van de bedrijven ligt het elektriciteitsverbruik boven 20 kWh/m². Deze bedrijven, met assimilatiebelichting, verbruiken 66% van het totaal.</i>
Oprel, L. (onderzoek) 1988. Gevolgen assimilatiebelichting voor veilingprijs geanalyseerd 'Motrea' [roos] als voorbeeld. Vakblad voor de Bloemisterij 32 p 46-47 Relevante onderzoeksresultaten: - <i>De grootte van de aanvoer heeft een direct effect op de prijs.</i>
Os, P. van (onderzoek) 1989/1999 Invloed assimilatiebelichting op productie en kwaliteit Gerbera. PBG-rapport 83. Belichting bij Gerbera nog lang geen uitgemaakte zaak. Vakblad voor de Bloemisterij, 6 p 56-58 Relevante conclusies/resultaten: - <i>Belichting voorkomt knopverdroging deels in herfst en winter en geeft grotere bloemen.</i> - <i>De productiepiek in het voorjaar wordt lager.</i> - <i>Kosten belichting worden bij Gerbera niet goedge maakt.</i> - <i>Nu, 1999 weer nieuwe pioniers in de praktijk, licht/CO₂-combinatie wel rendabel?</i>
Rijssel, E. van, Vogelezang, J., Leeuwen, G. van (onderzoek) 1995. Optimaal belichten : effecten van assimilatiebelichting op opbrengsten en kosten bij roos. PBG-rapport 8 36 p. Relevante onderzoeksresultaten: - <i>De productie (kg/m²) neemt recht evenredig toe met de ontvangen lichtsom.</i> - <i>Er is geen na-effect geconstateerd na stoppen van de belichting.</i> - <i>Het effect van de belichting wordt groter naarmate de winter vordert. Vanaf april wordt het effect van (lamp)licht snel minder.</i> - <i>Optimaal belichten betekent bij installatie de intensiteit van belichten aanpassen aan de warmtebehoefte (zoveel mogelijk vermijden van warmte-overschotsituaties).</i>
Rijssel, E. van et al. (onderzoek) 1995. Belichten onder gesloten bovenscherm. PBG-rapport 4 38 p. Relevante onderzoeksresultaten: - <i>De lichtuitstoot naar boven bedraagt 4-9% van de belichtingsintensiteit, afhankelijk van de mate waarin het gewas de bodem bedekt.</i> - <i>Sluiting van een bovenscherm vermindert de lichtuitstoot tot vrijwel nihil en verhoogt de lichtintensiteit met 3-5% bij gebruik van (nieuw) wit schermdoek.</i> - <i>Bovenafscherming heeft geen invloed op productie of takgewicht, wel op het gasverbruik.</i> - <i>Het aanbrengen van een bovenscherm werkt kostenverhogend, f 2,- tot f. 4,- per m².</i>
Rijssel, E. van, Ploeger, C. (onderzoek) 1997 Economisch perspectief van assimilatiebelichting bij potplanten. PBG-rapport 42 28 p Relevante onderzoeksresultaten: - <i>Belichte planten hebben een duidelijk hoger plantgewicht dan onbelichte planten, het plantgewicht wordt sterk bepaald door de ontvangen lichtsom tijdens de groeiperiode.</i> - <i>Belichting heeft slechts een beperkt effect op de teeltduur, de oppotdatum beïnvloedt de teeltduur wel in sterke mate.</i> - <i>De kostprijs wordt door belichting verhoogd, mede door de hogere ruimtebehoefte van belichte planten. De kostprijs blijft onder de marktprijs op het moment van aanvoer.</i> - <i>Bij belichting van Cyclamen is bloei te realiseren in perioden met lage aanvoer en hoge prijzen.</i> - <i>Het bloeitijdstip van belichte Begonia valt in een periode met gunstige prijzen.</i>
Rijssel, E. van (onderzoek) 1999

Denen halen 40% meer licht uit hun assimilatielampen: techniek en economie van transformator-toepassing . Vakblad voor de Bloemisterij 6 p 50-52 Relevante onderzoeksresultaten: - <i>Spanningsverhoging 230 -> 250 Volt geeft 40% meer licht bij 25% extra kWh.</i> - <i>Minder warmteverlies kabels en schakelkasten door fase-fase-aansluiting.</i>
Schouten, Aanholt, Gude (onderzoek) 1999. Lamptypen vragen meer onderzoek: te lang belichten nadelig voor Orientalleries. Bloembollencultuur 25 p 13. Oriental prefereert oranje licht boven witte lampen. Vakblad voor de Bloemisterij 6 p 18-19 Relevante conclusies/resultaten - <i>HPI-T-lampen van Osram (wit licht) verkort de trekduur en vermindert bladverbranding ten opzichte van SON-T-lampe, echter de taklengte wordt minder en de knoppen blijven korter.</i> - <i>De lichtopbrengst per Watt is bij HPI- lager dan bij SON-T-lampen, dus hogere kosten bij gelijk lichtniveau.</i>
Steinbacher, F., Dinkel, R., Hauser A. (onderzoek) 1996 CO₂-Duengung und Assimilationslicht: Grandiflorum (Pelargonien) im Versuch. Deutscher Gartenbau 21 p 1214-1216 Relevante conclusies/resultaten - <i>Verhoging lichtintensiteit van 70 naar 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ geeft bij 350 ppm CO₂ wel een toename van het drogestofgewicht maar een negatief effect op de kwaliteit.</i> - <i>Bij 1000 ppm CO₂ heeft verhoging van de lichtintensiteit geen positief effect meer.</i>
Uitermark, C.G.T., Wertwijn, R., Haalem, M. (onderzoek) 1996. Invloed van de lichthoeveelheid en de temperatuur op de bloemknopverdroging bij Alstroemeria. PBG-rapport 68, 37 p Relevante onderzoeksresultaten: - <i>Het lichtniveau is de belangrijkste factor (80%) voor optreden bloemknopverdroging, dit treedt met name op bij de zwaarste takken; belichting verlaet en vermindert het probleem.</i> - <i>Door belichting wordt 's winters, week 37-12, een productieverhoging verkregen van 17% (Cobra) tot 33% (Jubilee), het aantal takken 3 en op neemt 100% toe.</i> - <i>Belichting heeft ook een positief effect op de houdbaarheid.</i> - <i>De extra productie moet een beduidend hogere prijs opbrengen dan de productie onbelicht om de belichtingskosten goed te maken.</i>
Uitermark, C.G.T., Mourik, N.M., Schüttler, H. (onderzoek) 1998. Invloed van assimilatiebelichting en plantleeftijd op de inductie van bloemtakken bij pot-Phalaenopsis. PBG-rapport 144 30 p Relevante onderzoeksresultaten: - <i>Belichting tijdens de inductieperiode van zes weken vervroegt de bloemaanleg en bloei met één tot twee weken, niet de inductiesnelheid (aangelegde takken per week).</i> - <i>Belichting geeft meer planten met > 2 bloemtakken, maar minder vertakt.</i> - <i>Oudere planten geven meer bloemen dan jongere planten.</i>
Verberkt, H., Swaans, M. (onderzoek) 1987. Belichting bij rozen : uitwendige kwaliteit 'Madelon' en 'Motrea' duidelijk beter. Vakblad voor de Bloemisterij 15 p 56-57 Relevante onderzoeksresultaten: - <i>Belichten heeft een positieve invloed op de uitwendige kwaliteit, steelstevigheid, knopdiameter en bladkleur.</i>
Verberkt, H. (onderzoek) 1995. Belichtingstrategieën bij potplanten, deel I en II. PBG-rapport 11, PBG-rapport 14 Relevante onderzoeksresultaten: - <i>Belichten geeft een hoger plantgewicht (zowel vers- als drooggewicht).</i> - <i>Bij Begonia geeft meer licht:</i> - <i>een compactere plant;</i> - <i>meer scheuten en meer bloemen;</i> - <i>geen teeltduurverkorting.</i> - <i>Bij Saintpaulia:</i> - <i>een kortere teeltduur en zijscheutvorming;</i> - <i>kleiner en breukgevoeliger blad.</i> - <i>Bij potroos:</i> - <i>een kortere teeltduur en meer bloei.</i>

- Bij <i>Nephrolepis</i> :	- een compactere plant.
- Bij <i>Hydrangea</i> :	- kortere trekduur;
	- meer schermen per plant.
Vernooij, C.J.M., Ploeger, C. (onderzoek) 1999 Energie en gewasbescherming op rozenbedrijven. Evaluatie en analyse van DART-gegevens 1994 t/m 1997. LEI, Den Haag, rapport 2.99.09. Energie en gewasbescherming op chrysantenbedrijven. Evaluatie en analyse van DART-gegevens. LEI, Den Haag, rapport 2.99.10 Wulster, G., Janus, H.W. (onderzoek) 1997 Effects of supplemental light quality and differential temperature on growth and development of Easter lily (<i>Lilium longiflorum</i>). Acta Horticulturae 418, p 153-157 <i>Relevante onderzoeksresultaten:</i> - De lichtkleur heeft een significant effect op de ontwikkelingssnelheid van de knop en op de uiteindelijke planthoogte. - Het effect van een negatieve DIF op de planthoogte was onder lampen met relatief veel blauw licht kleiner, terwijl de bloemgrootte toenam	

4.2.11 Voorlichtingsboodschap 'Krijt op de kas'

C. Ploeger (LEI) R. Grootsholten (OVTO)

Betekenis van krijt op de kas voor de glastuinbouwpraktijk

Het krijten van kassen speelt, met name voor de bloemisterij, een belangrijke rol voor een aanzienlijk deel van het Nederlandse glasareaal. Het is een goedkoop alternatief voor zonwering met schermen, bovendien wordt de warmte buitengehouden. Door krijt op de kas verandert het kasklimaat: de verdamping vermindert, de kastemperatuur wordt lager en er ontstaat een hogere rv. Dit kan leiden tot een hoger energieverbruik. De omvang van het extra energieverbruik is niet bekend. Bij bepaalde gewassen wordt al vroeg in het voorjaar gekrijt en de laatste lagen gaan er pas in het najaar weer af.

Doel van de toepassing van krijt op de kas

Krijt wordt op het kasdek aangebracht om een teveel aan zoninstraling te voorkomen. Kastemperatuur en luchtvochtigheid zijn daardoor beter te beheersen. Zonder zonwering kunnen bladeren, bloemen en vruchten van glasgewassen verbranden en/of in kwaliteit worden aangetast. Een ander doel van het krijt op de kas is de verbetering van het werkklimaat, aanzien (nog) veel werkzaamheden in de kas worden uitgevoerd.

Conclusies onderzoek

Energie

- Er zijn geen onderzoeksresultaten bekend over de relatie van krijt op de kas en energieverbruik. Een krijtscherm zit langere tijd op het kasdek, ook op donkere dagen.
Een zonweringsscherm kan een alternatief zijn voor krijt op de kas. Het voordeel is dat men hiermee het licht kan onderscheppen als het nodig is en tevens energie besparen op donkere dagen, door het scherm open te zetten. In Nederland komen veel dagen voor met meer of minder bewolking.

Groei

- Onderzoek naar de invloed van schermen is uitgevoerd bij snij-Anthurium. Bij snij-Anthurium heeft de hoeveelheid licht geen directe invloed op de productie. In de overgangsperioden voor en na de zomer lijkt een krijtscherm niet gewenst vanwege

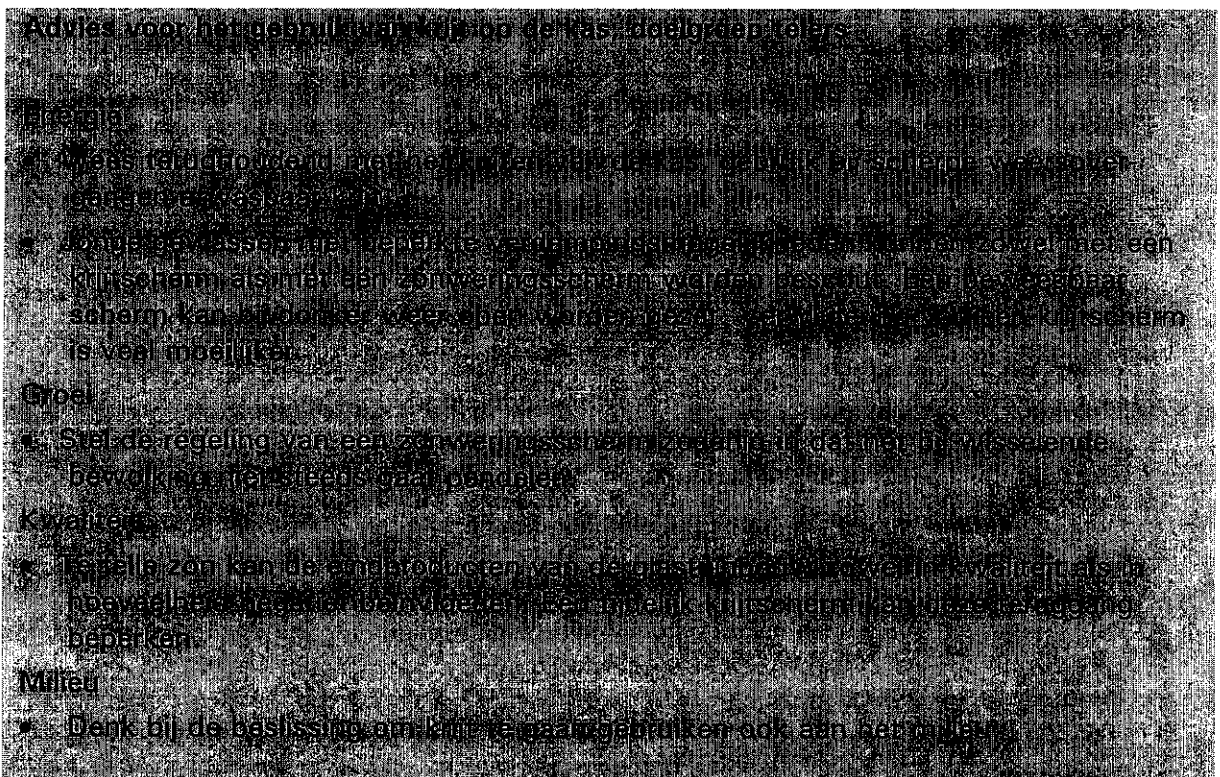
de donkere perioden. Anderzijds is geconstateerd dat een slecht geregeld scherm, waardoor het veel gaat pendelen, de fotosynthese kan verstoren.

Middelen

- Er staan de glastuinders heel wat middelen ter beschikking om hun kasdek van een krijtlaag te voorzien. Het krijt wordt vaak door loonwerkers opgebracht. Vaak bepalen de loonwerkers, in overleg met de teler, de keuze van het middel.

Milieu

- Van de toegepaste middelen, inclusief de reinigingsmiddelen, wordt gezegd dat lozing ervan op het oppervlaktewater volgens de in het Lozingenbesluit Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (WVO) genoemde eisen is toegestaan. Niettemin vormen deze middelen een zekere belasting van het milieu. Verstandig gebruik van de bij 'krijt op de kas' behorende middelen omvat dus tevens de weging van de milieu-component.



Theoretische achtergrond

Lichtbehoefte

Over de lichtbehoefte van potplanten is maar weinig bekend (Vonk Noordegraaf et al., 1985). In het verleden zaten veel potplantenkassen van het vroege voorjaar tot in het late najaar dik onder het krijt (Meeuwissen, 1985).

De lichtintensiteit beïnvloedt de bladstand en heeft invloed op de kleur van bladplanten (Vonk Noordegraaf et al., 1985).

Lichtverlies door krijten kan beperkt worden door de keuze van middelen, er zijn middelen die bij regen transparant worden (Vegter, 1999).

Kwaliteit van het eindproduct

Bij snij-Anthurium kan verbleking en verbranding van kolven en schutbladeren al optreden voordat er sprake is van een zekere stress van de bladeren. Dit is rasafhankelijk. Bij gevoelige rassen zal men dus eerder overgaan tot schermen. In de proef zijn

de kassen tot half april bij lichthoeveelheden boven 400 W/m² globale straling (buiten-niveau) geschermd, daarna is gekrijt (Durieux et al., 1997).

Milieubelasting

Bij het verwijderen van kalk van het kasdek moet aan de milieu-eisen zijn voldaan. Deze eisen zijn vastgelegd in het Lozingenbesluit van de Wet verontreiniging oppervlaktewateren (WVO).

Literatuuroverzicht

Anonymus (voorlichting) 1998 Klimaat: Zon houdt tuinbouw in zijn greep. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 21 p 14-15 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>De negatieve gevolgen van de snelle overgang van koud weer naar zeer warm weer in mei 1998 konden door telers met een scherm worden beperkt. Sluiting van het scherm leidde tot minder instraling in de kas. Dit was bijvoorbeeld het geval bij paprikateler Ard Zwinkels uit Monster. 'We hadden gelukkig geen last van een schraal gewas, want in dat geval moet je krijten en daar ben je meestal te laat mee';</i> - <i>Bij net geplante jonge gewassen wordt vaak krijt op het dek aangebracht, om de eerste tijd na het planten te overbruggen;</i> - <i>Bij Coolen in Ell wordt op 2 ha komkommers met een scherm gewerkt. Normaal gaat het scherm open bij 50% luchtvochtigheid. Met deze extreme weersomslag gaat het scherm open bij 75% rv;</i> - <i>Bij Tiny Aerts in Elshout is 100 kg krijt gebruikt op het 1,7 ha grote bedrijf. De komkommers waren net overgeplant.</i>
Durieux, A., Nijssen, H.M.C., Mourik, N.M. van (onderzoek) 1997 Invloed van klimaatfactoren op productie en fotosynthese bij snij-Anthurium. PBG-rapport 82 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>De vraag of krijten of schermen bij de teelt van snij-Anthurium de voorkeur verdient is, ook na dit onderzoek, moeilijk te beantwoorden. Voor snij-Anthurium geldt dat de hoeveelheid licht geen directe invloed heeft op de productie. Gedurende een groot deel van het jaar is licht niet de beperkende factor. Veel schermen in de zomer hoeft dus geen nadelige uitwerking te hebben op productie of kwaliteit;</i> - <i>Het dilemma van het wegschermen van licht speelt in de overgangsperioden van weinig licht (winter) naar perioden met veel licht (zomer). Een vast scherm (krijt op de kas) lijkt in deze periode niet wenselijk vanwege de donkere perioden. Gebleken is evenwel dat een slechte afregeling van een beweegbaar scherm (waardoor het scherm veel gaat pendelen) de fotosynthese kan verstoren;</i> - <i>In het voorjaar (begin april) is het het beste om te beginnen met licht te krijten, zodat het gebruik van het beweegbaar scherm zoveel mogelijk achterwege kan blijven. Hetzelfde geldt, met aanpassingen, voor het najaar. In de zomer lijkt een combinatie van krijten en schermen de beste oplossing. Dan moet het handhaven van de rv en de temperatuur in de kas prevaleren boven het toelaten van veel licht.</i>
Holsteijn, G.P.A. van (onderzoek) 1985 Schermen tegen teveel instraling. Groenten en Fruit 3 p 30-33 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Bij onbewolkt weer in de zomer komt ongeveer 70% van de ingestraalde zonne-energie in de kas terecht. De lucht en de delen van de plant die door de zon beschenen worden, kunnen zeer warm worden. Een ongewenste verkleuring en</i>

<i>schade door een tekort aan vocht kunnen hiervan het gevolg zijn. Voor het voorkomen van die schade, is het aanbrengen van een krijtscherm één van de mogelijkheden. Aan deze, vooral in de bloementeel veel gebruikte methode, kleeft het grote bezwaar van lichtverlies;</i> - <i>De lichtdoorlatendheid van gekrijt glas kan bij donker weer worden vergroot als het krijt wordt bevochtigd. Er bestaan zogenaamde 'transparante' schermmiddelen, die in natte omstandigheden doorzichtig worden.</i>
Meeuwissen, G. (voorlichting) 1985 Potplanten behoeven meer licht; neveneffecten van schermen. Vakblad voor de Bloemisterij 19 p 30-33 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Hoewel ongehinderde lichtinval kan leiden tot ongewenste effecten zoals bladverbranding, zijn de mogelijkheden voor het telen van potplanten bij meer licht groter dan nu in de praktijk wordt gedacht;</i> - <i>Kwaliteitsverbetering en teeltversnelling zijn mogelijk;</i> - <i>De inzichten en mogelijkheden van de ondernemer bepalen het effect van lichter telen;</i> - <i>Veel aspecten zijn nog niet bekend;</i> - <i>Potplantengewassen, waarvoor zonwering van belang is, zijn Saintpaulia, Spathiphyllum, Philodendron en Dieffenbachia.</i>
Sikken, K. (vakredacteur) 1999 Krijten voor gezond gewas. Kwaliteit van krijt heeft grote invloed op eindproduct. Oogst: weekblad voor de agrarische ondernemer. Tuinbouw 14 p 34-35 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Veelal zijn het de loonbedrijven die het krijt aanbrengen op de kassen. Als regel bepalen zij ook welk middel wordt gebruikt;</i> - <i>Krijtmiddelen die minder slijtvast zijn moeten meerdere malen per seizoen worden aangebracht;</i> - <i>Voordat de nieuwe laag over de oude komt, ontstaan er gaten in het krijtscherm. Deze gaten laten zonnestralen door, die dagen achtereenvolgend op dezelfde planten vallen. Er ontstaan plaatselijke klimaatverschillen die ten koste gaan van de uniformiteit van het product;</i> - <i>Bij een lange schermperiode en bij gebruik van een middel dat gemakkelijk van het kasdek afspoelt kan het krijten aan middelen en arbeid meer kosten dan bij gebruik van een duurder weerbestendig middel;</i> - <i>Krijt spoelt af of is te verwijderen met reinigingsvloeistof en borstelen. Middelen die een heel seizoen op het kasdek zitten, bevatten doorgaans meer lijm- en bindstoffen en zijn daarom alleen met handmatig borstelen te verwijderen. Redusol en Redusol Xtra zijn makkelijk te verwijderen met Reduclean, een speciaal schoonmaakmiddel. Het schoonmaakwater mag op het oppervlaktewater worden geloosd.</i>
Vegter, B. (vakredacteur) 1999 'Siamese tweeling' zorgt voor ommekeer in krijtwereld. Vakblad voor de Bloemisterij 14 p 46-47 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>In 1987 is het bedrijf Mardenkro in Baarle-Nassau in samenwerking met het Raadgevend Chemiebureau RSB gestart met een onderzoek naar een beter middel voor krijt op de kas. De tot dan toe ontwikkelde middelen zijn moeilijk verwijderbaar;</i> - <i>Gezocht werd naar een middel dat na verloop van tijd chemisch van het kasdek verwijderd kon worden, zonder milieubezwaren. Dit is in 1991 uitgemond in het op de markt brengen van het middel Redusol, een middel dat maar één keer per seizoen opgebracht hoeft te worden. Om het 'krijtscherm'-middel te verwijderen wordt gespoten met het reinigingsmiddel Reduclean. Na het opbrengen van het middel kan het water er met daksproeiers worden afgespoeld, of er kan op een regenbui worden gewacht. De met het afspoelwater vrijkomende stoffen zijn milieuvriendelijk en mogen volgens de in het WVO Lozingenbesluit gestelde eisen op het oppervlaktewater worden geloosd;</i>

- Omdat het vrij dure middel Redusol vaak twee keer per seizoen moest worden opgebracht, is verder het middel Redusol Xtra ontwikkeld. Laatstgenoemd middel heeft een betere weervastheid; - De kosten van het opbrengen van een traditioneel middel (twee keer per seizoen, incl. middel) komen, inclusief verwijderen met borstels, op ongeveer f 1,- per m². Redusol Xtra (één keer) en het spuiten van Reduclean kosten samen (middelen en arbeid) ongeveer f 0,70 per m².
Vegter, B. (vakredacteur) 1999 Spelen met krijt. Keuze schermmiddel afhankelijk van gewenste doel. Vakblad voor de Bloemisterij 20 p 48-49 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - Hermadix in Aalsmeer vervaardigt het middel Temperzon-74. Dit middel verdwijnt in de loop van een aantal maanden van het kasdek. De restanten zijn volgens Hermadix uitstekend met een borstelmachine te verwijderen. Het is ook mogelijk voor het verwijderen citroenzuur of zwavelzure ammoniak te gebruiken. Oxaalzuur werkt ook goed, maar is agressief voor gewassen. Genoemde stoffen mogen volgens de in het WVO Lozingenbesluit genoemde eisen op het oppervlaktewater worden geloosd; - Houweling International in Berkel en Rodenrijs vervaardigt La Blanche, een krijt-poeder. Dit is een goedkoop middel, maar heeft geen grote slijtvastheid; - Bij nat weer worden Temperzon-74 en La Blanche lichtdoorlatender. Dit kan een voordeel betekenen als donkere dagen met regen gepaard gaan.
Vonk Noordegraaf, C., Broek, G.J. van den (onderzoek) 1985 Niet schermen geeft beste gewas; schermen bij Schefflera en Codiaeum. Vakblad voor de Bloemisterij 19 p 34-35 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - Codiaeum 'Excellent' en Schefflera 'Compacta' groeiden het best wanneer er geen licht door middel van schermen werd weggenomen. De voorziening met water en voedingsstoffen moet echter goed zijn. Codiaeum kan anders te geel blad gaan vormen; - Met name in de donkere jaargetijden had lichtvermindering een sterke groeivermindering en een negatieve beïnvloeding van de uiterlijke kwalitatieve kenmerken tot gevolg.

4.2.12 Voorlichtingsboodschap 'Meten ten behoeve van de klimaatregeling'

E. van Rijssel (PBG), M. van Oostende (DLV)

Betekenis van het meten voor een juist functioneren van de klimaatregeling

Met de introductie van de klimaatcomputer zijn ook meetsensoren binnen en buiten de kas gemeengoed geworden. *'Verkeerde metingen leiden automatisch tot een verkeerde regelactie. Dit kan resulteren in gewasschade, opbrengst- of kwaliteitsverlies maar ook in onnodig gebruik van energie. De computer doet wat de metingen aangeven, zorg dus dat door controle en ijking de meetapparatuur in orde is'*. Aldus een citaat van de toenmalig onderzoeker kasklimaat van het PTG te Naaldwijk, J.C. Bakker in 1986. De kastemperatuur wordt ingesteld op 0,1 °C nauwkeurig, de CO₂-concentratie op 1 ppm en de ventilatie op 1 % rv nauwkeurig. Er is veel aandacht voor externe vergelijking van het kasklimaat, maar telkens opnieuw blijkt dat het met de meetnauwkeurigheid niet zo nauw wordt genomen. Met name met aandacht van de telers kan er veel verbeterd worden.

De laatste jaren gaat er ook veel aandacht uit naar metingen aan de plant. Dit heeft echter nog niet geleid tot de afstemming van het kasklimaat op gewasmetingen. Plantmetingen zijn daarom buiten het kader van deze boodschap gehouden.

Metingen aan water en meststoffen ten behoeve van de automatische watervoorziening vallen eveneens buiten het bestek van deze boodschap.

Doel van de weers- en kasklimaatmetingen

De meting van de weers- en klimaatsomstandigheden hebben tot doel de klimaat-computer aan te zetten tot acties om het door de teler gewenste kasklimaat ook te realiseren, en daarmee de gewassen aan te zetten tot maximale productiviteit, met minimale inzet van energie.

Conclusies onderzoek

- De geventileerde stambox met een droge/natte bol is een betrouwbaar instrument om de kasttemperatuur en de rv te meten. Jaarlijkse ijking van de sensoren en correctie van de gemeten kasttemperatuur in de computer is nodig om tot een nauwkeurigheid te komen van $<0,2^{\circ}\text{C}$.
- Goed onderhoud, tweewekelijks verversing van het gedestilleerd water en het kousje is nodig om de rv op 2% nauwkeurig te kunnen meten. Sommige computers geven automatisch aan wanneer het kousje van de natte bol vervuild of verdroogd is (rv langdurig $>90\%$). Vervuiling van de kousjes kan worden voorkomen door de ventilatoren uit te zetten tijdens het uitvoeren van een bespuiting.
- De kasttemperatuur bij het groeipunt en bij de bloemen is een belangrijke parameter om de groei en ontwikkeling van het gewas te sturen. Controleer of de horizontale temperatuurverdeling goed is, meet 's morgens vroeg in met water gevulde flesjes, zie voorlichtingsboodschap 'verwarmingsnetten'.
- De CO_2 -meting kan centraal plaatsvinden op een CO_2 -meter met multi-plexer, de aanzuigtijd per afdeling mag daarbij maximaal 3 minuten zijn. Een aansluiting via driewegkleppen zorgt voor een continue aanzuiging van alle afdelingen, zodat de afdelingen snel opeenvolgend kunnen worden gemeten. Het aanzuigpunt dient te liggen op 1/3 van het bladpakket van bovenaf gezien, hier bevindt zich het meest actieve blad.

Advies: $\text{ten} \neq \text{ten}^2$ en $\text{ten}^2 \neq \text{ten}$

- Controleer de temperatuur sensor aan jaarlijks, gebruik hiervoor de sensoren die vaak misdoen om de temperatuur te corrigeren. Na jaarlijks onderhoud blijft de temperatuur binnen de 2,0 °C.
- Vervang de droge en natte buchthouders aan jaarlijks door de droge en natte buchthouders te verwijderen. Het verscheidene bereik is na dit veranderen maximaal 2,2 °C.
- Ververs de voor de droge buchthouders water in de methode elke twee weken met water van kastembereik voorraad op water in de kast. Vervang dan ook het CO₂.
- Zet de ventilatoren in de methode uit voor de kasten aan het aanbrengen van de kasten.
- Controleer of de aanwijzingen in de methode worden aanbrengen op de CO₂ meter. Dan wordt de methode in de methode van de kasten aanbrengen.
- Controleer of de kasten worden aangezien ongeveer in het midden van de afdelingen en op de juiste afstand van het kasthuis.
- Controleer of de CO₂ concentratie in de ruimte waar de CO₂ meter hangt niet boven de 400 ppm uitkomt en of de temperatuur in deze ruimte constant is. De CO₂ meter 1 tot 4x per uur met de kasten aanbrengen.
- Controleer jaarlijks de afdelingen of verslapping of lekkage. Zucht licht aan met een concentratie van 0 ppm CO₂ op de afdelingen in minder dan 3 minuten. Vervang voor controle de aanwezigheid van licht.

- Controleer of de kastemperatuur en de CO₂-concentratie in de kas voldoende uniform verdeeld is (zie ook de boodschappen 'verwarmingsnetten' en 'CO₂-productie en verdeling').
- Hang de meetbox juist boven het gewas, dicht bij de gewassen, tussen de planten op minimaal 1 m afstand van verwarmingsbuizen.

Advies meting buitenklimaat

- Plaats de meters voor meting van de instraling, windsnelheid en windrichting op een goed bereikbare plaats in verband met de geregelde onderhoudsbehoefte.
- Plaats de stralingsmeter (Kipp solarimeter) op ruime afstand van schaduwen en bomen en aan de zijkant van de windmeters om slagschaduw en opstijgende waas te voorkomen.
- Plaats de windmeters op minimaal 3 meter boven de nok van de kas. Het is beter om onmiddellijk naast de kas te hangen. Het is beter om de windmeters op een afstand van 30 m van de kas te hangen. Het is beter om de windmeters op een afstand van 30 m van de kas te hangen.
- Naam CO₂-meting buiten met een draagbare concentratie binnen in de kas om de luchtramen aan de buitenconcentratie te kunnen aanpassen.
- Plaats de temperatuursensor en het aanzuigpunt CO₂ op een afstand van minimaal 30 m van de omringende kassen en 60 m van het kavelbuis.
- Controleer de juiste weergave van het weer door jaarlijks weersatellieten te vergelijken met de dagwaarden van een aantal collega's uit de directe omgeving. Indien twijfel de sensoren iken en de plaatsing door een deskundige bevestigd.

Suggesties voor illustratie en demonstratie

Verzamel figuren van het verloop van de CO₂-concentratie buiten en binnen. Met name de terugloop binnen in een kas zonder dosering is illustratief.

Theoretische achtergrond

Temperatuur en rv meting in de kas

Een directe invloed van instraling en verwarmingsbuizen op de meetuitkomst van temperatuur en rv moet worden voorkomen. De kastemperatuur moet daarom gemeten worden op een plek die goed geventileerd wordt en afgeschermd voor instraling. De rv kan in kassen tot nu toe alleen betrouwbaar worden gemeten met een temperatuurmetering droge/natte bol, in een constante luchtstroom, afgeschermd voor instraling (Bakker, 1986). Alle klimaatregelingen gebruiken nu ook de geventileerde boxen voor de klimaatmeting. Met de gebruikte sensoren is de onnauwkeurigheid minder dan 0,2°C. De twee sensoren voor de natte en droge temperatuur meting worden bijna altijd bij elkaar uitgezocht om voor de rv-meting tot een nauwkeurigheid te komen van > 98% (Holstein, 1988).

Het kasklimaat, en met name de kastemperatuur nabij het groeipunt, heeft grote invloed op de snelheid waarmee nieuwe bladeren worden gevormd en bloemen tot ontwikkeling komen. Om de kastemperatuur terplekke te kunnen meten moet de meetbox vlak boven het gewas worden gehangen. Voor de bestuiving van vruchtgroentegewassen is de temperatuur en de rv bij de bloemen belangrijk. In zo'n geval is het belangrijk om de meetbox steeds even onder de koppen van het gewas te blijven plaatsen (Goeijenbier, 1985).

Voor een juiste meting is tweewekelijks onderhoud vereist, waarbij de voorraad gedestilleerd water wordt ververs en het kousje vervangen. Tevens kan dan gecontroleerd worden of de ventilator draait. De ventilatoren moeten worden uitgezet bij het uitvoeren van een bespuiting om vervuiling te voorkomen. De temperatuursensoren

dienen jaarlijks te worden geijkt, een minimum vereiste is dat gecontroleerd wordt of de natte en droge boltemperaturen gelijk zijn. Dit intensieve onderhoud is vereist om de aangegeven meetnauwkeurigheden voor temperatuur en rv te garanderen. De praktijk is onvoldoende doordrongen van de fouten die optreden bij verminderd onderhoud en aandacht voor plaatsing van de meetboxen. Dit is een zeer storende factor bij bedrijfsvergelijking (Holstein, 1988). Een aantal klimaatcomputers kent een alarmering voor vervuilde of droogvallende kousjes (langdurig $rv > 90\%$), voorkomen is echter beter dan genezen.

CO₂-meting, kas- en buitenlucht

Voor de CO₂-meting wordt veelal een centraal geplaatste CO₂-meter gebruikt. De luchtaanvoer vindt plaats via aanzuigslangetjes en een pomp. De CO₂-concentraties kunnen tussen afdelingen en in tijd sterk variëren. Om de afdelingen frequent te kunnen meten wordt een multiplexer geplaatst voor de CO₂-meter, aangesloten via driewegmengkleppen. Hiermee wordt een continue aanzuiging verkregen van alle afdelingen en van buitenlucht. De pompcapaciteit moet voldoende zijn om binnen 3 minuten kaslucht naar de meter te transporteren. De aanzuigpunten dienen in het midden van de kasafdelingen te liggen en het aanzuigpunt buiten moet boven de nokhoogte van de kas liggen op minimaal 30 m vanaf de kasgevels en liefst nog verder van het ketelhuis. Plaatsing van een omgekeerde trechter op de aanzuigopening met filter voorkomt het opzuigen van vocht (Rijsdijk, 1996).

De CO₂-meting buitenklimaat is relevant voor de instelling van het CO₂-setpoint bij geopende luchtramen. Het ventilatieverlies is direct afhankelijk van het concentratieverschil binnen en buiten. Een automatische afstemming van het setpoint op de buitenconcentratie is noodzakelijk om economisch optimaal te kunnen doseren (Goeijenbier, 1985).

De gebruikte CO₂-meters kunnen sterk gaan afwijken en moeten elke drie maanden worden geijkt. Er zijn ijkassen in de handel met diverse concentraties CO₂ zodat geijkt kan worden over het meest belangrijke concentratiegebied; in de zomer van 0 tot 400 ppm en in de winter van 0 tot 1000 ppm CO₂. IJken met buitenlucht is onbetrouwbaar omdat de concentratie CO₂ buiten varieert tussen 300 en 400 ppm (Van den Berg et al., 1999).

Meting buitenklimaat

De regeling van het kasklimaat speelt in op een aantal factoren in het buitenklimaat, waaronder: de instraling, de buitentemperatuur, de windsnelheid en -richting en de neerslag.

Voor meting van de instraling voldoet de Kipp-solarimeter, mits deze twee maal per jaar wordt schoongemaakt en voorzien van nieuwe hygroscoische korrels. De nog aanwezige licht- of luxmeters blijken in de praktijk te onnauwkeurig. Bij plaatsing moet beïnvloeding van grote schaduwgevende objecten als schoorstenen en bomen vermeden worden, evenals slagschaduwen van andere meetapparatuur (Bakker, 1986, Holstein, 1989).

De windmetingen blijken sterk beïnvloed te worden door direct onderliggende bebouwing. De meters dienen daarom op minimaal 3 m boven de nok van kassen en/of schuren te worden geplaatst. Controle op vastlopen is gewenst (Bakker, 1986, Holstein, 1989).

Meting van neerslag via een vochtgevoelige weerstand. Een goede ventilatie, een snelle droging, en een schoon oppervlak zijn van belang voor een goed functioneren. Bij elkaar plaatsen en een goede bereikbaarheid van de stralings-, wind- en neerslag-

meters zijn belangrijk voor de uitvoering van controle en onderhoud (Bakker, 1986, Holstein, 1989).

Meting van de buitentemperatuur dient plaats te vinden op een goed geventileerde, voor instraling afgeschermd plaats. Plaatsing op een hoogte minimaal 3 m boven de nok van kassen en/of schuren is belangrijk om beïnvloeding van het onderliggend oppervlak te vermijden (Bakker, 1986, Holstein, 1989).

Controle van de meetapparatuur kan plaatsvinden door onderlinge vergelijking van de gemeten waarden, daggemiddelden, van een aantal nabij gelegen bedrijven.

Vergelijking van momentane waarden is niet zinvol omdat snelle wisseling in meetwaarden via meetapparatuur of computerbewerking worden tegengegaan. De wijze waarop dit gebeurd is niet gestandaardiseerd (Holstein, 1989).

Vochtkengetallen

Meting van de temperaturen van een droge en een natte bol geeft informatie over de kastemperatuur (droge bol) en over de verdampingssnelheid (natte bol). Uit deze twee waarden kunnen drie kengetallen worden afgeleid: de rv, de dampspanning en het vochtdeficit (verdampingsdruk). Met de rv wordt over een groot temperatuurtraject een indruk verkregen over de vochttoestand in de kas. De dampspanning geeft, bij ruimtelijke verschillen informatie over de richting van vochtverplaatsing. Bij het streven naar een uniforme temperatuurverdeling voegt dit geen informatie toe aan het kengetal rv. Het vochtdeficit geeft aan hoe groot de kans is op vochtcondensatie op iets koelere oppervlakken. Deze kans wordt door het vochtdeficit beter aangegeven dan door de rv (Bakker, 1989, Holstein, 1993).

Aantal metingen per afdeling

Het kasklimaat in kasafdelingen is nooit voor 100% uniform. Horizontale verschillen kunnen continu in kaart worden gebracht met een groter aantal meetpunten per klimaatafdeling, maar regelen op de meetwaarde op het meest kritische meetpunt leidt bij de klimaatsturing tot energievervalsing. Horizontale temperatuurverschillen kunnen ook incidenteel in kaart worden gebracht en grotendeels worden teruggedrongen via aanpassingen in het verwarmings- en CO₂-doseersysteem, zie voorlichtingsboodschappen verwarmingsnetten en CO₂-productie en verdeling'. Klimaatmeting en -sturing dient dus vanuit één punt te gebeuren, een punt dat het meest representatief is voor de klimaatafdeling, ongeveer in het midden van een verwarmingsnet.

De verticale verschillen in kasklimaat, de verticale gradiënt, is vrij stabiel en wordt beïnvloed door de ligging en het gebruik van de verwarmingsnetten en het CO₂-doseersysteem (Goeijenbier, 1985). Bij de plaatsing van de meetbox (en het instellen van de klimaatsetpoints) is het van belang om de verticale gradiënt te kennen.

Literatuuroverzicht

Bakker, J.C. (onderzoek) 1986

Onderhoud: meetapparatuur controleren en iken. De Tuinderij 1 p 34-36

Relevante conclusies/resultaten

- *Onderhoud het weersstation buiten, maak de kap stralingsmeter schoon en controleer of de windsnelheid en -richtingsmeters niet zijn vastgelopen.*
- *Controleer de meetboxen of de ventilatoren werken en vervang water en kousjes van de natte bol (bewaar gedestilleerd water in de kas in verband met de watertemperatuur). Langdurige rv > 90% wijst op vervuiling of verdroging kousjes.*
- *Schakel de ventilatoren uit tijdens uitvoeren van bestrijdingen.*
- *Hang de CO₂-meter in een ruimte met lage CO₂-concentratie en constante temperatuur.*

Bakker, J.C. (onderzoek) 1989

Doelbewust regelen en nauwkeurig meten. De Tuinderij 2 p 70-71

Relevante conclusies/resultaten

- *Met elke twee weken verversen van het gedestilleerd water en het kousje geeft de natte/droge bol een goede meting van de luchtvochtigheid.*
- *De dampspanning geeft de richting van de vochtstroom weer in de kas, het vochtdeficit de verdampingsdruk.*

Berg, G.A. van den et al. (onderzoek) 1999

CO₂ in de glastuinbouw. Brochure PBG 126 p

Relevante conclusies/resultaten

- *Informatie over alle aspecten van CO₂-productie, -verdeling, meting en regeling.*
- *Slechts zeven literatuuropgaven, geen verwijzingen in de tekst.*

Goeijenbier, P.G.H.M. (voorlichting) 1985

Meten per afdeling werkt nauwkeuriger - meten van CO₂-concentratie. Vakblad voor de Bloemisterij 5 p 132-133

Relevante conclusies/resultaten

- *De CO₂-concentratie kan per afdeling verschillen door verschillen in afgifte doseerinstallatie, in ventilatie en in kastype. Met een multiplexer is de conc. per afdeling eenvoudig te meten. Ook de buitenconcentratie kan worden meegemeten op één meter.*
- *Verticale gradiënten ontstaan in dichte gewassen, met name bij geopende ramen.*
- *Ideale meetpunt CO₂-concentratie is kort onder de groeipunten.*
- *Automatische aanpassing doseerinstelling aan gemeten buitenconcentratie is mogelijk.*
- *Meet geen mengmonsters per afdeling, evt wel meer punten.*

Holsteijn, G.P.A. van (onderzoek), Zuidgeest, C.P.G. 1988

Meetnauwkeurigheid klimaatcomputers moet en kan beter. Vakblad voor de Bloemisterij 50 p 54-55. Klimaat : meetnauwkeurigheid computers moet en kan beter. Groenten en Fruit 24 p 30-31

Relevante conclusies/resultaten

- *Bedrijfsvergelijking 25 bedrijven in en om Kwintsheul, straal 4 km, vijf computermerken.*
- *25% temperatuurmeting wijkt > 0,5°C af, terwijl < 0,2°C mogelijk en voor bedrijfsvergelijking vereist is. Bij een goed etmaalgemiddelde kunnen de momentane waarden nog wel sterk afwijken. Correctie van geconstateerde afwijkingen op de computer is soms niet mogelijk.*
- *RV-metingen zijn op 70% van de bedrijven juist, < 2% afwijking, de droge en natte bolsensoren worden goed passend bij elkaar gezocht. Geregeld verversen van het gedestilleerd water en van de kousjes is vereist. Sommige computers signaleren ernstige vervuiling en droogstand van de natte bol. Onderhoudsvrije rv-sensoren (capaciteitssensoren) zijn nog niet beschikbaar*
- *Van de CO₂-sensoren wijkt 70% > 25 ppm af, 35% zelfs meer dan 50 ppm. IJken met ijkgas van 0 en 350 ppm (zomer) is nodig en krijgt aandacht van leveranciers.*

Holsteijn, G.P.A. van (onderzoek), Zuidgeest, C.P.G. 1989

Betere meting vereist voor goede klimaatregeling: weerstation splitsen in afzonderlijke meters. Vakblad voor de Bloemisterij 11 p 58-59. Klimaat: goede regeling eist betere metingen weerstation. Groenten en Fruit 35 p 36-37

Relevante conclusies/resultaten

- *De kipp-solarimeter, mits juist onderhouden voldoet om de instraling juist te meten. De gemeten dagsommen op nabij gelegen bedrijven wijken onderling veelal niet meer dan 5% af. Afgelezen momentane waarden zijn onderling onvergelijkbaar omdat de computers schommelingen in de instraling verschillend afvlakken. De gebruikte licht- of luxmeters voldoen niet, ze wijken onderling te veel af.*
- *Juist onderhoud aan de solarimeter betekent jaarlijks schoon maken en voorzien van een nieuw zakje hygroscopisch materiaal. Zorg voor bereikbaarheid.*
- *Gemeten buitentemperaturen wijken niet meer dan 1°C af. Een nauwkeuriger meting wordt verkregen met betere plaatsing: niet direct boven de kas of naast de schoorsteen, goed afgeschermd voor instraling en goede geventileerd.*
- *Gemeten windsnelheden en richtingen worden sterk beïnvloed door het fabrikaat en de plaatsing van de meters. Goede fabrikanten moeten worden geselecteerd en plaatsing op tenminste 3 m boven de nok.*
- *Regenmelders moeten goed, jaarlijks, worden schoongehouden, dus goed bereikbaar.*

Holsteijn, G.P.A. van (onderzoek) 1993

Praten over luchtvochtigheid : g/m³ , % en kPa. Vakblad voor de Bloemisterij 36 p 48-49.

Luchtvochtigheid : goede meting basis voor alle omrekeningen. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 35 p 20-21

Relevante conclusies/resultaten

- RV, dampdruk en vochtdeficit zijn goed in elkaar om te rekenen als de kasttemperatuur bekend is. Bij gelijke temperaturen zijn alle drie grootheden bruikbaar, dampdruk geeft de richting van vochtverplaatsing aan, vochtdeficit de verdampingsdruk.
- De geventileerde droge/natte boltemperatuur werkt goed maar vraagt veel onderhoud. Een goede capacitatieve meter is nog niet beschikbaar (tijdelijk verstoord na extreem hoge en lage rv) en de haarhygrometer is traag en kan niet tegen $rv < 40\%$.

Ruiter, E. 1993

Ongemerkt kans op grote verschillen in productie - CO₂: meting en verdeling vaak onder de maat Vakblad voor de Bloemisterij 40 p 38-39

Relevante conclusies/resultaten

- Op 15% van de bedrijven zijn in één afdeling slurven gebruikt met verschil in prikpatroon.
- Een goede verdeling, $< 20\%$ drukverschil in slurven, is geconstateerd op 75% van de bedrijven.
- Slechts op 25% van de bedrijven wordt de CO₂-concentratie juist gemeten, 45% geeft > 100 ppm afwijking.
- IJken met buitenlucht is onmogelijk, de buitenconcentratie schommelt tussen 300 en 400 ppm.
- IJk de meter elke drie maanden met ijkgas, controleer de aanzuigslangen jaarlijks met ijkgas 0 ppm (pot met (schoon) CO₂-filter) en vervang de luchtfilters.

Ruiter, H.W. de, Rijdsdijk, A.A. (onderzoek) 1997

Ruiter, H.W. de, Berg, G.A. van den (onderzoek) 1998

Normering van meetnauwkeurigheden van klimaatmeting in praktijkkassen. PBG-rapport 101, PBG-rapport 146. Ruiter E. (1996) Meetapparatuur: Richtlijnen voor meting kasklimaat. Groente en Fruit, vakdeel Glasgroenten 30 p 14-15.

Relevante conclusies/resultaten

- gebruik bij vergelijking van de temperatuursensoren met een geijkte sensor zo mogelijk een stabilisatieblokje. Een meetnauwkeurigheid van $0,2^{\circ}\text{C}$ is haalbaar.
- met de huidige CO₂-meters is een nauwkeuriger meting dan tot op 30 ppm niet haalbaar.
- meting van de buistemperatuur tot op 2°C nauwkeurig is haalbaar. Voor de regeling is dit wellicht onvoldoende. Aparte meting voor registratie (midden spiraal) wordt niet toegepast.
- plaats weerstation > 4 m boven kassen en > 20 m vanaf schuur/ketelhuis.
- het rapport bevat ook de eisen voor behalen IMAG-certificaat meetboxen.
- uitslag CO₂-meting staat onder invloed van temp. en druk en geeft daardoor afwijkingen tot ca. 5%. Door meting van deze data kan deze meetfout gecorrigeerd worden.
- softwarematig bijstellen van de meting voor gevonden afwijkingen is niet aan te raden. De oorzaak voor afwijkingen dient te worden opgespoord: effect meetstroom, stoorvelden kabelweerstand, software instelling of verwisseling van meetkanalen op de computer.

Rijdsdijk, A.A. 1996

Verdielen met goed onderhouden CO₂-meetsysteem. Vakblad voor de Bloemisterij 16 p 40-41

Relevante conclusies/resultaten

- Een CO₂-meter die meet tussen 0 en 3000 ppm is te grof, kies 0-1500 ppm-bereik.
- Controleer de meter met ijkgassen en controleer of zomers gedoseerd wordt ter aanvulling op de buitenconcentratie.
- CO₂-verbruik = opname + ventilatieverlies. Opname is bij 350 ppm en volle zon ca. 5 g/m².uur. Ventilatieverlies = ventilatievoud (= $0,09 \times \text{Windsn.} \times (\text{Raamstand}(\%) + \text{Lekkage (ca. } 0,3)) \times \text{kashoogte} \times \text{CO}_2 \text{ verschil bi/bu} \times 0,0018$ g/ppm.
- IJk elke drie maanden, zomer met 400 ppm, winter met 1000 ppm ijkgas. Controleer de gemeten concentratie op de computer.
- Vervang de luchtfilters 2x per jaar en controleer jaarlijks de aanzuigslangen, 0 meting.
- Aanzuigpunt op 1/3 gewashoogte van boven en minimaal 1 m afstand tot de slurven. Eén meet-punt per afdeling voldoet, wel controleren op gelijkmatigheid.

- *Aanzuigtijd moet < 3 minuten zijn om goed te kunnen regelen. Kies een multiplexer met driewegkleppen, zodat continu alle afdelingen worden aangezogen (extra pomp).*
- *Aanzuigpunt buiten > 1 m boven de kasnok en > 30 m vanaf de gevel en uit de buurt van schuur en ketelhuis. Zuig afgedekt voor de regen.*

4.2.13 Voorlichtingsboodschap 'Klimaatregeling, temperatuur en vocht'

C. Ploeger (LEI) en R. Grootcholten (OVTO)

(zie ook 4.2.9. 'Energiescherm', 4.2.14 'Minimumbuisregeling', 4.2.16 'Klimaatregeling CO₂-concentratie' en 4.2.17 'Belichtingsstrategie')

Betekenis van klimaatregeling voor de praktijk

Klimaatregeling is van belang voor de gehele glastuinbouw. Om het gewenste klimaat in de kassen te realiseren, wordt een aanzienlijke hoeveelheid energie verbruikt. Van de totale aardgasconsumptie in Nederland neemt de glastuinbouw ca. 10% voor zijn rekening.

In 1996 komt in Nederland op ca. 12.500 bedrijven ca. 9.700 ha glas voor (exclusief opkweekbedrijven). Het totale energieverbruik op deze bedrijven (ten opzichte van het gemiddelde was 1996 een koud jaar) bedroeg 149,9 PJ (vergelijkbaar met 4,74 miljard m³ aardgasequivalenten). Het energieverbruik in 1996 bestond voor 89% uit aardgas, voor 8% uit warmtelevering door derden en voor 3% uit elektriciteit van het openbare net.

Uit simulatie-onderzoek kwam onder andere naar voren dat de energiebesparing met optimale klimaatbesturing kan oplopen tot meer dan 15%.

Deze voorlichtingsboodschap wordt beperkt tot regeling van de kastemperatuur, de grondtemperatuur en de rv, met inachtneming van de effecten op het netto bedrijfsresultaat.

Doel van de klimaatregeling (in het algemeen)

Een teler beïnvloedt het kasklimaat door regeling van de kas- en grondtemperatuur, de rv, het CO₂-gehalte en het lichtniveau (assimilatie- en stuurlicht), om zodoende een gewasgroei te realiseren die leidt tot een optimale productie.

Conclusies onderzoek

- Met regeling van de temperatuur kunnen drie van elkaar verschillende doeleinden worden nagestreefd: productieverhoging, beïnvloeding van de morfologie van de plant (kwaliteit en houdbaarheid) en vermindering van de kans op (schimmel)ziekten. Daarnaast is er een sterk verband tussen temperatuur en energieverbruik.
- Met temperatuurintegratie kan energie worden bespaard en de morfologie van de plant worden beïnvloed. Dit laatste is het geval als de nachttemperatuur hoger is dan de temperatuur overdag (negatieve DIF). De grenswaarden, die hierbij van belang zijn, verschillen per gewas.
- De wiskundige modellen die in de afgelopen decennia voor het klimaatbesturings-systeem zijn ontwikkeld, worden tot nu toe nog maar incidenteel gebruikt. Telers willen bij het regelen van het klimaat regelmatig (dagelijks?) in kunnen grijpen. Hierbij wordt gelet op de stand van het gewas en de weersontwikkeling. De ervaring, opgebouwd in de loop der tijd, wordt hoger geacht dan de op wiskundige relaties ontwikkelde besturingsregels van een model.
- Bij veel telers is er geen sprake van een gelijke temperatuur in de kas (op eenzelfde hoogte). De gevolgen zijn een lagere productie, energieverspilling en een grotere kans op ziekten en plagen. Het verminderen of opheffen van ongelijkmatige hori-

zontale temperatuurverdeling door het installeren van ventilatoren is niet de beste keuze. De lucht wordt door de ventilatoren langs de relatief koude gevels en kasdek geblazen. Dit kan het gasverbruik met enkele procenten doen toenemen. Het is beter de oorzaken van de ongelijke temperatuurverdeling op te sporen en weg te nemen.

Het meten van de temperatuur in de kas kan met behulp van flesjes water (ca. 40 per ha glas). Hiervoor is een goed plan nodig aan de hand van een plattegrond. Aan de hand van de gevonden verschillen kan worden gezocht naar structurele oplossingen. Tegenwoordig wordt aanbevolen het meten met behulp van dataloggers uit te voeren.

- Het opnemen van de weersverwachting in de klimaatregeling kan leiden tot energiebesparing. Het veel energie vragende droogstoken, om het natslaan van het gewas te voorkomen, kan dan namelijk worden beperkt tot de dagen dat er zon wordt verwacht. Dagverhogingen moeten daarbij rustig ingezet worden als zon is voorspeld.
- Uit het teeltonderzoek met tabletverwarming is gebleken dat pot- en luchttemperatuur een grote invloed op de bloei van een aantal kamerplanten hebben. Een teler kan, als hij de instelling van de kastemperatuur verlaagt, energie besparen. Een gewenste kastemperatuur van 19°C kan namelijk bereikt worden met een ingestelde kastemperatuur van 16°C in combinatie met een potttemperatuur van 23°C. Ficus en Schefflera zijn zeer geschikt voor de teelt op verwarmde tabletten. Het is mogelijk de potttemperatuur op te voeren tot 30°C. Dit betekent dat met tablet- of vloerverwarming niet alleen de potten, maar ook de ruimte voor een belangrijk deel kan worden verwarmd. Het verwarmingsnet heeft dan nog een secundaire functie. Bij beide gewassen is bij toepassing van tabletverwarming een teeltversnelling geconstateerd van ca. anderhalve week. De kwaliteit van Schefflera was hierbij gelijk aan de behandeling zonder tabletverwarming en de kwaliteit van Ficus was zelfs beter. Hoewel dit teeltonderzoek alleen bij tabletten is uitgevoerd, zullen de resultaten in grote lijnen ook voor vloerverwarming gelden.
- Kasverwarming kan bijdragen de effecten van ziekten te beperken. Met een goede verwarmingsinstallatie kan bij hogedraadteelt van komkommer het Botrytisgevaar na bladsnijden worden beperkt. Bij winterteelt van andijvie kunnen rand en voetrot worden tegengegaan door een voldoende hoge temperatuur in te stellen.
- Voor het goed instellen van de klimaatcomputer zijn nauwkeurige metingen absoluut noodzakelijk. Het aanhouden van afwijkende waarden kan geld kosten, bijvoorbeeld het ongewild aanhouden van een 1 °C hogere kastemperatuur kost ongeveer 5% méér energie.
- Bij te felle instraling is er een mogelijkheid om door middel van luchtbevochtiging de lucht in kassen te koelen.

Liberalisering aardgasmarkt

- Het effect van het CDS (Commodity/Diensten-systeem) op de gasprijs voor de gespecialiseerde glastuinbouwbedrijven betekent dat 13 tot 16 ct per m³ aardgas meer moet worden betaald dan zonder invoering van het CDS;
- De gemiddelde financiële besparingen op deze bedrijven vallen terug naar nul;
- Het gebruik van duurzame energie en het inkopen van warmte worden bedrijfseconomisch moeilijker te realiseren;
- Invoering van de liberalisering van de aardgasmarkt gaat voor de glastuinders gepaard met een groot aantal vragen. Bijvoorbeeld of een energiescherm dat bij de huidige gasprijs niet rendabel is, bij invoering van het CDS en verlaging van de contractcapaciteit wel rendabel is. Ook kan men zich afvragen of de afstemming

van een verwarmingssysteem op maximaal -15 °C, wat nu meestal gebeurt, terug kan naar -12°C of naar -9°C. Nader onderzoek naar deze vragen is gewenst.

Advies voor het gebruik van de klimaatregeling: doelgroep talers

Klimaatregeling met omgekeerde dag- en nachttemperatuur

- In de periode dat zowel 's nachts als overdag voldoende stroomkwaliteitsenergie worden beschikbaar door bij sluiting van de schakelmis na middernacht de temperatuurstelling te verhogen. Compenseer dit door een lagere instelling overdag. Investeren in een energiesysteem is niet altijd rendabel. Zie hier voor de voorlichtingsmaatschappij 4.2.3 over (energie)schakelingen.

Klimaatregeling met gemiddelde temperatuurweektemperatuur

- Laat de kasttemperatuur op zonnige dagen wat hoger lopen. Het is mogelijk om te compenseren door op donkere dagen iets minder te stoken. Maar planten paprika en roos zijn goede resultaten bereikt met een gemiddelde in de subtemperatuur van 4°C.
- Verlaag de temperatuur iets op een dag met veel wind en compenseer dit op dagen met weinig wind.

Horizontale temperatuurverdeling

- Ga na of de horizontale temperatuurverdeling in de kas geen grote afwijkingen vertoont. Spoor temperatuurverschillen op met flesjes water of met dataloggers en neem maatregelen om een slechte temperatuurverdeling op te heffen. Het installeren van ventilatoren, om horizontale temperatuurverschillen te lijf te gaan, kost extra energie en is geen structurele oplossing van het probleem.

Energiebesparing door tablet- en vloerverwarming

- Ga de technische en economische mogelijkheden na voor gebruik van tablet- en vloerverwarming. Het microklimaat tussen het gewas (pot- en tuin)temperatuur kan een grotere invloed hebben op de groei (begin en/of groeisnelheid (bijv. Schoffera) dan de kasttemperatuur.
- Verken de mogelijkheden om de tablet- of vloer temperatuur te verhogen en tegelijkertijd de kasttemperatuur te verlagen (het microklimaat hoeft niet of nauwelijks te veranderen).

Klimaatregeling in de toekomst

- Bespreek met de leverancier van het klimaatbesturingssysteem de mogelijkheden van de nieuwste besturingssystemen. Dit systeem regelt wellicht niet meer op streefwaarden, maar op een efficiënte inzet van de productiemiddelen in relatie tot de opbrengst. Met de nieuwe klimaatregelingssystemen kan zowel energie worden bespaard als het bedrijfsresultaat worden verbeterd.

Advies voor het installeren van de klimaatregeling etc.: doelgroep installateurs

Horizontale temperatuurverdeling

- Ongelijke temperaturen op gelijke hoogte en op eenzelfde moment in de kas gemeten, hebben een nadelige uitwerking op productie en bedrijfsresultaat. Ga, samen met de tuinder, na wat de oorzaken zijn voor de geconstateerde verschillen en zorg voor aanpassingen in verwarmingssysteem, klimaatregeling, kasinrichting en dergelijke.

- Bespreek met de teler de mogelijkheden van de nieuwste klimaatbesturingssystemen. Dit systeem heeft wellicht niet meer opstreefwaarden, maar is een efficiënte inzet van de productiemiddelen in relatie tot de opbrengst.

Suggesties voor illustratie

- Grafiek van glastuinbouw naar type in ha;
- Energieverbruik in de glastuinbouw over laatste jaren naar energiedrager;
- Figuur van de huidige wijze van klimaatregelen;
- Figuur van een model van het kas-gewasproductieproces;
- Figuur van het nieuwe kasklimaatbesturingssysteem.

Theoretische achtergrond

Energie besparen door temperatuurintegratie

Betere benutting van zonnewarmte kan worden bereikt door het lichtafhankelijk verhogen van de instelling van de ventilatietemperatuur. Het hierbij ontstane warmteoverschot kan in een andere periode worden gecompenseerd.

Beperking van het energieverbruik per ha glas kan ook worden bereikt door reductie van warmteverliezen. In de periode dat zowel overdag als 's nachts wordt gestookt kan een deel van de warmtebehoefte worden verschoven van de dag naar de nacht, als 's nachts onder een isolerend scherm wordt gestookt. Ook kan de temperatuurinstelling worden verlaagd bij veel wind en gecompenseerd op dagen met weinig wind (Buwalda, 1996).

Klimaatregeling

Voor het realiseren van de gewenste groei in de moderne kas heeft de teler de beschikking over verwarmingssystemen voor lucht- en grondverwarming, ventilatie, assimilatie- en daglengtebelichting en CO₂-toediening, om er maar enkele te noemen. De besturing van dit complexe klimaat in de kas kan niet langer met hand-bediening of met analoge apparatuur, maar dient uitgevoerd te worden met behulp van een klimaatcomputer. Tot nu toe wordt hierbij geregeld op afzonderlijke streefwaarden voor temperatuur, rv, CO₂ enz. Bovendien kunnen invloeden van het weer op de streefwaarden van het binnenklimaat worden geprogrammeerd. Een voorbeeld hiervan is de lichtafhankelijke verhoging van de streefwaarde van de kasluchttemperatuur. Efficiënt gebruik van energie vraagt om een nieuw kasklimaatbesturingssysteem waarin de inzet van energie wordt afgezet tegen de economische output van het productie-proces. In dit systeem wordt gewerkt met optimale waarden in plaats van met streefwaarden. Naast aanpassing aan de toestand en de wensen van het gewas is het dan noodzakelijk de inzet van energie aan te passen aan de energie- en productprijzen, zodat een kosten - baten-afweging kan worden gemaakt (Van Henten et al., 1995).

Hoge nachttemperatuur dient meerdere doelen

Plantentelers profiteren nog te weinig van de mogelijkheden om met een hogere nacht- dan dagtemperatuur te werken, vindt E. Heuvelink van LUW (Anonymus, 1999). Ze missen daarmee de kans compacte, korte planten te telen. De verdeling van de temperatuur over een etmaal is namelijk van invloed op de strekking van de plant.

Door 's nachts meer te stoken en met een energiescherm te werken kunnen drie zaken gediend worden. In de eerste plaats leidt dit tot compactere, rijker vertakte planten die

goed in de markt liggen. In de tweede plaats wordt energie bespaard en in de derde plaats wordt het verbruik van remstoffen overbodig (hiermee kan ook de teeltduur nog worden bekort).

Liberalisering aardgasmarkt

Liberalisering van de aardgasmarkt, in combinatie met invoering van het CDS (Commodity/Diensten-systeem), leidt tot een verandering in de tariefstructuur en een verhoging van de aardgasprijs. De tariefstructuur wordt vooral bepaald door de contractcapaciteit (de in het contract van het distributiebedrijf met de glastuinder overeengekomen maximale afname in m³ per uur).

Bij energie-extensieve bedrijven (minder dan 20 m³ per m² glas) is het effect van de liberalisering op de gasprijs duidelijk groter dan bij energie-intensieve bedrijven (gasverbruik 60 m³ en meer per m²) (Velden et al., 1999).

Literatuuroverzicht

Amersfoort, A. van (voorlichting) 1997

Een goed klimaat 'bestrijdt' rand en voetrot. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 40 p 10-11

Relevante conclusies/resultaten:

- *In winterteelt van andijvie (planttijd 27/9-20/10; oogsttijd januari tot maart) ontstaan nogal eens zwarte stippels langs de bladranden. Deze zwarte stippels zijn met een goede klimaatregeling te voorkomen. Hiervoor is het nodig het gewas vanaf het poten af te harden door veel te luchten;*
- *De winterteelt hoeft bijna niet gestookt te worden, als de bodemtemperatuur maar niet lager dan 9°C wordt. Over het algemeen is het voldoende als de ruimtetemperatuur op 4°C gehandhaafd blijft;*
- *Om glazigheid te voorkomen mag geen grote nachtelijke afkoeling ontstaan. Dit kan worden bereikt door van 23 tot 24 uur de nachttemperatuur 2 à 3°C hoger in te stellen (tot 8 à 9°C).*

Anonymus (onderzoek) 1999

'Hoge nachttemperatuur te weinig toegepast', vindt LUW. Vakblad voor de Bloemisterij 26 p 46

Relevante conclusies/resultaten:

- *Plantentelers profiteren nog te weinig van de mogelijkheden om met een hogere nachtdan dagtemperatuur te werken, vindt E. Heuvelink van LUW. Ze missen daarmee de kans compacte, korte planten te telen. De verdeling van de temperatuur over een etmaal is namelijk van invloed op de strekking van de plant;*
- *Door 's nachts meer te stoken en met een energiescherm te werken kunnen drie zaken gediend worden. In de eerste plaats leidt dit tot compactere, rijker vertakte planten die goed in de markt liggen. In de tweede plaats wordt energie bespaard en in de derde plaats wordt het verbruik van remstoffen overbodig (hiermee kan ook de teeltduur nog worden bekort).*

Bosch, J.A.M. van den (discussie) 1998

Opportunities and bottlenecks for model application in practice. Acta Horticulturae 456 p 505-507

Relevante conclusies/resultaten:

- *Slechts een klein deel van de meer dan 7.000 Priva-klanten (in 52 landen) met een computer voor kasklimaat, energie of watertoediening maakt gebruik van één of meer modellen voor energievraag, verdamping, temperatuur-integratie en fotosynthese;*
- *Voordat Priva een nieuw ontwikkeld model in zijn systemen integreert, moet dit voldoen aan drie punten: Het model moet algemeen toepasbaar zijn, dus geschikt voor diverse gewassen en technieken; het model moet eenvoudig te gebruiken zijn (slechts weinig telers beschikken over voldoende opleiding en tijd om zich een nieuw model*

<i>eigen te maken) en het model moet onafhankelijk van het technische systeem werken;</i> - <i>Introdactie van modellen in de tuinbouwpraktijk is alleen mogelijk met een stap voor stap-benadering.</i>
Bouwman, G.M., Bergen, J.A.M. van (onderzoek) 1996 Energieregistraties in de glastuinbouw; Opties voor efficiënter klimaatmanagement. Centrum voor landbouw en milieu, Utrecht, CLM 287 - 1996 Relevante conclusies/resultaten: - <i>Er is een inventarisatie uitgevoerd van de registratie van het energieverbruik en van klimaatgegevens (door o.a. MBT, MPS, BIM, CBS, LEI, LTO, DLV, OVTO, ATC, PBG). De conclusie is dat geen enkele van deze registraties inzicht biedt waarmee een koppeling tot stand gebracht kan worden tussen energieregistratie en klimaatbeheersing. Op basis van eigen ideeën en van gesprekken met deskundigen is een conceptregistratie-systeem ontwikkeld, waarmee het energieverbruik kan worden opgesplitst in energie nodig voor:</i> - <i>Temperatuurregeling;</i> - <i>Vochtregulering;</i> - <i>CO₂-dosering en</i> - <i>Belichting;</i> - <i>Door metingen van de buis- en de kasluchttemperatuur is het mogelijk het energieverbruik in één afdeling te bepalen op basis van een PBG-model. Het aldus berekende energieverbruik wordt afgezet tegen het berekende verbruik dat nodig is om de kas te verwarmen. Het verschil is de energie nodig voor de andere klimaatwaarden dan de temperatuur. Dit verschil geeft zicht op mogelijke energiebesparing door aanpassingen van de klimaatinstellingen.</i>
Bouwman-van Velden, P. (vakredacteur) 1998 Temperatuurintegratie. Energie besparen én een beter kasklimaat. Vakblad voor de Bloemisterij 43 p 92-93 Relevante conclusies/resultaten: - <i>Drie telers over hun ervaringen met temperatuurintegratie: de teler van groene en bonte planten ziet grote verschillen per gewas en heeft de bandbreedte teruggebracht van 2 à 4°C naar 1 à 2°C; de teler van Cymbidium is nog ongerust over de invloed op de kwaliteit van de takken en de paprikateler is gestopt toen er in de afdeling met temperatuurintegratie krimpscheurtjes in de vruchten ontstonden;</i> - <i>De gebruiksvriendelijkheid van TI-programma's is groot, maar de programma's vragen desondanks een grote inzet van de teler;</i> - <i>Onderzoekers en leveranciers werken hard aan integratie over meerdere dagen. Een voorwaarde is de koppeling aan een betrouwbaar weerbericht.</i>
Buwalda, F. (onderzoek) 1996 Mogelijkheden voor energiebesparing door temperatuurintegratie bij siergewassen: Literatuuroverzicht PBG Intern verslag nr 26 Relevante onderzoeksresultaten: - <i>Beperking van het energieverbruik per ha glas kan worden bereikt door reductie van warmteverliezen. Een deel van de warmtebehoefte van de teelt kan worden verschoven van de dag naar de nacht, waarbij 's nachts wordt gestookt onder een isolerend scherm. Ook kan de temperatuurinstelling worden verlaagd bij veel wind of een lage buitentemperatuur;</i> - <i>Betere benutting van zonnewarmte kan worden bereikt door het lichtafhankelijk verhogen van de temperatuurinstelling. Het hierbij ontstane warmteoverschot kan in een andere periode worden gecompenseerd.</i>
Dijck, P. van (vakredacteur) 1998 Botrytis slaat in komkommer toe bij vocht. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 11 p 4-5 Relevante conclusies/resultaten: - <i>Hogedraadteelt komkommer kan leiden tot hoge productie en kwaliteit. Een nadeel van het teeltsysteem is dat er veel blad moet worden geplukt en de hiermee gemaakte</i>

wondjes (14 tot 22 per m² per week) zijn invalspoorten voor <i>Botrytis</i>. Blad snijden geeft veel extra arbeid, daarom is nu gekozen voor een extra groeipijp (Ø 27 mm) die tot 70°C wordt opgewarmd.
Dumont, M. (voorlichting) 1999 Droogstoken alleen bij reëel gevaar van natslaan. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 15 p 12-13 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Het natslaan van het gewas kan met een goede klimaatregeling worden voorkomen. Indien hierbij gebruik gemaakt wordt van een betrouwbare weersverwachting kan energie worden bespaard. Het veel energie vragende droogstoken kan dan namelijk worden beperkt op de dagen dat er niet veel of geen zon wordt verwacht;</i> - <i>De weersverwachting kan ook worden gebruikt voor een optimale vulcurve van de warmtebuffer en voor de temperatuurintegratie;</i> - <i>Gebruik maken van de weersverwachting kan ook leiden tot energiebesparing door op dagen met geen of weinig verwachte zon het energiescherm iets langer gesloten te houden.</i>
Gijzen, H. et al. (onderzoek) 1998 Hortisim: A model for greenhouse crops and greenhouse climate. Acta Horticulturae 456 p 441-450 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Hortisim is een model, ontwikkeld voor de integratie van productie en kasklimaat. Hortisim bestaat uit 7 submodellen: Weer, Kasklimaat, Grond, Gewas, Kasmanager, Grondmanager en Gewasmanager plus een manager voor het simulatieproces (de 'Engine'). Voorwaarden voor het kasklimaat kunnen worden berekend uit de weergegevens. Het verbruik van energie, CO₂ en water kan gekwantificeerd worden. Het Hortisim model kan voor verschillende gewassen worden gebruikt. Het model kent een modulaire opbouw en kan worden gekoppeld aan modellen voor bijvoorbeeld gewasbescherming, bemesting of bedrijfseconomie.</i>
Guiking, W. (vakredacteur) 1998 Met kasklimaat 'op safe spelen' vergt veel extra energie. Voordeel van betere horizontale temperatuurverdeling twijfelachtig. Oogst 48 p 32 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Gemiddeld per jaar neemt, volgens LEI-berekeningen, het gasverbruik in de Nederlandse glastuinbouw toe met 0,2 m³ per m². Enerzijds wordt er wel energie bespaard door allerlei maatregelen, maar daar staat tegenover dat de laatste jaren door toenemende belichting en CO₂-dosering het energieverbruik toeneemt;</i> - <i>Het verminderen of opheffen van ongelijkmatige horizontale temperatuurverdeling door installeren van ventilatoren is niet de beste keuze. De lucht wordt door de ventilatoren langs de relatief koude gevels en kasdek geblazen. Dit kan het gasverbruik met enkele procenten doen toenemen;</i> - <i>Temperatuurintegratie kan een energiebesparing van 10% opleveren. Volgens het LEI wordt temperatuurintegratie ondanks de positieve resultaten en de beschikbaarheid van geschikte software, nog weinig toegepast;</i> - <i>De mogelijkheid van geïntegreerde klimaatregeling zou een energiebesparing van 5 à 10 % kunnen opleveren, maar ook dit wordt zelden door telers toegepast. Het LEI wijt de terughoudendheid bij de telers aan de heersende onzekerheid. Een beetje harder stoken wordt gezien als een verzekeringspremie.</i>
Henten, E.J. van, Bontsema, J., Straten, G. van (onderzoek) 1995 Op weg naar efficiënter energiegebruik bij de regeling van het klimaat in kassen. Agro informatica 4 p 16-20 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Efficiënter energieverbruik kan op twee manieren worden gerealiseerd. Enerzijds door de energieverliezen te beperken en de opgewekte energie efficiënter te benutten (bijv. door gebruik van energieschermen, isolatie, rookgascondensors), anderzijds door zich te richten op de beslissing omtrent de hoeveelheid en het moment waarop de energie het</i>

<i>meest efficiënt aan de kas kan worden toegediend (klimaatregeling);</i> - <i>Bij de klimaatregeling tot nu toe stelt de tuinder streefwaarden in voor bijvoorbeeld luchttemperatuur, rv en CO₂ in de kas. Ook worden streefwaarden ingesteld voor de klimaatbeïnvloeding, zoals de verwarming en de opening van de ventilatieramen. Bovendien kunnen invloeden van het weer op de streefwaarden van het binnenklimaat worden geprogrammeerd. Een voorbeeld hiervan is de licht-afhankelijke verhoging van de streefwaarde van de kasluchttemperatuur;</i> - <i>Efficiënt verbruik van energie vraagt om een nieuw kasklimaatbesturingssysteem waarin de inzet van energie wordt afgemeten aan de economische output van het productieproces. In dit systeem wordt gewerkt met optimale waarden in plaats van met streefwaarden. Naast aanpassing aan de toestand en de wensen van het gewas is het dan noodzakelijk de inzet van energie aan te passen aan de energie- en productprijs, zodat een kosten/baten-afweging kan worden gemaakt;</i> - <i>De kern van de optimaliserende kasklimaatregelaar wordt gevormd door een wiskundig model van de kas en het gewas. Het besturingssysteem is opgedeeld in twee delen (de klimaatregelaar en de gewasgroeiregelaar), die hiërarchisch t.o.v. elkaar zijn georganiseerd. De gewasgroeiregelaar regelt de groei en de productie van het gewas zo efficiënt mogelijk. Dit gebeurt door directe berekening van de bedrijfseconomisch optimale instelling voor verwarming, koolzuurgasdosering en ventilatie. Tevens berekent de klimaatregelaar het optimale verloop van de binnenklimaatgrootheden zoals de luchttemperatuur, rv en CO₂-concentratie. Via terugkoppeling worden de verschillen tussen het berekende kasklimaat en metingen van het kasklimaat (elke minuut) herberekend;</i> - <i>Door middel van simulatie is, bij een teelt van sla in de winter, de optimale klimaatbesturing vergeleken met de klimaatregeling door de tuinder. Hieruit kwam onder andere naar voren dat de energiebesparing met optimale klimaatbesturing kan oplopen tot meer dan 15%;</i> - <i>Voor de toepassing van het nieuwe besturingssysteem zijn geen grote investeringen in hardware nodig. De meeste glastuinbouwbedrijven zijn inmiddels uitgerust met een klimaatbesturingssysteem waarmee een PC met voldoende rekencapaciteit verbonden is. De benodigde sensoren zijn beschikbaar.</i>
Jones, J.W. (onderzoek) 1998 Model integration and simulation tools. Acta Horticulturae 456 p 411-417 Relevante conclusies/resultaten: - <i>Modellen zijn nodig om kennis van diverse disciplines te integreren. Internet zal zorgen voor een ingrijpende verandering in de toegang tot en het gebruik van gewasmodellen in onderzoek en praktijk. De moeilijkste 'hobbel' om te nemen is het verkrijgen van gegevens die nodig zijn voor specifieke toepassingen. Samenwerking tussen onderzoekers van de publieke en private sector is hiervoor nodig.</i>
Kempkes, F.L.K., Bakker, J.C., Braak, N.J. van de (onderzoek) 1998 Control and modelling of vertical temperature distribution in greenhouse crops. Acta Horticulturae 456 p 363-370 Relevante conclusies/resultaten: - <i>Verwarming in de kas door onafhankelijk stuurbare verwarmingsbuizen (groeipijpen) kunnen dienen om de groei van biomassa plaatselijk te activeren. De plaatselijke effecten van toenemende pijptemperatuur op de bladtemperatuur zijn echter beperkt, evenals de afstand waarover effecten optreden.</i>
Krebs, E.-K. (onderzoek) 1991 Krankheiten und Schädlinge durch Temperatur begrenzen: Ausbreitung häufig von Luftfeuchte abhängig. Gärtnerbörse und Gartenwelt p 1942-1944 Relevante conclusies/resultaten: - <i>De klimaatsfactoren temperatuur, luchtvochtigheid en beregening staan in nauw verband met elkaar. Zij vormen ook bij het optreden van plantenziekten belangrijke voorwaarden;</i> - <i>Plantpathogene bacteriën kunnen buiten hun waardplanten slechts korte tijd overleven. Daarbij dient de luchtvochtigheid voldoende hoog te zijn;</i>

- De ontwikkelingsduur van verschillende insecten wordt, bij een rv van 60 tot 80%, aanzienlijk bekort bij een hogere temperatuur. Bijvoorbeeld groene perzikbladluis (<i>Myzus persicae</i>) van 10 dagen bij 18 °C tot 8 dagen bij 25 °C, Californische trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>) van 22 dagen bij 20 °C tot 14 dagen bij 27 °C; - In kassen waar de planten dikwijls 'over de kop' worden beregend, kunnen slakken een probleem gaan vormen; - Om het optreden van zowel bacteriële als schimmelvormende plantenziekten te beperken is teelt bij een niet te hoge luchtvochtigheid aan te raden (onder andere door druppelbevloeiing en eb/vloedsystemen). Als bovengrens voor een klimaatregeling wordt, vanuit fytosanitaire kant bezien, een rv van 80% als bovengrens beschouwd, gemeten 30 cm boven het gewas.
Labeke, M.C. van (onderzoek) 1993 Response of five <i>Alstroemeria</i> cultivars to soil cooling and supplementary lighting. <i>Scientia Horticulturae</i> Vol. 56 p 135-145 Relevante conclusies/resultaten: - De effecten zowel van grondkoeling als van assimilatiebelichting bij <i>Alstroemeria</i> zijn cultivar-afhankelijk; - Grondkoeling leidde tot een hoger aantal bloeiende scheuten bij 'Annabel', 'Mona Lisa' en 'Red Sunset'; - Assimilatiebelichting leidde tot een hoger bloeipercantage bij 'Annabel', 'Mona Lisa', 'Red Sunset' en 'Yellow King'.
Leeuwen, G.J.L. van, Mulderij, G.E. (onderzoek) 1998 Ruime mogelijkheden voor temperatuurintegratie bij potplanten. <i>Vakblad voor de Bloemisterij</i> 17 p 58-59 Relevante conclusies/resultaten: - In de winter zijn er voor temperatuurintegratie bij potplanten beperkingen, in het voorjaar zijn er meer mogelijkheden. Tot een bandbreedte van 4°C is (ook in de winter) alles veilig, maar grotere bandbreedten kunnen groei-afwijkingen veroorzaken; - Voor sommige potplanten kan het wenselijk zijn de lengtegroei door middel van DIF te kunnen reguleren. Ook voor een integrerende regeling geldt dus: de computer voert uit, maar de teler blijft de regisseur!
Nijs, L. (onderzoek) 1996 In zes stappen naar een betere temperatuurverdeling. <i>Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten</i> 16 p 24-25 Relevante conclusies/resultaten: De volgende zes stappen worden onderkend; 1. Maak een plattegrond van de kas op ruitjespapier en geef aan hoe verwarmings-, luchtings- en schermgroepen zijn verdeeld; 2. Begin op 1,5 m van de gevel en verdeel de punten hiertussen zo evenredig mogelijk. Situeer de meetpunten op dezelfde plaats in de kas; 3. Meet de temperatuur met een digitale thermometer. Het meest praktische is om de mattemperatuur te meten, maar flesjes water kan ook; 4. Meet vroeg in de ochtend bij stabiele raam- en schermstand. Registreer de buitentemperatuur, windrichting en klimaatsinstellingen; 5. Teken de gemeten waarden in op de plattegrond, verbind plaatsen met ongeveer gelijke waarden en kleur de gebieden in; 6. Zoek oorzaken voor gevonden temperatuurverschillen en zoek vervolgens naar oplossingen.
Persoon, J. (vakredacteur) 1998 Telers tevreden over EDO-meting <i>Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten</i> 34 p 10-11 Relevante conclusies/resultaten: - Telers geven aan dat zij tevreden zijn over de door het nutsbedrijf uitgevoerde EDO-meting (EDO staat voor Energetisch Doorlichten). In een door het PT uitgevoerde enquête onder 204 telers gaf men de doorlichting een rapportcijfer 7,4, terwijl 93% van de ondervraagden de meting ook aan collega's aanbeveelt. De grote meerderheid

voert de aanbevolen aanpassingen, om het energieverbruik te beperken, uit; - <i>Horizontale temperatuurverschillen in de kas blijken in 1998 een belangrijk onderwerp.</i>
Reist, A.D. (onderzoek) 1997 Rafrāichir l'air des abris. Une solution: La brumisation. Der Gartenbau 43 p 18-19 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Bij te felle instraling is er een mogelijkheid om door middel van luchtbevochtiging de lucht in kassen te koelen;</i> - <i>De potentiële mogelijkheid de temperatuur te verlagen is afhankelijk van de rv, de grootte van de waterdruppels en de snelheid, waarmee de druppels de kas in worden geblazen. Bij bijvoorbeeld 30°C en 50% rv kan de temperatuur 8°C dalen en bij 25°C en rv 65% slechts 4,5°C.</i>
Rijsdijk, A.A. et al. (onderzoek) 1998 Temperatuurintegratie op etmaalbasis. Onderzoek op PBG en praktijkbedrijven bij potplanten, roos en paprika. PBG-rapport 135 73p. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Onderzoek bij groente- en bloemisterijgewassen onder glas heeft aangetoond dat de groei en ontwikkeling afhankelijk zijn van een gemiddelde temperatuur over een bepaalde periode (één of meerdere dagen), in plaats van een bepaalde vaste waarde (setpoint). Dit biedt perspectieven om energie te besparen. In dit onderzoek bleef de periode waarover de temperatuur werd gemiddeld, beperkt tot 24 uur;</i> - <i>Er is in de proeven gebruik gemaakt van 'Econaut' van Hoogendoorn Automatisering, een temperatuurintegratieprogramma dat gebruik maakt van de weersverwachting van Meteo Consult. Op het PBG is gewerkt met bandbreedten van 2, 4 en 8°C bij potplanten. De bandbreedte van 8°C gaf bij sommige potplantgewassen kwaliteitsverlies. Bij de overige bandbreedten werd dit niet waargenomen. Bij een bandbreedte van 4°C werd een energiebesparing van 10% bereikt. In de wintermaanden werd op één bedrijf 5 à 10% energie bespaard, op het andere bedrijf geen besparing;</i> - <i>Bij roos werd op het PBG te Klazienaveen gewerkt met een bandbreedte van 4 en 8°C. De eerste oogst vond hier eind maart 1997 plaats, de laatste gemeten oogst eind 1997. Gedurende deze hele periode is er geen betrouwbaar verschil waargenomen, voor wat betreft productie en houdbaarheid, tussen de behandelingen. De energiebesparing, gemiddeld over het jaar, bedroeg 4, resp. 20%;</i> - <i>Er zijn ook waarnemingen verricht op twee rozenbedrijven, maar de interpretatie van de resultaten hiervan is niet gemakkelijk. Bovendien is de proef in enkelvoud uitgevoerd. In de winter werd een gemiddelde energiebesparing gerealiseerd van 10 en 4%. In deze periode was de buitentemperatuur betrekkelijk hoog en werd het scherm nauwelijks gebruikt;</i> - <i>Op twee praktijkbedrijven met paprika werd 3 tot 5% energie bespaard in winter en voorjaar (in de zomer zijn er vrijwel geen besparingsmogelijkheden). De afdeling met temperatuurintegratie gaf wat fijnere vruchten en kwam wat later in productie. Geadviseerd wordt temperatuurintegratie bij paprika te gaan beproeven, met een bandbreedte van maximaal 4°C.</i>
Rijsdijk, A.A. (onderzoek) 1998 Temperatuur integreren loont. Vakblad voor de Bloemisterij 13 p 46-48 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Ondanks de positieve ervaringen die met temperatuurintegratie zijn opgedaan, pakt de praktijk het programma maar langzaam op. Knelpunten zijn de onbekendheid met de gevolgen op de luchtvochtigheid en de effecten op productie en kwaliteit van het gewas.</i>
Seginer, I., Bakker, J.C. (discussie) 1998 Advances and bottlenecks in modelling the greenhouse climate: summary of a group discussion. Acta Horticulturae 456 p 407 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>De nog beperkte acceptatie en toepassing van kasklimaatmodellen wordt toegeschreven aan de kenmerken van modellen. Modellen zijn complex, de overdracht aan gebruikers is moeilijk, de betrouwbaarheid, de begrijpelijkheid en het nut van de</i>

<i>modellen zijn voor hen niet altijd duidelijk.</i> Velden, N.J.A. van der et al. (onderzoek) 1999 Liberalisering aardgasmarkt. Verkenning glastuinbouw. LEI, Den Haag Rapport 1.99.07 57 p. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Liberalisering van de aardgasmarkt in combinatie met invoering van het CDS (Commodity/Diensten-systeem) leidt tot een verandering in de tariefstructuur en een verhoging van de aardgasprijs. De tariefstructuur wordt vooral bepaald door de contractcapaciteit (de in het contract van het distributiebedrijf met het glastuinbouwbedrijf overeengekomen maximale afname in m³ per uur);</i> - <i>Bij energie-extensieve bedrijven (minder dan 20 m³ per m² glas) is het effect van de liberalisering op de gasprijs duidelijk groter dan bij energie-intensieve bedrijven (gasverbruik 60 m³ en meer per m²);</i> - <i>Het effect van het CDS op de gasprijs voor de gespecialiseerde glastuinbouwbedrijven bedraagt 13 tot 16 ct per m³ aardgas;</i> - <i>De gemiddelde besparingen op deze bedrijven vallen terug naar nul;</i> - <i>Het gebruik van duurzame energie en het inkopen van warmte worden bedrijfseconomisch moeilijker te realiseren;</i> - <i>Invoering van de liberalisering van de aardgasmarkt gaat voor de glastuinders gepaard met een groot aantal vragen. Bijvoorbeeld of een energiescherm dat bij de huidige gasprijs niet rendabel is, bij invoering van het CDS en verlaging van de contractcapaciteit wel rendabel is. Ook kan men zich afvragen of de afstemming van een verwarmingssysteem op maximaal -15°C, wat nu meestal gebeurt, terug kan naar -12°C of naar -9°C. Deze vragen zijn niet eenvoudig te beantwoorden.</i>
Velden, N.J.A. van der, Bakker, R., en Verhaegh, A.P. 1998. Energie in de glastuinbouw van Nederland. Ontwikkelingen in de sector en op de bedrijven t/m 1997. LEI-DLO, Den Haag PR 39-96 63 p. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>In 1996 bedraagt het totale energieverbruik in de productieglastuinbouw (tussen haakjes de raming over 1997) 149,9 PJ (129,6) (vergelijkbaar met 4,74 (4,09) m³ miljard aardgasequivalenten). Hiervan bestaat 89% (85) uit aardgas, 8,2% (11,6) uit warmtelevering door derden en 2,5% (3,1) uit elektriciteit van het openbare net.</i>
Vogelezang, J.V.M., Mulderij, G.E., Broek, G.J. van den (onderzoek) 1988a Gevoelig voor hoge temperaturen: tabletverwarming bij Begonia beperkt toepasbaar. Vakblad voor de Bloemisterij 40 p 64-65, 67 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Uit het teeltonderzoek met tabletverwarming is gebleken dat pot- en luchttemperatuur een grote invloed op de bloei hebben. Hierbij kan verlaging van de instelling van de kasttemperatuur tot energiebesparing leiden: een gewenste kasttemperatuur van 19°C kan namelijk bereikt worden met een ingestelde kasttemperatuur van 16°C in combinatie met een potttemperatuur van 23°C. Genoemde twee instellingen leidden tot eenzelfde teeltresultaat. Hierbij dient bij de instelling van een hoge potttemperatuur wel extra aandacht besteed te worden aan de toepassing van remstoffen door het effect van tabletverwarming op de strekkingsgroei.</i>
Vogelezang, J.V.M., Mulderij, G.E., Berg, Th. van den (onderzoek) 1988b Hoge temperaturen tot 30°C mogelijk: tabletverwarming verkort teeltduur van Ficus en Schefflera. Vakblad voor de Bloemisterij 49 p 52-53, 55 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Ficus en Schefflera zijn zeer geschikt voor de teelt op verwarmde tabletten. Het is mogelijk de potttemperatuur op te voeren tot 30°C. Dit betekent dat met tablet- of vloerverwarming niet alleen de potten, maar ook de ruimte voor een belangrijk deel kan worden verwarmd. Het bovennet heeft dan nog een secundaire functie;</i> - <i>Bij beide gewassen is bij toepassing van tabletverwarming een teeltversnelling geconstateerd (bij Ficus van 1 à 1,5 week en bij Schefflera van 0,9 tot 1,5 week). De kwaliteit van Schefflera was hierbij gelijk aan de behandeling zonder tabletverwarming en de kwaliteit van Ficus was zelfs beter (hogere bladdichtheid).</i>

Vrieze, L. (voorlichting) 1997 Opsporen oorzaak van slechte temperatuurverdeling loont. Vakblad voor de Bloemisterij 40 p 56-57 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Bij veel telers is de temperatuurverdeling in de kas niet goed. De gevolgen zijn een lagere productie, energieverspilling en een grotere gevoeligheid voor ziekten en plagen;</i> - <i>De belangrijkste oorzaak van een slechte temperatuurverdeling ligt in mankementen aan de verwarming, verdere redenen zijn hoogteverschillen in de kas, veroorzaakt door afschot of door verschillende bouwjaeren, maar ook een verstopte drainage;</i> - <i>Het opsporen van temperatuurverschillen in de kas kan niet zonder dataloggers, omdat gelijktijdige meting in de hele kas nodig is voor een goed beeld. Er zijn ca. 50 dataloggers nodig per ha glas. Deze metingen kunnen door nutsbedrijven, DLV of adviesbureaus worden uitgevoerd.</i>
Wagemans, M. (onderzoek) 1998 Inzet van ventilatoren kost onnodig veel geld. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 16 p 24-25 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Het aanpakken van horizontale temperatuurverschillen in de kas met ventilatoren is niet efficiënt. Het is beter om de oorzaken van de temperatuurverschillen op te sporen en op te lossen;</i> - <i>Als regel worden ventilatoren geïnstalleerd met een vermogen van 3 kW per ha. Dit vergt energie evenals de extra luchtbeweging langs de ramen. In totaal gaan de energiekosten omhoog met ca. 74.500,- per ha per jaar.</i>
Zwart, H.F. de, Huijs, J.P.G. (onderzoek) 1995. Energieverbruikseffecten van kasklimaatsetpoints: Effects of greenhouse climate controller settings on energy consumption. IMAG-DLO, Wageningen rapport 95-24 63 p. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Ingegaan wordt op de effecten van stooktemperatuur, minimumbuis temperatuur en schermgebruik, CO₂-dosering en warmte-opslag. Er is een simulatiemodel ontwikkeld (verkrijgbaar op diskette) voor de gewassen tomaat, komkommer en paprika. Omdat tuinders hun setpoints regelmatig wijzigen zijn de energie-verbruikseffecten op maand-basis weergegeven). In de uitgangssituatie was geen minimumbuisregeling opgenomen;</i> - <i>Veranderingen in de stooktemperatuur geven een energieverbruikseffect te zien van ongeveer 10% per graad C;</i> - <i>Verhoging van de vochtgrens van 80% rv naar 90% rv levert een energiebesparing op van rond 6%, terwijl een verlaging van 80% tot 70% rv op een meerverbruik van ca. 9% uitkomt;</i> - <i>Het verbruik van een beweegbaar energiescherm levert in de tomatenteelt een besparing op van 16% ten opzichte van de uitgangssituatie. In de paprikateelt is het energieverbruikseffect van het energiescherm 11%. Voor de komkommerteelt levert vervanging van een vast scherm (dat alleen in de eerste teeltmaand kan worden gebruikt) door een beweegbaar energiescherm een besparing op van 7%;</i> - <i>Een warmtebuffer van 50 m³ per ha glastuinbouw levert een besparing van ongeveer 6 m³ per m² per jaar (een buffer van 100 m³; ca. 8 m³/m²/jaar.</i>
Zwart H.F. de, et al. (onderzoek) 1999 Verkenning ontvochtiging en klimaatbeheersing. IMAG / PBG interne nota 48 p <i>Relevante conclusies/resultaten</i> - <i>Overzicht onderzoekresultaten klimaatonderzoek temperatuur, vocht, CO₂ en licht. Literatuuroverzichten per hoofdstuk.</i>

4.2.14 Voorlichtingsboodschap 'Minimumbuisregeling'

C. Ploeger (LEI) M.N. van Oostende (DLV)

Betekenis van de minimumbuisregeling voor de glastuinbouwpraktijk

Op glasgroente- en snijbloemenbedrijven wordt een minimumbuisregeling algemeen toegepast. Op potplantenbedrijven op ongeveer de helft van de bedrijven. De ingestelde temperatuur varieert niet sterk, deze bedraagt gemiddeld circa 41°C. Telers van glasgroenten maken veel gebruik van een minimumbuisregeling via het primaire net. Het extra energieverbruik voor de minimumbuisregeling kan oplopen tot 25%.

Onderzoek bij tomaat en roos gaf geen betrouwbare verschillen aan tussen diverse behandelingen met een minimumbuisregeling en houdbaarheid, uitwendige kwaliteit, smaak of vruchtproductie. Bij komkommer is gebleken dat bij een hoge rv een hoge productie van goede kwaliteit kan worden behaald.

Ondanks de onderzoeksresultaten hebben telers moeite om van de minimumbuisregeling af te stappen. De resultaten uit onderzoek zijn dus in tegenspraak met de 'telerspraktijk'. Men kan zich afvragen of er ruimte is voor een andere regeling, bijvoorbeeld een groeibuis boven in het gewas, zoals bij vruchtgroentegewassen. Met een stralingsafhankelijke regeling, die optimaal afgestemd is op het condensorgebruik, kan misschien nog energie worden bespaard.

Doel van de toepassing van de minimumbuisregeling

Er zijn verschillende redenen waarom telers met een minimumbuisinstelling werken:

- a) 's Nachts en in de vroege ochtenduren voorkomen dat het gewas natslaat. Hiermee wordt de productie en kieming van schimmelsporen tegengegaan, zoals van valse meeldauw, witte chrysantenroest en Botrytis;
- b) Overdag de verdamping stimuleren. In de nazomer en herfst heeft een minimumbuisinstelling ook overdag een preventieve werking tegen schimmelaantastingen, met name Botrytis;
- c) Het gewas 'sturen', zoals de dikte van de kop bij tomaat;
- d) Als neven doel, het creëren van luchtbeweging om temperatuurverschil op verschillende hoogten te voorkomen. Voor dit doel is een buistemperatuur van minimaal 40°C nodig.

Deze redenen zijn niet in overeenstemming met de genoemde onderzoeksresultaten en leveren dan ook geen bijdrage aan het efficiënt omgaan met energie. Gezien de afspraken in de Meerjarenafpraak Energie en het Milieuconvenant Glastuinbouw zal de huidige toepassing dus veranderen.

Conclusies onderzoek

Energie

- Een minimumbuisregeling van ongeveer 40°C leidt tot extra energieverbruik van ongeveer 12%, zonder dat productie- of kwaliteitswinst wordt behaald;
- Slechts weinig telers stemmen de minimumbuisregeling af met de condensor om energiezuinig te werken.

Groei

- Bij rozen geeft een minimumbuisregeling een hogere verdamping. Er kan geen uitspraak worden gedaan over de invloed van de minimumbuis op de productie;
- Proeven met komkommer in 1995 en in 1996 hebben geen negatieve gevolgen van een hoge rv aangetoond op productie, kleur en houdbaarheid.

Advies voor het gebruik van de minimumbuisregeling, doelgroes telers

Energie

- Wees tamelijk flexibel met het toepassen van een minimumbuisregeling. Als een minimumbuisregeling toepasbaar is, wordt daarmee het energieverbruik

Groei

- Ga de mogelijkheid om de aansturing van de verwarming van kasten te maken de groeifactor te stellen dat in de zomer de groeifactor de kasten kan gestuurd en de buisverwarming op het bodemsysteem te vervolgen. Het mee de verdamping in de buisverwarming van de groeifactor van de kasten.

Kwaliteit

- Uit onderzoek is niet gebleken dat de kwaliteit van de groenten van de kasten verbetert. Door de kasten te maken kan de kwaliteit van de groenten van de kasten worden behaald.

Theoretische achtergrond

Temperatuurregeling

Op veel glastuinbouwbedrijven is buisverwarming aanwezig. De temperatuurinstelling is geregeld volgens het meester/slaaf-principe: het meestersysteem regelt de kasttemperatuur en het slaafsysteem regelt de watertemperatuur in het buizenet. De watertemperatuur moet begrensd zijn door een maximum- en minimumtemperatuur en afhankelijk zijn van de kasinstallaties, de ligging van de pijpen en het gewas (Meurs, 1995).

Ventilatieregeling

Om te voorkomen dat de kasttemperatuur de ingestelde waarde overschrijdt, wordt geventileerd. Dit gebeurt door de luchtramen in het kasdek geleidelijk open te zetten. Hoeveel de ramen opengezet worden, hangt af van de grootte van het luchtraam, de windsnelheid en het temperatuurverschil tussen binnen en buiten (Meurs, 1995).

Vochtregeling

Luchtramen functioneren voor de temperatuur- en vochtregeling. Telers proberen een te hoge luchtvochtigheid te voorkomen vanwege het toenemende risico van ziekten. 's Winters kan condensatie tegen het koude kasdek de rv verlagen, maar in de zomer is het temperatuurverschil tussen binnen en buiten daarvoor te gering.

Minimumbuisregeling

Om de verdamping te stimuleren ventileren en stoken telers tegelijk, vooral op bewolkte dagen als het temperatuurverschil tussen binnen en buiten klein is en de gewasverdamping gering. Het setpoint van de buisverwarming wordt dan op een minimumwaarde ingesteld: de minimumbuis temperatuur. Deze minimumbuis temperatuur wordt zelfs in de zomer toegepast. Het energieverbruik neemt door het tegelijk stoken en ventileren aanzienlijk toe (Meurs, 1995).

Literatuuroverzicht

Bakker, J.C. (onderzoek) 1994
Kritische kijk op minimumbuis. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 43 p.20-21
Relevante conclusies/resultaten:

- <i>Met het gewas tomaat zijn in Naaldwijk proeven genomen door het PBG om de effecten op verdamping en groei, productie en kwaliteit in relatie tot het gebruik van minimumbuis na te gaan. Er is voor een kunstmatige hoge rv gezorgd en er zijn minimumbuistemperaturen aangehouden van 70 en 40°C. Het energieverbruik nam toe met resp. 92% en 12%, terwijl geen productie- of kwaliteitswinst werd behaald;</i> - <i>Het is niet zo dat op grond van deze proef automatisch kan worden geconcludeerd dat het gebruik van de minimumbuisregeling volledig kan worden afgeschaft. Een kritische benadering is zeker op zijn plaats, gezien de energiebesparing tot meer dan 10%.</i>
Dumont, M. (onderwijs) 1997 Verwarming: Zet zomers de ketel op een ander net. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 19 p 26-27 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Bij een volgroeid vruchtgroentegewas vindt ongeveer 80% van de verdamping plaats in de bovenste 20% van het bladerdek. Dat betekent dat de teler de minimumbuis temperatuur bij de kop van het gewas moet brengen om de verdamping op gang te houden;</i> - <i>De ervaring leert dat de minimumbuis temperatuur stralingsafhankelijk afgebouwd kan worden als het gemeten stralingsniveau boven 200 W/m² komt (boven een stralingsniveau van 200 W/m² levert de warmte-afgifte van de groeibuis geen wezenlijke bijdrage meer aan de gewasverdamping). Het lijkt het meest aan te bevelen om in een stralingstraject van 200 tot 300 W/m² af te bouwen van 40°C naar 20°C. Een langer stralingstraject kost onnodig veel gas en een korter traject maakt de regeling erg onrustig;</i> - <i>Op veel (glasgroente)bedrijven is het buisrailnet op de ketel en de groeibuis op de condensor aangesloten. 's Zomers zou het aan te bevelen zijn de aansluitingen om te wisselen, omdat de warmtevraag dan vrij gering is. De voordelen zijn: de gewenste groeibuis temperatuur kan constant worden aangehouden; het aanhouden van de groeibuis als minimumbuis betekent een lager gasverbruik dan het aanhouden van de buisrail als minimumbuis; het condensornet wordt heel groot, waardoor het makkelijker is de in de condensor opgenomen warmte af te geven.</i>
Esmeijer, M.H., Graaf, R. de (onderzoek) 1998 Minimale transpiratie in relatie tot energieverbruik, productie en kwaliteit van glastuinbouwgewassen; verslag van het onderzoek in 1996. PBG-rapport 165, 26 p. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Net als in de proef van 1995 heeft de hoge luchtvochtigheid geen invloed gehad op de productie, kleur en houdbaarheid van komkommer. Bij een hoge rv kan dus een hoge productie van goede kwaliteit worden verkregen.</i>
Graaf, R. de (onderzoek) 1995 Verrassende conclusies uit verdampingsonderzoek roos: effect minimumbuis verschilt per cultivar. Vakblad voor de Bloemisterij 27 p 32-33 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Het gebruik van een minimumbuis wordt algemeen toegepast, ook in de rozenteelt. Het hoe, waarom en wanneer is niet altijd even duidelijk;</i> - <i>Verhoging van de minimumbuis temperatuur geeft een duidelijke verhoging van de gewasverdamping;</i> - <i>Er is geen betrouwbaar effect van verdamping op de productie, een mogelijk effect is wel positief, doch cultivarafhankelijk.</i>
Meurs, W.Th.M. van (onderzoek) 1995 Current implementation of hardware and software. Greenhouse climate control an integrated approach, Wageningen Pers, Wageningen p 231-238 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>In 1974 kwam de eerste klimaatcomputer op de Nederlandse markt;</i> - <i>Aanvankelijk werden twee setpoints voor de temperatuur aangegeven: Eén voor de nacht- en één voor de dagperiode. Tegenwoordig onderscheidt men wel vier tot</i>

acht onafhankelijke perioden;

- *Het temperatuursetpoint voor ventilatie is nodig om te hoge kasttemperatuur te voorkomen. Meestal wordt de ventilatietemperatuur echter zó ingesteld dat te hoge luchtvochtigheid wordt voorkomen;*
- *Veel glastuinbouwbedrijven hebben buisverwarming. De temperatuurinstelling is dan geregeld volgens het meester/slaaf-principe: het meestersysteem regelt de kasttemperatuur en het slaafsysteem regelt de watertemperatuur in het buizenet. De watertemperatuur moet begrensd zijn door een maximum- en minimumtemperatuur, afhankelijk van de kasinstallaties, de ligging van de pijpen en het gewas;*
- *Om te voorkomen dat de temperatuur in de kas de ingestelde waarde overschrijdt, wordt door middel van het geleidelijk openzetten van de luchtramen in het kasdek, geventileerd. De mate van openzetten hangt af van de grootte van het luchtraam, de windsnelheid en het temperatuurverschil tussen binnen en buiten;*
- *Luchtramen functioneren zowel voor temperatuur- als voor vochtregeling. Telers proberen te hoge luchtvochtigheid te voorkomen vanwege het toenemende risico van ziekten. 's Winters kan condensatie tegen het koude kasdek de rv verlagen, maar in de zomer is het temperatuurverschil tussen binnen en buiten daarvoor te gering;*
- *De combinatie van stoken en luchten wordt toegepast om de verdamping te stimuleren, vooral op bewolkte dagen als het temperatuurverschil tussen binnen en buiten klein is en de gewasverdamping klein. Het setpoint van de buisverwarming wordt dan op een minimumwaarde ingesteld (de minimumbuis temperatuur). Deze minimumbuis temperatuur wordt zelfs in de zomer gehanteerd. Het energieverbruik neemt door het tegelijk stoken en ventileren aanzienlijk toe.*

Ploeger, C., Rijssel, E. van, Sluis, B.J. van der (onderzoek) 1999

Toepassing van laagwaardige warmte uit condensors. Energiebesparingsmogelijkheden bij lagere buistemperaturen. LEI, Den Haag, Rapport 2.99.02

Relevante conclusies/resultaten:

- *Op glasgroente- en snijbloemenbedrijven wordt een minimumbuisregeling algemeen (op 91% van de onderzochte bedrijven) toegepast. De instelling van de minimumbuisregeling is over het algemeen (op 81% van de bedrijven met een minimumbuisregeling) stralingsafhankelijk. Van de mogelijkheid om de minimumbuisregeling af te stemmen met de condensor, om op die manier energiezuinig te werken, wordt slechts op weinig bedrijven (op 14% van de bedrijven met een minimumbuisregeling) gebruik gemaakt;*
- *Glasgroentebedrijven maken veel gebruik van een minimumbuisregeling via het primaire net. Het extra energieverbruik hiervoor kan oplopen tot 25%. Uit energiebesparingsoogpunt wordt aanbevolen om de retour van het primaire net in deze situatie via de condensor te leiden.*

Rijsdijk, A.A. (onderzoek) 1996

Inventarisatie gebruik minimumbuis temperatuur op tomatenbedrijven. PBG-rapport 32

Relevante conclusies/resultaten:

- *Realisatie van een minimumbuis treedt pas op na 1 maart;*
- *De minimumbuis wordt in het begin vooral op de dag aangehouden voor gewassturing (kleur en dichte kop). De gerealiseerde kleur en dikte van de kop worden echter vooral bepaald door de gerealiseerde etmaaltemperatuur;*
- *De minimumbuis wordt later vooral 's nachts aangehouden ter voorkoming van een Botrytis-aantasting;*
- *De minimumbuis wordt bijna nooit aangehouden voor extra CO₂.*

- 4.2.15 Voorlichtingsboodschap 'Planning en evaluatie van de kasttemperatuur in de klimaatregeling en de invloed hiervan op de gewassturing'**
C. Ploeger (LEI) en M.N. van Oostende (DLV)
(zie ook 4.2.12 'Meten ten behoeve van de 'klimaatregeling' en 4.2.13 'Klimaatregeling, temperatuur en vocht')

Betekenis van de planning en evaluatie van de kasttemperatuur in de klimaatregeling en de invloed hiervan op de gewassturing voor de glastuinbouwpraktijk

In deze voorlichtingsboodschap wordt ingegaan op Graphical Tracking, op toepassing van een grafiekenprogramma voor de klimaatcomputer, op een berekeningsprogramma voor de warmteverdeling en op planmatige klimaatbeheersing. Genoemde programma's en processen zijn van betekenis voor glastuinbouwbedrijven met een klimaatcomputer.

Doel van de toepassing van de planning en evaluatie van de kasttemperatuur in de klimaatregeling en haar invloed op de gewassturing

Door de planning van de kasttemperatuur in de klimaatregeling te evalueren en de invloed hiervan op de gewassturing na te gaan kan de teler energie besparen en de productie en kwaliteit van zijn eindproduct(en) verbeteren.

Conclusies onderzoek

Graphical Tracking

- Bij Graphical Tracking worden groeigegevens in een grafiek uitgezet en vergeleken met standaardwaarden. Zo kan de teler afwijkingen in de groeicurven opsporen. Het Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente heeft voor poinsettia's en potchrysanten een standaardcurve ontwikkeld voor Nederlandse omstandigheden. Bureau Meeuws is bezig geweest met uitwerking voor rozen en Gerbera's.

Grafiekenprogramma

- Grafiekenprogramma's zijn een nuttig en essentieel instrument voor de moderne glastuinder. Met een grafiekenprogramma kan de teler het verloop van klimaatbepalende factoren over langere tijd snel overzien en onbedoelde effecten in klimaatinstellingen sneller achterhalen en bijstellen;
- Door zich te richten op energiebesparing voor het eigen bedrijf kan de teler energie besparen en de kosten van de aanschaf van een grafiekenprogramma snel terugverdienen. Het is van groot belang voldoende tijd te investeren om goed met het programma om te gaan.

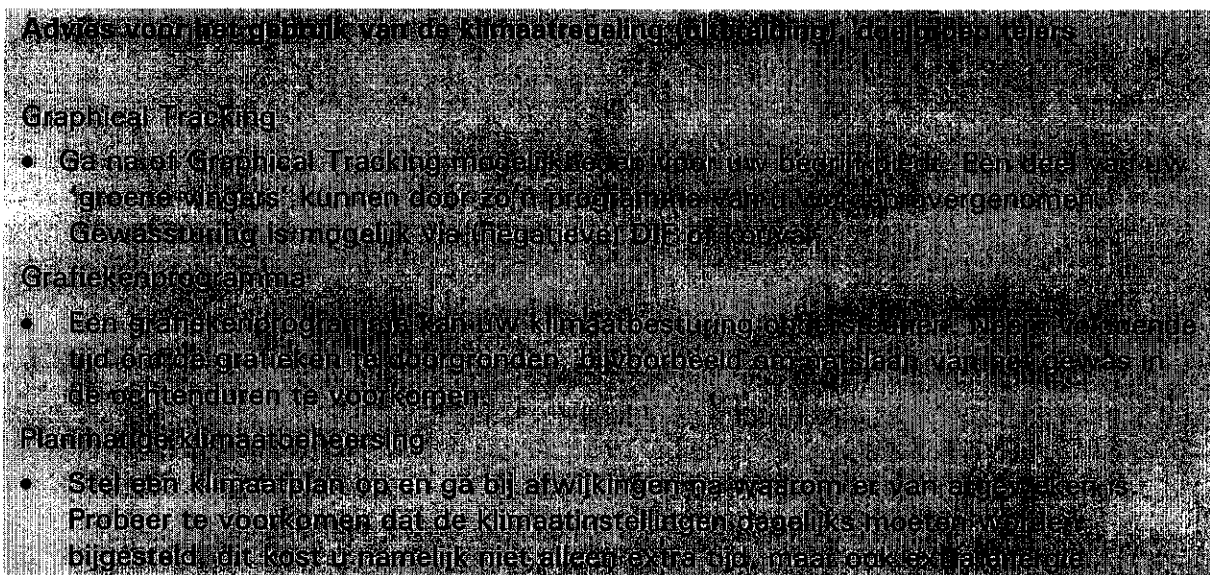
Klimaatverschillen

- Verschillen in klimaat leiden tot ongelijkmatige groei en ontwikkeling, productie- en kwaliteitsverschillen, verhoogde risico's op bepaalde ziektes en een hoger energieverbruik;
- Het wegnemen van de oorzaken van temperatuurverschillen kan 1,5 à 2% energiebesparing opleveren.

Planmatige klimaatbeheersing

- Bij planmatige klimaatbeheersing bestaat het proces klimaatbeheersing uit planning, uitvoering, controle en analyse;
- Voor een periode van een aantal weken worden de te behalen doelen vastgesteld. Hiermee wordt een klimaatplan opgesteld, met per dagdeel de in te stellen waarden. Hiermee kan de teler ook het gasverbruik berekenen. Gewasregistratie gebeurt wekelijks, de registratie van de waarden van het buiten- en kasklimaat gebeurt dagelijks;
- De teler analyseert het klimaat van de afgelopen weken. Deze analyse vormt een belangrijk onderdeel van planmatige klimaatbeheersing;

- Om de mogelijkheden voor een klimaatbeheersingsplan goed te benutten, zijn gebruiksvriendelijke computerprogramma's gewenst. Deze moeten echter nog ontwikkeld worden. De praktische toepasbaarheid kan worden vergroot als de teler wordt ondersteund bij het opstellen van een klimaatplan en het berekenen van kengetallen voor analyse;
- Klimaatspecialist Kamp ontwikkelde een stappenplan: in vier stappen wordt de weg naar een optimale strategie van klimaatregeling beschreven. In stap 1 worden de huidige instellingen in kaart gebracht en doorgelicht. In stap 2 stelt de teler (eventueel samen met een adviseur) een klimaatplan op. In stap 3 worden de basisregelingen van de klimaatcomputer en hun invloed op het kasklimaat beoordeeld. In de laatste stap wordt voor één afdeling een aangepaste regeling opgezet, met de andere afdelingen als referentiepunt. Als de nieuwe regeling het beoogde resultaat geeft, dan wordt deze verder uitgewerkt voor het hele bedrijf;
- Telers zijn bij de installatie van hun klimaatcomputer meestal afhankelijk van de installateur. In de regel is dit geen teeltspecialist. Nu de computers (onder andere door het Windows besturingssysteem) gebruiksvriendelijker worden, moet de teler zelf betere resultaten kunnen bereiken.



Theoretische achtergrond

Graphical Tracking

Bij 'Graphical Tracking' wordt de (lengte)groei van een gewas gemeten en vergeleken met algemeen geldende waarden. Voor de teler maakt deze techniek de teelt beter beheersbaar.

De meetgegevens worden in een grafiek uitgezet: op de verticale (y) as de groei, op de horizontale (x) as de tijd. Het groeiproces komt op de grafiek tot uiting in een groei-curve (S-curve). Door deze curve te vergelijken met een curve van de optimale groei, ziet de teler hoe het gewas zich ontwikkelt en kan hij een weloverwogen beslissing nemen (Wijchman, 1995).

In 1990 zijn de eerste groeicurven voor poinsettia en potchrysant in de Verenigde Staten ontwikkeld en in Nederland getoond. Tot en met 1995 is de techniek nog maar mondjesmaat in Nederland opgepikt. Op het Proefstation in Aalsmeer zijn voor poinsettia en potchrysant standaardgroeicurven ontwikkeld. Bij sommige cultivars vielen de groeicurven samen, maar een enkele cultivar viel uit de toon (Custers et al., 1995).

Grafiekenprogramma

Grafiekenprogramma's zijn nu een nuttig en essentieel instrument voor de moderne glasteler. In 1990 kwamen de eerste fabrikanten op de markt met een grafiekenprogramma, waarmee onder meer het verloop van kasluchttemperatuur, rv, CO₂-concentratie, raamstanden en buistemperatuur in daggrafieken op het scherm konden worden gezet. In de loop der jaren zijn deze programma's verder ontwikkeld.

Met een grafiekenprogramma kan de teler het verloop van klimaatbepalende factoren over langere tijd snel overzien en eventuele fouten in klimaatinstellingen sneller achterhalen en bijstellen.

Hij kan bijvoorbeeld de effecten van het openen en sluiten van schermen en van de kierregeling beoordelen, alsook eventuele ongewenste situaties in het verloop van de kasluchttemperatuur en de rv tijdens het opstoken in de ochtend.

De teler kan de reactiesnelheid van het verwarmingssysteem per afdeling, evenals de efficiëntie van de warmtebuffer en het effect van belichting op het kasklimaat overzien. Ten behoeve van de temperatuurintegratie over een dag of een aantal dagen kunnen kritische minimum- en maximumwaarden worden herkend (Dumont, 1998).

Klimaatverschillen

Een nieuw berekeningsprogramma voor warmteverdeling op basis van uitgebreide metingen biedt de teler mogelijkheden de invloed van deze verschillen uit te schakelen. De continue meting van lucht- of substraattemperatuur met behulp van een vast meetnet biedt, door het beschikbaar komen van relatief goedkope sensoren en meetsystemen, ook voor toepassing op praktijkbedrijven interessante mogelijkheden. PBG-onderzoek toonde aan dat het doormeten van het buizenet een goede manier is om na te gaan of alle spiralen voldoende meelopen.

Door het IMAG is een eerste versie van een programma voor warmteverdeling ontwikkeld. Dit programma maakt gebruik van invoergegevens als aanwezige buistypen, diameters, buisisolatiewaarden, aanvoer- en retourtemperatuur en uitvoering van de kas.

Na het vastleggen van de temperatuurverdeling zijn de warmteafgifte van de verwarming, de warmteverliezen uit de kas en de daaruit volgende luchttemperatuurverdeling berekend. Op de punten waar er verschillen tussen beide uitkomsten optreden, ligt de oorzaak van de verschillen dus niet bij de verwarming (Bakker et al., 1997).

Planmatige klimaatbeheersing

Aandacht voor regeltechnische instellingen zoals P-banden (proportionele banden) en invloeden van buitenaf is erg belangrijk. De instellingen van P-banden bijvoorbeeld, moet variëren met de seizoenen. Als dit niet gebeurt, kan een 'onrustige' regeling het gevolg zijn. Voor een goede klimaatregeling is een 'ad hoc-beleid' dus uit den boze. Ook achterstallig onderhoud van meetapparatuur in de kas hoort niet bij een planmatige klimaatbeheersing (Dijck, 1998).

De analyse van de klimaatbeheersing van de afgelopen weken vormt een belangrijk onderdeel van planmatige klimaatbeheersing (Uffelen et al., 1997).

Literatuuroverzicht

Bakker, J.C., Zwart, H.F. de (onderzoek) 1997

Nieuw programma bestrijdt klimaatverschillen. Door combinatie meten en berekenen warmteverdeling is forse winst te boeken. Vakblad voor de Bloemisterij 45 p.46-47

Relevante conclusies/resultaten:

- *Verschillen in klimaat leiden tot ongelijkmatige groei en ontwikkeling, productie- en*

<i>kwaliteitsverschillen, verhoogde risico's op bepaalde ziektes en een hoger energie-verbruik;</i> - <i>Een nieuw berekeningsprogramma voor warmteverdeling op basis van uitgebreide metingen biedt mogelijkheden de invloed van deze verschillen uit te schakelen;</i> - <i>Continue meting van lucht- of substraattemperatuur met behulp van een vast meetnet is, door het beschikbaar komen van relatief goedkope sensoren en meetsystemen, ook voor toepassing op praktijkbedrijven een interessante optie;</i> - <i>PBG-onderzoek toonde aan dat het doormeten van het buizennet een goede manier is om na te gaan of alle spiralen voldoende meelopen;</i> - <i>Door IMAG is een eerste versie van een programma ontwikkeld. Dit programma maakt gebruik van invoergegevens als aanwezige buistypen, diameters, buisisolatiewaarden, aanvoer- en retourtemperatuur en uitvoering van de kas;</i> - <i>Na het vastleggen van de temperatuurverdeling zijn de warmteafgifte van de verwarming, de warmteverliezen uit de kas en de daaruit volgende luchttemperatuurverdeling berekend. Waar er verschillen tussen beide uitkomsten optreden, ligt de oorzaak van de verschillen dus niet bij de verwarming;</i> - <i>Het wegnemen van de oorzaken van temperatuurverschillen kan 1,5 à 2% energiebesparing opleveren.</i>
Custers, H., Verberkt, H. (voorlichting en onderzoek) 1995 Graphical Tracking stap voor stap in een praktijkvoorbeeld. Vakblad voor de Bloemisterij 22 p 42-43 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Een standaardcurve voor poinsettia's en potchrysanten is op het Proefstation in Aalsmeer ontwikkeld voor Nederlandse omstandigheden. Er zijn twee lijnen op de grafiek uitgezet, een minimum- en een maximumlijn. Als uit de meetgegevens naar voren komt dat het gewas buiten deze lijnen komt, wordt er ingegrepen, bij te snelle groei door negatieve DIF of remstoffen, bij te langzame groei door positieve DIF;</i> - <i>Bij potchrysant is het nodig twee keer per week te meten;</i> - <i>Pluspunt van Graphical Tracking is dat de teler bewuster omgaat met zijn middelen en meer dan voorheen zijn teelt beheerst.</i>
Dijck, P. van (vakredacteur) 1998 Klimaatverbetering: 'Optimale klimaatregeling bespaart 10 mille per ha'. Klimaat-specialist Peter Kamp adviseert tuinders op maat. Oogst, bijlage bij nr 5 Groenten: oogstplus voor de glasgroenteteelt p 2-3 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Glastelers hebben te weinig aandacht voor regeltechnische instellingen zoals P-banden (proportionele banden) en invloeden van buitenaf. De instellingen van P-banden moeten variëren met de seizoenen, vaak blijft dit achterwege. Dit kan leiden tot een 'onrustige' regeling;</i> - <i>Achterstallig onderhoud van meetapparatuur in de kas is een knelpunt, maar het ad hoc-beleid van glastelers ten aanzien van hun klimaatregeling is het grootste knelpunt;</i> - <i>Kamp ontwikkelde een stappenplan: in vier stappen wordt de weg naar een optimale strategie van klimaatregeling beschreven. In stap 1 worden de huidige instellingen in kaart gebracht en doorgelicht. In stap 2 stelt de teler (eventueel samen met een adviseur) een klimaatplan op. In stap 3 worden de basisregelingen van de klimaatcomputer en hun invloed op het kasklimaat beoordeeld. In de laatste stap wordt voor één afdeling een aanpepaste regeling opgezet, met de andere afdelingen als referentiepunt. Als de nieuwe regeling het beoogde resultaat geeft, dan wordt deze verder uitgewerkt voor het hele bedrijf;</i> - <i>Telers zijn bij de installatie van hun klimaatcomputer meestal afhankelijk van de installateur. In de regel is dit geen teeltspecialist. Nu de computers, onder andere door Windows, gebruiksvriendelijker worden, moet de teler zelf betere resultaten kunnen bereiken.</i>
Dumont, M. (onderwijs) 1998

Grafiekenprogramma is must voor elke moderne teler. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 7 p 20-21 en Grafiekenprogramma klimaatcomputer: haal eruit wat erin zit. Vakblad voor de Bloemisterij 9 p 44-45

Relevante conclusies/resultaten:

- *In 1990 kwamen de eerste fabrikanten op de markt met een grafiekenprogramma waarmee het verloop van kasluchttemperatuur, rv, CO₂-concentratie, raamstanden, buistemperatuur en dergelijke in daggrafieken op het scherm konden worden gezet. In de loop der jaren zijn deze programma's verder ontwikkeld;*
- *Grafiekenprogramma's zijn nu een nuttig en essentieel instrument voor de moderne glastuinder. Met een grafiekenprogramma kan het verloop van de klimaatbepalende factoren over langere tijd snel worden overzien. Ook kunnen eventuele fouten in klimaatinstellingen sneller worden achterhaald en bijgesteld;*
- *Door onderzoeksresultaten gericht op energiebesparing voor het eigen bedrijf toepasbaar te maken kan energie worden bespaard. Hiermee zijn de kosten van de aanschaf van een grafiekenprogramma snel terugverdiend. Het is van groot belang voldoende tijd te investeren om gericht met het programma om te gaan;*
- *De effecten van het openen en sluiten van schermen en van de kierregeling kunnen met een grafiekenprogramma worden beoordeeld;*
- *Eventuele ongewenste situaties in het verloop van de kasluchttemperatuur en de rv tijdens het opstoken in de ochtend kunnen worden achterhaald;*
- *Aan de hand van grafieken kan de reactiesnelheid van het verwarmingssysteem per afdeling worden gezien, evenals de efficiëntie van de warmtebuffer en het effect van belichting op het kasklimaat. Ten behoeve van de temperatuurintegratie over een dag of een aantal dagen kunnen kritische minimum- en maximumwaarden worden herkend.*

Til, R. van (vakredacteur) 1998

Klimaatverbetering: Grafieken vertellen veel, maar alleen op aanvraag. Het goed interpreteren van grafieken is te leren. Oogst, bijlage bij nr 5 Groenten: oogstplus voor de glasgroenteteelt p 8-9

Relevante conclusies/resultaten:

- *Voor een goede beoordeling van de luchting moet de teler vijf lijnen in één grafiek kunnen krijgen: de buitentemperatuur, de windsnelheid, de kastemperatuur, de gemeten raamstanden en de luchtvochtigheid;*
- *Als vuistregel geldt dat twee derdedeel van het verschil tussen dag- en nachttemperatuur bij zonsopkomst bereikt moet zijn, waarbij de kastemperatuur nooit sneller dan met één graad per uur mag stijgen;*
- *Het is niet altijd zinvol een CO₂-gehalte van 800 tot 1000 ppm na te streven. Bij een luchtraamstnsnd van 8% is 600 ppm het maximum en bij een stand van 20% is het buitenniveau van 350 ppm al acceptabel.*

Uffelen, R. van, Bakker, R. (onderzoek) 1997

Planmatige klimaatbeheersing biedt voordelen. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 36 p 8-9

Relevante conclusies/resultaten:

- *Voor paprika en roos is een planmatige klimaatbeheersing opgesteld. Het proces klimaatbeheersing is hierbij opgedeeld in planning, uitvoering, controle en analyse;*
- *Aan het begin van een periode van een aantal weken worden de voor de komende periode te behalen doelen vastgesteld. Hiermee wordt een klimaatplan opgesteld, met per dagdeel de in te stellen waarden. Hiermee kan het gasverbruik worden berekend;*
- *Wekelijks vindt gewasregistratie plaats en dagelijks worden de waarden van buiten- en kasklimaat geregistreerd;*
- *De analyse van de klimaatbeheersing van de afgelopen weken vormt een belangrijk onderdeel van planmatige klimaatbeheersing;*
- *Mogelijkheden voor toepassing van een klimaatbeheersingsplan zijn afhankelijk van een nog te ontwikkelen gebruikersvriendelijk computerprogramma. De praktische toepasbaarheid kan worden vergroot als de teler wordt ondersteund bij het opstel-*

<i>len van een klimaatplan en het berekenen van kengetallen voor analyse.</i> Weerdenburg, A. van (voorlichting) 1997 Klimaat: Zó regelt u het kasklimaat. Energiebesparing zonder concessies aan productie en kwaliteit. Vakblad voor de Bloemisterij 21 p 44-45 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - Een goede klimaatregeling bevat een aantal voorzorgsmaatregelen waardoor calamiteiten (bijvoorbeeld als gevolg van een plotseling opstekende harde wind) worden voorkomen; - Zorg voor een gelijkmatig verlopend klimaat. Dit is goed voor het gewas, werkt productieverhogend en kan energie besparen; - Bij de vochtregeling wordt vaak een vrij lage streefwaarde ingesteld. Als deze waarde wordt overschreden doet men er alles aan om het vocht kwijt te raken. Deze maatregelen kosten veel energie en zijn in veel gevallen helemaal niet nodig. Hierbij is van belang dat de meting klopt en dat de meetbox (met name de kousjes) in orde is.
Wijchman, G. (vakredacteur) 1995 Graphical tracking: Meten en vergelijken maken teelt beter beheersbaar. Vakblad voor de Bloemisterij 20 p 26-29 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - Bij 'Graphical Tracking' wordt de (lengte)groei van een gewas gemeten en vergeleken met algemeen geldende waarden. Deze techniek maakt de teelt beter beheersbaar voor de teler; - De meetgegevens worden in een grafiek uitgezet, waarbij op de verticale (y) as de groei en op de horizontale (x) as de tijd worden afgezet. Het groeiproces komt op de grafiek tot uiting in een groeicurve (S-curve). Door deze curve te vergelijken met een curve van de optimale groei kan de teler zien hoe het gewas zich ontwikkelt en op grond daarvan een weloverwogen beslissing nemen; - In 1990 zijn de eerste groeicurven voor Poinsettia en potchrysant in de Verenigde Staten ontwikkeld en in Nederland getoond. Tot en met 1995 is de techniek nog maar mondjesmaat in Nederland opgepikt. Op het Proefstation in Aalsmeer zijn voor poinsettia en potchrysant standaardgroeicurven ontwikkeld. Voor sommige cultivars vielen de groeicurven samen, maar een enkele cultivar viel uit de toon; - DLV heeft de praktijk kennis laten nemen van de methode. Toepassen van de techniek komt echter nog niet van de grond. De oorzaak hiervoor is niet duidelijk. De werkzaamheden voor de teler blijven beperkt tot het meten van ca. tien planten door de hele partij heen; - Het toewerken naar een duidelijk geüniformeerd eindproduct gekoppeld aan een nauwkeurige teeltomschrijving past bij kwaliteitszorg, een begrip in de ISO-9000 normering; - In Denemarken werkt naar schatting 70 à 80% van de poinsettia-telers met Graphical Tracking. Ook daar werd men echter verrast door de milde herfst van 1994, met als gevolg te vroege 'bloei'; - In de Verenigde Staten is nu het computerprogramma 'CARE' ontwikkeld. Het programma stelt de teler in staat snel de meetgegevens te vergelijken met die van standaardcurves of van voorgaande jaren; - Bij Bueau Meeuws gaat men ervan uit dat Graphical Tracking ook in de snijbloementeelte opgang zal maken. Tot dusver heeft men zich beperkt tot rozen en gerbera's, maar het lijkt erop dat men met de kennis die nu wordt opgebouwd niet meer sortimentsgebonden is; - De meetgegevens bij snijbloemen hebben onder meer betrekking op de lengtegroei van planten, het versgewicht van de takken en de steeldiameter. Planten worden hiermee niet meer subjectief, maar objectief beoordeeld. Het advies kan nu gebaseerd worden op harde cijfers.
Wijchman, G. (vakredacteur) 1995 Graphical tracking: Meten vormt grondslag voor alle belangrijke beslissingen. Vakblad voor de Bloemisterij 21 p 43

Relevante conclusies/resultaten:

- Een Ficus teler meet zijn gewas 'Starlight' één keer per twee weken. Per partij worden tien planten gemeten.

4.2.16 Voorlichtingsboodschap 'Klimaatregeling CO₂-concentratie'

E. van Rijssel (PBG), R. Grootsholten (OVTO)

zie ook 4.2.6 CO₂-productie en -verdeling

Betekenis CO₂-dosering voor de praktijk

Het doseren van CO₂ is in de glastuinbouw vrij normaal. Een kweker regelt de CO₂-toevoer om in alle kasafdelingen de gewenste concentratie CO₂ te verkrijgen. De raamstand kan de gewenste waarde beïnvloeden. De groente- en snijbloementelers doseren, bij gesloten luchtramen, vrijwel allemaal tot een concentratie van ca. 800 ppm. Bij de potplantentelers staat het nut van doseren nog niet bij iedereen vast. Wanneer er geen warmtevraag is, en de luchtramen veelal geopend zijn, gaan steeds meer telers door met doseren. Over de dosering die de teler dan moet aanhouden bestaat in de praktijk minder uniformiteit en duidelijkheid. 's Nachts wordt er vrijwel nergens CO₂ gedoseerd, behalve wanneer assimilatiebelichting wordt toegepast.

Doel van het regelen van de CO₂-concentratie

Telers regelen, via dosering, de CO₂-concentratie in de kas om productie, kwaliteit en inkomsten uit het bedrijf te verhogen.

Conclusies van onderzoek

Productie

- De CO₂-opname en de fotosynthese nemen toe bij oplopende CO₂-concentratie, ook bij potplanten. De toename in CO₂-opname is afhankelijk van de beschikbare lichthoeveelheid. Het effect van een verhoogde CO₂-concentratie wordt pas meetbaar als de fotosynthese duidelijk op gang komt. Bij verhoging van de concentratie van 1000 ppm naar hogere waarden worden nauwelijks nog positieve effecten gevonden.

Relatieve luchtvochtigheid (rv)

- Door het doseren van CO₂ sluiten de huidmondjes gedeeltelijk. De mate van sluiting is afhankelijk van de CO₂-concentratie in de kas. De huidmondjes sluiten circa 3% per 100 ppm verhoging van de CO₂-concentratie waardoor de verdamping van het gewas iets vermindert. Het effect van sluiting van de huidmondjes wordt, overdag en bij belichting, gecompenseerd door een oplopende gewastemperatuur die de verdamping weer stimuleert.

Gasverbruik

- CO₂-dosering leidt, bij gebruik van rookgassen, tot een hoger gasverbruik. De verhoging kan oplopen tot 7 m³/m². Maar de productie, ook bij potplanten, stijgt met 10 tot 40%.

Advies aan te houden CO₂-concentratie, doelgroep telers

Productie

- Begin met het doseren van CO₂ bij of kort na zonsopkomst.
- Stel de gewenste CO₂-concentratie in op 700 ppm, lichtafhankelijk oplopend tot 1000 ppm bij hoge lichtintensiteiten.
- Stop met doseren ongeveer één uur voor zonsondergang.
- Toepassen van assimilatiebelichting bij CO₂-concentraties onder de 500 ppm is

puur verspilling. De gewenste concentratie tijdens behandelingen is minimaal 1000 ppm.

Doseerschema's voorkomen

- De natuurlijke ventilatie is meestal voldoende om oplopen van de concentratie aan NO_x en andere schadelijke gassen te voorkomen. Bij windstil weer en gestopte luchtstromen is het echter aan te raden eens per dag de beschermen te openen om de kaslucht te versuizen.

Gasverbruik

- Verlaag de gewenste CO₂-concentratie, als de luchtstromen open gaan. Het nadeel van boven beschreven dosering is dat de plant
- Realiseer de verhoging over het raamopeningssysteem door op 20%
- Bepaal de maximum raamstand waarboven de lage CO₂-concentratie wordt aangehouden. Doe dit aan de hand van de snelheid waarmee een verhoogde CO₂-concentratie, zonder dosering, terugloopt tot de maximale raamstand. Bij gasloten luchtstromen is een ventilatieverlies van 10 m³/m² normaal. Dit betekent bij 1000 ppm CO₂ een leger verlies van 164 liter gas/m² kas per uur en zonder dosering kan het verlies van de verhoogde CO₂-concentratie van 1000 naar 680 ppm binnen 30 min. (Bij 1000 ppm bevat 1 m³ lucht 0,236 g CO₂ bij 20°C en 1013 hPa).
- Voorkom een groot gebruik van de minimumtemperatuur en een groot gebruik te maken van een warmtebuffer.

Suggesties voor illustratie en demonstratie

Grafiek verloop CO₂-concentratie over het etmaal: zonder dosering en bij dosering met geringe en grote doseercapaciteit.

Grafiek terugloop CO₂-concentratie met en zonder raamopening (l CO₂/m³)

Theoretische achtergrond

Algemeen

Het doseren van CO₂ en daarmee het verhogen van de CO₂-concentratie heeft een groot positief effect op zowel groente-, snijbloemen- als op potplantengewassen (Stapel, 1996: literatuur overzicht). Het positieve effect van CO₂-dosering heeft geresulteerd in (betere) regelingen voor het doseren van CO₂. De mogelijkheden tot beheersing van de CO₂-concentratie zijn niet alleen afhankelijk van het computerprogramma, maar ook van de regelbaarheid van de doseerinstallatie en de betrouwbaarheid van de CO₂-meting (Uffelen, 1988).

CO₂-concentratie en fotosynthese

- Snelheid

De fotosynthesesnelheid hangt af van de omstandigheden (licht, CO₂, temperatuur en rv) en wordt niet bepaald door een dagritme (Nederhoff, 1994). De fotosynthese-activiteit kan wel afremmen wanneer de geproduceerde suikers sneller worden aangemaakt dan ze kunnen worden afgevoerd (Ottosen, 1992).

- CO₂-opname

De fotosynthese-activiteit wordt gemeten via de opname van CO₂. De CO₂-opname bereikt een maximum bij de hoogste lichtniveaus buiten en een CO₂-concentratie van ca. 1000 ppm. Bij lagere lichtniveaus wordt reeds bij een lagere CO₂-concentratie een maximale opname bereikt (Salisbury, 1992). Dit is in overeenstemming met de bevindingen van Mortensen. Hij constateerde dat de productie niet merkbaar bevorderd

wordt door het verhogen van de CO₂-concentratie bij lage lichtniveaus ('s morgens en 's avonds) (Mortensen, 1984).

Een tegengestelde conclusie trekt Stapel. Zij zegt dat een verhoogde verhouding CO₂/O₂ direct invloed heeft op de efficiëntie van de lichtbenutting (Stapel, 1996). Doordat het enzym 'Rubisco' zowel CO₂ als O₂ kan binden verloopt het fotosyntheseproces efficiënter bij een gunstiger verhouding tussen CO₂ en O₂. Dit wordt bevestigd door waarnemingen van Moe en Mortensen dat CO₂ (assimilatie)licht kan vervangen. Bij diverse potplanten werd eenzelfde toename in drogestofproductie gevonden bij belichting zonder dosering en bij 30-40% minder licht met dosering (Moe, 1987; Mortensen, 1983).

Bij gebrek aan CO₂ stagneert de groei, doch bij welke CO₂-concentratie er gebrek optreedt is sterk afhankelijk van de beschikbare hoeveelheid licht.

- Uitzonderingen

Een uitzondering op het 'normaal' verlopende fotosyntheseproces kan optreden bij woestijn- en steppeplanten (o.a. cactussen, Kalanchoë). Zij kunnen de huidmondjes overdag gesloten houden, de verdamping en de CO₂-opname beperken, zonder het fotosyntheseproces stil te leggen. Het openen van de huidmondjes, voor CO₂-opname en -vastlegging, vindt dan 's nachts plaats (Stapel, 1996). Onder invloed van klimaat en watervoorziening kunnen een aantal van deze planten echter ook 'normaal' functioneren (Quispel, 1983).

Een andere uitzondering vormen de Cy-planten (o.a. mais, Sorghem en een aantal tropische planten).

De gewenste CO₂-concentratie bij warmtevraag

Bij warmtevraag is er voldoende rookgas beschikbaar om elke gewenste CO₂-concentratie te realiseren. Tijdens donkeruren is het doseren ongewenst omdat er geen CO₂-opname plaatsvindt. Bij het ochtendgloren wordt liefst op een relatief laag CO₂-niveau begonnen (Nederhoff, 1990). Na zonsopkomst is een CO₂-concentratie van ca. 700 ppm optimaal. Boven de 700 ppm heeft een extra dosering nauwelijks meer effect, doch verhoogt wel de kans op CO₂- en NO-schade (Nederhoff, 1986). Bij hoge lichtniveaus kan de productie verder verhoogd worden wanneer de CO₂-concentratie wordt opgevoerd tot 1000 ppm (Salisbury, 1992).

Bij lage lichtniveaus ('s morgens en 's avonds) wordt de productie weliswaar niet merkbaar bevorderd door het verhogen van de CO₂-concentratie (Mortensen, 1984), maar deze constatering wordt, bij proeven met kunstlicht, tegengesproken (Moe, 1987; Mortensen, 1983).

De benodigde CO₂ om de gewenste concentratie te handhaven is van kas tot kas verschillend. Het ventilatievoud varieert bij proefstationkassen van 0,1 tot 1 keer per uur, bij een windsnelheid van 4 m/s. Meten van ventilatievoud in relatie tot de windsnelheid geeft inzicht in de CO₂-verliezen (Nederhoff, 1984). Bij geringe CO₂-opname (donker weer) betekent halvering van de CO₂-verhoging, na stoppen van de dosering, bijvoorbeeld van 1000 naar $(1000 + 360)/2 = 680$ ppm, een ventilatie van één keer. Een ventilatie van bijvoorbeeld één keer per 40 minuten betekent een ventilatievoud van 1,5 keer per uur. Bij een gemiddelde kashoogte van 4 m is dat 6 m³/m² per uur.

De gewenste CO₂-concentratie bij geopende luchtramen (ontbreken van warmtevraag)

In de praktijk daalt de CO₂-concentratie, zonder dosering, geregeld onder de buitenwaarde. Bij paprika werd gedurende 30% van de daguren een waarde < 340 ppm gemeten, bij chrysant gedurende 10% van de daguren (Heij, 1984).

Aanhouden van een hoge CO₂-concentratie wordt duur want reeds bij 450 ppm CO₂ wordt soms door ventilatie meer dan 50% van de toegevoerde CO₂ weggelucht (Nederhoff, 1990a). Een ventilatieverlies van 10 m³/m².uur betekent bij 1000 ppm CO₂ een energieverlies van $10 \times (1,000 - 0,360) = 6,8$ l gas/m².uur = 68 m³/ha.uur. Optimaliseren van de CO₂-dosering kan in de zomer 50% besparen op de CO₂-gift ten opzichte van continu 500 ppm, zonder verlies aan productie. Nog een keer halveren van de CO₂-gift leidt tot productieverlies van ca. 10% (Nederhoff, 1987). Hoger doseren dan tot buitenconcentratie kan echter wel rendabel zijn, de concentratie kan worden afgestemd op de ventilatieverliezen (buitenconcentratie, wind) (Nederhoff, 1990a). Gebruik van een warmtebuffer leidt hier tot verlaging van het energieverbruik en/of verhoging van de CO₂-dosering. De raamopening kan worden beperkt waardoor de CO₂-concentratie langer op een hoog niveau kan worden gehandhaafd en de opgeslagen warmte kan later nuttig worden aangewend (Vermeulen, 1988).

De gewenste CO₂-concentratie bij assimilatiebelichting

CO₂ kan (assimilatie)licht vervangen. Bij diverse potplanten werd eenzelfde toename in drogestofproductie gevonden bij belichting zonder dosering en bij 30-40% minder licht met dosering (Moe, 1987; Mortensen, 1983). Gezien de kosten verbonden aan CO₂-dosering en aan assimilatiebelichting is belichten bij een CO₂-concentratie lager dan 700 ppm pure verspilling.

Optreden van CO₂-schade

Bij CO₂-concentraties van boven de 1000 ppm kan er schade aan het gewas optreden (zie voorlichtingsboodschap CO₂-productie en -verdeling). Een uniforme verdeling is dus noodzakelijk om CO₂-schade te voorkomen bij het nastreven van 700 ppm CO₂. Bij onbeschut liggende kassen kan wind voor problemen zorgen. Wind heeft een grote invloed op de verplaatsing van (lucht en) CO₂, aan de gevel waar wind op staat is veelal de hoogste CO₂-concentratie te vinden (Rijsdijk 1994).

Voor- en nadelen van zuiver CO₂

In de zomermaanden is aanvullen van het CO₂-gehalte tot buitenniveau (ca. 360 ppm) gewenst. Bij gebruik van een warmtebuffer is zuiver CO₂ niet te prefereren boven rookgassen, het is duurder en niet milieuvriendelijker. In de zomer is de kans op NO_x-schade klein omdat er veel geventileerd wordt en ophoping daardoor niet optreedt (Nederhoff, 1990).

Geringere verdamping door de CO₂-concentratie

Door het doseren van CO₂ sluiten de huidmondjes geheel of gedeeltelijk, afhankelijk van de concentratie. De huidmondjes sluiten ca. 3% per 100 ppm verhoging van de CO₂-concentratie. (Nederhoff, 1992). De CO₂-concentratie speelt een rol bij bladvergelting en kort blad bij tomaat (Nederhoff, 1991).

In perioden met weinig licht is het gewas gevoelig voor schommelingen in de verdamping. Beperking van de verdamping door verhoging van de CO₂-concentratie is dan ongewenst. Beperk daarom het doseren van CO₂ in het winterhalfjaar (komkommer) tot een concentratie <700 ppm (Nederhoff, 1986).

Literatuuroverzicht

Hagiladi, A., Shenkar, O. (onderzoek) 1988

The effect of relative humidity and carbon dioxide enrichment on quality and growth rate of

Dieffenbachia en Cordyline. Hassadeh 1, p 116-119 Relevante onderzoeksresultaten: - <i>bij een hoge rv verdragen de planten een hogere lichtintensiteit</i> - <i>de planten reageren positief op de verhoogde CO₂ concentratie van 900 ppm</i>
Hand, D.W. (onderzoek) 1990. CO₂ enrichment in greenhouses : problems of CO₂ acclimation and gaseous air pollutants. Acta Horticulturae 268 p 81-101 Relevante onderzoeksresultaten: - <i>groeireductie > 900 ppm CO₂ bij potplanten;</i> - <i>bladnecrose > 1000-1500 ppm CO₂ bij potplanten;</i> - <i>minder en kleiner blad > 1500 CO₂ ppm;</i>
Hand, D.W., Clark, G., Hannah, M.A., Thornley, J.H.M., Warren-Wilson, J., Wilson, J.W. (onderzoek) 1992 Measuring the canopy net photosynthesis of glasshouse crops. J. of Experimental botany 248 p 375-381. Relevante onderzoeksresultaten: - <i>bij een CO₂-concentratie van 350 ppm en veel licht loopt de CO₂-opname reeds op tot ca. 95 kg CO₂/ha.uur.</i>
Heij, G., Lint, de P. (onderzoek) 1984. Prevailing CO₂ concentrations in glasshouses: yearround registration on Dutch holdings with various crops. Acta Horticulturae 162 p 93-100 Relevante onderzoeksresultaten: - <i>bij paprika 30%, bij chrysant 10% daguren CO₂-concentratie < 340 ppm.</i>
Moe, R. (onderzoek) 1987. Pflanzenbauliche Grundlagen des assimilationslichteinsatzes. Taspo Broschüre 15 Assimilationslicht p 7-20 Relevante onderzoeksresultaten: - <i>verhoging CO₂-concentratie kan assimilatielicht vervangen, 30-40% lichtsom.</i>
Mortensen, L.M. (onderzoek) 1984. Photosynthetic adaption in CO₂ enriched air and the effect of intermittent CO₂ application on greenhouse plants. Acta Horticulturae 33 p 1-25 Relevante onderzoeksresultaten: - <i>Verhoogde CO₂-concentratie tijdens begin- en eindfase van de dag geeft geen productie-verhoging.</i>
Mortensen, L.M. (onderzoek) 1987. Review: CO₂ enrichment in greenhouses : Crop responses. Scientia horticulturae 1/2 p 1-25 Relevante onderzoeksresultaten: - <i>schade bij hoge CO₂-concentratie door te hoge bladtemperatuur bij hoog lichtniveau, vooral na donker weer;</i> - <i>chlorofyl wordt afgebroken bij zetmeelophoping in het blad, treedt met name op bij hoog lichtniveau en lage temperatuur</i>
Nederhoff, E., Goedhart, M. (onderzoek) 1984. Ventilatie in kassen zelf te meten. Vakblad voor de Bloemisterij 4 p 116-119. Relevante onderzoeksresultaten: - <i>terugloopsnelheid van CO₂-concentratie in lege kas goede maat voor ventilatie (m³/m²).</i>
Nederhoff, E., Uffelen, J.A.M. (onderzoek) 1986. Doseren in het voorjaar: Hoe lager de concentratie, hoe groter het doseer-effect. Tuinderij 8 p 32-34 Relevante onderzoeksresultaten: - <i>CO₂-concentraties boven 700 ppm verhogen de productie nauwelijks, maar verhogen wel kans op NO_x- en CO₂-schade;</i> - <i>beperking verdamping bij weinig licht door hoge CO₂-concentratie geeft gevoelig gewas.</i>
Nederhoff, E. (onderzoek) 1987. CO₂-doseren met behulp van de computer. Groenten en Fruit 34 p 40-43 Relevante onderzoeksresultaten: - <i>optimalisering CO₂-dosering, in vergelijking tot 500 ppm continu, kan 's zomers leiden tot</i>

<i>50% minder doseren zonder productieverlies. Bij nog verder terugdringen loopt ook de productie terug.</i>
Nederhoff, E., Rijdsijk, T. (onderzoek) 1990. CO₂-doseren in de zomer (1): Negatief effect NO_x 's zomers het kleinst. (2): CO₂ kan verdamping te veel beïnvloeden. Vakblad voor de Bloemisterij 43 p 26-27, 28-29 <i>Relevante onderzoeksresultaten:</i> - <i>doseren nodig om buitenniveau te handhaven;</i> - <i>zuiver CO₂ niet te prefereren boven rookgas-CO₂, kans op NO_x-schade minimaal;</i> - <i>hoge CO₂-concentraties vermijden om verdamping niet te remmen.</i>
Nederhoff, E. (onderzoek) 1990a. CO₂-doseren met ramen open geen weggegooid geld: Afhankelijk van buitenconcentratie. Vakblad voor de Bloemisterij 38 p 52-53 <i>Relevante onderzoeksresultaten:</i> - <i>ventilatieverliezen CO₂ lopen bij 450 ppm op tot 50% bij een windsnelheid van 4 m/s.</i>
Nederhoff, E. (onderzoek) 1991. Geen reden voor minder CO₂ / CO₂ beïnvloed huidmondjes. Groenten en Fruit 25 p 19, 20-21 <i>Relevante onderzoeksresultaten:</i> - <i>CO₂-concentratie speelt rol bij bladvergeling tomaat.</i>
Nederhoff, E., Graaf, de R. (onderzoek) 1992. CO₂ remt verdamping maar niet de groei. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 9 p 18-19 <i>Relevante onderzoeksresultaten:</i> - <i>huidmondjes sluiten 3% bij verhoging CO₂-concentratie van 100 ppm.</i>
Nederhoff, E. (onderzoek) 1994. CO₂-dosering verdeling over de dag. Vakblad voor de Bloemisterij 23 p 58-59 <i>Relevante onderzoeksresultaten:</i> - <i>De fotosynthesesnelheid is afhankelijk van licht, CO₂, temperatuur en rv en niet van het tijdstip op de dag.</i>
Ottosen, C.O., Rozenqvist, E. (onderzoek) 1992. Hvor meget CO₂ i væksthuse - Hvad siger planterne? Gartner Tidende 16 p 360-361 <i>Relevante onderzoeksresultaten:</i> - <i>Afremming fotosynthesesnelheid wordt veroorzaakt door verzadiging blad met assimilaten.</i>
Vermeulen, P. (onderzoek) 1988. Kosten- en batenberekening van CO₂-dosering en handhaven minimum CO₂-gehalte. PTG, intern verslag 20, 56 p
Quispel, A., Stegwee, D. (onderzoek) 1983. Plantenfysiologie. Bon, Scheltema & Holkema, Utrecht/Antwerpen, 490 p <i>Relevante onderzoeksresultaten:</i> - <i>Planten die van nature de huidmondjes overdag sluiten en 's nachts openen kunnen dit ritme bij goede watervoorziening en rv omdraaien.</i>
Rijdsijk, A.A. (onderzoek) 1994. Zonnig weer vraagt om extra CO₂. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 40 p 16-18 <i>Relevante onderzoeksresultaten:</i> - <i>bij wind veel lucht en CO₂-verplaatsing, bij gevel waar de wind op staat hoogste concentratie.</i>
Salisbury, F.B., Ross, C.W. (onderzoek) 1992. Plant Physiology, fourth edition. Wadsworth Publishing Company, California, 682 p <i>Relevante onderzoeksresultaten:</i> - <i>CO₂-opname is afhankelijk van lichtniveau en CO₂-concentratie. De opname neemt steeds langzamer toe tot een maximum bij hoog lichtniveau en 1000 ppm CO₂.</i>
Stapel-Cuijpers, L.H.M., Blaquièr, Tj. (onderzoek) 1996. Invloed van CO₂ op de productie en kwaliteit van potplanten en snijbloemen. PBG-rapport 47, 46 p <i>Relevante onderzoeksresultaten:</i> - <i>CO₂ wordt gebonden aan enzym Rubisco, concurreert hierbij met O₂;</i> - <i>CO₂-opname gebeurt bij vrijwel alle planten alleen overdag, woestijn- en steppeplanten kunnen uitzondering zijn;</i>

-	<i>Verhoging CO₂-concentratie heeft groot positief effect op productie en/of kwaliteit van zeer veel snijbloemen en potplantengewassen (overzichtstabellen in de publicatie).</i>
Zwart H.F. de, et al. (onderzoek) 1999	
Verkenning ontvochtiging en klimaatbeheersing. IMAG / PBG interne nota, 48 p	
<i>Relevante conclusies/resultaten</i>	
-	<i>Overzicht onderzoekresultaten klimaatonderzoek temp. vocht, CO₂ en licht.</i>
-	<i>Literatuuroverzichten per hoofdstuk.</i>

4.2.17 Voorlichtingsboodschap 'Belichtingsstrategie'

E. van Rijssel (PBG), M. van Oostende (DLV)

Zie ook voorlichtingsboodschap 4.2.10 'belichtingsinstallatie'

Betekenis belichtingsregeling

Veel telers, met name in de bloemisterij en de plantenopkweek, gebruiken een belichtingsinstallatie om extra assimilatielicht te geven. Aan- en afschakelen van de installatie wordt vanuit de procescomputer bestuurd. Overdag worden de lampen aan- en afgeschakeld op het lichtniveau buiten. 's Nachts wordt belicht, waarbij telers vaak een donkerperiode instellen, om aan de teeltkundige eisen van hun gewas tegemoet te komen.

Verschillende telers willen de donkerperiode op een zelf gekozen tijdstip instellen om maximaal te profiteren van de verlaagde stroomtarieven in de daluren. Andere telers rouleren de donkerperiode over de verschillende afdelingen om de W/K-installatie maximaal te benutten. Om milieuhinder naar omwonenden te voorkomen is afschakeling echter verplicht tussen circa 19.00 en 23.00 uur in de periode van 1 oktober tot 1 mei. De verplichting kan worden opgeschort als de teler lichtuitstoot kan voorkomen via een gesloten bovenafscherming.

Assimilatiebelichting wordt zowel bij lange dag, korte dag als dagneutrale gewassen toegepast. Assimilatiebelichting leidt tot een hoog stroomverbruik, vooral bij hoge energieprijzen.

Doel belichtingsregeling

Telers willen een donkerperiode kunnen regelen om:

- tegemeet te komen aan de teeltkundige eisen van hun gewas.
- te voldoen aan de wensen vanuit de maatschappij.

Telers willen de installatie kunnen afschakelen om:

- te voldoen aan de contractuele eisen van de stroomleverancier.
- energieverspilling voorkomen op momenten dat het lichtniveau geen beperkende factor is voor de groei.

Conclusies onderzoek

- Belichten leidt tot een hogere productie aan vers- en drooggewicht. Het effect van een hoge belichtingsintensiteit en een lange belichtingsduur is daarbij gelijk. De toename van het geoogst (vers)gewicht kan per gewas en cultivar verschillen. De beschikbare bladmassa beïnvloedt de netto lichtbenutting positief. De aanwezige gewasmassa beïnvloedt de netto lichtbenutting negatief. Het lichtcompensatie punt ligt tussen de 8 en 50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$, afhankelijk van soort en cultivar.
- Het effect van belichting is te vergelijken met het effect van CO₂-dosering. CO₂ en licht kunnen elkaar tot op zekere hoogte vervangen.
- Zolang assimilatiebelichting wordt gebruikt als aanvulling op het zonlicht is het effect van de lichtkleur van de lamp meestal beperkt. Dit geldt ook voor het effect

- van ver-rood nabelicht. Het effect van lamplicht is te vergelijken met het effect van zonlicht (gewichtstoename per lichteenheid, mol).
- De lichtkleur van de lamp heeft een beperkte invloed op de morfologie, de verschijningsvorm van planten. Meer blauw licht in het lampspectrum heeft bij lelie echter een significant positief effect op de ontwikkelingssnelheid van de knop en een negatief effect op de steel- en knoplengte.
 - De rood/ver-rood-verhouding van de lamp heeft een grotere invloed op de morfologie, de verschijningsvorm van planten. De soort en cultivar bepalen hoe groot deze invloed is.
 - De teler krijgt het hoogste rendement uit zijn belichtingsinstallatie door:
 - de lampen overdag en 's nachts intensief te gebruiken (veel belichtingsuren);
 - de W/K-installatie intensief te gebruiken (veel draaiuren);
 - de belichting uit te schakelen wanneer andere factoren dan licht beperkend worden voor de groei, zoals CO₂ tekort of vochtstress. Belichten in het zomerhalfjaar levert een beperkte en soms negatieve bijdrage aan het bedrijfsrendement;
 - de beschikbare warmte van lampen en W/K zo goed mogelijk te benutten.
 - Belichten tot aan een bepaalde lichtsom, aanvullend aan de beschikbare hoeveelheid daglicht, komt in Nederland niet voor. De installatie is te duur om deze niet maximaal te gebruiken. Het realiseren van een vooraf geplande lichtsom, met maximale benutting van zonlicht in de maanden oktober tot en met maart is bovendien met een belichtingsintensiteit beneden 62,5 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ (5000 lux) onmogelijk.
 - Een lange belichtingsduur (daglengte) heeft een positief effect op de lengtegroei en de ontwikkelingssnelheid, zoals een snellere bloemaanleg.
 - De temperatuur van het groeipunt loopt bij belichting iets op. De verhoging is niet lineair met de intensiteit van belichting, maar neemt af. De verhoging beloopt 1 tot maximaal 2 °C. Een verlaging van de rv heeft weer een verlagend effect op de groeipunttemperatuur en compenseert het belichtingseffect weer geheel of gedeeltelijk.

Advies belichting, doelgroep telers

Regeling

- De tijd tussen aan- en afschakelen moet minstens 30 minuten zijn om te voorkomen dat de lampen versneld verouderen.
- Stel de afschakeling in op een lichtintensiteit van 100-200 Watt, buiten gemeten.
- Als de CO₂-concentratie minder is dan 450 ppm en de luchtstromen bij warmteoverschot open staan, dan zou afschakelen van de installatie ook wettelijk moeten zijn.
- Overweeg of doorbelichten in de zomermaanden zinvol is op basis van de benutbare warmte, de te verwachten extra productie en de prijs van het product.
- Controleer de lengte van de donkerperiode. Weeg de meerproductie en het mogelijk negatief effect op de houdbaarheid tegen elkaar af. U kunt het houdbaarheidsrisico afleiden uit de wateropname in het donker, deze wordt zeer beperkt zijn. De reactietijd van de wateropname op een gewijzigde daglengte is enkele weken.

Voorkom lichthinder

- Waas alert op signalen van collega's. Hun gewassen kunnen hinder ondervinden van strooilight vanuit uw bedrijf. Neem deze signalen serieus. Bekijk of het aanbrengen van een bovenafscherming, met een aanpassing in de klimaatinstallatie,

financieel en teelttechnisch haalbaar is. Zie Bapteste 1996 en van Rijssel et al. 1995.

Aanbevolen dagengte

- Om economische overweging wordt een daalende van 13 tot 20 procent allemaal aanbevolen. Hierdoor wordt het risico op een massaal bankroet van kleine en middelgrote ondernemingen verkleind. Het risico op een bankroet van kleine en middelgrote ondernemingen wordt verkleind door de daalende van 13 tot 20 procent.
- Voor de kleine ondernemingen en kleine ondernemingen wordt een daalende van 13 tot 20 procent aanbevolen. Hierdoor wordt het risico op een massaal bankroet van kleine en middelgrote ondernemingen verkleind. Het risico op een bankroet van kleine en middelgrote ondernemingen wordt verkleind door de daalende van 13 tot 20 procent.
- Een daalende van 13 tot 20 procent wordt aanbevolen. Hierdoor wordt het risico op een massaal bankroet van kleine en middelgrote ondernemingen verkleind. Het risico op een bankroet van kleine en middelgrote ondernemingen wordt verkleind door de daalende van 13 tot 20 procent.

[illegible]

Appendix 1

- Benen: de heilbare afvalstof en goed vaste afvalstoffen, vooral steen en beton, worden direct na de afvalbehandeling verspreid en zijn daarmee een bron voor grondvervuiling. Dit kan tot meer bodemverontreiniging leiden, vooral op de bodem. Bovendien kan de afvalstof van de afvalbehandeling worden gebruikt voor de productie van cement, maar ook voor de productie van andere bouwmaterialen. Het gebruik van afvalstoffen in de bouw kan de afvalstoffenmarkt verkleinen en de afvalstoffenmarkt kan de afvalstoffenmarkt verkleinen.

Belichter in der Winterzeit

- Salakel de belasting overdag pas af en 100% in de avond betalen, met name gemeenten. Dit betekent dat u in de winter maanden wellicht de belasting moet betalen. U realiseert dan een bespaard bedrag in de belastinguren en een hoger inkomens.
- Speel in de nacht met de donkerperiode in op de verlichting, schijn en welke lage stroomtarieven en hoge vergoedingen voor salakel van de Rijksoverheid de belastingkosten beperken.

Belichten in de zomer

- Belicht hier in het zomerhalfjaar. Een betere groeiscijmet snel aantekomen van positieve en negatieve zijn tot nu toe niet aangekomen
- 's Zomers doorbelichten met eigen onderwerp. Het is belangrijk om te laten zien dat de waarde kan worden bereikt. Kosten zijn zo laag dat al zonder bezwaar kan

Suggesties voor illustratie en demonstratie

Figuur met de beschikbare hoeveelheid zonlicht door het jaar heen (gewasniveau).

Tabel met gerealiseerde belichtingsuren bij diverse belichtingsstrategieën.

Figuur met beschikbare en benutbare koelwarmte W/K-installatie.

Theoretische achtergrond

Relatie licht en groei

Licht bepaalt in zeer sterke mate de groei; de toename in vers- en drooggewichtproductie. De groeistimulans door belichting is lineair gecorreleerd met de (kunst)lichtsom, de combinatie van intensiteit en duur van de belichting (Bredmose, 1997, Gisleroed et al., 1989, Van Rijssel et al., 1995). Uit de lichthoeveelheid die de geoogste massa heeft ontvangen wordt de lichtsom berekend. Hierbij wordt rekening gehouden met (toene-mende) bladoppervlakten en plantafstanden, zoals bij potplanten (Van Rijssel et al., 1997).

Lichtefficiëntie

De efficiëntie waarmee het beschikbare licht wordt omgezet in drogestof is afhankelijk van de aanmaak en van het verbruik van assimilaten. De lichtefficiëntie, de aanmaak van assimilaten per lichteveelheid, is onafhankelijk van de lichtsom per dag (Bredmose, 1997). Te weinig bladmassa, een ongelijke verdeling ervan over de kas, een te lage CO₂-concentratie of vochttekort kunnen de omzetting van licht in droge stof beperken (Moe, 1997).

Als er te weinig assimilaten worden verbruikt, zoals bij een te lage kastemperatuur of te weinig groeipunten of vruchten, worden er assimilaten opgehoopt. Dit kan de aanmaak van assimilaten beperken. De plant probeert in zo'n geval het evenwicht te herstellen door zijscheuten te vormen.

Naarmate er meer licht beschikbaar is, komt het vaker voor dat één van de genoemde factoren de assimilatiesnelheid gaat beperken. De lichtefficiëntie kan dus door het jaar heen verschillen en 's zomers lager zijn dan 's winters (Van Rijssel et al., 1995). Het gewas verbruikt ook assimilaten om zichzelf in stand te houden. De benodigde hoeveelheid is afhankelijk van de gewasomvang en dit verbruik beïnvloedt de gerealiseerde lichtefficiëntie (Koning, 1997).

De omzetting van licht in drogestofproductie verloopt voor zon- en kunstlicht even efficiënt. Er zijn geen verschillen aangetoond (Bredmose, 1997, Moe, 1997).

De geproduceerde massa hoeft niet overeen te komen met de verkochte massa. Bij meermalig oogstbare snijbloemgewassen bijvoorbeeld, zijn niet alle geoogste takken geschikt voor verkoop, zoals loze en slappe takken. Als het aandeel verkoopbare gewas-massa door belichting toeneemt, dan is de efficiëntie waarmee licht wordt omgezet in meeropbrengst groter dan de efficiëntie waarmee licht wordt omgezet in drogestofproductie. Dit is het geval wanneer belicht wordt om loosvorming te voorkomen, onder andere bij lelie, Alstroemeria, Bouvardia en de rozencultivar 'Frisco'. (Hoog, 1995, Schouten, 1999, Uitermark, 1996).

Om loosvorming of knopval te voorkomen is het noodzakelijk om het gewas in een bepaalde fase te belichten. Het is dan al voldoende om alleen tijdens deze kritieke fase te belichten voor meerproductie en meeropbrengst (Hoog, 1995).

Dag- en nachtlengte

Het realiseren van meer belichtingsuren per dag vertaalt zich direct in een hogere lichtsom en een hogere drogestofproductie.

De lengte van de donkerperiode, direct gerelateerd aan de daglengte, heeft echter ook invloed op de verdeling van drogestof over de plant. Bij Freesia wordt, bij ontbreken van een donkerperiode, de gewichtstoename van de knol ten koste van de bloei gestimuleerd (Berghoef et al., 1991).

Bij een aantal gewassen stimuleert een korte nacht de lengtegroei van de scheut (Bakker et al., 1996, Beel et al., 1997, Verberkt et al., 1995). Soms moet dit worden voorkomen met extra remstofbehandelingen.

Een dag/nachtritme heeft ook invloed op de aanleg en het functioneren van huidmondjes. Als de teler geen of een te korte donkerperiode geeft, verdampen de bloemen op de vaas extra veel, ook 's nachts. Bijbelichten kan snijbloemproducten daardoor kwetsbaarder maken (Slootweg et al., 1990).

Afschakelen overdag

De belichting afschakelen op stralingsintensiteit is niet snel nodig. Een groeistimulus is bij roos zelfs gezien bij de productie in mei/juni na belichting met een intensiteit van 370 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ (400 Watt SON-T per 1.25 m²) (Mortensen et al., 1992). Afschakelen

op grond van de gemeten CO₂-concentratie of rv (bij vochtstress) is wellicht wel nuttig.

Doorbelichten in de zomer

Proeven bij roos lieten een groeistimulans zien bij de productie in mei/juni na belichting met een verhoogde lichtintensiteit van 370 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ (400 Watt SON-T per 1.25 m²) (Bredmose, 1997, Mortensen et al., 1992). In andere proeven kwam naar voren dat bij een hoge lichtintensiteit de lichtefficiëntie beduidend lager is dan bij lagere intensiteiten (Gagnon, 1990, Hoog, 1997). De schijnbare tegenstelling tussen verschillende proefresultaten wordt toegeschreven aan andere beperkende factoren, zoals een lagere CO₂-concentratie, bladtekort, te lage temperaturen of vochtstress (Koning, 1997, Moe, 1997).

's Zomers zijn een hogere productie en opbrengst minder zichtbaar dan 's winters. De assimilatiebelichting voegt 's zomers relatief weinig toe aan de lichtsom per dag. Een hogere productie levert vaak ook minder geld op door de prijsverschillen voor producten tussen zomer en winter. Of doorbelichten rendabel is moet blijken uit een vergelijking tussen de verhoogde opbrengst per kWh verbruikte energie en de energieprijzen (Van Rijssel et al. 1995).

Rendement

Het gebruik van de installatie bepaalt mede het rendement van de investering. Het stroomverbruik is hoog. De gebruikskosten van de installatie zijn dan ook sterk afhankelijk van de stroomprijs en de benutting van vrijkomende warmte (Van Rijssel et al., 1995). Bij eigen stroomopwekking kan de teler met cyclische belichting de warmtebenutting verbeteren, met name wanneer er geen warmtebuffer aanwezig is.

Literatuuroverzicht

Bakker, J.A., Blaqui re, T., Hoog, J. de (onderzoek) 1996
Kwalitatieve neveneffecten van assimilatiebelichting; literatuurstudie groei en ontwikkeling onder invloed van straling; effect van belichting met HPI-T en SON-T bij roos, 11 p; effect van ver-rood nabelichting bij roos en Eustoma, 30 p; inventarisatie neveneffecten assimilatiebelichting, 22 p en; effecten van gesimuleerd buurman licht, 30 p. PBG-rapport 53

Relevante conclusies/resultaten:

- *Langere daglengten van 14, 17 en 20 uur, met eenzelfde lichtsom versnellen de bloemontwikkeling en groeiduur, en geven langere en zwaardere grondscheuten (bij Frisco is 17 uur optimaal);*
- *Ver-rood nabelichting heeft geen effect op de loosontwikkeling bij roos;*
- *Ver-rood nabelichting geeft stengelstrekking bij Eustoma;*
- *Langere daglengte geeft bij Eustoma een vroegere, meer gelijkmatige bloei en langere internodiën bij gelijke steellengte;*
- *Strooilicht, van 0,05-0,20 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$, beïnvloedt de gewasgroei bij bijna alle gewassen. Het geeft meer of minder strekking en een vertraagde of versnelde bloei, afhankelijk van het gewas;*
- *Een hogere intensiteit strooilicht geeft meestal een sterker effect.*

Beel, E., Bruyn, de P., Trederick, F., Lemeur, R. (onderzoek) 1997

Effects of different lighting strategies on the growth and development of Ficus benjamina. Acta Horticultrae 418, p 37-44

Relevante conclusies/resultaten:

- *De planthoogte neemt toe met de belichtingsduur;*
- *De beste plantkwaliteit wordt verkregen bij een daglengte van 16 uur;*
- *De verschillende belichtingsstrategie n hadden geen invloed op de lichtefficiëntie, uitgedrukt*

<i>in toename bladoppervlak per lichteenheid.</i> Berghoef, J., Farr, D.J., Zevenbergen, A.P. (onderzoek) 1991. Te vroeg beginnen heeft geen zin : belichtingsonderzoek Freesia (1). Vakblad voor de Bloemisterij 41 p 42-43 Daglength belangrijke factor : belichtingsonderzoek Freesia (2). Vakblad voor de Bloemisterij 41 p 44-45 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Belichten voordat de bloemtakken 20 cm lang zijn heeft geen effect op de productie;</i> - <i>Doorgaan met belichten na het begin van de bloei heeft geen effect meer op aantal en zwaarte van de hoofdtak, maar wel op de kwaliteit van de haken;</i> - <i>Het ontbreken van een donkerperiode leidt tot verminderde productie en een lager takgewicht ten opzichte van een donkerperiode van vier uur of meer. Het gewicht van de nieuwe knol wordt door 24 uursbelichting wel sterk gestimuleerd.</i>
Bredmos, N. (onderzoek) 1997 Year-round supplementary lighting at twelve photosynthetic flux densities for cut roses. Acta Horticulturae 418, p 59-64 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Het vers- en drooggewicht en de bloemkwaliteit reageren lineair op de ontvangen lichtsom (belichtingsintensiteit tussen 0 en 174 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$);</i> - <i>De lichtefficiëntie, gewichtstoename per mol, was zomers even hoog of hoger dan 's winters;</i> - <i>De lichtinvloed op het geoogste gewicht was bij Frisco een factor 1,6 hoger dan bij Gabriëlle.</i>
Gagnon, S., and Dansereau, B. (onderzoek) 1990 Influence of light and photoperiod on growth and development of gerbera. Acta Horticulturae 272 p 145-149 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Belichting stimuleert zowel de vegetatieve groei als de productie. De uitgroeiduur wordt verkort;</i> - <i>Het effect is in herfst/winter groter dan in winter/voorjaar.</i>
Gislerod, H.R., Eidsten, I.M., Mortensen, L.M. (onderzoek) 1989 The interaction of daily lighting period and light intensity on growth of some greenhouse plants. Scientia horticulturae 3/4 p 295-304 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>De groei neemt toe met zowel het aantal belichtingsuren als de belichtingsintensiteit (tot 400 Watt SON-T/6m²);</i> - <i>Bij het opvoeren van de belichtingsduur tot 24 uur per etmaal neemt de groei slechts beperkt toe;</i> - <i>Bij Begonia en Kalanchoë is sprake van interactie tussen daglength en belichtingsintensiteit;</i> - <i>De daglength heeft geen effect op de teeltduur, wel op de bloeirijkdom. Bij zeer lage licht-intensiteiten treedt wel een teeltduurvertraging op.</i>
Hoog, J. de, Rijssel, E. van (onderzoek) 1995. Kort gebruik assimilatiebelichting kan loos bij Bouvardia voorkomen : economisch perspectief per bedrijf verschillend. Vakblad voor de Bloemisterij 34 p 32-33 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Belichten is alleen interessant voor bedrijven waar in de winter loosvorming optreedt;</i> - <i>Economisch wordt belichten pas interessant als de belichtingsinstallatie per belichtings-seizoen bij minimaal tien teelten kan worden gebruikt.</i>
Koning, J.C.M. de (onderzoek) 1997 Modelling the effect of supplementary lighting on production and light utilization efficiency of greenhouse crops. Acta Horticulturae 418 p 65-71 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>De lichtbenutting wordt sterk beïnvloed door de LAI en de biomassa van het gewas;</i> - <i>Extra CO₂-dosering heeft een vergelijkbaar effect als belichting;</i> - <i>Extra CO₂-dosering bij gelijke belichting verhoogt de lichtbenutting.</i>
Moe, R. (onderzoek) 1997. Physiological aspects of supplementary lighting in horticulture. Acta Horticulturae 418 p 17-24

<i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - De totale lichtsom per dag, zon- en lamplicht te zamen, is een bruikbare parameter om de benodigde bijbelichting te bepalen; - De benodigde lichtsom per dag varieert tussen 8 en 40-50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$, afhankelijk van de soort en cultivar; - De lichtbehoefte wordt mede bepaald door andere groeifactoren, zoals CO_2-dosering, temperatuur, lichtkleur, rv, water en bemestingsniveau.
Mortensen, L.M., Gislerød, H.R., Mikkelsen, H. (onderzoek) 1992. Maximizing the yield of greenhouse roses with respect to artificial lighting. Norwegian journal of agricultural sciences 1 p 27-34 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - De productie neemt toe met de intensiteit van bijbelichting, tot een niveau van 370 $\text{mmol}/\text{m}^2.\text{s}$, bij 400 Watt SON-T per 1,3 m^2; - De productietoename treedt zelfs op bij een hoog niveau van zonlicht in mei/juni; - Ook de taklengte en het takgewicht (drooggewicht) nemen toe bij een hogere lichtintensiteit.
Os, P. van (onderzoek) 1989/1999 Invloed assimilatiebelichting op productie en kwaliteit Gerbera. PBG-rapport 83 59 p. Belichting bij Gerbera nog lang geen uitgemaakte zaak. Vakblad voor de Bloemisterij, 6 p 56-58 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - Belichting voorkomt knopverdroging deels in de herfst en winter en geeft grotere bloemen; - De productiepiek in het voorjaar wordt lager; - De kosten van belichting worden bij Gerbera niet goedgemaakt; - In 1999 zijn er weer nieuwe pioniers in de praktijk. Is de combinatie licht/CO_2 wel rendabel?
Rijssel, E. van, Vogelesang, J., Leeuwen, G. van (onderzoek) 1995. Optimaal belichten : effecten van assimilatiebelichting op opbrengsten en kosten bij roos. PBG-rapport 8 36 p. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - De productie (kg/m^2) neemt recht evenredig toe met de ontvangen lichtsom; - Er is geen na-effect geconstateerd als met de belichting wordt gestopt; - Het effect van de belichting wordt groter naarmate de winter vordert. Vanaf april wordt het effect van (lamp)licht snel minder; - Optimaal belichten betekent per etmaal veel uur belichten (pas afschakelen bij 150 Watt zonlicht), en de intensiteit van belichten aanpassen aan de warmtebehoefte (zoveel mogelijk warmte-overschot situaties vermijden).
Rijssel, E. van, et al. (onderzoek) 1995. Belichten onder gesloten bovenscherm. PBG-rapport 4 38 p. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - De temperatuurverhoging onder gesloten scherm kan meestal geheel worden gecompenseerd door enige verlaging van de verwarmingstemperatuur. Alleen bij etmaaltemperaturen buiten boven 17°C loopt de etmaaltemperatuur binnen tot circa 1°C op; - De gemiddelde rv per etmaal wordt door schermsluiting niet beïnvloed; - Het aanbrengen van een bovenscherm werkt kostenverhogend, van f 2,- tot f 4,- per m^2.
Rijssel, E. van, Ploeger, C. (onderzoek) 1997 Economisch perspectief van assimilatiebelichting bij potplanten. PBG-rapport 42 28 p <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - Belichte planten hebben een duidelijk hoger plantgewicht dan onbelichte planten. Het plantgewicht wordt sterk bepaald door de ontvangen lichtsom tijdens de groeiperiode; - Belichting heeft slechts een beperkt effect op de teeltduur, de oppotdatum beïnvloedt de teeltduur wel in sterke mate; - Belichting verhoogt de kostprijs, mede door de hogere ruimtebehoefte van belichte planten. De kostprijs blijft onder de marktprijs op het moment van aanvoer; - Bij belichting van Cyclamen is bloei te realiseren in perioden met lage aanvoer en hoge prijzen; - Het bloeitijdstip van belichte Begonia's valt in een periode met gunstige prijzen.
Schouten, Aanholt, Gude (onderzoek) 1999. Lamptypen vragen meer onderzoek: te lang belichten nadelig voor Oriëntal-lilies.

Bloembollencultuur 25 p 13. Oriëntal prefereet oranje licht boven witte lampen. Vakblad voor de Bloemisterij 6 p 18-19 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>HPI-T lampen van Osram (wit licht) verkorten de trekduur en verminderen bladverbranding ten opzichte van SON-T lampen. De taklengte wordt minder en de knoppen blijven korter.</i>
Steinbacher, F., Dinkel, R., Hauser, A. (onderzoek) 1996 CO₂-Duengung und Assimilationslicht: Grandiflorum (Pelargonien) im Versuch. Deutscher Gartenbau, 21 p 1214-1216 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Een verhoging van de lichtintensiteit van 70 naar 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ geeft bij 350 ppm CO₂ wel een toename van het drogestofgewicht, maar geeft een negatief effect op de kwaliteit;</i> - <i>Bij 1000 ppm CO₂ heeft verhoging van de lichtintensiteit geen positieve effecten meer.</i>
Slootweg, G., Meeteren, U. van (onderzoek) 1990. Belichte rozen hebben extra zorg nodig. Vakblad voor de Bloemisterij 48 p 42-43 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Door belichting worden rozen kwetsbaarder. Het risico op houdbaarheidsproblemen wordt kleiner naarmate de aangehouden donkerperiode langer is;</i> - <i>Het grotere waterverbruik vereist, in alle schakels van de keten, extra aandacht voor vaatverstopping door bacteriën.</i>
Tantau, H.J. Dumke, C. (onderzoek) 1991. Lichtmengeregelung kritisch betrachtet. GbGw 39 p 1946-1947 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Belichting wordt steeds meer toegepast om de teelt onder controle te krijgen;</i> - <i>Relevante momenten om de belichtingsinstallatie aan en uit te schakelen zijn: de lichtintensiteit buiten, begin- en eindtijden van een laag stroomtarief en de warmtebehoefte van de kas;</i> - <i>Een lichtsomregeling is in gebruik om de teelt nog beter te programmeren.</i>
Uitermark, C.G.T., Mourik, N.M. van, Schüttler, H. (onderzoek) 1998. Invloed van assimilatiebelichting en plantleeftijd op de inductie van bloemtakken bij pot-Phalaenopsis. PBG-rapport 144 30 p <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Belichting tijdens de inductieperiode van zes weken vervroegt de bloemaanleg en bloei met een tot twee weken, maar niet de inductiesnelheid (aangelegde takken per week);</i> - <i>Belichting geeft meer planten met meer dan twee bloemtakken, maar ze zijn minder vertakt;</i> - <i>Oudere planten geven meer bloemen dan jongere planten.</i>
Verberkt, H. (onderzoek) 1995. Belichtingstrategieën bij potplanten. PBG-rapport 11, PBG-rapport 14 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - <i>Bij Hydrangea ontstaat er meer taklengte (vaker remmen, of DIF-behandeling).</i>

4.2.18 Voorlichtingsboodschap 'registratie en verwerking klimaatgegevens'.

E. van Rijssel (PBG), R. Grootscholten (OVTO)

Betekenis klimaatregistratie voor de praktijk

Bedrijfsregistratie klimaatgegevens vindt met name plaats ten behoeve van externe bedrijfsvergelijking. De komst van groeinet is enerzijds ontstaan vanuit de behoefte om het vergelijken van registratiegegevens te vergemakkelijken en heeft anderzijds ook een grote stimulans gegeven aan het registreren. Registreren en vergelijken van klimaatgegevens komt veel voor, met name bij de veel geteelde glasgroentegewassen. Goed vergelijkbare teelten komen bij snijbloemen- en potplantenteelt minder voor door het veel groter aantal teelten en cultivars die in productie zijn. Verschil in teelt en cultivar vormt een grote handicap voor de vergelijkbaarheid van data van verschillende bedrijven.

Registratie en vergelijking vindt plaats met gemiddelde cijfers per periode of week. Over de uit te wisselen data worden binnen de vergelijkingsgroepen afspraken gemaakt. Uniformering over groepen heen gaat de praktijk te ver. Het overzetten van data uit de klimaatcomputer naar de registratiecomputer is deels geautomatiseerd. Op verzoek van telers wordt gewerkt aan het overzetten van meer gedetailleerde data om ook grafieken extern te kunnen vergelijken.

Bedrijfsregistratie van klimaatgegevens voor intern gebruik komt nog weinig voor. Wel worden de ingestelde en gemeten klimaatsdata op de klimaatcomputer vastgelegd, waar ze ook in grafieken kunnen worden weergegeven. In grafieken kunnen instelling en realisatie over één of meerdere dagen worden vergeleken. De klimaatcomputer beschikt echter niet over uitgebreidere mogelijkheden tot vergelijking.

De cyclus van planning, registratie en analyse van verschillen tussen plan en realisatie wordt in de praktijk nog niet toegepast. Het belang ervan wordt voorzichtig onderkend maar de mogelijkheden van het automatisch verwerken van data tot bruikbare informatie ontbreken totnogtoe. Met 'Growing Energy' is een eerste aanzet gemaakt om de benodigde data geautomatiseerd naar de bedrijfscomputer over te zetten en te vertalen naar relevante informatie.

Doel klimaatregistratie

Het doel van klimaatregistratie is om te kunnen controleren in hoeverre de instelling leidt tot het gewenste kasklimaat en het verhogen van de productie, c.q. het verlagen van het gasverbruik door middel van de instellingen van de klimaatcomputer.

Conclusies onderzoek

- Controle van de uitvoering kasklimaat wordt veel toegepast. De beschikbare grafiekenprogramma's vormen een goed hulpmiddel. Opsporen van fouten in de instelling valt nog tegen omdat het inzicht ontbreekt welke data in één grafiek bijeen gebracht moeten worden.
- Geregeld worden instellingen afhankelijk van het weer gewijzigd. Zodra vergeten wordt om de wijziging bij weersomslag ongedaan te maken kan dit gemakkelijk leiden tot energieverspilling.
- Externe bedrijfsvergelijking vormt een goed hulpmiddel tot bewustwording van alternatieve mogelijkheden. De mogelijkheden om grafieken onderling uit te wisselen vormt een welkome aanvulling op de informatie-uitwisseling via groeinet.
- De cyclus plannen, uitvoeren, controleren en evalueren heeft wel de belangstelling van telers maar wordt niet toegepast. Het verzamelen en overzichtelijk maken van de benodigde informatie is bewerkelijk en niet geautomatiseerd.
- Het onderzoek ontwikkelt diverse mogelijkheden om de controle te verbeteren en te evalueren. Omzetting van de programma's naar PC-gebruik bij en voor de individuele ondernemer vormt echter nog geen onderdeel van de projecten.

Advies doelgroep telers

- Verzamel informatie over de lijnen die in één grafiek bijeen gezet moeten worden om te beoordelen of bepaalde instellingen wel de juiste uitwerking hebben.
- Houd bij welke instellingfouten hebben geleid tot een ongewenst verschil tussen instelling en realisatie.
- Houd bij welke wijzigingen in de instelling van de klimaatcomputer tot een ongewenst verschil in de productie hebben gemaakt. Bespreek dit met telers en andere betrokkenen.
- Wissel bevengende informatie uit met collega's die vanuit de praktijk ook aan niet interessante ervaringen van anderen.
- Verwerk de aantekeningen in een checklist van de instellingen in de computer of in het wijzigen van de klimaatinstelling van de computer.
- Vraag bij adviseurs en onderzoek naar de mogelijkheden om de juiste werking van nieuwe bestuursmiddelen vanuit de energieregistratie te realiseren.
- Vraag bij adviseurs en onderzoek naar de mogelijkheden om verschillen tussen instelling en realisatie te signaleren en te analyseren. Vraag naar de mogelijkheden voor verbetering van de werking van de klimaatcomputer en de realisatie van de instelling.

Suggesties voor illustratie en demonstratie

Verzamel grafieken waarin ongewenste situaties in beeld komen, inclusief de lijnen waaruit blijkt waarom dit ontstaat.

Wetenschappelijke achtergrond

Een optimale inzet van de klimaatregeling wordt alleen verkregen via een planmatig gebruik ervan. Dit leidt tot maximale productie bij een minimaal verbruik van energie. Via een cyclus van plannen, uitvoeren, controleren en evalueren wordt maximaal geprofiteerd van ervaringen. Deze cyclus wordt algemeen gehanteerd voor sturing van bedrijfsprocessen en staat ook beschreven in het informatiemodel glastuinbouw en in het handboek kwaliteitszorg glastuinbouw en bloemisterij (Maas, 1995, Houwen, 1997). Bijstelling van plannen kan enerzijds plaatsvinden door evaluatie van voorgaande plannen, anderzijds door vergelijking met situaties die van buitenaf worden aangereikt, o.a. via externe bedrijfsvergelijking.

Klimaatplannen

Een klimaatplan vormt een onderdeel van een teeltplan waarin beschreven wordt hoe het doel van de teelt, de totale productie en de verdeling ervan over de teeltperiode, bereikt gaat worden. De plannen worden alleen gemaakt op het niveau van vierweekse perioden en pas kort voor uitvoering uitgewerkt tot plannen voor de kortere termijn van weken. De weekplannen dienen om in te spelen op afwijkingen in de ontwikkeling of het productieniveau van het gewas, afwijkingen ten opzichte van de verwachting (het plan) (Maas, 1995, Uffelen 1997). Een plan dient enerzijds om richting te geven aan de uitvoering en anderzijds om een evaluatie achteraf mogelijk te maken. De praktijk is dat deze plannen alleen bestaan in het hoofd van de teler.

Uitvoering kasklimaat, klimaatinstellingen maken

Het instellen van de klimaatcomputer of het wijzigen van een instelling is vrij complex in de zin dat er zeer veel zaken kunnen worden ingesteld en dat bepaalde combinaties van instellingen leiden tot het niet realiseren van de gewenste situatie of tot verspilling van energie. Zeker als instellingen vanwege de weersomstandigheden worden gewijzigd, wordt snel vergeten om bij een weersomslag de wijziging ongedaan te maken (Til, 1998).

Controle klimaatinstelling

De controle vindt plaats door confrontatie van de instelling met het gerealiseerde kasklimaat (Maas, 1995). De bestaande grafiekenprogramma's, zoals in vele klimaatcomputers beschikbaar, blijken goed aan de behoefte te voldoen om snel te kunnen controleren. Het vergt wel het nodige inzicht en ervaring om te bepalen welke lijnen in een grafiek bijeen gebracht moeten worden (Til, 1998).

Evaluatie en analyse uitvoering kasklimaat

Een evaluatie op erg korte termijn kan worden gemaakt door de instelling te confronteren met het daarbij verwachte gasverbruik. Een programma dat door het IMAG op de markt is gebracht voorziet daarin (Zwart, 1995). Een andere mogelijkheid is de onderlinge uitwisseling en vergelijking van grafieken (Gastel, 1997). Een probleem bij het intern en extern vergelijken van dag- of weekdata is dat data over het energieverbruik bijna nooit per dag en per afdeling beschikbaar zijn. Afleiden van het energieverbruik uit de gemeten buistemperaturen is goed mogelijk, doch daarbij moet het gemiddelde van de aanvoer- en retourtemperatuur, of de temperatuur op het midden van de spiraal, bekend zijn (Holsteijn, Van Rijssel, mededelingen). Deze wordt tot nu toe echter niet gemeten (Nijs, 1998).

Evaluatie met reeksen van data hebben tot nu toe weinig aandacht gehad uit het onderzoek. Incidenteel is gekeken of het effect van buitentemperatuur, wind en instraling valt af te leiden uit een interne vergelijking van weekdata. Dit bleek goed mogelijk (Van Rijssel 1983). Voor een externe bedrijfsvergelijking kunnen daarmee correcties worden aangebracht voor verschil in buitenklimaat en verschil in bedrijfsuitrusting. Dit behoort tot het servicepakket van het PBG (Goossens, 1997). Ook zijn alternatieve stookregimes en de inzet van bedrijfsmiddelen door te rekenen op de consequenties voor het energieverbruik (Zwart, 1994, Houter, 1991). De vertaling naar en de introductie van de mogelijkheden in de praktijk van het individuele bedrijf is echter nooit deel geweest van de onderzoekprojecten. Telers blijken wel degelijk belangstelling te hebben voor evaluatie en analyse van het gerealiseerde kasklimaat doch stellen wel dat het verzamelen en verwerking van de data tot bruikbare informatie niet erg tijdrovend mag zijn (Uffelen, 1997).

Telers zijn goed in staat om te leren uit het vergelijken van data. Ze hebben ook geld over voor programmatuur, grafiekenprogramma's, die ze daartoe in staat stelt (Gastel, 1997). De ontwikkeling van hulpmiddelen, inclusief programmatuur, om zinvol te kunnen evalueren zal echter door moeten gaan tot de toepassing op en door het individuele bedrijf. Zodra het bijeenbrengen of bestuderen van cijfers wat meer tijd kost valt de toepassing op praktijkbedrijven af.

Literatuuroverzicht

Gastel T. (vakredacteur) 1997

Registratie: als je het gewend bent, wil je nooit anders meer. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 19 p 10-11

Relevante conclusies/resultaten:

- *Het historisch overzicht kan nu niet alleen worden uitgeprint maar ook worden overgezet op de registratiecomputer. Dit maakt het mogelijk daggrafieken te maken en uit te wisselen.*
- *De frequentie waarmee het historisch overzicht wordt geprint is nog wat laag om mooie grafieken te verkrijgen.*
- *Uitwisselen van grafieken is interessant en heel leerzaam.*

Goossens H. (studieclub Westland) 1997

Energie: lagere kosten met energiewerkplannen. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 7 p 8-9. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - Registratie en vergelijking van energieverbruik en klimaatgegevens maakt je bewust van mogelijkheden. - Uitwisselen van grafieken geeft veel extra mogelijkheden. - PBG kan het gasverbruik corrigeren voor verschil in bedrijfsuitrusting en buitenklimaat (kosten f. 125,-)
Houter, G., Rijdsijk, A.A. (onderzoek) 1991 ECP-model: simulatiemodel voor energieverbruik, CO₂-verbruik en kg-productie in de glastuinbouw: gebruikershandleiding. PTG-verslag 8 91 p
Houwen, M.S.Y. van der (onderzoek) 1997 Werkhandboek kwaliteitszorg bloemisterij. PBG-rapport 126 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - Schema kasklimaatregeling van planning tot analyse, 69 p
Nijs, L., Berg, G.A. van den (onderzoek) 1998 Ontwikkelen en introduceren van een methodiek ter oplossing van klimaatverschillen in kassen. PBG-rapport 147 34 p
Maas, A.A. van der, Houwen, M.S.Y. van der, Uffelen, R.L.M. van (onderzoek) 1995 Geïntegreerde kwaliteitszorg in de glastuinbouw, werkhandboek. PBG-rapport 23, bijlage. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - Procedure beschrijving klimaatbeheersing van planning tot analyse, inclusief beschrijving verantwoordelijkheden en werkinstructies.
Ruijs, M., Goossens, H. (onderzoek) 1996 Kasklimaat bepalend voor optimaal gasverbruik. Groenten en Fruit, vakdeel Glasgroenten 41 p 14-15. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - Vergelijking van gasverbruiken wordt verstoord door verschillen in buitenklimaat en bedrijfsuitrusting. - Effect van verschil in kasklimaat groter dan de verstorende effecten.
Rijssel, E. van (onderzoek) 1983. Stoken met voorbedachten rade : verslag van een onderzoek naar de oorzaken van verschillen in brandstofverbruik bij de teelt van vroege stooktomaten. LEI Den Haag NL Onderzoekverslag. Landbouw-Economisch Instituut nr 3 55 p.
Stijger, H. (vakredacteur) 1998 Planning en evaluatie van klimaat levert geld op. Oogstplus voor de glasgroenteteelt 5 p 6-7. <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - Paprikateler Eric Vijverberg zegt: naar computerafdraken kijk je niet echt. Registratie is meer gestructureerd maar registratie op papier is erg bewerkelijk. - Bij hogere instraling heeft de minimumbuis nauwelijks nog effect. - Terugstellen oude instelling bij overgang van warme naar koude dagen wordt snel vergeten.
Til, R. (vakredacteur) 1998 Grafieken vertellen veel, maar alleen op aanvraag. Oogstplus voor de glasgroenteteelt 5 p 8-9 <i>Relevante conclusies/resultaten:</i> - IPC-praktijkschool heeft ervaring met analyse grafieken. - Grafiek vertelt dat schakelvertraging is uitgezet of dat de nacht/dag-overgang niet astronomisch verloopt. - Voor controle luchtinstelling grafiek met: raamstand, buitentemperatuur, windsnelheid, kastemperatuur en rv. - Voor controle ketel en klepregeling grafiek van kastemperatuur, buistemperaturen en keteltemperatuur en eventueel raamstand. - Kouval op de meetbox kan leiden tot vreemde, niet te verklaren en niet representatieve meetdata. - Controle CO₂-toediening door grafiek van CO₂-concentratie, dosering en raamstand
Uffelen, R. van, Bakker, R. (onderzoek) 1997 Planmatig klimaatbeheersen biedt teelt en energievoordelen. Vakblad voor de Bloemisterij 38 p

52-53

Relevante conclusies/resultaten:

- *Het doorlopen van de cyclus; plannen, uitvoeren, controleren en analyseren wordt door telers als zinvol ervaren. Het betreft data over kasklimaat, weer, gewasontwikkeling en productie.*
- *Handmatig uitvoeren van de analyse is te bewerkelijk en niet overzichtelijk.*

Uffelen, R. van, Raaphorst, M., Paassen, R. van (onderzoek) 1997

Growing energy, managementondersteuning voor energiezuinige klimaatbeheersing. Agro-informatica juni 1999 p 24-27

Relevante conclusies/resultaten:

- *Papieren registratie kost te veel tijd, registratie klimaatgegevens moet automatisch. Dit kan inmiddels met 'growing energy', een programma dat data importeert uit de klimaatcomputer en uit groeinet.*
- *Analyse moet korter, alleen op hoofdlijnen. Verdieping kan via de dagregistratie/grafiek. 'Growing Energy' maakt rapporten met grafische plaatjes*

Uffelen, R. van (onderzoek) 1997

Functioneel ontwerp prototype 'Growing Energy'. PBG, interne nota 24 p met bijlagen.

Relevante conclusies/resultaten:

- *Afwijking plan-realiseatie wordt in stappen geconfronteerd met data uit buiten- en binnen-klimaat. Deze klimaatdata zijn vooraf beoordeeld als normaal of extreem.*
- *De teler legt verband tussen afwijkingen en klimaatextremen naar eigen inzicht.*

Zwart, H.F. de, Huijs, J.P.G. (onderzoek) 1994

Optimale bufferafmeting bij assimilatiebelichting met WKK in eilandbedrijf in de glastuinbouw. IMAG-DLO rapport 94-24 50 p

Zwart, H.F. de, Huijs J.P.G. (onderzoek) 1995

Energieverbruikseffecten van kasklimaatsetpoints. IMAG-DLO rapport 95-24 63 p

LITERATUUR

Rijssel, E. van, Ploeger C. 1997

Voorlichting op basis van onderzoek. Tien voorlichtingsboodschappen over energie in de glastuinbouw. PBG-rapport 99, 75 p

Vuyk, D.H., Germing, G.H. 1986

Onderzoek naar energiebesparing en doelmatig energieverbruik ten behoeve van de glastuinbouw: evaluatie van het uitgevoerde onderzoek over de periode 1980-1986. LNV ['s Gravenhage] NL 124 p

Welles, G.W.H., Rijssel, E. van, Bakker, J.C. 1993

Energiebesparingsonderzoek glastuinbouw: een stimuleringsprogramma in het kader van de Meerjarenafspraak Energie. LNV ['s Gravenhage] NL 59 p

BIJLAGE A: Het enquêteformulier ten behoeve van de evaluatie van rapport 99

Enquête bruikbaarheid rapport 'Voorlichting op basis van onderzoek'.

Naam :
 Naam bedrijf :
 Type bedrijf : productietuinbouw/voorlichting/onderzoek/tuinbouwtoelevering
 /anders
 Adres bedrijf :

Vragenlijst:

1. Wat was de aanleiding tot aanvraag rapport: ☐ artikel Vakblad Bloemisterij
☐ artikel Groenten en Fruit
☐ artikel Energieflits
☐ advies collega
☐ anders

- 2. Hoe is de leesbaarheid van de voorlichtingsboodschappen in het rapport?**

- | | | |
|-----|-------------------------|--|
| 2.1 | de tekstindeling | helder - 1 2 3 4 5 - onbruikbaar |
| 2.2 | de schrijfstijl | duidelijk - 1 2 3 4 5 - onleesbaar |
| 2.3 | mist u illustraties | groot gemis - 1 2 3 4 5 - heb ze zelf |
| 2.4 | het literatuuroverzicht | zeer nuttig - 1 2 3 4 5 - onbelangrijk |

3. Wat vindt u van de onderwerpen van de voorlichtingsboodschappen?

	vaak bruikbaar	soms bruikbaar	wellicht ooit bruikbaar
Verwarmingsketel, afstelling en regeling	0	0	0
CO ₂ -productie en -verdeling	0	0	0
Warmte/Kracht	0	0	0
Warmtebuffer	0	0	0
Energiescherm	0	0	0
Belichtingsstrategie	0	0	0
Klimaatregeling, temperatuur en vocht	0	0	0
Klimaatregeling CO ₂ -concentratie	0	0	0
Minimumbuis-regeling	0	0	0
Krijt op de kas	0	0	0

Welke onderwerpen mist u?

.....	0	0	0
.....	0	0	0
.....	0	0	0
.....	0	0	0

4. Wat vindt u van de toegankelijkheid van vakliteratuur? goed - 1 2 3 4 5 -
onvoldoende
- 4.1 Beschikt u over een elektronische zoekmogelijkheid naar titels/trefwoorden
ja/nee
zo neen, wenst u daarover te beschikken? ja - 1 2 3 4 5 -
neen
waaraan denkt u bij een zoekstelsel? eigen netwerk/CDrom/Internet/
anders
- 4.2 Hecht u waarde aan extra informatie in een zoekstelsel?
meer gedetailleerde zoekmogelijkheid op trefwoorden veel - 1 2 3 4 5 - weinig
relevante onderzoekresultaten / conclusies veel - 1 2 3 4 5 - weinig
5. Welke literatuur heeft u nu en hoe gebruikt u die?
- 5.1 Welke vakbladen heeft u ter beschikking ☐ Vakblad voor de Bloemisterij
☐ Groenten en Fruit
☐ Energieflits
☐ Agrarisch dagblad
☐ anders
☐ anders
☐ anders
- 5.2 Heeft u onderzoeksrapporten ter beschikking?
van het PBG neen - 1 2 3 4 5 - meestal wel
van het LEI-DLO neen - 1 2 3 4 5 - meestal wel
van het IMAG-DLO neen - 1 2 3 4 5 - meestal wel
van de overige DLO-instituten neen - 1 2 3 4 5 - meestal wel
van buitenlandse instellingen neen - 1 2 3 4 5 - meestal wel
andere, uit diverse bibliotheken neen - 1 2 3 4 5 - meestal wel
op aanvraag
- 5.3 Leest u onderzoeksrapporten? in 1997 totaal 1 2 3 4 5 >5
- 5.4 Wat leest u daarin?
Inhoudsopgave altijd - 1 2 3 4 5 - nooit
samenvatting altijd - 1 2 3 4 5 - nooit
conclusies altijd - 1 2 3 4 5 - nooit
tabellen altijd - 1 2 3 4 5 - nooit
figuren altijd - 1 2 3 4 5 - nooit
interessante hoofdstukken altijd - 1 2 3 4 5 - nooit

BIJLAGE B: Uitslag van de enquête

		aantal respondenten	17	5	6	7	4	39
			voorl.	toelev.	teler	ener. bedr.	onder-wijs	totaal
Vraag:	Antwoord mogelijkheid							
1	Aanleiding aanvraag							
	art. Vakblad v.d. Bloemisterij	% =	27.5	26.7	66.7	14.3	8.3	29.1
	art. Groente en Fruit	% =	11.8	26.7	0.0	7.1	8.3	10.7
	art. Energie-Flits	% =	27.5	26.7	33.3	50.0	83.3	38.0
	advies collega	% =	15.7	20.0	0.0	0.0	0.0	9.4
	anders	% =	23.5	0.0	0.0	28.6	0.0	15.4
2	Leesbaarheid							
2.1	tekstindeling	helder = 1 onbruikbaar = 5	1.8	2.2	1.8	2.2	2.0	1.9
2.2	stijl	duidelijk = 1 onleesbaar = 5	1.6	2.2	2.0	2.2	1.8	1.9
2.3	illustraties	groot gemis = 1 heb ze zelf = 5	3.1	2.6	3.2	3.3	2.8	3.0
2.4	litteratuur overzicht	nuttig = 1 onbelangrijk = 5	2.3	2.6	2.7	2.7	2.5	2.5
3	Onderwerpen voorl.boodschap							
	vaak bruikbaar = 1, soms bruikbaar = 2 wellicht ooit bruikbaar = 3							
	Verwarmingsketel		1.6	1.3	1.8	1.3	1.3	1.5
	CO ₂ productie		1.2	1.0	1.8	1.3	1.3	1.3
	W/K-installatie		1.4	1.5	2.0	1.3	1.3	1.5
	Warmtebuffer		1.4	1.0	2.0	1.4	1.3	1.4
	Energiescherm		1.7	1.2	1.7	1.7	1.3	1.6
	Belichtingsstrategie		1.8	2.0	2.0	1.8	1.3	1.8
	Klimaat regeling temp./ rv		1.6	1.5	1.7	1.6	1.3	1.6
	Klimaat regeling CO ₂		1.4	1.5	1.7	1.3	1.3	1.4
	Minimum buis regeling.		1.4	1.8	1.8	1.6	1.3	1.5
	Krijt op de kas		1.8	2.5	2.7	2.3	1.3	2.1
	Behoefte aan update:	aantal keer genoemd						
	Verwarmingsketel							
	Richtlijnen installatie ketel		0	0	1	0	0	1
	Expansie installatie		0	1	0	0	0	1
	Klimaatregeling temperatuur / rv							
	Benutting klimaatcomputer		1	0	0	0	0	1
	Luchting		0	1	0	0	0	1
	Plantprocessen temp. / rv		0	0	0	0	1	1
	Tijdstip berekening etmaaltemperatuur		1	0	0	0	0	1
	Klimaat meting en -onderhoud		0	0	0	1	0	1
	Belichtingsstrategie							
	Licht-productie-relatie		0	1	0	0	0	1
	Lichtopbrengst assimilatielampen		0	0	1	0	0	1
	Reflectie armaturen		0	0	1	0	0	1

aantal keer genoemd

<i>Gemiste onderwerpen:</i>								
	Warmtepomp		2	3	0	0	0	5
	Temperatuurverdeling		2	2	0	0	0	4
	Alternatieve energie							
	Zon/windenerg./biomassa		2	0	0	0	1	3
	Ondergrondse warmteopslag		0	2	0	0	0	2
	Restwarmte		0	0	0	1	0	1
	Elektra besparing		2	0	0	0	0	2
	Condensor op condensor net		0	0	0	2	0	2
	Del X-regeling		1	0	0	0	0	1
	Verwarmingsnetten							
	Positionering / richtlijnen installatie		0	0	0	1	0	1
	Effect afdelingsgrootte		0	1	0	0	0	1
	Effect kashoogte op klimaat		0	1	0	0	0	1
	Recirculatie vanuit de ondergrond		0	0	1	0	0	1
4	Toegang vakliteratuur	goed = 1 onvoldoende = 5	2.2	3.0	2.0	2.2	2.5	2.3
4.1	Zoeken op trefwoord	% neen =	64.7	60.0	66.7	85.7	75.0	69.2
	zo neen	gewenst = 1 neen = 5	2.3	2.3	1.8	3.6	1.3	2.3
	gewenst zoekstelsel							
	op eigen net =		3			1		4
	via CD-rom =		2	1	6	2	2	13
	via internet =		3	2	1	1	2	9
	anders =		1				1	2
	geen =		8	2		3		13
4.2	Waarde zoekstelsel							
	zoeken op trefwoord	veel = 1 weinig = 5	2.7	2.0	1.7	2.8	1.3	2.3
	toevoeging van conclusies	veel = 1 weinig = 5	2.9	2.0	1.7	2.2	1.0	2.2
5	Gebruik literatuur							
5.1	Vakblad voor de Bloemisterij	% =	94.1	100.0	83.3	71.4	100.0	89.7
	Groente en Fruit	% =	70.6	100.0	50.0	71.4	100.0	74.4
	Energie-Flits	% =	70.6	100.0	66.7	100.0	100.0	82.1
	Agrarisch dagblad	% =	17.6	20.0	0.0	14.3	25.0	15.4
	Overige bladen:							
	Oogst	% =	17.6	0.0	16.7	28.6	0.0	15.4
	Boerderij	% =	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
	Grower	% =	5.9	0.0	0.0	0.0	25.0	5.1
	Gärtnerbörse	% =	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
	Broch.veredelingsbedr.	% =	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
	Brochures toel.v.bedr.	% =	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
	Brochures banken	% =	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
	LTO-bladen	% =	0.0	0.0	16.7	0.0	0.0	2.6
	Gas	% =	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Energie&Milieu	% =	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Spectrum							
	Veiling bladen	% =	11.8	20.0	0.0	14.3	0.0	10.3
	Eigen bibliotheek	% =	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Diversen	% =	17.6	20.0	0.0	0.0	0.0	10.3

5.2	Beschikbaarheid rapporten	neen = 1, meestal wel = 5						
	PBG		3.7	2.4	3.8	2.0	3.8	3.3
	LEI-DLO		2.9	3.2	2.0	2.7	3.3	2.8
	IMAG-DLO		2.8	2.4	1.6	1.7	3.0	2.4
	Overig DLO		2.4	2.0	1.4	1.3	2.3	2.0
	buitenl		2.2	1.8	1.2	1.1	1.5	1.7
	anders		2.5	1.8	1.8	1.3	1.8	2.0
5.3	Aantal gelezen rapporten	gemidd.aant. =	3.8	3.2	3.7	1.6	4.3	3.3
5.4	Wat leest u daarin	altijd = 1, nooit = 5						
	inhoud		1.5	1.6	1.2	1.7	1.3	1.5
	samenvatting		1.3	1.8	1.0	1.7	1.3	1.4
	conclusies		1.5	1.4	1.0	1.7	1.5	1.4
	tabellen		2.7	3.2	2.0	2.8	2.3	2.6
	figuren		2.6	2.2	1.8	2.3	2.3	2.3
	interessante hoofdstukken		1.8	2.2	2.0	2.6	1.8	2.0

BIJLAGE C: Trefwoordenregister

Standaardwoorden	Keyword in CAB	Titel- en abstractwoorden	
Nederlands	Engels	Nederlands	Duits
Engels			Engels
ALGEMEEN			
tuinbouw	horticulture	tuinbouw	Gartenbau(betrieb) / Gaertnereibetrieb (en)
glastuinbouw	glasshouses / greenhouse culture / indoor culture / indoor cultivation	glastuinbouw / -bedrijven / glasteelt(en) / kasteelt(en)	Unterglas-Gemüseanbau
teeltmethoden	cultural methods	teeltmethode(n)	
energiebesparing	energy conservation	energiebesparing	
BEDRIJFSINSTALLATIES	FARM EQUIPMENT	BEDRIJFSINSTALLATIES	HEIZUNGSANLAGE
verwarmingsketels	heaters	ketel(s) / verwarmingsketel(s) / brander(s)	heizungskessel / Kesselhaus
heteluchtkachels	heaters / stoves / air heaters	heteluchtkachels / hetelucht kachels / hetelucht-kanonnen	hot-air guns
warmtekracht installaties	heat / power	warmtekrachtkoppeling / WKK / warmtekracht / warmte-kracht / warmte/kracht / total-energy / WK.. / W/K.. / TE..	BHKW / blochheizkraftwerk / Kraft-Waerme-Kopplungsanlagen / Verbrennerkraft-maschinen
			total energy

condensors	condensers / coolers / waste gases	rookgascondensor(s)	abgaskondensator / bremmwaardgerät
warmteopslag	energy / storage	warmteopslag / warmte-opslag / warmte - opslag / warmtebuffer / buffer..	
pompen	pumps	pomp(en)	
CO ₂ -bemesting (rookgas afzuiginstallatie)	carbon dioxide	CO ₂ -voorziening / CO ₂ / NOx / koolmonoxide / ethyleenschade	CO ₂ / CO ₂ enrichment / pollution / oxide / oxides / low-NOx / ethylene
CO ₂ -bemesting (zuiver CO ₂)	carbon dioxide	CO ₂	CO ₂ enrichment
KASINSTALLATIES	GLASSHOUSE / GREENHOUSE / EQUIPMENT		gartenbautechnik
verwarmingsnetten	heating	stookstelsysteem	heizung
warmteverdeling	temperature / regulation	temperatuur / verscillen / temperatuurverdeling / temperatuurverscillen / buizenet / buis	
buis verwarming			heizenstralen
grond verwarming	soil heating		
tablet verwarming			
betonvloer verwarming	heating / concrete		
gewasverwarming		groei-buis	
infrarood verwarming	infrared radiation		
luchtingsstelsysteem	ventilation	luchten	
daksproeiers	sprijklers / sprayers		
scherminstallatie	screens / shading / thermal screens	scherm / energie	energieschirme
nevel installatie	mist blowers / mist sprayers		high-pressure mist
belichtingsinstallatie	lighting / artificial lighting		
CO ₂ -verdeelsstelsysteem	carbondioxide / efficiency	koolzuurgas	

ventilatoren	ventilators	luchtcirculatie		
KASSENBOUW	CONSTRUCTION / GREEN-HOUSES / GLASSHOUSES	kas / kassen	gewaechsha@	
kasconstructie		bouw / kassenbouw / norm / ontwikkeling		greenhouse construction
dek materiaal		glas / kunststof / plastic / dek		
luchtraam constructie		luchtraam / luchtramen		ventilating / sash window
gesloten kassen		gesloten		
GEWASKEUZE EN PRODUCTIEMETHODEN				
gewaskeuze				
veredeling	breeding / plant breeding / domestication / acclimatization			
ruimtebenutting				
gesloten systemen				hydroponics
ontsmetting	desinfection / decontamination	grondstomen / stoom / stomen		
REGELTECHNIEK VOOR BEDRIJFS- EN KASINSTALLATIES	STEERING / REGULATION / PROCES CONTROL			CONTROL SYSTEM
ketels	heaters	ketelregeling		heater
warmte-kracht installaties	heat / power			
warmteopslag tanks	energy / storage			
pompen	pumps			
verwarmingsnetten	heating	minimum buistemperatuur / maximum buistemperatuur		
condensornetten	condensers			

ventilatoren	ventilators			
koelnetten				
scherm(en)	screens / thermal screens		schermregeling	
belichtinginstallaties	lighting / artificial lighting			supplemental lighting
CO ₂ -dosering	carbon dioxide			
luchtramen	ventilation		lueftung	ventilating / sash window
KASKLIMAATREGELING	ENVIRONMENTAL CONTROL / REGULATION			GREENHOUSE CLIMATE / CLIMATE CONTROL
klimaatregeling algemeen			kasklimaat	
(kas)temperatuur	temperature / heating / ventilation		stoken / warmte / ventilatie / temperatuurregeling / minimum buis	heating / ventilation
luchtvochtigheid / rv	humidity		vochtrekening / vochtthuishouding / rv	
CO ₂ -bemesting	carbon dioxide			
integratie deelregelingen				
grond- /substraattemperatuur	soil temperature			
KLIMAATMETING	CLIMATE MEASUREMENT			
meetmethoden	measurements / methodology			
meetposities				
onderhoud sensoren	sensors / maintenance			
verwerking meetdata				
t.b.v. de regeling				
t.b.v. de registratie / controle				

KLIMAATSMODELLEN		fotosynthese model/module		
ALTERNATIEVE ENERGIEBRONNEN	ENERGY SOURCES / ENERGY RESOURCES / NATURAL RESOURCES		energiequellen	
rest- en afvalproducten				renewable resources
restwarmte	energy recovery	regiowarmte		waste heat
afvalwarmte	waste heat utilization		Niedertemperatuura bwaerme	
CO ₂ levering	carbon dioxide			
overige energiebronnen				
warmtepomp	heat pump			
windenergie	wind power	wind@ / windmolens	wind@	
zonne-energie	solar energy	zonne@ / zonnecollectoren	solar@ / sonne@	
aardwarmte				earth tube heat
absorptiekoeling				cooling / heat transfer
alternatieve brandstoffen				fuels
kolen	coal			
biomassa	biomass / biogas		biomass / bio-energy	biomass / fuel crops
stortgas				gases
				methane / biogas / natural gas
EVALUATIE ENERGIEBESPARENDE MAATREGELEN	CONTROL / MONITORING			
bedrijfsregistratie / -vergelijking	management / production			
energieverbruik	energy consumption / fuel consumption			

kasklimaat	climate			
management	management			
evaluaties				
relaties				
modellen	operations research / simulation / linear programming			
beslismodellen	information / automation / information systems / decision making			
BELEIDSONDERSTEUNING	monitoring			
sectormodellen				
scenario`s				
beleidsevaluaties				
SYMPOSIA				
tentoonstellingen		NTV / horti fair / hortec		NTV / horti fair / hortec