A
09
B
16

BIBLIOTHEEK
PROEFSTATION VOOR TUINBOUW
ONDER GLAS TE NAALDWIJK

Eindrapportage

Kas met gesloten dek (semi-gesloten kas) PTG

10 december 1992

Dit onderzoek is uitgevoerd op het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk in de periode februari 1990 t/m september 1992.

J.C. Bakker
Sectie kasklimaat PTG Naaldwijk
Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk
01740-36700

Overname van gegevens uit dit rapport zonder toestemming van het PTG is niet toegestaan.

0220709

Voorwoord

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van een samenwerkingsproject tussen het PTG in Naaldwijk en kassenbouwer Hordijk BV uit Berkel en Rodenrijs. Het totale project is gefinancierd door de NOVEM (Nederlandse ontwikkelingsmaatschappij Voor Energie en Milieu), het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, kassenbouwer Hordijk BV en de provincie Zuid Holland.
Dit rapport beschrijft het onderzoek in het PTG project 246 waarin drie samenhangende projecten zijn uitgevoerd:

1 - Onderzoek naar het gedrag van het klimaat in een kas met een gesloten dek en ventilatorsysteem voor luchtbehandeling (Ref.: CvW/CF/89/P493)
2 - Verbetering ventilatiesysteem Hordijkkas (testfase) (Ref.: HvO/AvV/91/P2768)
3 - Aanpassing kas met gesloten dek en ventilatorsysteem voor luchtbehandeling (Ref.: HvO/JB/91/P2823)

Aan de totstandkoming van dit onderzoek hebben een groot aantal personen een bijdrage geleverd in de vorm van advisering, begeleiding, aanleg van de installaties, programmering, uitvoering van metingen voor en tijdens de experimenten en teeltwerkzaamheden. Een woord van dank gaat met name uit naar de onderstaande personen:

PTG:
A. Arendzen, A. Heskes, P. Koorneef (Technische dienst)
G. Bergman, G.P.A. van Holsteijn, A.A. Rijsdijk, G.W.H. Welles (Afdeling Teelt en Kasklimaat)
L. Spaans (Sectie Informatica)
J. Lekkerkerk, H. Wulff, J. de Bonte (Afdeling Tuin)
E. Kooistra, H. van Oosten (Direktie)

TFDL:
L. Noort

Hordijk BV:
A. Hordijk, G. Hordijk

IMAG:
N. van de Braak, G.P.A. Bot

TU-Delft:
A.H.C. van Paassen, R.H.C. Reudink

Samenvatting

Begin 1990 is op het PTG een kas gebouwd met een gesloten dek en een ventilatorsysteem met verdampingskoeling. De belangrijkste doelstelling van het onderzoek in deze kas was na te gaan in hoeverre met deze uitrusting een kasklimaat gerealiseerd kon worden dat geschikt is voor de teelt van glastuinbouwgewassen en in hoeverre de energie-efficiëntie kan worden verhoogd als gevolg van een hogere lichttransmissie en CO_2 concentratie.

Na een eerste testperiode is het gebruikte ventilatiesysteem (twee ventilatoren per kap met folieslurf voor luchtverdeling) aangepast. De belangrijkste redenen hiervoor waren: te hoog geluidsniveau, slechte temperatuurverdeling en te grote afmeting van de verdeelslurven.
De aangepaste versie bestond uit vier centrifugaalventilatoren per kap voorzien van polystyreen verdeelkanalen en een verdampingskoeling. De totale ventilatiecapaciteit bedroeg 75 m^3 m^{-2} uur^{-1}. Voor de aanzuigopeningen werd een 100 micron filter aangebracht om schadelijke insekten te weren.

In mei 1992 werd gestart met een teeltexperiment met tomaat als toetsgewas. Tijdens deze testperiode bleek de installatie voldoende capaciteit te hebben om aan de gestelde ontwerpeisen (m.b.t. het temperatuur- en luchtvochtigheidsniveau) te voldoen.
De temperatuur- en vochtgradiënt in de lengterichting van de kas zijn verwaarloosbaar klein en de uitstromende lucht heeft geen negatieve gevolgen voor de groei en produktie.
Het energieverbruik van de ventilatoren en bevochtigingspomp bedroeg tijdens de periode half mei t/m eind september ruim 33 kWh m^{-2}. Op basis van ventilatiemetingen in de praktijk en simulatie met een referentiejaar is geschat dat in een praktijksituatie het energieverbruik bij deze installatie voor een standaard (tomaten)teelt ongeveer 48 kWh m^{-2} bedraagt. Bij afname van het net moet hiervoor ca. 13.1 m^3 gas gerekend worden en de extra elektriciteitskosten bedragen ca. 7.20 m^{-2} per jaar. Als gevolg van de dichtere kas daalt het gasverbruik voor verwarming met maximaal 1.5 m^3 m^{-2} $jaar^{-1}$. Het totale energieverbruik (voor verwarmen en ventilatie) bij een tomatenteelt stijgt bij toepassing van dit systeem met ongeveer 20%. De hiermee samenhangende extra CO_2 emissie bedraagt 215 tot 335 ton CO_2 ha^{-1} $jaar^{-1}$.
De geschatte produktieverhoging als gevolg van de hogere lichttransmissie en hogere CO_2 concentratie is op jaarbasis maximaal 4 tot 5%.
Op basis van deze gegevens geconcludeerd worden dat de energie-efficiëntie in een semi-gesloten kas met dit ventilatiesysteem daalt met 13% ten opzichte van een venlo kas.
De verwachtte produktiewinst is dermate gering dat dit bij het huidige gemiddelde produktieniveau in de glastuinbouw, nog afgezien van de extra investeringen en onderhoudskosten, niet opweegt tegen de jaarlijkse extra energiekosten.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
2	Oorspronkelijke installatie	1
2.1	Kasconstructie en verwarming	1
2.2	Ventilatiesysteem met verdampingskoeling	2
2.3	Klimaatregeling	2
3	Resultaten testperiode mei t/m augustus 1990	3
3.1	Gerealiseerde klimaatomstandigheden	3
3.2	Energieverbruik	5
3.3	Gewasreaktie	5
3.4	Algemeen	7
3.5	Conclusies op basis testmetingen in 1990	7
4	Aanpassing ventilatiesysteem	8
4.1	Voorgestelde aanpassingen	8
4.2	Testresultaten ventilator-unit met kanaal	8
4.3	Aangepaste installatie	9
5	Testresultaten met aangepaste installatie	10
5.1	Geluids- en capaciteits metingen	10
5.2	Klimaatregeling en temperatuur- en vochtverdeling	10
5.2.1	Klimaatregeling	10
5.2.2	Temperatuur en vochtgradiënt	14
5.2.3	Luchtbeweging en -snelheid	14
5.3	Energieverbruik	15
5.4	Gewasreaktie	18
5.4.1	Groei en ontwikkeling	18
5.4.2	Gemeten produktie	18
5.4.3	Simulatie produktie in semi-gesloten en normale kas	19
5.5	Energie-efficiëntie en CO_2 emissie	20
5.6	Algemene punten	21
6	Conclusies	22
7	Samenvatting evaluatie 2 december 1992	23
Literatuur		25

Bijlagen:

1 Meting lichttransmissie
2 Schema klimaatregeling oorspronkelijke installatie
3 Geluidsmetingen oorspronkelijke installatie
4 Schema luchtbeweging
5 Geluidsmetingen testopstelling
6 Luchtopbrengst testopstelling
7 Schema aangepaste klimaatregeling
8 Schema nieuwe installatie
9 Geluid en luchtopbrengst aangepaste installatie
10 Vergelijking semi-gesloten kas met normaal geventileerde kas m.b.t. gerealiseerd klimaat en regelakties
11 Verschenen vakpersartikelen en persberichten

1 Inleiding

Eind 1989 is door het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas een project gestart gericht op de teelt van gewassen in een kas met een gesloten dek. Dit project is voortgekomen uit het kassenproject van de TU-Delft. Op basis van het TU-project is in 1986 de golfkas ontwikkeld en in samenwerking met kassenbouwer Hordijk B.V. is een start gemaakt voor het ontwerpen van een prototype. Belangrijk onderdeel van dit type kas wordt gevormd door het (mechanische) ventilatiesysteem.
Het ventilatiesysteem is door de TU ontwikkeld en getest in een kasafdeling van het IMAG in Wageningen. Na de positieve resultaten is vervolgens besloten over te gaan tot de bouw van een prototype op semi praktijkschaal op het terrein van het PTG in Naaldwijk. Begin 1990 is deze kas (met een afmeting van 1400 m^2) gerealiseerd.
Het voordeel van deze kas boven een traditionele kas is in de eerste plaats de hogere lichttransmissie. Daarnaast kan door de verdampingskoeling volstaan worden met een lager ventilatievoud. Hierdoor kan bij gelijkblijvende CO_2 dosering een hogere CO_2 concentratie gehandhaafd worden. Het resultaat is een hogere produktie. Een ander voordeel van dit systeem is de optie van filtering van de ventilatielucht waardoor schadelijke insekten worden geweerd. Hierdoor kan mogelijk het gebruik en de emissie van chemische bestrijdingsmiddelen dalen.
Op basis van de resultaten met het oorspronkelijke ventilatiesysteem is in 1991 een plan uitgewerkt voor aanpassing. Na goedkeuring van de project-beschrijving is door de NOVEM en de provincie Zuid-Holland en het PTG de benodigde financiering verzorgd. De tweede week van mei 1992 is in twee kappen de nieuwe installatie opgeleverd.

De belangrijkste doelstelling van het onderzoek was na te gaan in hoeverre in deze kas een kasklimaat gerealiseerd kon worden dat geschikt is voor de teelt van glastuinbouwgewassen en in hoeverre de energie-efficiëntie kan worden verhoogd als gevolg van een hogere lichttransmissie en CO_2 concentratie. Bij de aanpassing van de installatie in 1992 zijn filters geplaatst om insekten te weren. Hiermee werd de doelstelling aangepast in het licht van maatregelen ter vermindering van het gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen.

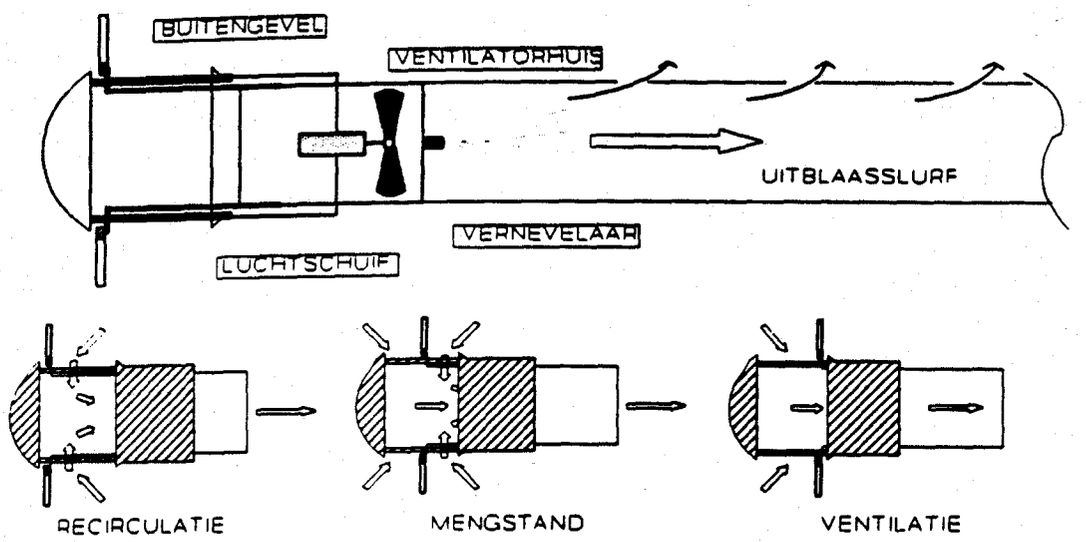
2 Oorspronkelijke installatie

2.1 Kasconstructie en verwarming

De kas bestaat uit 8 kappen van 3.20 m met een lengte van 54 meter. De constructie bestaat uit een traditionele venlo bouw met tralieligger en een buisrail verwarmingssysteem (4 x 51 mm per kap) aangevuld met een groeiverwarming (2 x 25 mm per kap) en een substraatverwarmings-systeem. In het dek is een brede glasmaat toegepast (1.5 meter) om daarmee een hoge lichttransmissie te bereiken. De gemeten transmissie onder diffuus licht bedraagt ongeveer 73.5% (bijlage 1).

2.2 Ventilatiesysteem met bevochtigingskoeling

De kas is uitgerust met een ventilatiesysteem bestaande uit een ventilator-unit met een regelbare schuifklep en bevochtigingskoeling (figuur 1) volgens het principe en met de capaciteit zoals beschreven door Reudink en van Paassen (1989). De metingen aan dit systeem op het IMAG zijn vastgelegd in een IMAG rapport (van de Braak, 1991).
De uitvoering van het systeem in de kas op het PTG wijkt iets af van de door Reudink en van Paassen beschreven installatie. De gebruikte twee-toeren ventilatoren (twee per kap) bestaan uit een elektromotor (Ridder, 80S λ\λλ) en een waaier van Multifan (type 394-3PP 3KR45-100A 19/6) en hebben een maximale capaciteit van 7000 m^3 h^{-1}. De verdeelslurven (Genap) zijn in verband met de opschaling van het systeem uitgevoerd met een diameter van 55 cm. De uitblaasopeningen hebben een diameter van 4 cm en zijn om de 2.5 m aan beide zijden aangebracht. Onder elke slurf is een goot aangebracht voor de opvang van het condenswater van de bevochtigingskoeling.
De bevochtigingskoeling bestaat uit een hogedruk waterverneveling, werkdruk 40 bar met 1 sproeier (capaciteit ca 40 l h^{-1}) per ventilator/slurf. De pomp heeft een vermogen van 6 kW en een maximale totaal capaciteit van 23 l min^{-1}.



Figuur 1. Schema uitvoering ventilatoreenheid (overgenomen uit van de Braak, 1991)

2.3 Klimaatregeling

De klimaatregeling wordt bestuurd via de microvax computer van het PTG. Toerental (uit, laag, hoog) van de ventilatoren, stand van de schuifklep en uitblaasopening (beide proportioneel) en de bevochtigingskoeling (aan/uit) kunnen onafhankelijk van elkaar ingesteld en geregeld worden (het schema van het regelprincipe is in bijlage 2a weergegeven). In de eerste testfase is de klimaatregeling volledig gebaseerd op temperatuurregeling. Er is geen gebruik gemaakt van enige vorm van minimum ventilatie. Bij het instellen van de ventilatie-temperatuur is uitgegaan van een normaal temperatuurniveau, voor

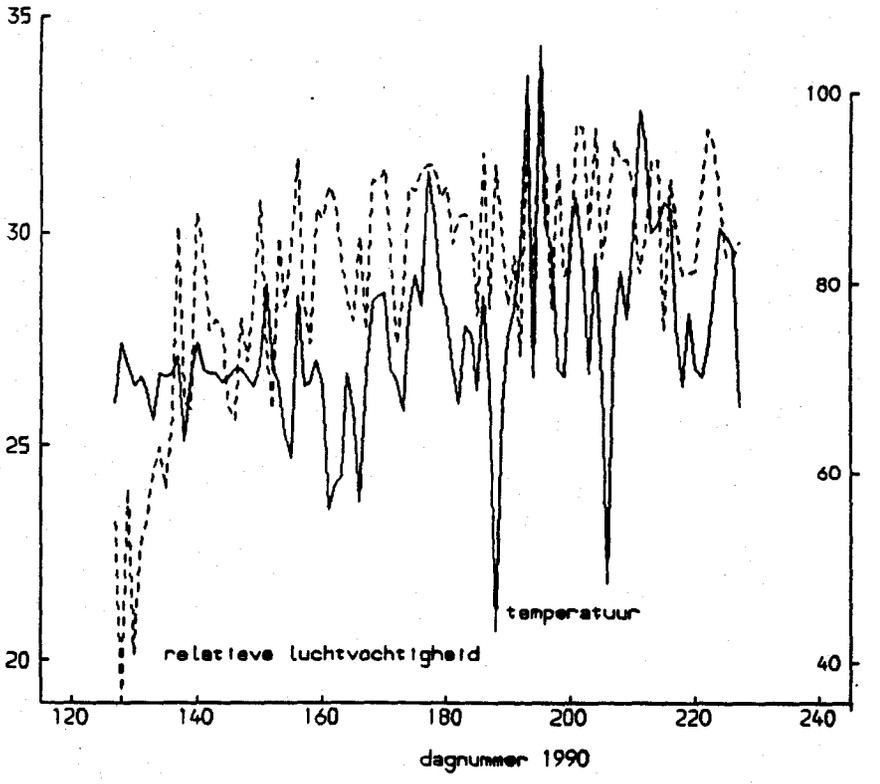
de uitvoering van het onderzoek kwam dit overeen met het inzetten van de volledige capaciteit (ventilatoren en verdampingskoeling) bij een kastemperatuur boven de 27 °C.

3 Resultaten testperiode mei t/m augustus 1990

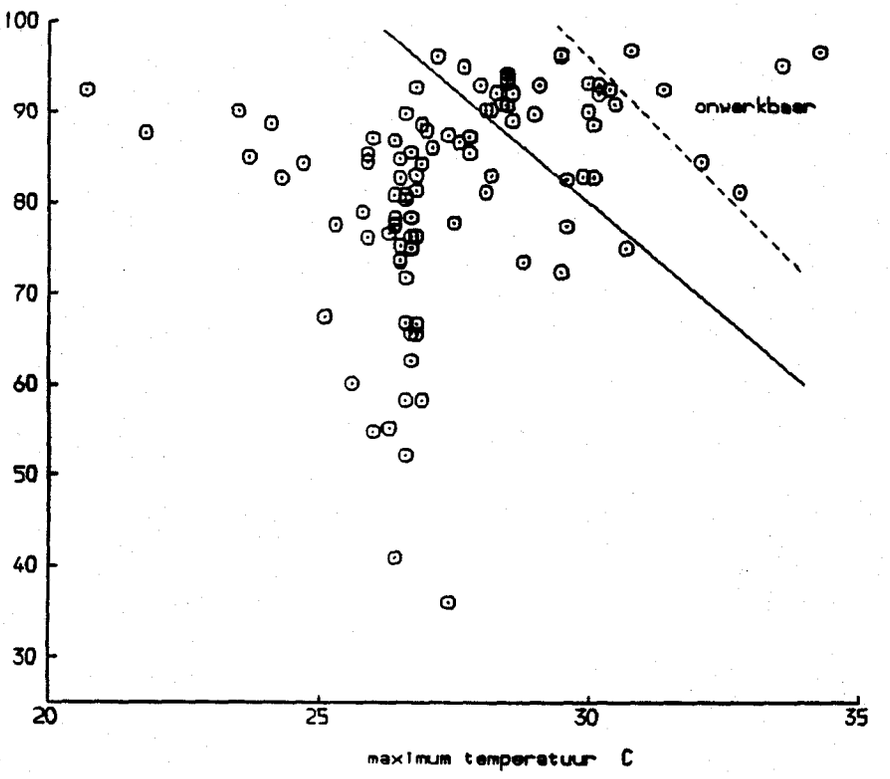
In mei 1990 werd gestart met het onderzoek in deze kas met tomaat als toetsgewas. De waarnemingen concentreerden zich op het gerealiseerde klimaat, regeling en de gewasreaktie. In deze fase van het onderzoek zijn in samenwerking met het IMAG in Wageningen metingen verricht aan de verticale en horizontale temperatuurverdeling.

3.1 Gerealiseerde klimaatomstandigheden

In de beginfase van de teelt bleek de installatie redelijk in staat het gewenste kasklimaat te realiseren. In bijlage 2b is het verloop van het klimaat en de regelakties weergegeven voor 16 mei 1990. Met toenemende buitentemperaturen en stralingsniveau's werd het kasklimaat echter minder aanvaardbaar. Het personeel klaagde over een te warm en vochtig klimaat en bovendien werd het geluid als zeer hinderlijk ervaren. Onder deze omstandigheden werden ook relatief grote temperatuurgradiënten (5 °C verschil) gemeten in de lengterichting van de kas.
Naar aanleiding van de klachten door het personeel en omwonenden zijn door de TFDL metingen verricht aan de geluidsproduktie (Hendriks, 1990, bijlage 3). Uit deze metingen bleek dat het geluidsniveau in en buiten de kas (bij aangrenzende huizen) bij het hoge toerental van de ventilatoren, de overdag geldende norm met 10 tot 12 dBA overschreed. Op basis hiervan is besloten het hoge toerental niet te gebruiken.
Als gevolg van de beperking ten aanzien van de ventilatie-capaciteit (uitsluitend het lage toerental) werd de verdampingskoeling zeer frequent gebruikt. In de periode van begin mei tot half augustus (100 meetdagen) heeft de verdampingskoeling 385 uur gedraaid. Door het werken met een te lage ventilatie capaciteit is het meerdere malen voorgekomen dat de temperatuur boven de 31 °C steeg in combinatie met een RV van ca. 95%. In figuur 2a is het verloop van de maximum temperaturen en bijbehorende luchtvochtigheden weergegeven voor de totale testperiode in 1990. In figuur 2b is een beeld gegeven van de mate waarin temperatuur-luchtvochtigheid combinaties zijn opgetreden die vanuit arbeidsomstandigheden gezien, ongewenst (ruim 30 dagen), cq. onwerkbaar (6 dagen) waren. (Grandjean, 1965) Hieruit kan worden geconcludeerd dat door de beperkingen ten aanzien van de capaciteit regelmatig een onaanvaardbaar werk- en teeltklimaat is ontstaan.
In overleg met de omwonenden is op en aantal dagen toch gebruik gemaakt van het hoge toerental. Bij deze metingen bleek dat het effect van het opvoeren van de ventilatiecapaciteit veel kleiner was dan verwacht. Bovendien steeg de temperatuur van de aangezogen lucht (net achter de ventilator gemeten) na inschakeling van het hoge toerental.



Figuur 2a. Verloop maximum temperatuur en luchtvochtigheid in 1990.



Figuur 2b. Combinaties van maximum temperatuur en luchtvochtigheid in 1990. (boven getrokken lijn: ongewenst, boven stippellijn: onwerkbaar).

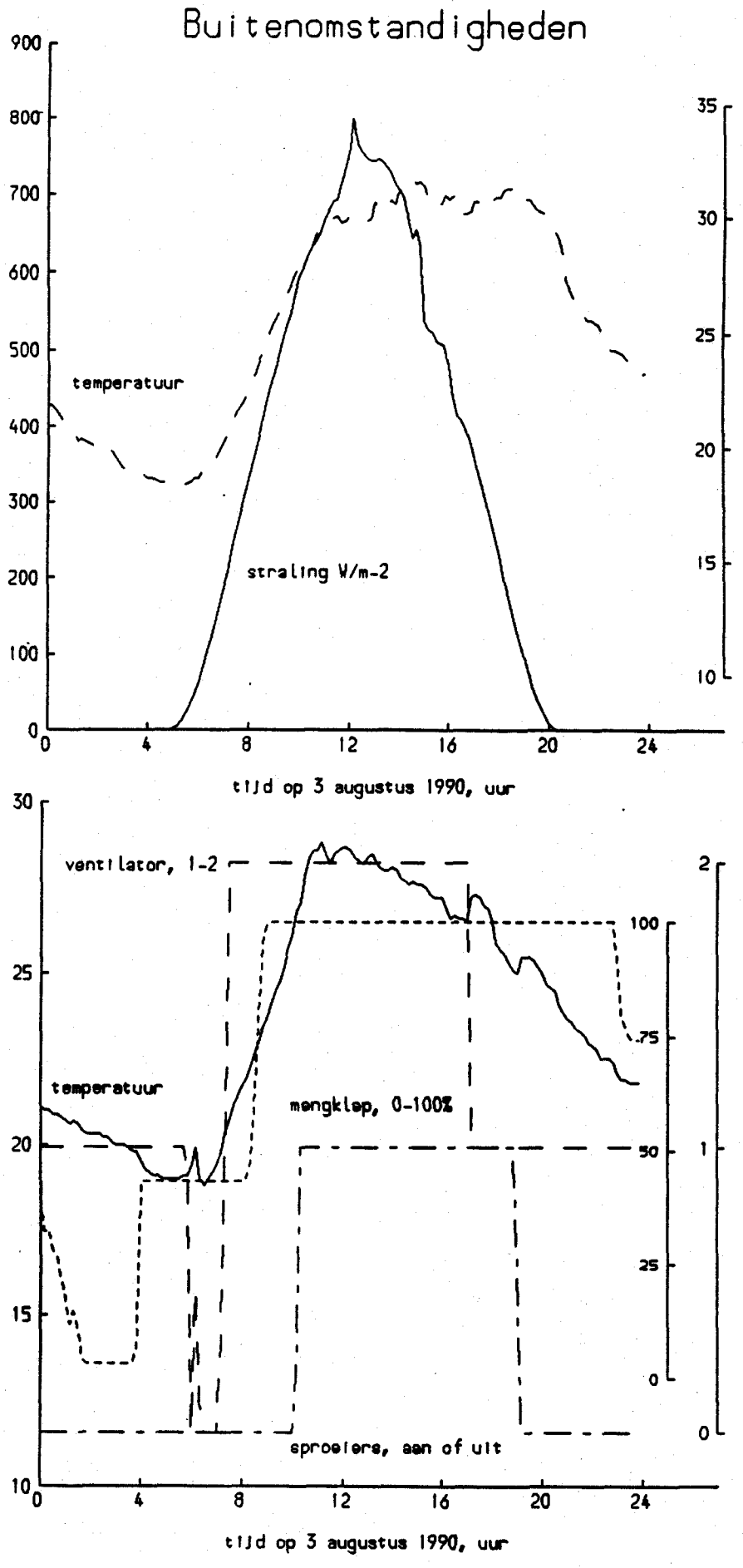
De oorzaak van dit verschijnsel is de plaats van het ventilatieraam (uitblaasopening) boven de inlaat van de ventilatoren. Met behulp van rook is geconstateerd dat de kaslucht gedeeltelijk weer naar binnen gezogen wordt. Hierdoor wordt lucht aangezogen die veel warmer en vochtiger is dan de buitenlucht. Dit wil zeggen dat de aangezogen lucht sterk afwijkt van de temperatuur en vochtigheid zoals in de ontwerpberekeningen gehanteerd. De gerealiseerde koeling is hierdoor aanzienlijk lager dan noodzakelijk. Bovendien is de luchtbeweging in de kas op een afstand van 30 meter van de ventilatoren niet merkbaar meer. Een schematische voorstelling van de luchtbeweging binnen en buiten de kas is weergegeven in bijlage 4.
Om deze "kortsluiting" te verminderen is op 31 juli net onder het ventilatieraam en horizontaal foliescherm (breedte 1.5 meter) aangebracht. Dit had echter geen merkbare verbetering tot gevolg.
Ter afsluiting van het testen van het klimaatsysteem is enkele dagen gewerkt met de kasdeur geopend en het ventilatieraam gesloten. Op deze manier wordt menging van kaslucht met aangezogen buitenlucht voorkomen. Bij gebruik van het hoge toerental bleek de installatie voldoende capaciteit te hebben om zelfs onder zeer extreme omstandigheden (buitentemperatuur 29 °C en instraling 900 Wm^{-2}) de kastemperatuur onder de 30 °C te houden (Figuur 3). Hieruit kan geconcludeerd worden dat de geïnstalleerde capaciteit in principe voldoende is.

3.2 Energieverbruik

Hoewel de capaciteit van de installatie niet volledig is ingezet, is toch het energieverbruik over de totale periode (begin mei t/m half augustus 1990, in totaal 100 meetdagen) vastgelegd. In totaal bedroeg het energieverbruik 12 kWh m^{-2}, waarvan 1.6 kWh m^{-2} voor de verdampingskoeling. Uitgaande van de veronderstelling dat de draaiuren van de verdampingskoeling (385 uur) volledig vervangen kunnen worden door uren ventilatie met het hoge toerental zou het energieverbruik toenemen tot ca. 19 kWh m^{-2}.

3.3 Gewasreaktie

Als testgewas werd tomaat gekozen omdat dit gewas sterk reageert op hoge luchtvochtigheid en klimaatverschillen binnen de kas. Begin mei werden de planten (ras: Pronto) gepoot met een plantdichtheid van 2.5 per m^2.
Het extreme klimaat als gevolg van het werken met een beperkte ventilatiecapaciteit heeft geleid tot een slechte groei, produktie en kwaliteit. Begin juni kwam de oogst op gang. Er werden vrijwel uitsluitend holle vruchten en vruchten met neusrot geoogst. Gezien de opgelegde beperking aan de ventilatiecapaciteit was gedetailleerd vastleggen van de groei en produktie niet zinvol.
Door de relatief hoge luchtsnelheden trad verdrogingsschade op aan bladeren in de omgeving van de uitblaasopeningen. Een praktisch probleem bij de gewasverzorging werd gevormd door de grote slurfdiameter. De paden tussen de gewasrijen bleken te smal voor een normaal gebruik van buisrailkarren.
Eind augustus 1990 is het experiment gestaakt.



Figuur 3. **Buitenomstandigheden (a), kastemperatuur en regelakties (b) op 3 augustus 1990. (metingen met uitblaasopening gesloten en deur open).**

3.4 Algemeen

De verdampingskoeling is regelmatig uitgevallen met als belangrijkste oorzaak verstoppingen van de filters door het gebruik van bassinwater. Wekelijkse wisseling van filters was noodzakelijk. Dit punt verdient extra aandacht omdat uitval van de verdampingskoeling grote risico's met zich mee brengt ten aanzien van extreme temperaturen. Het gebruik van bassinwater leidde bovendien tot stankoverlast bij het opnieuw starten na langere periode van stilstand.
Over de testresultaten is in september van 1990 een vakpersartikel gepubliceerd (Bakker, 1990). Dit artikel is samen met alle andere publikaties over dit project opgenomen in bijlage 11.

3.5 Conclusies op basis van testmetingen in 1990

1. Het systeem heeft in principe voldoende capaciteit om aan de ontwerpeisen te kunnen voldoen.
2. De geluidsproduktie van de ventilatoren ligt ver boven de hinderwetnorm.
3. Door de positie van het ventilatieraam treedt menging op van de aangezogen buitenlucht met kaslucht waardoor warme en vochtige lucht wordt aangezogen.
4. De slurfdiameter is te groot waardoor lichtverlies ontstaat en de looppaden te smal worden.
5. De langstromende lucht kan schade veroorzaken aan het gewas.
6. Het bevochtigingssysteem is regelmatig verstopt door gebruik van bassinwater (algengroei). De filters moesten hierdoor wekelijks vervangen worden.

4 Aanpassing ventilatiesysteem

4.1 Voorgestelde aanpassingen

Eind 1990 is in onderling overleg tussen Hordijk, PTG, TFDL en de TU-Delft besloten de klimaatinstallatie aan te passen met als doel het verlaging van de geluidsproduktie en het voorkomen van menging van aangezogen buitenlucht met kaslucht.
Bovendien werd als nieuwe eis gesteld dat de aangezogen lucht gefilterd moet worden om schadelijke insekten te weren. In het oorspronkelijke project was deze optie voorzien in de tweede fase. Gezien de noodzaak tot vermindering van het gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen wordt daarom besloten bij het aangepaste systeem de aangezogen lucht te filteren. De keuze valt daarbij op een filter met een doorlaat van maximaal 150 micron waarmee ook de kleinste schadelijke insekten (thrips) geweerd worden. De uitgangspunten voor de nieuwe installatie zijn:

- ventilatiecapaciteit 80 $m^3m^{-2}h^{-1}$
- filtering aangezogen lucht op minimaal 150 micron
- ventilatieraam verplaatsen
- reduceren geluidsproduktie tot onder de hinderwetnorm
- aanpassing slurfsysteem tot aanvaardbare afmetingen

Op 24 mei 1991 zijn een aantal plannen voor aanpassing besproken. Op basis van de verwachtte geluidsproduktie en de kosten wordt dan besloten een plan van de firma Hordijk verder uit te werken en voor te leggen aan de financiers. Het plan voorziet in vier centrifugaalventilatoren met vaste luchtkanalen per kap.
Als voorbereiding op aanpassing van het systeem in de kas is een test uitgevoerd met één ventilatieunit met kanaal. Hiervoor werd een kortlopend project ingediend bij de NOVEM op 10 juli 1991.

4.2 Testresultaten ventilator-unit met kanaal

In oktober en november zijn door de TFDL metingen verricht aan de geluidsproduktie en luchtopbrengst van een ventilatorunit. De definitieve resultaten zijn vastgelegd in een tweetal rapporten van de TFDL (Hendriks, 1991; Noort, 1991; bijlage 5 en 6). De luchtopbrengst was voldoende hoog en de geluidsproduktie ligt overdag binnen de norm. Voor 's nachts dienen nog aanvullend geluiddempende maatregelen te worden getroffen.
Uitgaande van deze meetresultaten wordt een plan opgesteld om te komen tot de aanpassing van twee kappen van de kas. Dit plan is op 9 december 1991 vastgelegd in de projectbeschrijving "Aanpassing kas met gesloten dek en ventilatorsysteem voor luchtbehandeling", versie 09/12/1991.

4.3 Aangepaste installatie

Begin mei 1992 is het nieuwe ventilatiesysteem in de twee middelste kappen van de kas geïnstalleerd. Dit kasgedeelte is door middel van foliewanden van de rest van de kas afgesloten.
De belangrijkste veranderingen ten opzichte van het oorspronkelijke systeem zijn:

- vier centrifugaal ventilatoren per kap (type Thermo air DDMH 12-9-9) t.o.v. twee axiaal in oude systeem)
- hardschuim polystyreen kanalen in plaats van slurven voor luchtverdeling. Afmetingen buitenkant: 50x38 cm (hxb), wanddikte: 4 cm. Uitblaas-openingen van 3 cm diameter met onderlinge afstand 52 cm.
- filtering van de aangezogen lucht door middel van een 100 micron filter om schadelijke insekten te weren.
- een ventilator met luchtkanaal is uitgerust met een kleppensectie en een recirculatiepijp (diameter 40 cm) aan de kopgevel en kan worden gebruikt voor ventilatie/recirculatie. De andere drie ventilatoren zuigen uitsluitend buitenlucht aan.
- de vier ventilatoren worden individueel geschakeld, de overgangen tussen de verschillende ventilatietrappen worden opgevangen door de klepsturing.
- de verdampingskoeling is in twee (aan/uit) groepen gesplitst.
- voor de verdampingskoeling wordt osmose water gebruikt in plaats van bassinwater om verstopping van filters te voorkomen.
- de ventilatieopening is verplaatst naar de gevel tegenover de ventilatoren en bestaat uit overdrukkleppen.

Door de aanpassing van de technische installatie was het noodzakelijk ook de regeling iets aan te passen. In bijlage 7 is de nieuwe regeling schematisch weergeven. De ventilatoren worden trapsgewijs bij- en afgeschakeld bij een toe- of afnemende kastemperatuur. De schuifklep (of mengklep) zorgt bij iedere ventilatietrap voor een gelijkmatige overgang van de hoeveelheid aangezogen buitenlucht. Dit om sterke wisselingen van de kastemperatuur te voorkomen. Als de volledige ventilatiecapaciteit onvoldoende is, wordt de bevochtiging in twee trappen bijgeschakeld. Voor alle aan/uit schakelpunten is een identieke hystereselus (ingesteld op 0.3 °C) gebruikt.
Om te voorkomen dat de temperatuur in de aangrenzende kappen te hoog oploopt en daarmee het klimaat in het gedeelte met de nieuwe installatie beïnvloed, werden de oude ventilatoren op het lage toerental ingeschakeld als bij de nieuwe installatie 3 of 4 ventilatoren per kap in bedrijf waren.

De totale kosten voor deze installatie bedroegen, inclusief aanpassingen, ruim 100.000.- voor 320 m^2.

5 Testresultaten met aangepaste installatie

Begin mei 1992 is de aangepaste installatie door de firma Hordijk opgeleverd. In bijlage 8 is een schematisch overzicht gegeven.
Voordat werd overgegaan tot ingebruikname zijn door de TFDL in samenwerking met de Technische Dienst van het PTG enkele afname tests uitgevoerd. Na een aantal kleine aanpassingen kon met het eigenlijke onderzoek worden gestart.

5.1 Geluids- en capaciteitsmetingen:

Door de TFDL zijn metingen verricht aan de luchtopbrengst en de geluidsproduktie. De resultaten zijn bijgevoegd in bijlage 9. Samengevat zijn de uitkomsten:

- gemiddelde luchtopbrengst totale installatie: 75 $m^3m^{-2}h^{-1}$, De uitblaassnelheid bedraagt ongeveer 5 ms^{-1} en is zeer gelijkmatig verdeeld over de lengte van het kanaal.
- het geluidsniveau blijft overdag bij de aangrenzende bebouwing beneden de 50 dBA, 's nachts (bij maximaal 1 ventilator per kap), beneden de 40 dBA. In de kas is de geluidsdruk aanvaardbaar (minder dan 68 dBA, bij volledige ventilatie en bevochtigingspomp).

5.2 Klimaatregeling en temperatuur- en vochtverdeling

Opmerking:

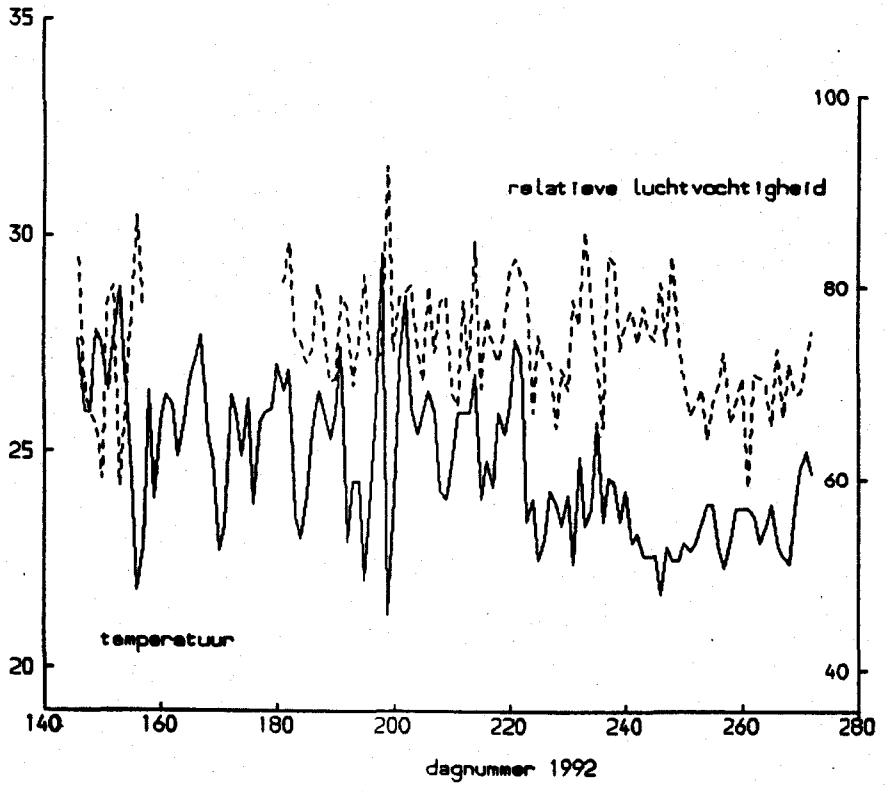
tijdens de meetperiode van eind mei tot september is door blikseminslag een aantal metingen (oa. luchtvochtigheid en temperatuurgradiënt) verloren gegaan gedurende een periode van drie weken. Deze gegevens ontbreken daardoor in enkele van de gepresenteerde figuren en tabellen.

5.2.1 Klimaatregeling

Ook voor deze testfase is tomaat gekozen als toetsgewas. Op basis van deze gewaskeuze zijn de setpoints voor de regeling ingesteld zoals aangegeven in bijlage 7. De gekozen instellingen komen overeen met de voor deze tijd van het jaar normaliter gebruikte instellingen m.b.t. ventilatie in een normale kas bij een tomatenteelt. Er is geen gebruik gemaakt van een minimum ventilatie instelling. In de periode van mei tot en met eind augustus is wel gebruik gemaakt van een minimum buistemperatuur van 40 °C, overdag werd deze boven een straling van 100 Wm^{-2} lichtafhankelijk afgebouwd met 0.2 °C per Wm^{-2} . Na eind augustus is de minimum buis continu ingezet op 40 °C.

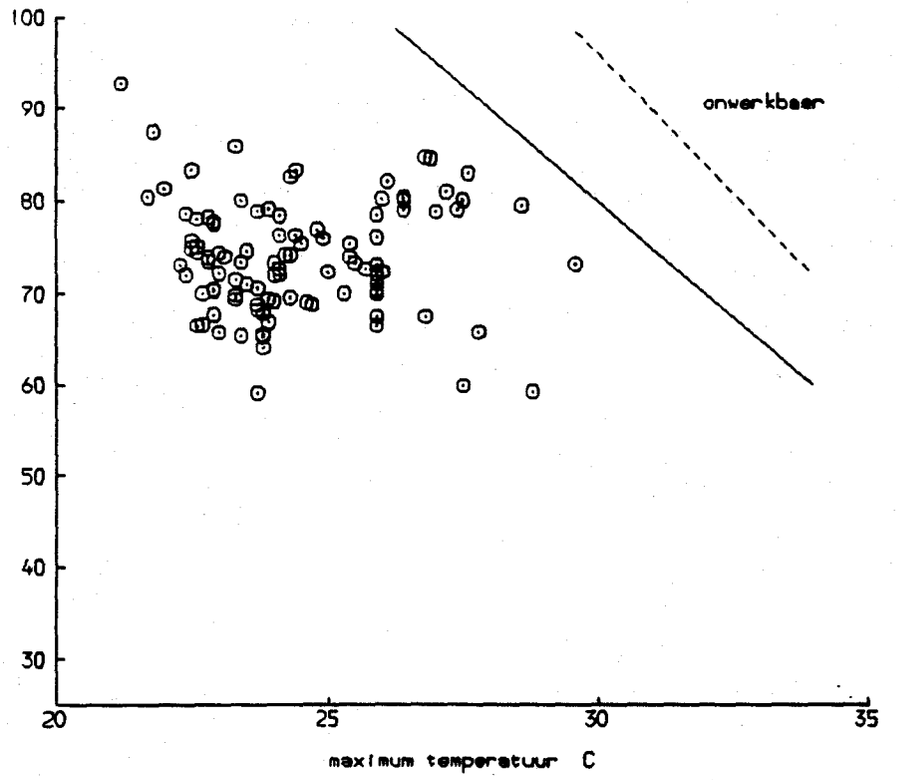
- maximum temperaturen/luchtvochtigheden

In de totale testperiode tot eind september is de kastemperatuur ruim beneden de 30 °C gebleven. De maximaal gemeten kastemperatuur lag rond de 28.5 °C. In figuur 4a is het verloop weergegeven van de gemeten maximum temperatuur en luchtvochtigheid. Ook tijdens de beginfase met een klein gewas, werd de kastemperatuur niet hoger dan 28 °C onder condities met een instraling van 800-850 Wm^{-2} en een buitentemperatuur van 24-25 °C. Hieruit kon toen al worden afgeleid dat de capaciteit voldoende is omdat met een klein gewas de hoeveelheid energie die in verdamping kan worden omgezet lager ligt dan bij een volgroeid gewas.



Figuur 4a. **Verloop van maximum temperatuur en luchtvochtigheid in 1992.**

In figuur 4b zijn de temperatuur-luchtvochtigheid combinaties weergegeven met daarbij de grensgebieden ten aanzien van acceptabel arbeidsklimaat. In vergelijking met het oude systeem (figuur 2b) is een duidelijke verbetering opgetreden, op geen enkele dag is het klimaat "ongewenst" geweest (t.o.v. 30 dagen in 1990).

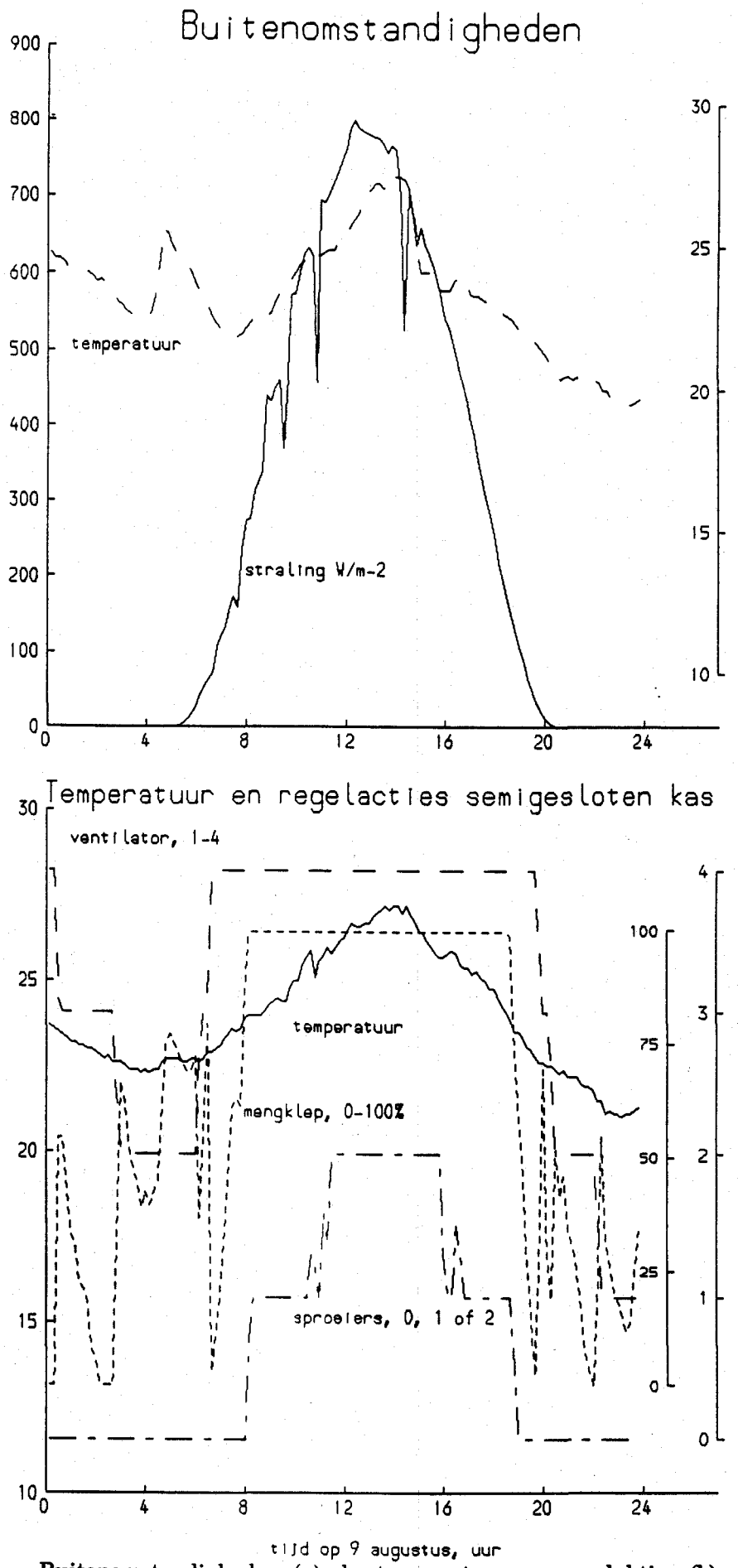


Figuur 4b. Combinaties van maximum temperatuur en luchtvochtigheid in 1992. (boven getrokken lijn: ongewenst, boven stippellijn: onwerkbaar).

Halverwege juni is op twee zonnige dagen een vergelijking gemaakt tussen deze kas en een kas met een normaal luchtingssyteem (kas 307 van het PTG) waarin ook een tomatengewas stond (bijlage 8). Uit deze vergelijking kan worden geconcludeerd dat de klimaatinstallatie goed in staat is een klimaat te realiseren dat vergelijkbaar is met dat in een normaal geventileerde kas.

- regelgedrag

Om een beeld te krijgen van het regelgedrag van de installatie is in figuur 5 het verloop van de diverse regelakties en de gerealiseerde temperatuur en luchtvochtigheid weergegeven. Hiervoor is een extreme dag geselecteerd, nl. 9 augustus 1992, een dag met veel zon en een hoge buitentemperatuur. Uit deze figuur blijkt dat de capaciteit ook onder zeer extreme omstandigheden voldoende is.



Figuur 5. **Buitenomstandigheden (a), kastemperatuur en regelakties (b) op 9 augustus 1992.**

5.2.2 Temperatuur- en vochtgradiënt

Behalve het gemiddelde klimaat in de kas speelt de ruimtelijke verdeling van de temperatuur en luchtvochtigheid een grote rol bij de gewasreakties. Een uniform klimaat (in het horizontale vlak) is een primaire vereiste voor een goed teeltresultaat. Voor het vastleggen van de temperatuur en vochtgradiënt in de kas is gebruik gemaakt van een meetnet bestaande uit een KAYE datalogger met (stralings-afgeschermde) thermokoppels. De datalogger is gekoppeld aan het computernetwerk van het PTG.
Er is op 6 plaatsen en twee hoogtes in de lengterichting van de kas gemeten. De luchtvochtigheid is op drie plaatsen in de kas gemeten met behulp van geventileerde psychrometers. In bijlage 9 is de positie van de diverse sensoren (en waarnemingsvelden voor gewaswaarnemingen) weergegeven.
In tabel 1 is de gemiddelde temperatuurgradiënt (op twee hoogtes) in de lengterichting van de kas weergegeven, gemeten over de periode 26 juni t/m 31 augustus. Om een indruk te krijgen van de temperatuurgradiënt onder extreme omstandigheden is bovendien het gemiddelde berekend over de uren waarin de volledige ventilatie- en bevochtigingscapaciteit werd benut (4 ventilatoren en beide bevochtigingsgroepen aan). In tabel 1 is ook de vochtgradiënt in de kas (gemeten over dezelfde periodes en condities) weergegeven.

Tabel 1.
Temperatuur (°C) en vochtgradiënt (gm^{-3}) in kas 308 gemeten over de periode 26 juni t/m 31 augustus 1992.

	Totale periode			bij max. capaciteit		
afstand tot de ventilatoren	Temp 1m	Temp 2.5m	Vocht 1m	Temp 1m	Temp 2.5m	Vocht 1m
4.5 m	21.1	23.7	15.2	26.6	34.9	18.6
13.5	22.0	23.9	-	27.9	35.4	-
22.5	21.4	23.6	15.3	26.0	34.6	19.4
31.5	21.7	24.1	-	27.5	35.2	-
30.5	21.4	24.1	15.4	26.8	35.5	19.7

Zowel de temperatuurgradiënt als de vochtgradiënt zijn relatief gering en duidelijk verbeterd ten opzichte van de gradiënten bij het oorspronkelijke systeem. Op basis van deze verschillen zijn geen grote groei en produktie verschillen te verwachten in de lengterichting van de kas.

5.2.3 Luchtbeweging en snelheid

Op 16 juni is in de kas met behulp van rook een indruk verkregen van de luchtbeweging in de kas. De metingen vonden plaats tussen 11.00 en 12.30 waarbij alle ventilatoren draaiden en de mengklep volledig was geopend (dwz.

maximale ventilatiecapaciteit). De metingen zijn uitgevoerd in een pad en de naastgelegen gewasrij op afstanden van 4, 8, 12...40 meter vanaf de ventilatoren. Het gewas had op dat moment een lengte van ongeveer 1.30 meter.
In de paden treedt tussen de kanalen sterke turbulentie op, dit neemt echter sterk af met een toenemende hoogte. Op ca. 50 cm boven de bovenkant van de kanalen is de luchtbeweging vrijwel uitsluitend verticaal. Tussen de planten stijgt de lucht voornamelijk recht omhoog en tussen de plantrijen door in de richting van het pad. Tot een hoogte van 50 cm boven de luchtkanalen is de luchtsnelheid tussen het gewas maximaal 40 cm s^{-1} en neemt daarna verder af tot onder de 20 cm s^{-1}. De eerste 12 meter vanaf de ventilatoren is geen duidelijke horizontale luchtbeweging waargenomen. Op een afstand van 16 meter is een geringe stroming in de richting van het betonpad zichtbaar op een hoogte van 1.8 - 2.0 meter, deze wordt sterker naarmate de afstand tot de uitblaasopeningen afneemt. Vanaf 24 meter is ook tussen de plantrijen een horizontale luchtbeweging in de richting van het betonpad aanwezig.

5.3 Energieverbruik

Voor het bepalen van het energieverbruik zijn de draaiuren van de ventilatoren en de bevochtigingspomp vastgelegd. Op basis van het opgenomen elektrisch vermogen van de ventilatoren (750 W per stuk) en de pomp (1500 W voor 320 m^2) zijn de draaiuren omgezet naar elektrisch energieverbruik per m^2 kasoppervlak. In tabel 2 zijn de waarden weergegeven voor de periode half mei t/m september.

Tabel 2.
Ventilatordraaiuren, draaiuren bevochtigingspomp en het energieverbruik in kWh m^{-2} gemeten tijdens de totale testperiode.

periode	ventilatoren		pomp		kWh m^{-2}	
	uren	kWh m^{-2}	uren	kWh m^{-2}	totaal	cumulatief
13-31 mei	805	4.24	105	0.53	4.77	4.77
1 -30 juni	1350	6.33	146	0.68	7.01	11.78
1 -31 juli	1490	7.00	144	0.68	7.68	19.46
1 -31 aug	1420	6.65	70	0.33	6.99	26.44
1 -30 sept	1460	6.84	19	0.09	6.93	33.37

opmerking: 20% van de uren dat de pomp draaide werden alle kanalen bevochtigd

De zomer waarin het onderzoek is uitgevoerd was uitzonderlijk warm en zonnig. De draaitijden van de ventilatoren en bevochtigingspomp kunnen daardoor wat hoger liggen dan bij een gemiddelde zomer. Extrapolatie van de gemeten waarden naar een volledig jaar zal mogelijk een overschatting geven van het

jaarlijkse energieverbruik. Op basis van deze cijfers kan echter al wel geconcludeerd worden dat het energieverbruik voor een heel jaar ver boven de 20 kWh m^{-2} jaar (door de TU-Delft geschat voor een semi-gesloten golfkas; Reudink en van Paassen, 1992) uit zal komen.
Om een indruk te krijgen van het energieverbruik van het onderzochte systeem in een praktijksituatie is gebruik gemaakt van twee berekeningen. In de eerste plaats zijn praktijkmetingen aan ventilatie uit 1990/1991 gebruikt. Deze metingen zijn uitgevoerd in het kader van de validatie van het ECP model (Houter, 1991) en weergegeven in een IMAG rapport (van de Braak en Breuer, 1991) en betreffen (bij een tomatenteelt) de ventilatiehoeveelheden over een volledig teeltseizoen. Het aantal uren ventilatie met een bepaalde capaciteit is ongeveer als volgt verdeeld (de ventilatietrappen komen daarbij overeen met het gebruik van 1, 2, 3 of 4 ventilatoren per kap bij de huidige installatie, bij meer dan 80 m^3 m^{-2} uur^{-1} draait ook de verdampingskoeling):

4600 uur 0 - 20 m^3 m^{-2} uur^{-1}
1000 uur 20 - 40
570 uur 40 - 60
400 uur 60 - 80
400 uur > 80

Omgerekend naar een kas met een installatie zoals in de Hordijkkas aanwezig, komt dit voor dat specifieke jaar neer op een totaal energieverbruik van 8830 kWh per 160 m^2 per jaar, of ongeveer 55 kWh m^{-2} $jaar^{-1}$.
Omdat het hier slechts metingen over een incidenteel jaar betrof is ook de ventilatiehoeveelheid gesimuleerd met behulp van het ECP model. Daarbij is uitgegaan van dezelfde (praktijk) klimaatinstellingen en een referentie dataset voor het buitenklimaat (SEL-jaar; Breuer et al., 1991) en een aangepaste ventilatievoudberekening, gebaseerd op de resultaten van Fernandez en Bailey (1992).
Uit deze berekeningen volgde een verdeling over de hierboven genoemde ventilatietrappen van respectievelijk 5300, 750, 350, 300 en 270 uur per jaar. Dit komt overeen met een jaarverbruik van 48 kWh m^{-2}. Gemiddeld zal het jaarverbruik aan elektriciteit voor een kas met deze installatie zal dus rond de 48 kWh m^{-2} bedragen maar uitschieters tot boven de 50-55 kWh m^{-2} zijn te verwachten.

Voor een schatting van de jaarlijkse elektriciteitskosten is uitgegaan van de volgende gegevens:

- kas van 1 ha met een jaarverbruik van 480000 kWh en een maximale afname van 220 kW (ventilatoren + bevochtiging).
- de pieklast valt tussen 10 en 16 uur
- tussen 8 en 10 uur wordt maximaal 90 kW afgenomen (twee ventilatoren per kap)
- 's nachts draait maximaal een ventilator per kap
- de stroomlevering mag niet afgeschakeld worden

Het Nutsbedrijf Westland (informatie via dhr. Kamp) komt op grond van deze aannames tot een jaarverbruikprijs van ongeveer 72000.- (ex. BTW), waarvan 53000.- als vermogensvergoeding. De kWh prijs komt daarmee op bijna 15 cent en de jaarkosten op 7.20 per m^2.

Het in de proef gemeten aantal draaiuren voor de bevochtigingspomp (half mei t/m september: 484 uur) ligt 70% boven de geschatte 270 uur voor een gemiddeld jaar. In dit (meer extreme) jaar liggen de totale energiekosten dus ook hoger dan gemiddeld.

Tegenover de extra hoeveelheid elektrische energie voor de ventilatoren en bevochtigingspomp staat een mogelijke daling van de hoeveelheid stookenergie als gevolg van het (in principe) volledig dichte kasdek. Om een schatting te maken van de vermindering van het gasverbruik voor verwarming zijn met het ECP model twee simulaties uitgevoerd.
Eerst is voor een normale venlo kas het energieverbruik berekend (uitgaande van de reeds eerder gebruikte klimaatinstellingen voor tomaat). Daarbij is aangenomen dat ook bij deze kas het dek volledig dicht is, met uitzondering van de luchtramen. Het lekventilatie-voud van een dergelijke kas is geschat op 50 tot 60% van dat van een normale venlo kas. Het berekende energieverbruik van deze kas bedroeg 60.8 tot 61.2 m^3 gas m^{-2}.
Bij de tweede simulatie werd het dek volledig dicht verondersteld. Daaruit volgde een gasverbruik van 59.7 m^3 per m^2. De vermindering van het gasverbruik voor verwarming door het volledig afdichten van het kasdek bedraagt dus 1.1 tot 1.5 m^3 per m^2 op jaarbasis, bij het huidige gemiddelde jaarverbruik van 60 m^3 per m^2 een besparing van 2 tot maximaal 2.5%

5.4 Gewasreaktie

5.4.1 Groei en ontwikkeling

Op 13 mei zijn de tomatenplanten (Ras: Astrid, dichtheid: 2.5 planten m^{-2}) gepoot, net voor een zeer warme, zonnige periode. Door de hoge hoeveelheid straling groeiden de planten wat gedrongen en vertoonden symptomen van "kort blad", een typisch verschijnsel bij assimilatenoverschot. Bovendien werden relatief veel dubbele trossen gevormd. In de twee rijen langs de foliegevels vormden de planten dikkere stengels en veel luchtwortels op de stengels en trosstelen. Er werd in geringe mate calciumgebrek waargenomen en tijdens de tweede helft van de teelt (eind augustus) is in enige mate mangaangebrek opgetreden.
Op 19 augustus zijn aan alle planten van de waarnemingsvelden lengtemetingen uitgevoerd en is het aantal trossen bepaald. Deze data zijn samengevat in tabel 3.

Tabel 3.
Lengte en aantal trossen op 19 augustus 1992.

afstand tot de ventilatoren	lengte	aantal trossen
4.5 m	268	14.3
22.5	272	14.6
40.5	274	14.6

De verschillen in gewasontwikkeling tussen de velden vooraan en achteraan in de kas zijn niet betrouwbaar maar er is wel een lichte trend zichtbaar die overeenkomt met de geringe temperatuurgradiënt.

Ten aanzien van insekten zijn geen speciale maatregelen genomen, de infectiedruk van de meest voorkomende plagen was laag. Er zijn ondanks de filtering van de lucht wel enkele insekten (luis en spint) waargenomen. De eerste aantasting door deze insekten bevond zich bij de deuropening van de kas en werd ongeveer half juli waargenomen. Later verspreidde met name de spintaantasting zich meer in de richting van de ventilatoren als gevolg van gewasonderhoud en oogstwerkzaamheden. Op basis van deze waarnemingen en de doorlaat van de gebruikte filters wordt aangenomen dat alle insekten via andere routes (menselijk verkeer) in de kas zijn gekomen.

5.4.2 Gemeten produktie

Voor het volgen van de produktie en de groei werden 6 meetvelden uitgezet (bijlage 8). Op 24 juni kwam de produktie op gang. Door de late plantdatum (en de daardoor hoge stralingsomstandigheden in het begin van de teelt) is relatief

veel neusrot ontstaan. Tot en met juli werden veel neusrotvruchten geoogst. Dit is echter niet gebonden aan deze kas, ook bij normale teelten met deze plantdatum komt dit voor. In tabel 4 zijn de produktiecijfers op twee momenten weergegeven als gemiddelde van de twee velden vooraan bij de ventilatoren, in het midden van de kas en bij het betonpad.
Uit de cijfers blijken geen duidelijke produktieverschillen in de lengterichting van de kas. Dit is in overeenstemming met de geringe temperatuurverschillen.

Tabel 4.
Totaal produktie (kg m^{-2} en aantal) en gewichtspercentage neusrot op drie plaatsen in de kas en twee peildata.

afstand tot ventilatoren	peildatum 31 juli			peildatum 28 september		
	kgm^{-2}	aantal	%neusrot	kgm^{-2}	aantal	%neusrot
4.5 m	9.49	129.2	23.7	20.43	302.2	12.8
22.5	9.19	121.8	16.6	19.49	293.3	8.5
40.5	9.35	123.7	21.4	20.01	299.3	10.6

5.4.3 Simulatie produktie in semi-gesloten en normale kas

Omdat er bij dit onderzoek geen referentiekas aanwezig was, is een vergelijking met de produktie in een normale kas niet mogelijk. Voor een economische cq. energetische evaluatie is een indicatie van de produktiewinst echter noodzakelijk.

Hiervoor is eerst een ruwe schatting gemaakt. Uit de ventilatiegegevens blijkt dat (bij extreme omstandigheden) ongeveer 400 uur per jaar de ventilatie boven de 75 m^3 m^{-2} uur^{-1} ligt. Gemiddeld wordt in die uren de ventilatie op 150 m^3 m^{-2} uur^{-1} geschat. Uitgaande van een normaal CO_2 regime zal de concentratie in een normale kas tijdens deze uren ca 400-450 ppm zijn, dus ongeveer 50 tot 100 ppm boven de buitenwaarde. Bij een gelijke hoeveelheid dosering zal in de semi-gesloten kas de CO_2 concentratie dus ongeveer (150* 50 tot 100)/75 = 100 tot 200 ppm hoger liggen dan de buitenwaarde, en dus gemiddeld liggen tussen de 450 en 550 ppm. Gemiddeld ligt de CO_2 concentratie dus bijna zo'n 20% hoger. Bij een optimistische schatting zal deze stijging tot een concentratie van 450-550 ppm, 10% extra produktie opleveren over een periode van 400 uur. Deze 400 uur vormt ongeveer 15 % van alle lichturen tijdens een totale teelt. Hierdoor zal de produktiestijging over de totale teelt als gevolg van de hogere CO_2 concentratie beperkt blijven tot maximaal 1.5 %. De extra hoeveelheid licht als gevolg van het verwijderen van het luchtingsmechaniek wordt bij de huidige moderne kassen geschat op slechts 2 tot 3% (informatie G.P.A. van Holsteijn). Dit geeft een evenredige stijging van de produktie en in totaal zal de produktie winst maximaal (1.015*1.03=1.045) 4.5% bedragen.

Behalve deze ruwe schatting is ook een simulatie uitgevoerd met het Energie-CO_2 en Produktie model (ECP-model) dat op het PTG is ontwikkeld in een eerder (door NOVEM gefinancierd) project (Houter, 1991).
Met behulp van dit ECP-model is het verloop van de CO_2 dosering over het jaar en de produktie gesimuleerd bij een tomatenteelt in een standaard kas. Daarnaast is de produktie gesimuleerd in een kas met een (optimistisch geschat) 3.5% hogere lichttransmissie en is het ventilatievoud van de kas gemaximaliseerd op 75 m^3 m^{-2} uur^{-1}. Bij dezelfde hoeveelheid CO_2 dosering als in de normale kas heeft dit tijdens de periode met hoge ventilatievouden (grofweg 400 uur per jaar) een gemiddeld hogere CO_2 concentratie tot gevolg. Vergelijking van de twee simulaties toonde aan dat de totale produktiewinst door de combinatie van meer licht en hogere CO_2 beperkt blijft tot maximaal 5%.

Op basis van beide berekeningen kan geconcludeerd worden dat voor een praktijksituatie de produktiewinst in de semi-gesloten kas in de orde grootte ligt van 4 tot 5%.

5.5 Energie-efficiëntie en CO_2 emissie

Het huidige produktie-niveau van tomaat ligt op ongeveer 45 kg m^{-2} $jaar^{-1}$ bij een gasverbruik van 60 m^3 m^{-2}.
In de semi-gesloten kas zal het elektrisch energieverbruik toenemen met 48 kWh m^{-2} en het gasverbruik voor verwarming dalen met maximaal 1.1 tot 1.5 m^3 per m^2. Voor de opwekking van de elektriciteit moet in de centrale (uitgaande van een totaalrendement van 40% en de energieinhoud van aardgas van 35.17 MJ m^{-3}), 13.1 m^3 gas verstookt worden. Het totale aardgasverbruik stijgt hierdoor met (13.1-1.1 tot 1.5=) 11.6 tot 12.0 m^3 per m^{-2}. Bij een gemiddeld verbruik van 60 m^3 per m^2 is dit een stijging van 20%.
De produktie stijgt van 45 naar 46.9 tot maximaal 47.25 kg (+4 tot +5%) zodat de energie-efficiëntie in de semi-gesloten kas daalt van 0.750 kg m^{-3} gas naar 0.650 tot 0.655 kg m^{-3} gas, een daling van gemiddeld 13%.

Door de toename van het energieverbruik zal de CO_2 emissie aanzienlijk toenemen. Uitgaande van volledige opwekking van elektriciteit door gas en een CO_2 emissie van 1.8 kg CO_2 per m^3gas, stijgt de totale CO_2 emissie met 216 ton ha^{-1} $jaar^{-1}$. Als rekening gehouden wordt met de brandstofmix (56% kolen, 33% gas, 11% overig) zoals deze in het jaar 2000 voor elektriciteitscentrales zal worden toegepast (Knipscheer, 1991) ligt de extra CO_2 emissie op 335 ton CO_2 ha^{-1} $jaar^{-1}$.

5.6 Algemene punten

- waterdoorlaat luchtkanalen en verzakking

Tijdens de proefperiode bleek dat de gebruikte polystyreenkanalen niet volledig waterdicht zijn. Het overtollige water van de verdampingskoeling werd daardoor niet afgevoerd via het centrale afvoerpunt aan het einde van elk kanaal maar zakte door de wanden heen in de grond. Als gevolg hiervan werd de grond rond de kanalen zacht. De kanalen waren slechts 15 cm ingegraven (in verband met het aanwezige leidingensysteem van de oorspronkelijke installatie). Als gevolg hiervan kantelden en verzakten de kanalen onder druk van het gewicht van de steenwolmatten. Dit probleem trad in augustus op, maar alleen bij de uiteinden van de kanalen tegen het betonpad.

- kwetsbaarheid materiaal luchtkanalen

Het gebruikte materiaal voor de kanalen is relatief kwetsbaar voor beschadigingen (vooral de kopkanten bij het betonpad). Gezien de hoeveelheid teeltwerkzaamheden en transport in een produktiekas zal voor een definitieve toepassing gekozen moeten worden voor een minder kwetsbaar materiaal. Ook de keuze van verlijming en/of de uitvoering van de verlijming verdient verbetering. Een aantal kanalen vertoonden lekkage op de lijmverbindingen en bij twee kanalen lieten de eindschotten na verloop van tijd los.

- verdampingskoeling

Door het gebruik van osmosewater zijn er geen problemen meer opgetreden met verstoppingen van het systeem. Er zijn geen filters meer gewisseld tijdens de periode vanaf eind mei. Op basis van de draaiuren van de bevochtigingspomp is het totale waterverbruik geschat op 300 l per m^2 kas, in principe is echter een deel van dit water (bij dichte kanalen) weer herbruikbaar.

- filters in aanzuigopeningen

Tijdens de proefperiode zijn de filters niet gewisseld. Op basis van ervaringen in andere kassen op het PTG (kas 113) en andere complexen met filters met een doorlaat van 100 micron wordt geschat dat jaarlijkse wisseling van de filters noodzakelijk is. De kosten hiervoor worden voorlopig geschat op fl.- tot 2.- per m^2 kas.

6 Conclusies

- De installatie heeft voldoende capaciteit om te voldoen aan de gestelde eisen met betrekking tot het temperatuur- en luchtvochtigheidsniveau in de kas

- Onder de gemiddelde buitenklimaatcondities in Nederland is een acceptabel teelt- en werkklimaat te realiseren

- De temperatuur- en vochtgradiënt in de lengterichting van de kas zijn verwaarloosbaar klein

- De uitstromende lucht heeft geen meetbare negatieve gevolgen voor de groei en produktie

- Het energieverbruik voor de ventilatoren en bevochtigingspomp zal op jaarbasis bij een deze installatie voor een standaard (tomaten)teelt liggen op ongeveer 48 $kWhm^{-2}$

- Het totale energieverbruik (omgerekend naar gasverbruik) stijgt op jaarbasis met 20%, daarbij is rekening gehouden met een daling van het gasverbruik voor verwarming

- De extra CO_2 emissie bij toepassing van dit systeem bedraagt 215 tot 335 ton CO_2 $ha^{-1}jaar^{-1}$

- De extra elektriciteitskosten bedragen ca. 7.20 m^{-2} per jaar bij afname van het net en een kas van 1 ha

- De geschatte produktieverhoging als gevolg van een hogere lichttransmissie en hogere CO_2 concentratie is op jaarbasis maximaal 4 tot 5%

- De energie-efficiëntie in een semi-gesloten kas met dit ventilatiesysteem daalt met 13% ten opzichte van een venlo kas

- De extra produktie weegt, nog afgezien van de extra investeringen en onderhoudskosten, bij het huidige gemiddelde produktieniveau op glastuinbouwbedrijven, niet op tegen de extra kosten voor energie

- Het toepassen van filters in de aanzuigopening van de ventilatoren is op zich onvoldoende om daadwerkelijk de aantasting door insekten te voorkomen

- De ventilatiekanalen zijn van te kwetsbaar materiaal en moeten waterondoorlatend gemaakt worden

7 Samenvatting evaluatie 2 december 1992

Op 2 december 1992 zijn de resultaten van dit project besproken op het PTG waarbij vertegenwoordigers aanwezig waren van Hordijk B.V., TFDL-DLO, TU-Delft, IMAG-DLO en de NOVEM.

De conclusies in het rapport spreken de op dit moment beschikbare resultaten van ander onderzoek naar (semi-) gesloten kassen niet tegen en werden door de vergadering onderschreven.
Bottle-neck bij de toepassing in de praktijk zijn de lagere energie-efficiëntie, het het hoge energieverbruik, de geringe produktie winst en de hoge kosten voor de installatie.

Ten aanzien van het energieverbruik van de ventilatoren werd gesteld dat een verdubbeling van het rendement in de toekomst mogelijk moet zijn. Omdat in dat geval zowel het maximale vermogen als het totale verbruik daalt, zullen de elektriciteitskosten per m^2 naar schatting kunnen dalen tot ongeveer f4.- per jaar. Daardoor zou het extra energieverbruik halveren (tot 6-6.5 $m^3_{gas}m^2jaar^{-1}$) en is het totale energieverbruik van de kas als geheel 10% hoger dan van de huidige kassen. Dit type ventilatoren is echter aanzienlijk (tot 5 x) duurder dan het nu gebruikte type en moet waarschijnlijk voor elke bedrijfssituatie apart worden uitgezocht en/of gemaakt.

De geringe produktiewinst is toe te schrijven aan de relatief geringe lichtwinst van 2 tot 3%.
Uitgaande van een mogelijke halvering van het energieverbruik voor de ventilatoren moet de netto lichtwinst 10% zijn om dezelfde energie-efficiëntie te bereiken als bij een traditionele kas. Het lijkt niet reëel om te veronderstellen dat deze netto lichtwinst op korte termijn gerealiseerd kan worden.

De kosten van de in dit project gebruikte installatie liggen hoger dan bij produktie op grote schaal. Geschat wordt dat voor praktijktoepassing een prijsniveau van f100.- tot f150.- m^{-2} (zonder de kas zelf) zou gelden. Daarbij is nog geen rekening gehouden met meerkosten voor ventilatoren met een hoog rendement en een duurzamere uitvoering van de ventilatiekanalen.

Door (grote) verbetering met betrekking tot de lichtwinst en energieverbruik is het concept nog verder te optimaliseren. Belangrijk nadeel blijft dat bij mechanisch ventileren/koelen het energieverbruik en de CO_2 emissie m^{-2} per definitie hoger liggen dan bij een natuurlijk geventileerde kas. Pas als een kasdek ontwikkeld kan worden dat een zeer hoge lichttransmissie combineert met een lager energieverlies, ontstaat ruimte om energie te gebruiken voor mechanische ventilatie/koeling. Daartegenover staat dat deze materialen, toegepast in een kas met traditionele bouwwijze (dus met luchting) ook lichtwinst en energiebesparing zullen opleveren. Voor een objectieve vergelijking moet dus alleen gekeken worden naar de netto winst van nieuwe materialen in een constructie met en zonder luchting.

Door de extra hoeveelheid energieverbruik en de CO_2 emissie per m^2 wordt niet voldaan aan een tweetal belangrijke doelstellingen van het NMP. Daarnaast zijn met een (semi-) gesloten systeem in principe wel andere milieuvoordelen te bereiken. Deze liggen op het terrein het verminderen van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelden doordat de insekten geweerd worden. Filtering op zich blijkt echter volstrekt onvoldoende om de aantasting door insekten te voorkomen.
Tot nu toe is onduidelijk hoe groot de vermindering van aantasting door insekten (en daarmee de potentiele winst van het gebruik en emissie van gewasbeschermingsmiddelen) is bij (semi-) gesloten kassen met mechanische ventilatie en filtering ten opzichte van andere bestaande alternatieven voor het weren van insekten.
Deze eventuele winst kan in onderzoek alleen zichtbaar gemaakt worden door een groot aantal extra hygiënische maatregelen te nemen. Het verminderde verbruik en emissie van gewasbeschermingsmiddelen zal vervolgens moeten worden afgewogen tegen het extra energieverbruik, de extra CO_2 emissie en tegen de extra kosten voor de installatie.

Door de vertegenwoordiger van de NOVEM wordt tot slot gesteld dat voortzetting van onderzoek met het besproken ventilatie/koelsysteem zeer zorgvuldig moet worden afgewogen en dat dit pas zinvol lijkt als er relevante ontwikkelingen zijn op het gebied van sterk verbeterde lichttransmissie en ventilatorrendement. Tevens moet gekwantificeerd worden wat de bijdrage van dergelijke systemen kan zijn op de vermindering van het gebruik en emissie van gewasbeschermingsmiddelen.

Literatuur

Bakker, J.C., 1990. Geen luchtramen maar ventilatoren en neveldoppen. Groenten en Fruit, 21 september 1990: 32-33.

Braak, N. J. van de, 1991. Kasventilatie met verdampingskoeling. Rapport 91-19, IMAG-DLO, 24blz.

Braak, N. J. van de, Breuer, 1991. Ventilatie in kassen. Rapport 91-14, IMAG-DLO, 21blz.

Breuer, J.J.G, A.M. van Weele en A.H.C. van Paassen, 1991. Referentiejaar voor de Nederlandse glastuinbouw. Klimaatbeheersing, 20 (4): 110-113.

Fernández, J.E., Bailey, B.J., 1992. Measurement and prediction of greenhouse ventilation rates. Agricultural and Forest Meteorology, 58: 229-245.

Grandjean, E, 1965. De werkende mens en zijn omgeving. J.H. de Bussy, Amsterdam, 212 blz.

Houter, G., 1991. ECP-model: Simulatiemodel voor energieverbruik, CO2 verbruik en kg-produktie in de glastuinbouw. (Eindverslag), PTG-verslag 4, december 1991, 30 blz.

Knipscheer, H.J.M., 1991. Milieubeleidsplan van de TVVL. Klimaatbeheersing, 20 (5): 168-172.

Reudink, R.H.C., van Paassen, A.H.C., 1989. Veldtest klimaatsysteem gesloten kas. Rapport K-159, TU-Delft, Factulteit Werktuigbouwkunde, 83blz.

Reudink, R.H.C., van Paassen, A.H.C., 1992. De gesloten tuinbouwkas. Rapport K-180, TU-Delft, Factulteit Werktuigbouwkunde, 149 blz.

Bijlage 1: Meting lichttransmissie

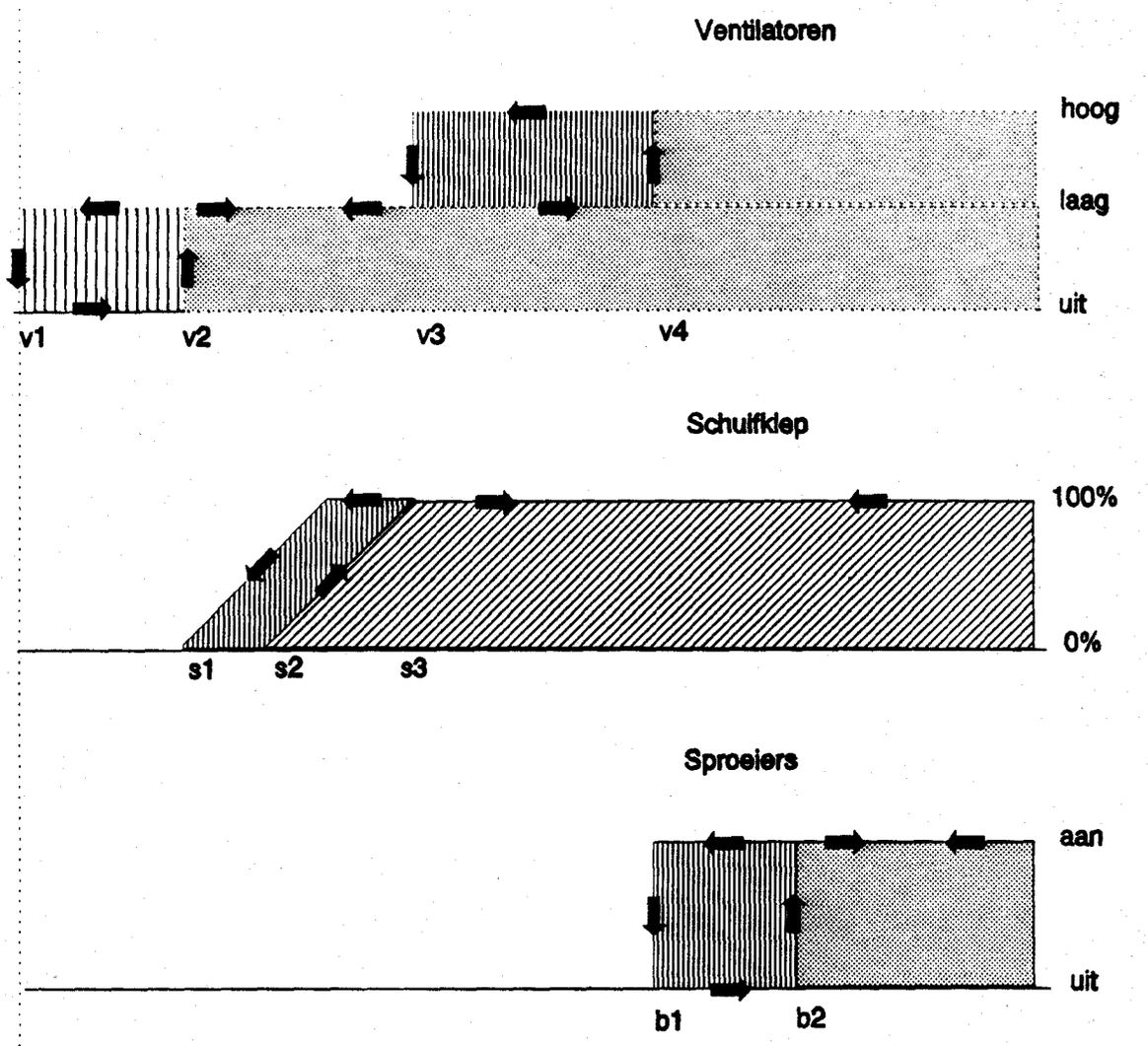
Lichtdoorlaat " Hordijkkas "

Er zijn 2 maal lichtmetingen gedaan in de "Hordijkkas" op het proefstation. Op 25 februari en 10 april 1990. Beide dagen bij egaal bewolkte hemel. Op 25 februari is gemeten in een kas zonder zonder scherminstallatie, gewasdraden, enz. en een met gras bedekte bodem. Op 10 april in een complete kas met toebehoren zoals geopend scherm en met wit folie bedekte grond, maar zonder ventilatieslurven.

Op 25 februari werd de lichtdoorlatendheid van de kas bepaald op 77 % . Op 10 april werd,op dezelfde manier als bij de eerste meting, 78 % van het buitenlicht gemeten.

Op 25 februari werd 4.5 % van het buitenlicht door de bodem gereflecteerd. Hiervoor werd geen correctie toegepast. Op 10 april werd 46 % van het buitenlicht door de bodem teruggekaatst, wat een aanzienlijke meetfout veroorzaakte. Als de meting op 10 april daarvoor wordt gecorrigeerd blijft voor de lichtdoorlatendheid van glasdek, inclusief scherminstallatie en gewasdraden, 73.5 % over.

Bijlage 2: Schema klimaatregeling oorspronkelijke installatie



v1 = uitschakelpunt ventilatoren	(18 C)
v2 = startpunt laag toeren aan	(19 C)
v3 = terugschakelpunt van hoog naar laag	(25 C)
v4 = startpunt hoog toeren aan	(28 C)
s1 = setpoint klep sluiten	(19 C)
s2 = startpunt klep openen	(20 C)
s3 = proportionele band	(5 C)
b1 = setpoint bevochtigen uit	(28 C)
b2 = setpoint bevochtigen aan	(29 C)

Alle setpoints en schakelpunten zijn onafhankelijk van elkaar instelbaar.

Tussen haakjes de gebruikte instellingen

Bijlage 3: Geluidsmetingen oorspronkelijke installatie

STICHTING TECHNISCHE EN FYSISCHE DIENST VOOR DE LANDBOUW

MANSHOLTLAAN 12 WAGENINGEN TELEFOON 08370-19143

Rapport van de geluidsmetingen voor het vaststellen van de geluidshinder van kas 308 (Hordijkkas) op het terrein van het PTG te Naaldwijk.

1. Algemeen.

Op het terrein van het PTG te Naaldwijk is recentelijk kas 308 (de Hordijkkas) gebouwd. Deze kas is onder meer voorzien van ventilatoren voor de koeling en ventilatie.
Doel van de in dit rapport omschreven metingen is het vaststellen van de verwachte geluidshinder van de ventilatoren bij de woningen van de belendende Galgeweg.

2. Meetinstrument en meetomstandigheden.

Voor de metingen is gebruik gemaakt van een precisie-geluidsmeter, General Radio model 1988, als volgt ingesteld:
- soort geluidsmeting: Leq, integratietijd 10 sec.
- responsiesnelheid: "slow"
- filter: A-filter (dBA)
- meetmicrofoon: ½", "random incidense" met windkap

De metingen zijn uitgevoerd bij zonnig weer, matige wind en een buitentemperatuur van ca. 22 °C.

3. Meetresultaten en analyse.

Uitgevoerde metingen

Leq-metingen zijn uitgevoerd op de volgende meetplaatsen:
- op 3 m van de ventilatoren in de kas bij laag ventilatortoerental,
- op 3 m van de ventilatoren in de kas bij hoog ventilatortoerental,
- op 1 m van de ventilatoren in de buitenlucht (ventilatiekleppen geheel open, hoog toerental),
- idem, op ca. 8 m uit de zuidgevel van de bedrijfswoning,
- idem, bij het hek langs de Galgeweg op ca. 19 m van ZW-hoek van de kas,
- idem, bij de brievenbus van Galgeweg 16 op ca. 30 m van de ZW-hoek van de kas,
- idem, bij de brievenbus van Galgeweg 18 op ca. 30 m van de ZW-hoek van de kas.

Meetresultaten

Gemeten Leq bij laag toerental <u>in</u> de kas: 68 dBA

Gemeten Leq bij hoog toerental <u>in</u> de kas: 88 dBA

Gemeten Leq 1 m buiten de kas: 88 dBA

Gemeten Leq bij de bedrijfswoning: 59 dBA

Gemeten Leq bij het hek: 73 dBA

Gemeten Leq bij Galgeweg 16: 60 dBA

Gemeten Leq bij Galgeweg 18: 62 dBA

Bij alle metingen is het achtergrondniveau met minimaal verkeerslawaai gemeten. Dit niveau was <= 50 dBA, zodat de meetresultaten niet significant door het achtergrondgeluid werden beïnvloed.

Schatting geluidsniveau bij de woningen bij laag toerental

De demping van het geluidsniveau, veroorzaakt door de ventilatoren, tot bij de brievenbus van de woningen bedraagt
- 28 dBA bij nr. 16 en
- 26 dBA bij nr. 18.

Het geluidsniveau in de kas (3 m van de ventilatoren) is nagenoeg gelijk aan het niveau op 1 m afstand in de buitenlucht.
Het geschat geluidsniveau bij de woningen bij laag ventilatortoerental wordt dan:
- 68 - 28 = 40 dBA bij nr. 16 en
- 68 - 26 = 42 dBA bij nr. 18.

4. Conclusies.

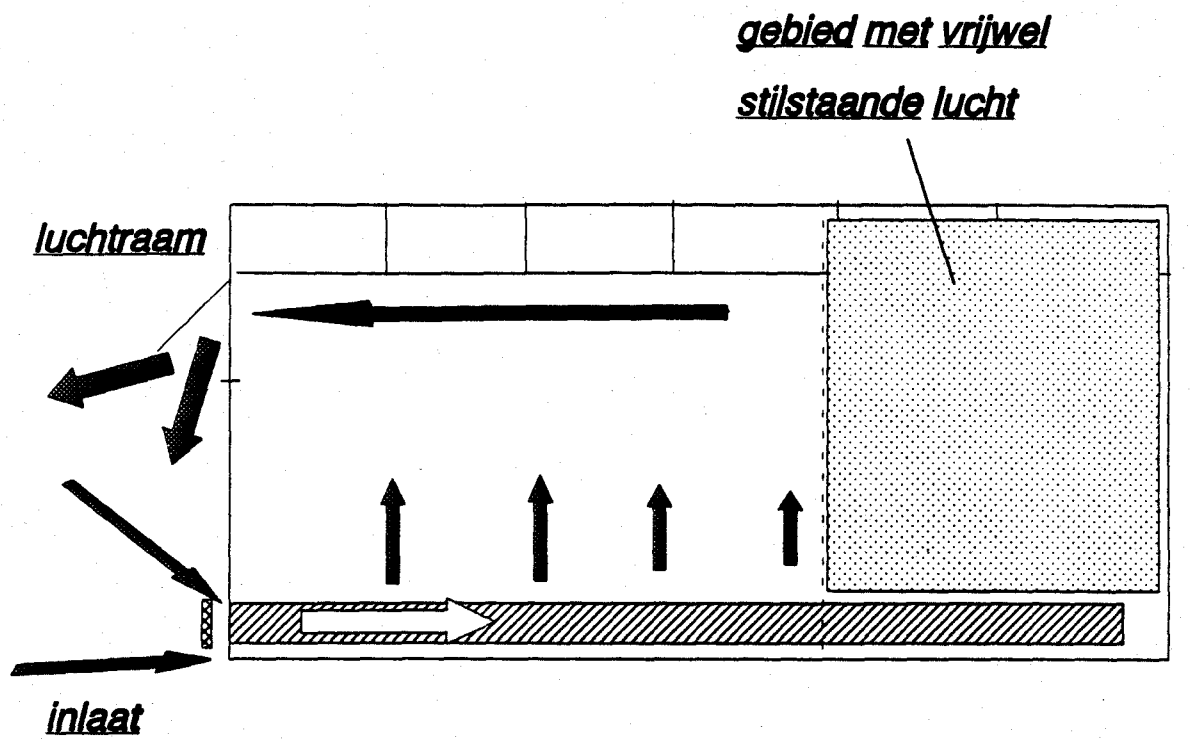
De volgende conclusies kunnen worden getrokken:
- het geluidsniveau bij de woningen is duidelijk te hoog bij hoog toerental en gedurende de dag (toegestaan 50 dBA),
- het geluidsniveau bij de woningen is niet of nauwelijks te hoog bij laag toerental en gedurende de dag en avond (toegestaan 50 resp. 40 dBA).
- het geluidsniveau bij de woningen is duidelijk te hoog bij hoog en laag toerental en gedurende de nacht (toegestaan 35 dBA).

Geluiddempende maatregelen dienen derhalve te worden ondernomen. Bovendien kan worden gesteld dat het geluidsniveau in de kas bij hoog toerental als zeer hinderlijk zal worden ervaren.

Wageningen, 2 mei 1990

P. Hendriks

Bijlage 4: Schema luchtbeweging



Luchtstromingspatroon bij oorspronkelijk systeem

Derde rapport van de geluidsmetingen voor het vaststellen van de geluidshinder van kas 308 (Hordijkkas) op het terrein van het PTG te Naaldwijk.

1. Algemeen.

Op het terrein van het PTG te Naaldwijk staat onder andere kas 308 (de Hordijkkas). Deze kas is onder meer voorzien van ventilatoren voor de koeling en ventilatie. De huidige uitvoering van de ventilatievoorzieningen voldoet niet. Een proefopstelling is vervaardigd voor een alternatief ventilatiesysteem, bestaande uit een centrifugaal-ventilator in een omkasting met luchtfilter en een luchttoevoerkanaal, vervaardigd uit hard polystyreen.
Doel van dit rapport is het schatten van de verwachte geluidshinder van de ventilatoren (totaal 32 stuks) bij de woningen van de belendende Galgeweg. Dit rapport is een vervolg op het rapport van 23 september 1991.

2. Meetinstrument en meetomstandigheden.

Voor de metingen is gebruik gemaakt van een precisie-geluidsmeter, General Radio model 1988, als volgt ingesteld:
- soort geluidsmeting: L_{eq}, integratietijd 10 sec.
- responsiesnelheid: "slow"
- filter: A-filter (dBA)
- meetmicrofoon: ½", "random incidense" met windkap

De metingen zijn uitgevoerd op 16 oktober 1991 bij bewolkt weer, krachtige wind en een buitentemperatuur van ca. 10 °C.

3. Meetresultaten en analyse.

Uitgevoerde metingen

L_{eq}-metingen zijn uitgevoerd op de volgende meetplaatsen:
- in de aanzuigopening van de ventilatoromkasting
- op ca. 1 m van de aanzuigopening van de ventilatoromkasting.

Meetresultaten

Gemeten L_{eq} in de aanzuigopening met geleideschot: 72 dBA

Gemeten L_{eq} op 1 m van de aanzuigopening met geleideschot: 61 dBA

Bij alle metingen is het achtergrondniveau met minimaal verkeerslawaai gemeten. Dit niveau was ≤ 50 dBA, zodat de meetresultaten niet significant door het achtergrondgeluid werden beïnvloed.

Schatting geluidsniveau bij de woningen

De demping van het geluidsniveau (t.o.v. de geluidsdruk op 1 meter van de kasgevel), veroorzaakt door de ventilatoren, tot bij de brievenbus van de woningen (zie het rapport d.d. 2 mei 1990) bedraagt
- 28 dBA bij nr. 16 en
- 26 dBA bij nr. 18.

De geluidsdruktoename bij toepassing van 32 ventilatoren (mogelijke dag- en avondsituatie) bedraagt ca. 15 dBA, zodat de totale geluidsdruk op 1 m van de kasgevel geschat wordt op 61 + 15 = 76 dBA.
Het geschat geluidsdrukniveau bij de woningen <u>met 32 draaiende ventilatoren</u> wordt dan:
- 76 - 28 = 48 dBA bij nr. 16 en
- 76 - 26 = 50 dBA bij nr. 18.

Verwacht wordt dat in de nacht gerekend moet worden met 8 draaiende ventilatoren.
De geluidsdruktoename wordt dan ca. 9 dBA, zodat de totale geluidsdruk op 1 m van de kasgevel geschat wordt op 61 + 9 = 70 dBA.
Het geschat geluidsdrukniveau bij de woningen met <u>8 draaiende ventilatoren</u> (verwachte nachtsituatie) wordt dan:
- 70 - 28 = 42 dBA bij nr. 16 en
- 70 - 26 = 44 dBA bij nr. 18.

4. <u>Conclusies.</u>

De volgende conclusies kunnen worden getrokken:
- het geluidsniveau bij de woningen is niet te hoog gedurende de dag (toegestaan 50 dBA).
- het geluidsniveau bij de woningen is te hoog gedurende de avond en de nacht (toegestaan 40 resp. 35 dBA)
- het geluidsniveau in de kas is toelaatbaar.

Geluiddempende maatregelen tot een geluidsdrukvemindering van 10 dBA dienen derhalve te worden genomen.

Wageningen, 17 oktober 1991

P. Hendriks

Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij
Dienst Landbouwkundig Onderzoek
Stichting Technische en Fysische Dienst voor de Landbouw

tfdl-dl

4e rapport van de luchtopbrengstmetingen voor het vaststellen van de capaciteit van de gekozen centrifugaal ventilator in kas 308 (Hordijkkas) op het terrein van het PTG te Naaldwijk.

Projectnummer: 10128

1. Algemeen.

Op het terrein van het PTG te Naaldwijk staat kas 308 (de Hordijkkas). Deze kas is onder meer voorzien van ventilatoren voor de luchtverversing en de koeling van de kas. De huidige uitvoering van het ventilatiesysteem voldoet qua geluidsniveau niet aan de normen van de hinderwet. Een proefopstelling is vervaardigd voor een alternatief ventilatiesysteem, bestaande uit een centrifugaalventilator in een omkasting en een luchttoevoerkanaal, vervaardigd uit hard polystyreenschuim. Het resultaat van de voorgaande meting met de centrifugaalventilator gaf aan dat deze een te lage opbrengst had. De ventilator is vervolgens vervangen door een zwaarder type. Dit gaf slechts een geringe verbetering te zien. Wel bleek de verdeling in het uitblaaspatroon sterk verbeterd te zijn. Aan de hand van dit gegeven heeft de TFDL voor de verdere beproeving het aantal uitblaas gaten in het kanaal bijna verdubbeld en is het aanzuigfilter vervangen door een voor dit doel nog ter beschikking staand filter. Dit filter is een klein type zakkenfilter en heeft op het oog een groter netto filteroppervlak dan het hiervoor beproefde filter dat al een sterke vervuiling te zien gaf.
Na deze aanpassingen zijn een aantal metingen uitgevoerd, waarbij steeds een groter deel van de uitblaasopeningen werd afgedicht. Het doel hiervan is het toetsen van de luchtopbrengst van de gekozen ventilator en een passend advies te kunnen opstellen over het uitblaasoppervlak van het kanaal.

2. Meetinstrument en meetomstandigheden.

Voor de metingen is gebruik gemaakt van een anemometer, Wallac Oy, type GGA23S, serienummer 69 0430.

De metingen zijn uitgevoerd bij bewolkt weer, krachtige wind en een buitentemperatuur van 6,20 C.

Het polystyreen hardschuim kanaal was voorzien van 90 uitblaasopeningen ∂ 30 mm en 88 uitblaasopeningen ∂ 40 mm. Bij de metingen is eenmaal 20% van het uitblaasoppervlak afgedicht (28 gaten ∂ 40 mm) en eenmaal 29% (40 gaten ∂ 40 mm).

3. Meetresultaten en analyse.

Uitgevoerde metingen
Luchtsnelheidsmetingen zijn uitgevoerd op de volgende meetplaatsen:
- In de aanzuigopening bij een schuin geplaatste bovenplaat, netto doorlaat 31 cm diep x 88,5 cm breed. De metingen zijn in een ruitpatroon uitgevoerd.

-vervolg op blad 2-

Meetresultaten
Volledige uitblaasopeningen.

4,8 5,2 m/s

5,5 m/s

5,2 4,8 m/s

gem. 5,1 m/s ---> 5,1 x .31 x .885 x 3600 = 5037 m^3/h
---> gem. uitbl. snelheid 8 m/s ---> Δp $1,24.8^2/0,7$=113 Pa.

20% van de uitblaasopeningen afgedicht.

4,5 5,0 m/s

5,2 m/s

4,7 4,9 m/s

gem. 4,86 m/s ---> 4,86 x .31 x .885 x 3600 = 4800 m^3/h
---> gem. uitbl. snelheid 9,6 m/s ---> Δp $1,24.9,6^2/0,7$=163 Pa.

29% van de uitblaasopeningen afgedicht.

4,5 5,3 m/s

5 m/s

4,8 4,0 m/s

gem. 4,72 m/s ---> 4,72 x .31 x .885 x 3600 = 4662 m^3/h
---> gem. uitbl. snelheid 10,5 m/s ---> Δp $1,24.10,5^2/0,7$=195 Pa.

Bij volledige uitblaasopeningen trad bij het eerste uitblaasgat achter de ventilator weer duidelijk een lagere en wisselende opbrengst op. Vanaf het derde gat was de opbrengst stabiel en zeer gelijkmatig. Bij de meting van het 3e rapport (90 gaten ∂ 30 mm) bleek de uitblaas over alle gaten een zeer gelijkmatige opbrengst te geven. De totale opbrengst in deze situatie was echter te klein.

Bij het maximum aantal uitblaasopeningen, zoals nu is aangebracht, is de gemeten stroomsterkte van de electromotor 5,5 A. Dit is hoger dan de opgegeven waarde op de stempelplaat van 4,75 A.

4. <u>Conclusies.</u>

De volgende conclusies worden getrokken:

-De ventilator brengt voldoende lucht op.
-De ventilator draaide bij het nu aangebrachte volledige uitblaas-

-vervolg op blad 3-

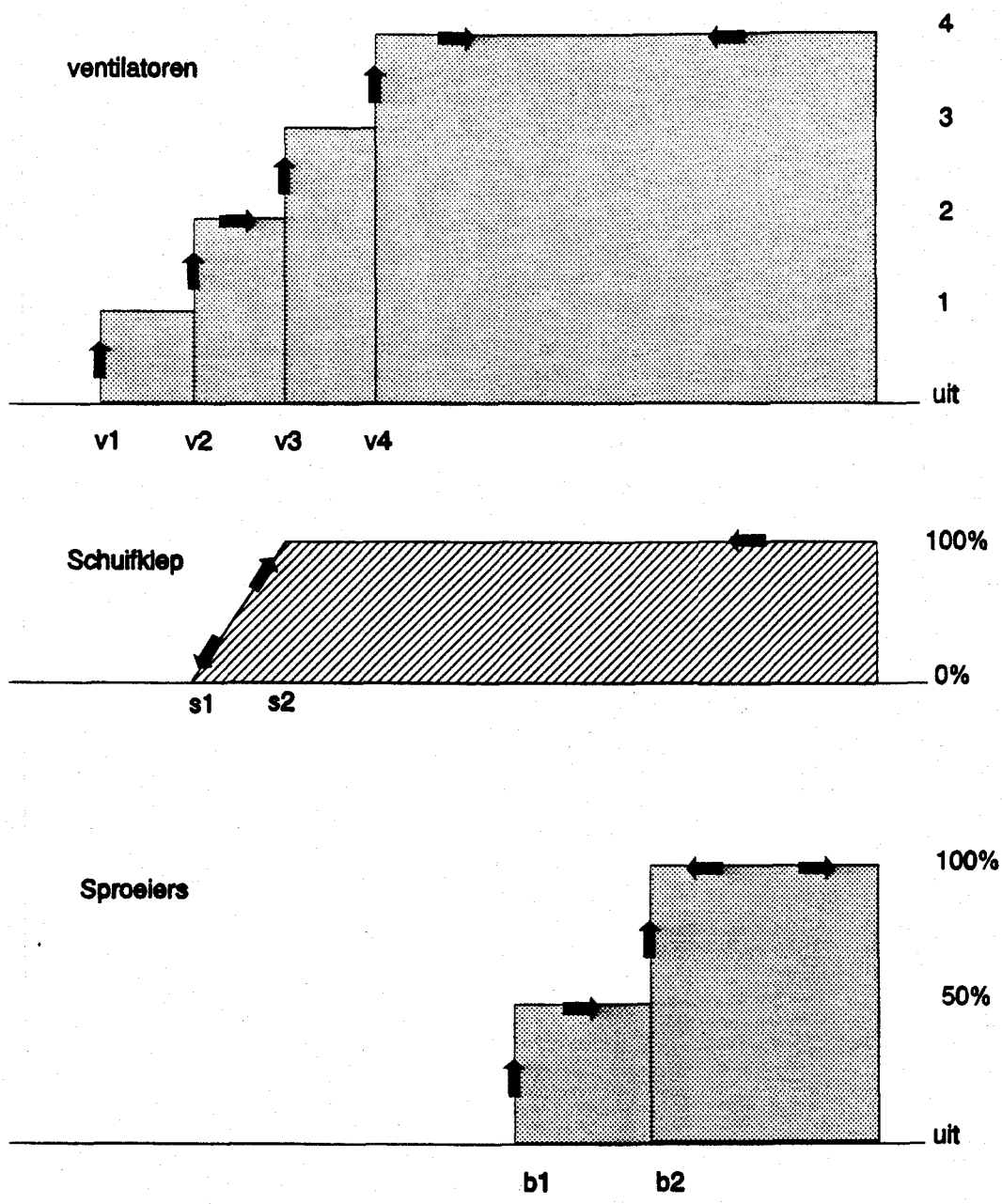
oppervlak buiten zijn werkpunt (zie amperage).
-Het aantal gaten, met een diameter van 3 cm in het verdeelkanaal van 50 m lengte, kan voor een goede verdeling van de lucht op 190, 95 per zijde, worden gebracht.
-De onderlinge afstand tussen de gaten dient men zo gelijkmatig mogelijk te houden. Afwijkingen in de onderlinge afstand maken het ontwerp niet direct kritisch, zodat het gatenpatroon aan eisen voor het productieproces van het kanaal kan worden aangepast.

5. Opmerking.
De geluidsmetingen gaven het zelfde resultaat te zien als de vorige meting. Hierover wordt danook geen extra rapport over uitgebracht. Er dienen bij een definitieve uitvoering nog de nodige maatregelen te worden genomen om binnen de normen te komen.

Wageningen, 18 november 1991.

L. Noort.

Bijlage 7: Schema aangepaste klimaatregeling



v1 t/m v4 = setpoints ventilator 1,2,3 en 4 (20, 21, 22, 23 C)

s1 = startpunt proportionele zone schuifklep, per ventilatortrap gelijk aan v1 t/m v4

s2 = bandbreedte schuifklep, gelijk aan v2-v1, v3-v2 of v4-v3.

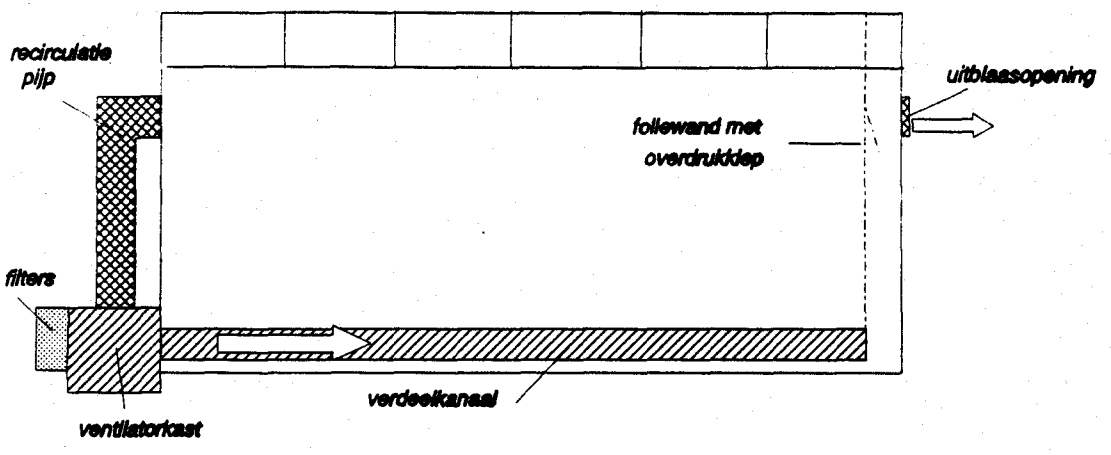
b1 = setpoint bevochtigen aan (50% van de capaciteit) (24 C)

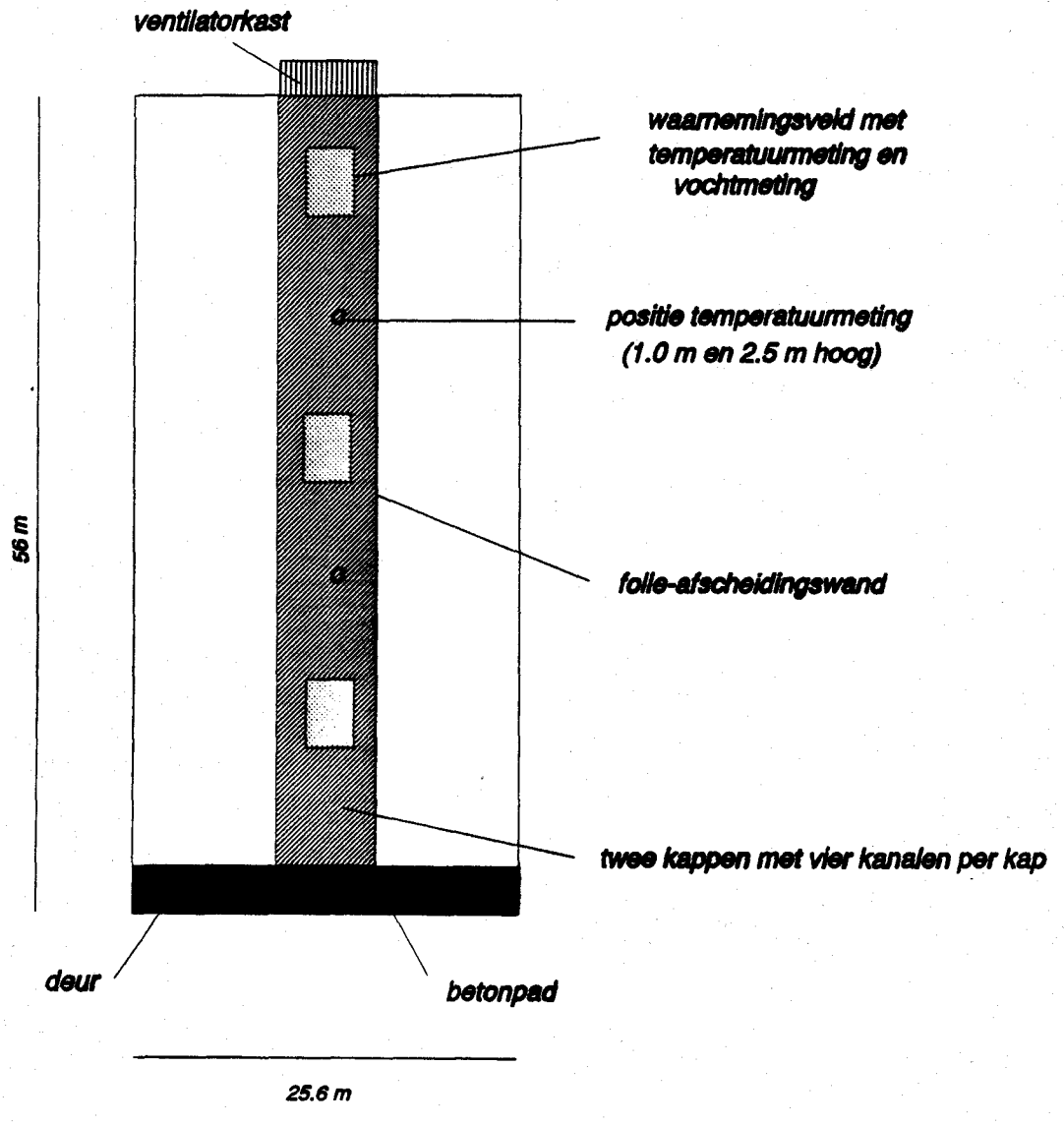
b2 = setpoint bevochtigen 100% (26 C)

Alle setpoints en schakelpunten zijn onafhankelijk van elkaar instelbaar.

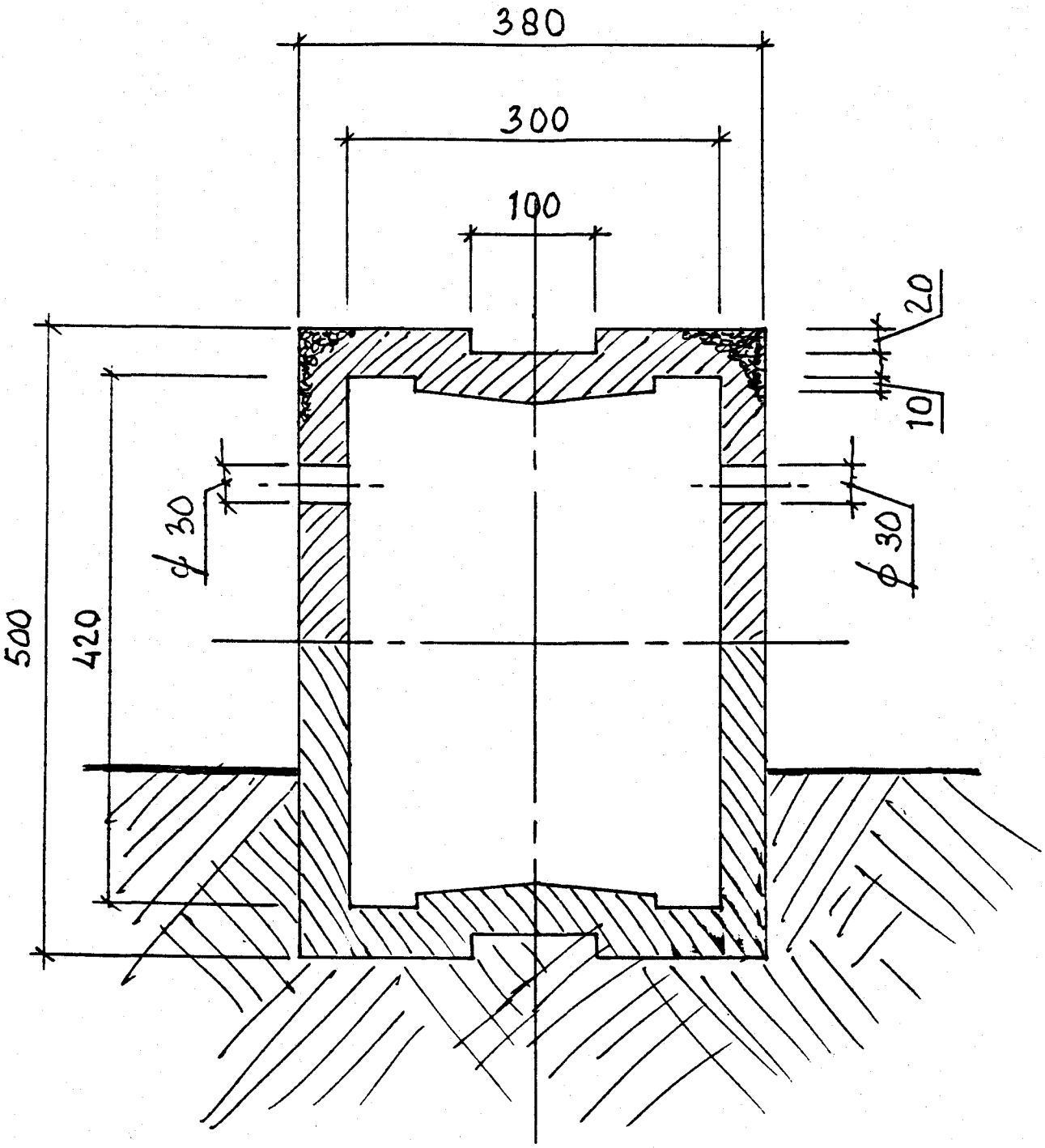
Tussen haakjes de gebruikte instellingen

Bijlage 8: Schema nieuwe installatie





DOORSNEDE



HARD POLYSTYREENSCHUIM
LUCHTVERDEELKANALEN.

26/05/1992

TOTALE LENGTE PER KANAAL : 50 m.
SCHOT : 1 : 300
95 GATEN ϕ 30 PER ZIJDE; ϕ OP ϕ 520

Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij
Dienst Landbouwkundig Onderzoek
Stichting Technische en Fysische Dienst voor de Landbouw

tfdl-d

KAS 308 (HORDIJKKAS)
Specificatie hoofdbestanddelen ruimteventilatie en verdampingskoeling.

-Ventilatoren:

Fabrikaat THERMO AIR, type DDMH 12-9-9. (In de opdracht aan HORDIJK duidelijk gespecificeerd. Door de inbouw niet meer via de stempelplaat te controleren. Uit de metingen van de opbrengst en het opgenomen amperage blijkt dat het type DD 11-9-9 is toegepast, zoals in de eerste proefopstelling is gebruikt en vervolgens i.v.m. de te lage opbrengst is vervangen door bovengenoemd type). Volgens de specificatie-bladen DDMH 12-9-9: 900 omw./min., 220 V, 750 W, 7 A. DDMH 11-9-9: 900 omw./min., 220 V, 550 W, 4,3 A.

-Filters:

Nog geen specificaties van HORDIJK ontvangen.

-Sproeiers:

Nog geen specificaties van HORDIJK ontvangen.

-Kanalen:

Voor de exacte afmetingen van wanddikte, diameter van de gaten en de hartafstand, zie bijgevoegde schets.
Materiaal: Hard polystyreenschuim.
De overige materiaalspecificaties, zoals soortelijke massa, waterdampdiffusiedichtheid, wateropname binnen de cellen, thermische geleidbaarheid, etc., etc. zijn nog geen specificaties van HORDIJK ontvangen.

2 juni 1992.

L. Noort.

Bijlage: Schets kanaaldoorsnede met afmetingen.

Bijlage 9: Geluid en luchtopbrengst aangepaste installatie

Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij
Dienst Landbouwkundig Onderzoek
Stichting Technische en Fysische Dienst voor de Landbouw

tfdl-d

Rapport van de geluidsmetingen op 20 mei 1992 voor het vaststellen van de geluidshinder van kas 308 (Hordijkkas) op het terrein van het PTG te Naaldwijk.

1. Algemeen.

Op het terrein van het PTG te Naaldwijk staat o.a. kas 308 (de Hordijkkas). Deze kas is uitgerust met ventilatoren voor de koeling en ventilatie i.p.v. de normale luchtingsramen. Het probleem, van de in eerste instantie geplaatste ventilatoren, is de te hoge geproduceerde geluidsdruk. Hiervoor zijn nu veranderingen aangebracht. Twee kappen in het midden van de kas zijn voorzien van nieuwe ventilatie-units met filters en een geluidabsorberende omkasting. Per nieuw geïnstalleerde kap zijn nu 4 ventilatoren geplaatst, onder gebracht in één omkasting (zie toegevoegde schets). In de kas wordt de lucht nu verdeeld d.m.v. luchtkanalen uit hard polystyreenschuim. De kanalen doen tevens dienst doen als ondersteuningsconstructie voor de substraatteeltgoten.
De mogelijkheid dat alle acht kappen in de toekomst met de zelfde ventilatie-units worden uitgerust, is aanwezig. In dit rapport wordt een schatting gemaakt van de te verwachten geluidshinder van de ventilatoren bij de woningen van de belendende Galgeweg. Dit rapport is een vervolg op het meetrapport van 23 september 1991.

2. Meetinstrument en meetomstandigheden.

Voor de metingen is gebruik gemaakt van een precisiegeluidsmeter, General Radio model 1988, als volgt ingesteld:
- soort geluidsmeting: Leq, integratietijd 10 s
- responsiesnelheid : "slow"
- filter: A-filter (dBA)
- meetmicrofoon: $^1/_2$", "random incidense" met windkap

De metingen zijn uitgevoerd bij onbewolkt weer, een windsnelheid van 3,2 m/s en een buitentemperatuur van ca. 23,5°C.

3. Meetresultaten en analyse.

Uitgevoerde metingen

Leq-metingen zijn uitgevoerd op de volgende meetplaatsen:
1.) In de aanzuigopening van de ventilatoromkasting op ca. 1 m van de ventilator.
2.) Op ca. 1 m van de aanzuigopeningen in het centrum voor de ventilatoromkasting.
3.) Tussen de luchttoevoerkanalen aan het begin van de kanalen in de kas.
4.) In de uitblaasgaten aan het begin van een luchttoe voerkanaal in de kas.
5.) Tussen de luchttoevoerkanalen in het midden van de

kas.
6.) In de uitblaasgaten in het midden van een luchttoe voerkanaal.
7.) In de uitblaasgaten aan het einde van een luchttoe voerkanaal.
8.) Tussen de luchttoevoerkanalen aan het eind van de kanalen.
9.) Buiten de kas op ca. 1 m afstand van de aanzuigopening van een oud type ventilator (ventilatoren in bedrijf).

Meetresultaten

Gemeten Leq op meetplaats:

1.)	(kast met wisselklep)	69	dBA
	(kast met enkele fan)	78	dBA
	(kast met dubbele fan)	83	dBA
2.)	(van de gezamelijke kasten)	65	dBA
3.)	(in de kas, waterspoeiers in bedrijf)	68,5	dBA
4.)	(watersproeiers in bedrijf)	74,5	dBA
5.)	(watersproeiers in bedrijf)	64,5	dBA
6.)	(watersproeiers in bedrijf)	68	dBA
7.)	(watersproeiers in bedrijf)	67	dBA
8.)	(hogedrukpomp in bedrijf)	68	dBA
9.)		70	dBA

Bij alle metingen is het achtergrondniveau met minimaal verkeerslawaai gemeten. Dit niveau was $\leq$ 50 dBA, zodat de meetresultaten niet significant door het achtergrondgeluid werden beïnvloed.

Schatting geluidsniveau bij de woningen

De demping van het geluidsniveau door de afstand van de geluidsbron tot de brievenbus van de woningen (zie het rapport d.d. 2 mei 1990) bedraagt:
- 28 dBA bij nr. 16 en
- 26 dBA bij nr. 18.

Het geluidsniveau in de situatie zonder instraling in de kas (nacht), wordt nu veroorzaakt door maximaal 2 ventilatoren. Het geluidsvermogenniveau van 65 (meetpunt 2) respectievelijk 70 dBA (meetpunt 9) wordt geproduceerd door 8 + 11 ventilatoren (zie bijgevoegde schets).
In formule $L_W = 10\log W/W_0$.
Hierin is: L_W = het geluidvermogenniveau in dB
W = geluidvermogen van de bron in Watt
W_0 = het referentiegeluidvermogen van 10^{-12} W.
Uit de formule is te zien dat een vergroting van het geluidvermogen met een factor 2 een geluidvermogenniveauverhoging van 3 dB tot gevolg heeft. Het uitschakelen van de oude fans geeft dan een afname van ca. 3 dB. Het terugschakelen van 8 naar 2 nogmaals 6 dB. De totale geluidsdruk neemt hierdoor ca. 9 dBA af, zodat de totale geluidsdruk op 1m van de kasgevel geschat wordt op 65 - 9 = 56 dBA.
Het geschat geluidsdrukniveau bij de woningen, veroor-

zaakt door de ventilatie van kas 308, wordt dan:
56 - 28 = 28 dBA bij nr. 16 en
56 - 26 = 30 dBA bij nr. 18.

4. Conclusies.

De volgende conclusies kunnen worden getrokken:
- Het geluidsniveau, veroorzaakt door de mechanische ventilatie van kas 308, bij de woningen blijft gedurende de dag onder de toegestane waarde van 50 dBA.
- Het geluidsniveau, veroorzaakt door de mechanische ventilatie van kas 308, bij de woningen blijft geduren de de avond en nacht onder de toegestane waarde van 40 resp. 35 dBA.
- Het geluidsniveau in de kas is toelaatbaar.

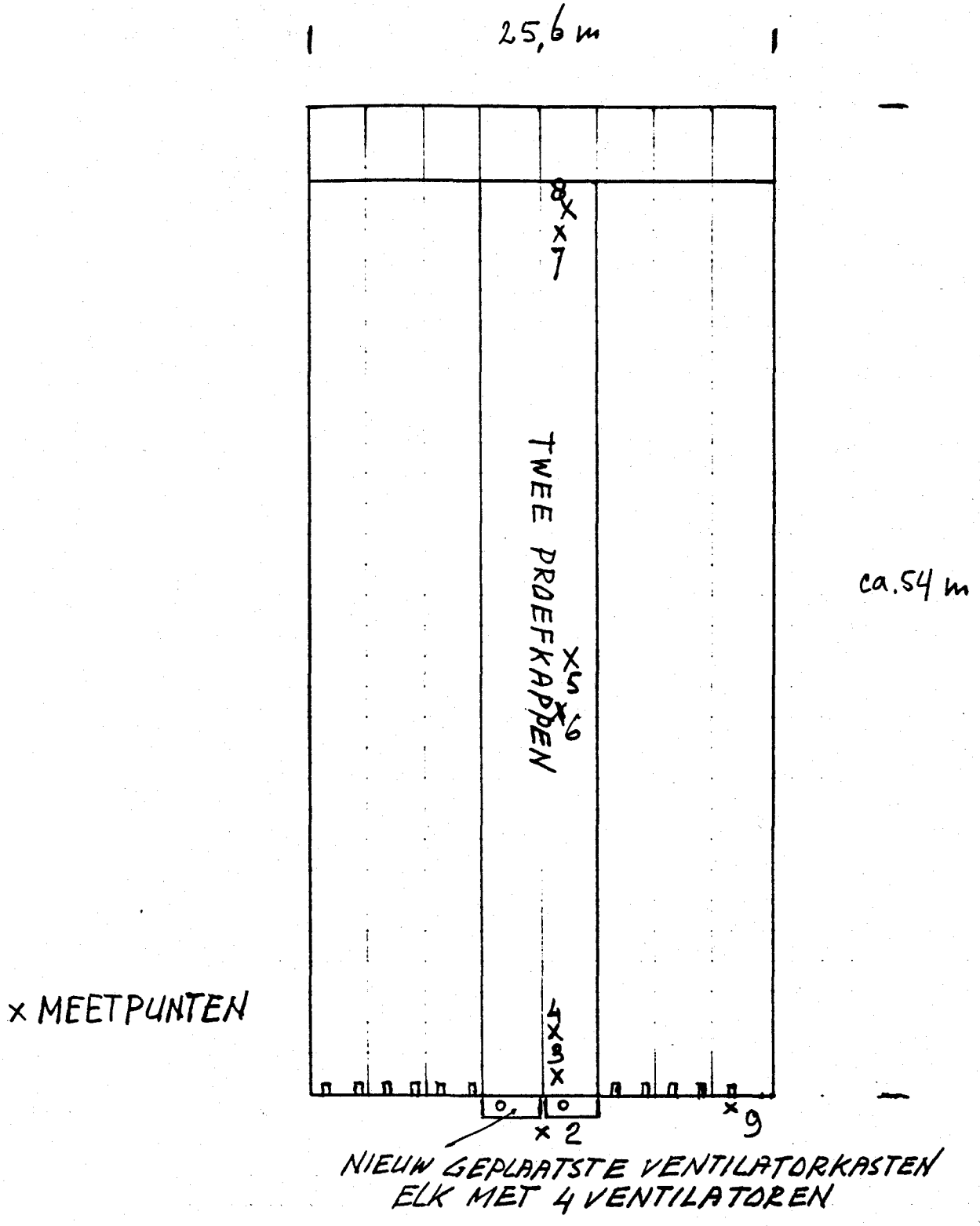
Er behoeven geen aanvullende maatregelen voor een geluidsdrukvermindering te worden genomen.

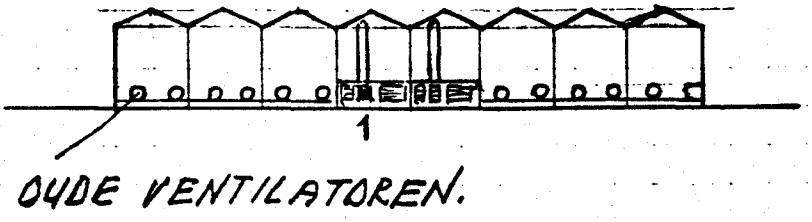
Bij een eventuele uitbreiding van het ventilatiesysteem met kasten voor de gehele kas kunnen 's-nachts 8 ventilatoren in bedrijf staan en moet de waarde van 65 dBA weer worden aangehouden voor de schatting. Het geschatte geluidsniveau bij de woningen, veroorzaakt door de ventilatie van kas 308, wordt dan:
65 - 28 = 37 dBA bij nr. 16 en
65 - 26 = 39 dBA bij nr. 18.
Beide niveau's komen dan boven de grenswaarde volgens de hinderwet te liggen en in dit geval zullen wel aanvullende maatregelen moeten worden getroffen.

Wageningen, 2 juni 1992.

L. Noort.

Bijlage: Schets overzicht kas 308.





OVERZICHT KAS 308 PTG NAALDWIJK.

2 juni 1992

Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij

Dienst Landbouwkundig Onderzoek
Stichting Technische en Fysische Dienst voor de Landbouw

tfdl-d

5e rapport van de luchtopbrengstmetingen bij de laatste herziene uitvoering van de installaties van kas 308 (Hordijkkas) op het terrein van het PTG te Naaldwijk.

Projectnummer: 10128

---

1. Algemeen.

Op het terrein van het PTG te Naaldwijk staat kas 308 (de Hordijkkas). Deze kas is onder meer voorzien van ventilatoren voor de luchtverversing en de koeling van de kas. De voorgaande uitvoering van het ventilatiesysteem voldeed qua geluidsniveau niet aan de normen van de hinderwet. Er is een nieuwe opstelling gemaakt voor de middelste twee kappen. Hierbij zijn 2 x 4 centrifugaalventilatoren in een buiten de kas staande omkasting geplaatst. De lucht wordt via regeninslagvrije roosters en vervolgens filters aangezogen. De omkasting is aan de binnenzijde van geluidsabsorberend materiaal voorzien. Aan de perszijde wordt de lucht per ventilator via een inblaaskanaal uit hard polystyreenschuim over het kasoppervlak verdeeld. Ieder luchtkanaal is ca. 50 m lang en bezit 95 uitblaasgaten per zijde, diameter 3 cm, (190 totaal per kanaal), onderlinge hartafstand ca. 52 cm. Per kap kan via één ventilator en een kleppensectie lucht worden gerecirculeerd. Verder zit er in het begin van ieder kanaal een sproeier voor waterverneveling. Deze worden in twee trappen aangestuurd, 0, 4 of 8 sproeiers in bedrijf.

2. Meetinstrument en meetomstandigheden.

Voor de metingen is gebruik gemaakt van een anemometer, Wallac Oy, type GGA23S, serienummer 69 0430.

De metingen zijn uitgevoerd bij onbewolkt weer, een windsnelheid van 3,2 m/s en een buitentemperatuur van ca 22°0 C.

3. Meetresultaten.

Uitgevoerde metingen
Luchtsnelheidsmetingen zijn uitgevoerd op de volgende meetplaatsen:
- In de aanzuigopeningen van het rooster bij de ventilator met het kleppenregister.
- In de aanzuigopeningen van het rooster bij de separate ventilator naast die met het kleppenregister.
- In de aanzuigopeningen van de roosters van de twee ventilatoren in één compartiment.
- Steekproefsgewijs in de uitblaasopeningen van de kanalen.

Resultaten
De gemeten snelheden in de aanzuigopeningen bij de ventilator met het kleppenregister bedragen: 5,8; 4,5; 5,5; 5,8 en 5,3 m/s.
Vgem. bedraagt 5,38 m/s.
F netto bedraagt 0,147 m2. Hieruit volgt Q = 2847 m3/h.
De gemeten snelheden in de aanzuigopeningen bij de separate ventilator naast die met het kleppenregister bedragen: 5,8; 2,5; 2,2; 4,7; 4,3; 5; 6,5 en 4,8 m/s.

-vervolg op blad 2-

Vgem. bedraagt 4,48 m/s.
F netto bedraagt 0,2024 m2. Hieruit volgt Q = 3264 m3/h.
De gemeten snelheden in de aanzuigopeningen van de roosters bij de twee ventilatoren in één compartiment bedragen: 7; 6,5; 6,2; 7; 6,8; 7; 7; 7,2; 7; 5,8; 7; 7,5; 7,2; 7,3; 7,2 en 7 m/s.
Vgem. bedraagt 6,92 m/s.
F netto bedraagt 0,232 m2. Hieruit volgt Q = 5780 m3/h.
De steeksproefgewijze metingen over de uitblaasopeningen geeft een zeer gelijkmatige uitblaassnelheid te zien van iets meer dan 5 m/s.

4. Conclusies.

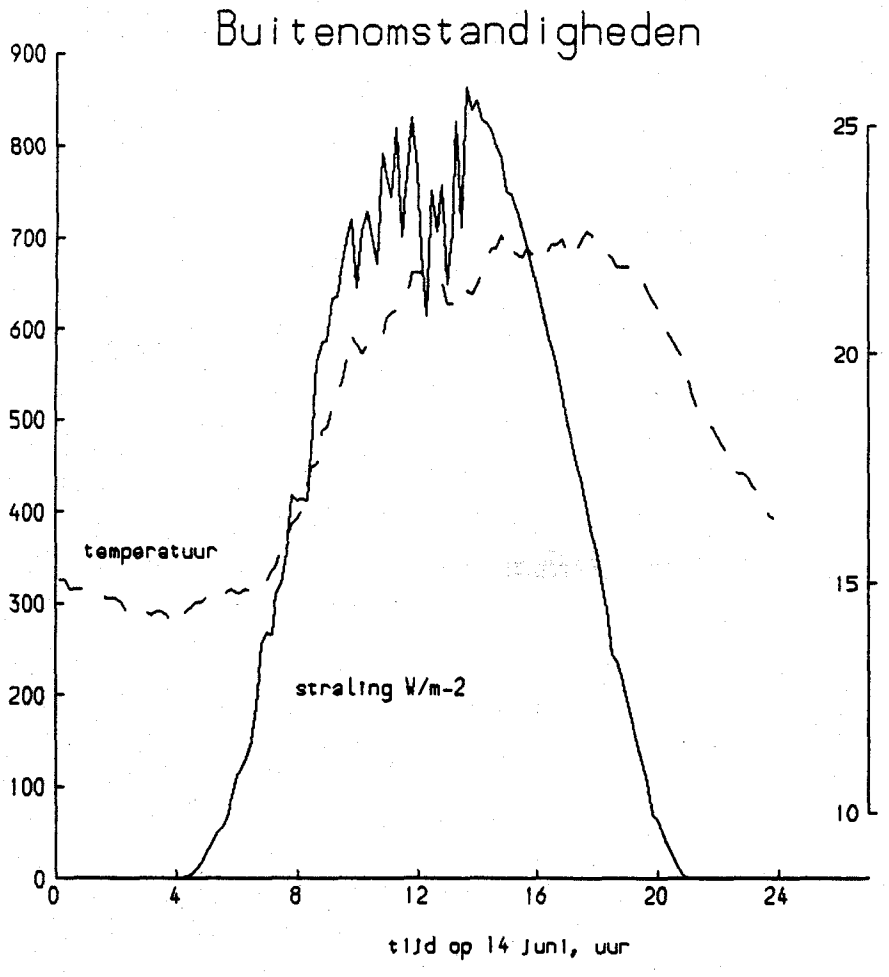
De volgende conclusies worden getrokken:

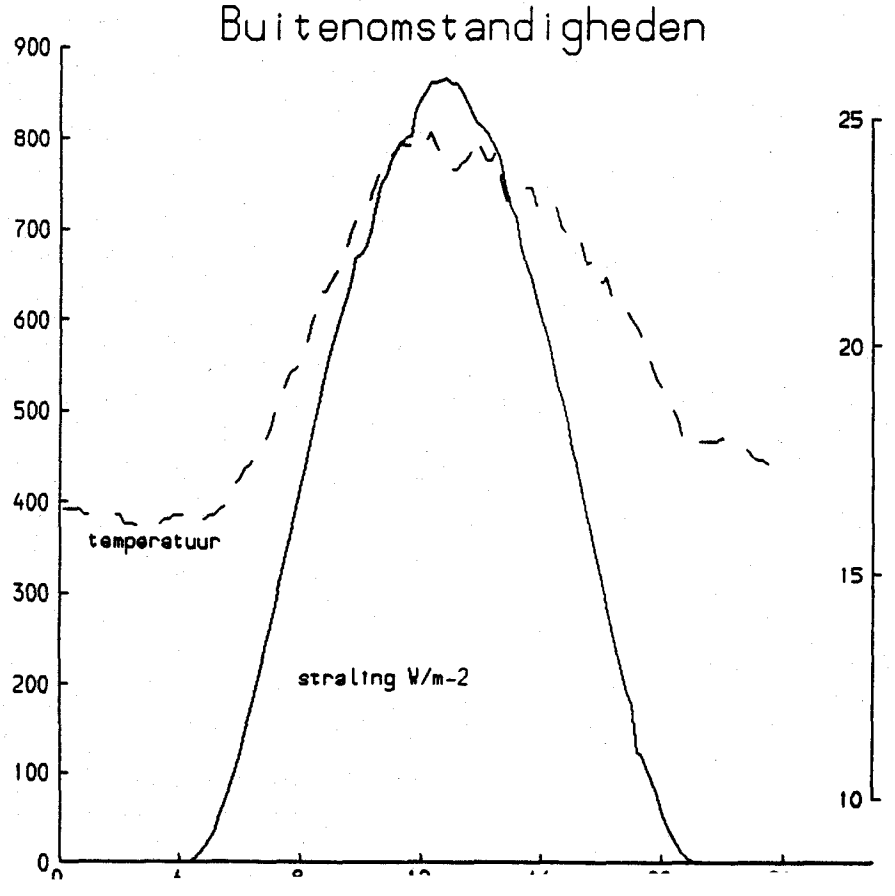
- De gesommeerde luchtopbrengst bij de metingen over de acht ventilatoren van de ventilatorkasten voor de twee middenkappen bedraagt (2.847 + 3.264 + 5.780) x 2 = 23.782 m3/h.
  Over het oppervlak van 2 x 3,2 x 50 = 320 m2 komt dit neer op 74,3 m3/m2.h. Minimaal ca. 80 is het uitgangspunt voor het ontwerp.
  De gemeten opbrengst geeft aan dat ventilatoren van het type DD-11-9-9 zijn toegepast i.p.v. de na de laatste proefopstelling geselecteerde en opgedragen DD-12-9-9. Een aanvullende meting van het opgenomen amperage per ventilator heeft dit bevestigd.
  4,3 A (gemeten op 1 juni 1992) komt precies overeen met het opgegeven maximale opgenomen amperage in de specificaties van de DD-11-9-9. Door de montage van deze ventilatoren wordt het uitgangspunt niet bereikt en zal de vervuiling van de luchtfilters een sterke invloed op de klimaatbeheersing hebben.
- De verdeling van de lucht over het teeltoppervlak is zeer gelijkmatig. In dit opzicht voldoet de uitvoering van de luchtverdeelkanalen goed.

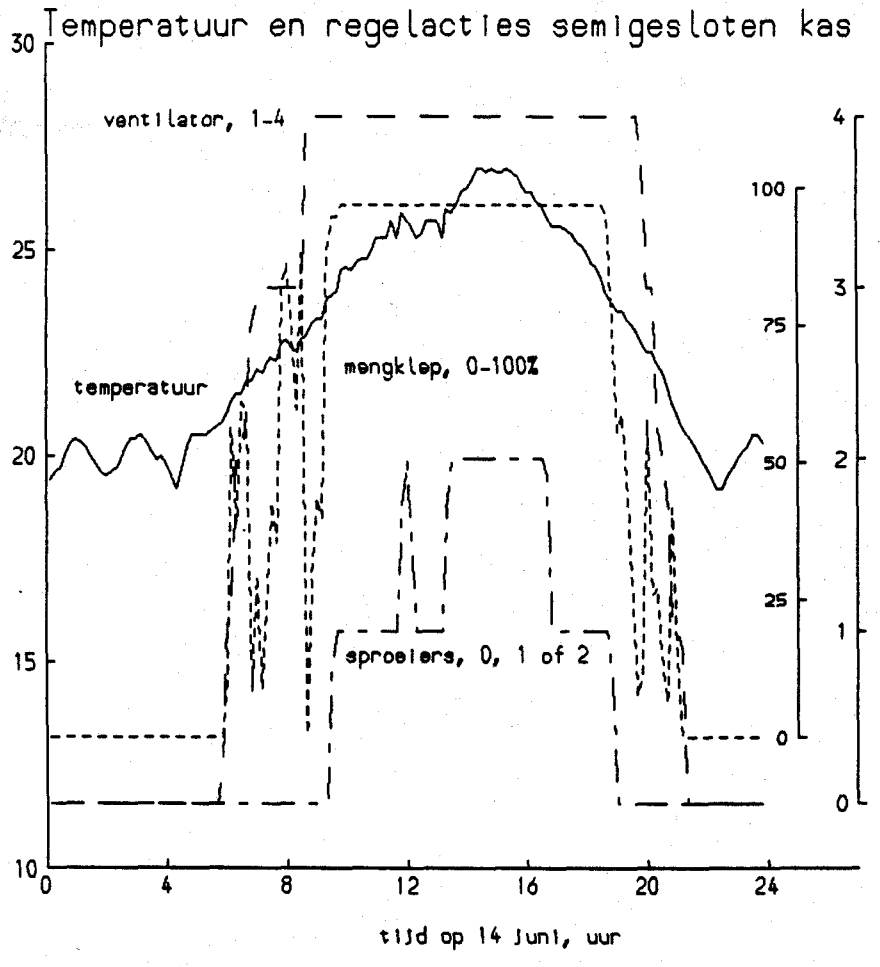
Wageningen, 2 juni 1992.

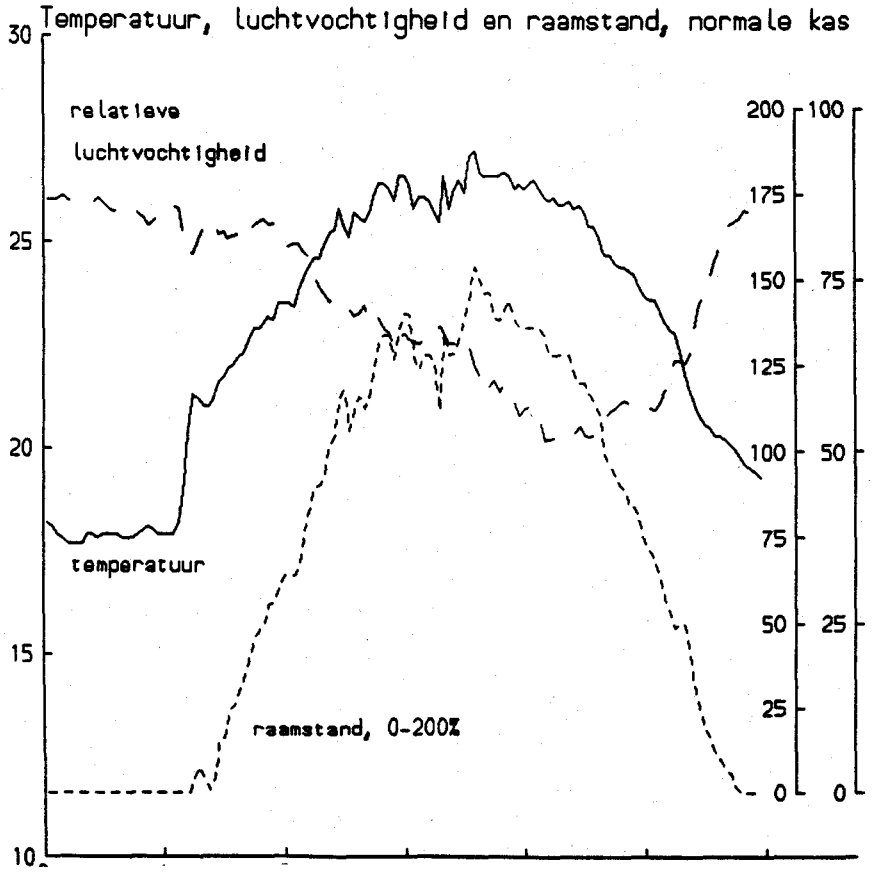
L. Noort.

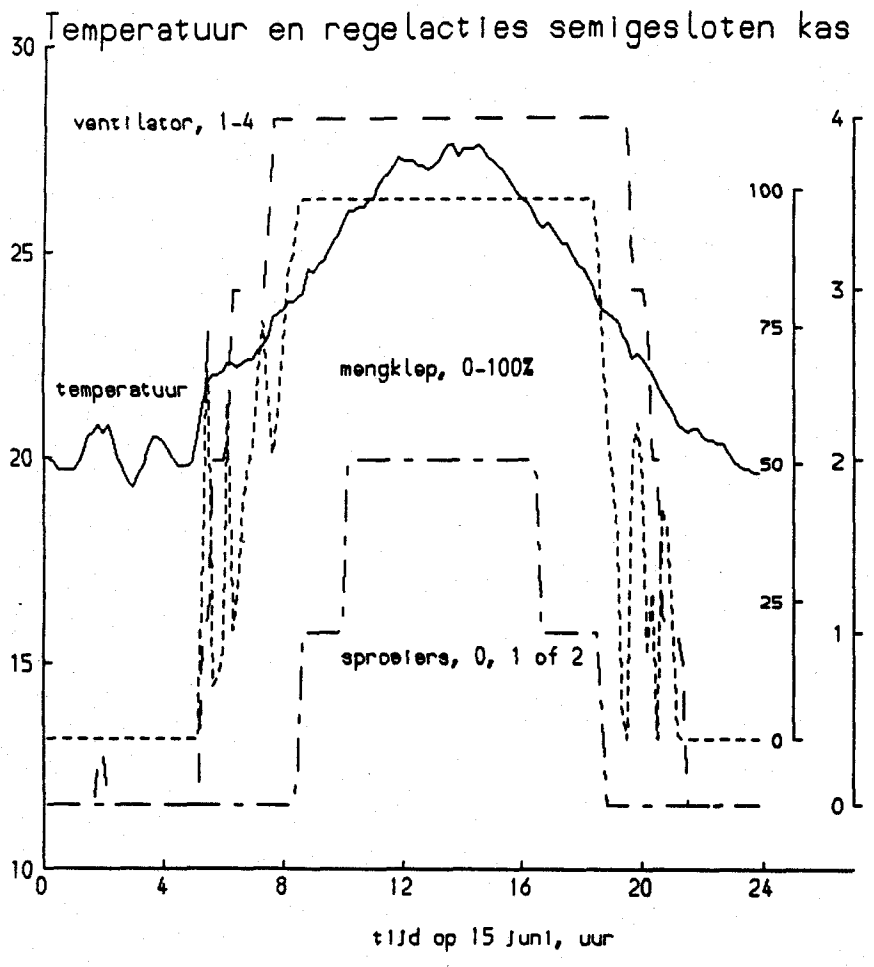
Bijlage 10: Vergelijking semi-gesloten kas met normaal geventileerde kas m.b.t. gerealiseerd klimaat en regelakties

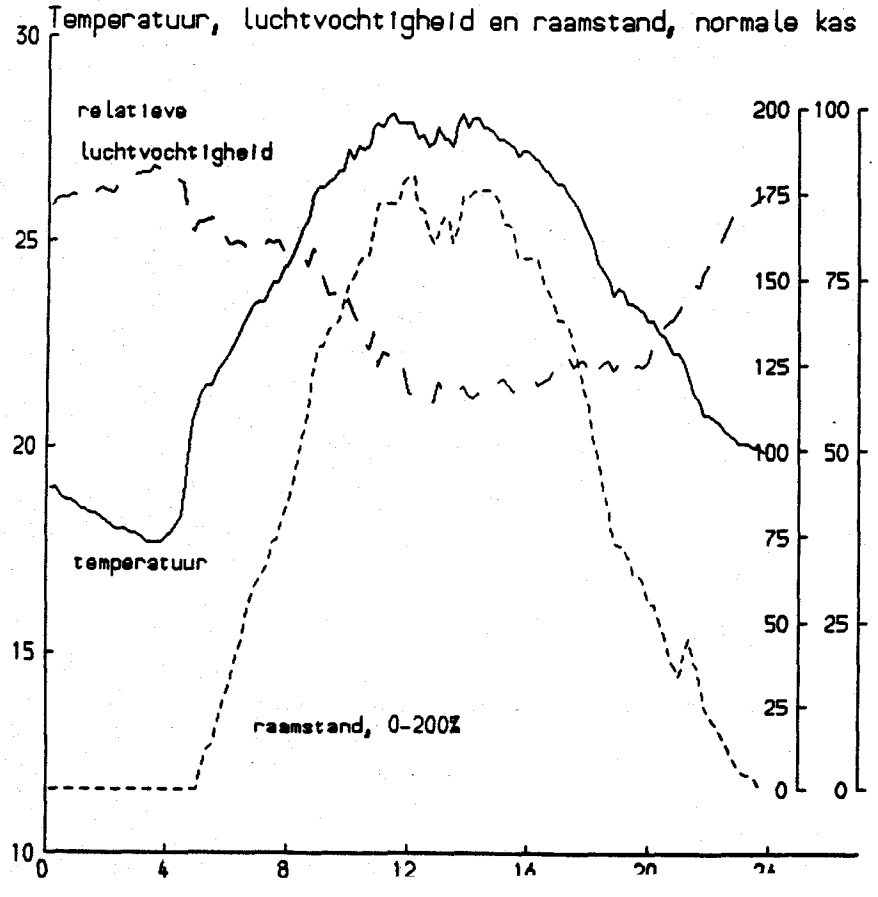

Buitenomstandigheden
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
25
20
15
10
temperatuur
straling W/m-2
0
4
8
12
16
20
24
tijd op 14 juni, uur


Buitenomstandigheden
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
25
20
15
10
temperatuur
straling W/m-2


Temperatuur en regelacties semigesloten kas
ventilator, 1-4
mengklep, 0-100%
temperatuur
sproeiers, 0, 1 of 2
30
25
20
15
10
100
75
50
25
0
4
3
2
1
0
0
4
8
12
16
20
24
tijd op 14 juni, uur


Temperatuur, luchtvochtigheid en raamstand, normale kas
relatieve
luchtvochtigheid
temperatuur
raamstand, 0-200%
30
25
20
15
10
200
175
150
125
100
75
50
25
0
100
75
50
25
0


Temperatuur en regelacties semigesloten kas
ventilator, 1-4
temperatuur
mengklep, 0-100%
sproeiers, 0, 1 of 2
tijd op 15 juni, uur


Temperatuur, luchtvochtigheid en raamstand, normale kas
relatieve
luchtvochtigheid
temperatuur
raamstand, 0-200%

Bijlage 11: Verschenen vakpersartikelen en persberichten

Gesloten kas op proefstation Naaldwijk

PETER VAN DUYN

Meer licht en CO_2 belangrijkste troeven

Op het proefstation in Naaldwijk gaat half mei onderzoek van start in een gesloten kas. Deze kas wordt niet met luchtramen maar met ventilatie-units in een van de kopgevels geventileerd. Met plastic slurven tussen twee rijen planten wordt de (watergekoelde) lucht zo goed mogelijk over de teeltruimte verdeeld. Voordelen van deze kas zijn de geringere lichtonderschepping door het ontbreken van luchtramen, het gemiddeld hogere CO^2-gehalte en de mogelijkheid met filters insekten uit de kas te weren. Komende twee jaar moet onderzoek uitwijzen of deze vermeende voordelen daadwerkelijk uit de verf komen.

n 1984 startte de toenmalige Technische Hogeschool in Delft op verzoek van het ministerie van Landbouw en Visserij met het ontwerpen van een futuristische kas. Een hoge lichtdoorlatendheid en energiezuinigheid vormden de twee belangrijkste uitgangspunten voor dit ontwerp. Nadat een revolutionair ontwerp als veel te duur werd afgewezen, kwam men uiteindelijk met de zogenaamde golfkas op de proppen. Een kas met acrylgolfplaten in het dek en een lichtdoorlatendheid van 80%. De kas wordt geventileerd met een mechanisch ventilatiesysteem, waarbij buitenlucht wordt aangezogen en in de kas met slurven wordt verdeeld.

Hordijk Prefab bv uit Berkel en Rodenrijs ging door op dit futuristische kastype en bouwde de afgelopen maanden een kas van 1.400 m² op het proefstation in Naaldwijk.

De kas is gefinancierd door de Nederlandse maatschappij voor energie en milieu bv (Novem) (*f* 150.000,-), het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (*f* 150.000,-) en Hordijk Prefab (*f* 100.000,-).

Minder ventilatie noodzakelijk

Vanwege de kosten en de brandbaarheid werd in plaats van acrylplaten voor 1,50 m breed glas in het dek gekozen. Me wegvallen van de luchtramen en luchtmechaniek is het aantal lichto scheppende constructiedelen naar houding klein. Er werd dan ook 78% gemeten en volgens Hordijk is met aantal aanpassingen zoals een sma goot 80% haalbaar.

Het hart van deze gesloten kas is ver tie-unit. Daarmee kan of alleen bu lucht worden aangezogen, buitenluch kaslucht worden gemengd of alleen lucht worden gerecirculeerd. Het bev tigen van de lucht met hoge druksproe maakt het mogelijk de lucht maxi 7°C af te koelen en de luchtvochtighe beïnvloeden.

Als gevolg van deze verdampingskoe is het mogelijk met minder dan dertig cent van de normaal vereiste hoeveell lucht te ventileren. Voor het afvoeren 213 W per m² aan overbodige energi normaal gesproken 323 m³ lucht pe per uur nodig. Door de lucht te verzadi met water kan met 92 m³ lucht wor volstaan.

De ventilatoren in de kopgevel zijn ui rust met een schuifklep voor het men van binnen- en buitenlucht. Afhanke van de benodigde koelcapaciteit draa de ventiltoren eerst op laag toeren, ver gens komt daar de vernevelaar bij en derde trap wordt overgeschakeld n hoog toeren.

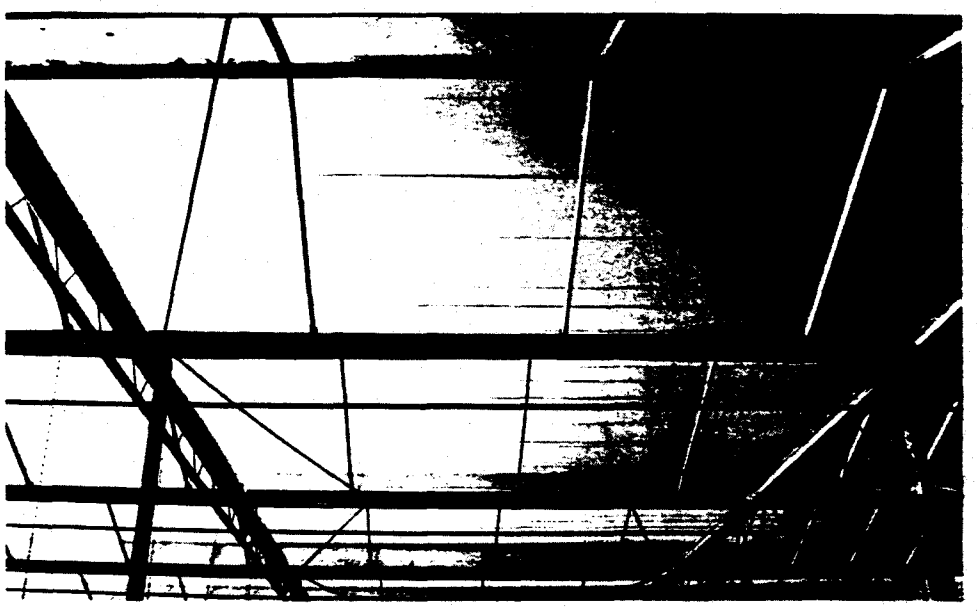
De lucht wordt verdeeld met behulp twee plastic slurven per 3,20 m kap. De (Genap)slurven zijn in onopgebla toestand 55 cm breed. Het systeem is leen bij rechtopgaande (vrucht)groente wassen bruikbaar. Voor de sierteelt voor een goede luchtverdeling naar e andere oplossing moeten worden gezoc

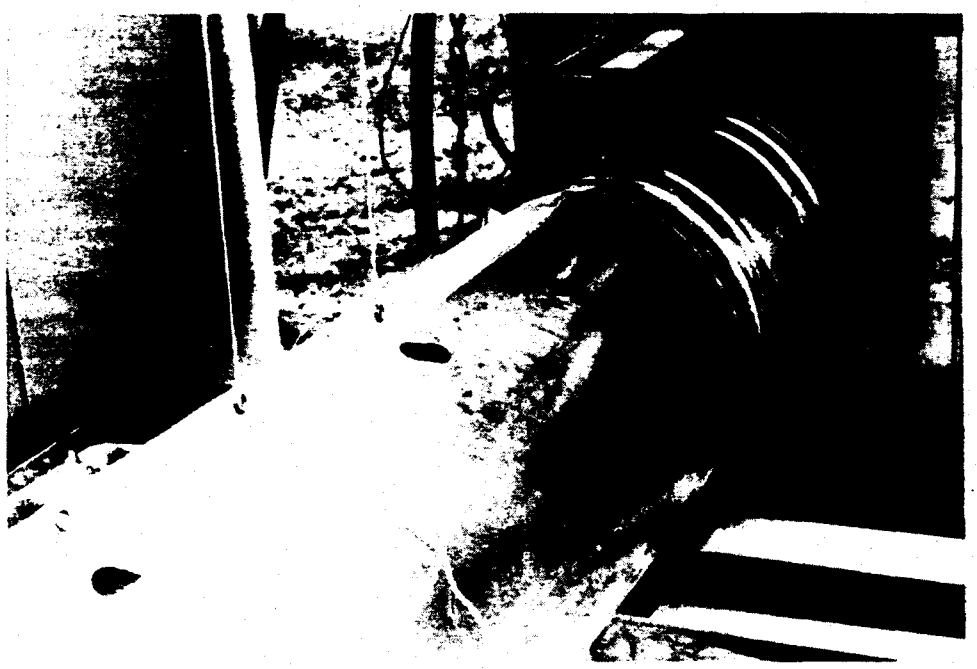
Eerste indrukken positief

Vorig jaar werd op het IMAG in Wagen gen een oriënterende proef met papri uitgevoerd. Ondanks de warme zom bleek het met de mechanische ventila mogelijk het temperatuurniveau te b grenzen op 30°C en de luchtvochtigheid 60% te handhaven. De luchtverdeling m de slurven was goed. De temperatuurve schillen over een lengte van 25 m bedro gen maximaal 1°C. Omdat er geen geric te gewaswaarnemingen en produktieb

Twee ventilatie-units per 3,20 m kap

Lichtwinst door het ontbreken van luchtramen en luchtmechaniek





Door gebruik te maken van verdampingskoeling kan, in vergelijking met een 'gewone' kas, met dertig procent van de totale luchtuitwisseling worden volstaan

palingen zijn verricht, kan daarover niets concreets worden opgemerkt. De conclusie was in elk geval dat verder onderzoek zeker de moeite waard is.

Mogelijke voor- en nadelen

Voordelen van de gesloten kas zijn mogelijk de relatieve hoge lichtopbrengst, het gemiddeld hogere CO_2-gehalte – er wordt immers minder geventileerd – en het beter kunnen beïnvloeden van de luchtvochtigheid bij de start van de teelt en in de zomer. Wanneer de ventilatoren in de gevel worden uitgerust met filters, kunnen insekten buiten de kas worden gehouden en hoeft minder te worden bestreden.
Maar het kan zijn dat als gevolg van enkele nadelige aspecten deze voordelen niet in een hogere produktie tot uiting komen. Voorbeelden daarvan zijn het lichtverlies van de slurven die in het begin van de teelt boven de planten hangen en de eventuele nadelige gevolgen van plantbeweging door de luchtcirculatie.
Bovendien zijn de jaarkosten van de gesloten kas hoger dan van het huidige kasconcept. De investering ligt vijf tot tien procent hoger, terwijl de mechanische ventilatie zo'n *f* 2,- per m^2 aan extra energiekosten met zich meebrengt.

Klimaat verder optimaliseren

Half mei worden er tomaten geplant in de nieuwe kas. Er werd voor tomaat gekozen omdat dit gewas verschillen in temperatuur goed laat zien door een ongelijke groei en bloei.
Aspecten die worden bekeken zijn de temperatuur- en vochtverdeling in de lengterichting van de kas en in het verticale vlak. Want hoe reageert het gewas op een duidelijk andere verticale temperatuurgradiënt? Ventilatie vindt immers nu van onderaf plaats. Behalve het gerealiseerde klimaat worden de reacties van het gewas vanzelfsprekend nauwlettend gevolgd.
Een belangrijke vraag is ook hoeveel procent van de tijd op hoog toeren moet worden gedraaid. Het energieverbruik is bij hoog toeren namelijk vier keer zo groot als bij het lage toerental. Dit onderzoek vindt plaats in samenwerking met het IMAG.
Behalve teelttechnisch onderzoek gaan de secties Koudetechniek en Klimaatregeling van de vakgroep Proces en Energie van de TU in Delft verder met onderzoek naar het optimaliseren van het klimaat in een volledig gesloten kas. Ook het geluidsniveau van de ventilatoren bij hoog toeren vergt verbetering. Bij het IMAG werd bij hoog toeren een geluidsniveau van 93 db gemeten. In Naaldwijk ligt dat niveau door de grotere afstanden nog hoger.

Samenvatting

Op het proefstation in Naaldwijk gaat half mei onderzoek van start in een gesloten kas. Deze kas is niet uitgerust met luchtramen maar met ventilatie-units in de kopgevel. De lucht wordt met plastic slurven tussen het gewas over de ruimte verdeeld.
Het is de vraag of de 'lichte' kasconstructie, het gemiddeld hogere CO_2-gehalte en de grotere invloed op de luchtvochtigheid de verwachte winst opleveren. De eerste indrukken die vorig seizoen bij het IMAG in Wageningen werden opgedaan, waren in elk geval positief.■

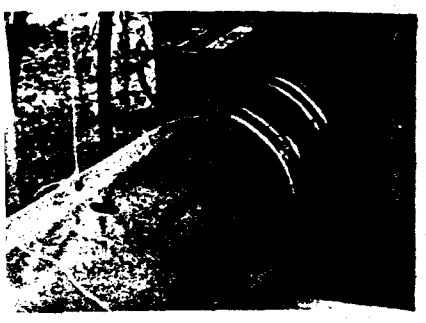
777520

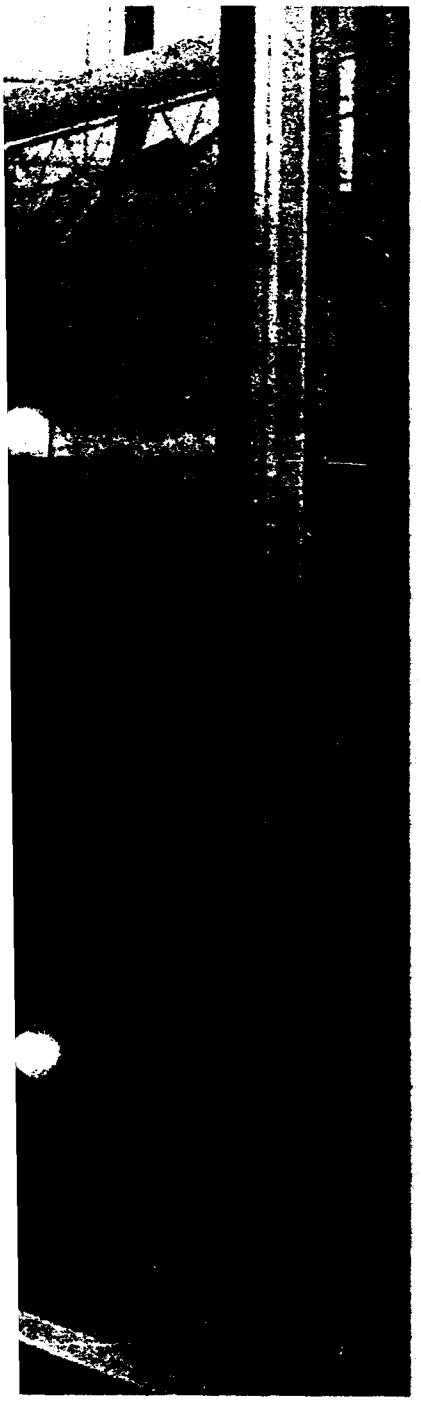
TESTEN GEVEN GOED RESULTAAT

Luchtramen ontbreken in futuristische kas

De ontwikkelingen in de kassenbouw staan nog lang niet stil. Dit bleek bij een bijeenkomst op het Proefstation Naaldwijk. Daar is een revolutionaire kas gebouwd zonder luchtramen. De nieuwe kas is een samenwerkingsproject tussen TU Delft, IMAG, NOVEM, Proefstation Naaldwijk en kassenbouwer Hordijk

Clement Mol





bare ventilato-
ı zijgevel moe-
unctie van de
ımen overne-
ıa de daaraan
ıelde slurven
t klimaat opti-
n gelijk gere-
te worden

Ir. E. Kooistra, directeur van het Naaldwijkse Proefstation, stelt in zijn openingswoord dat de nieuwe kas al in het begin van de jaren tachtig onderwerp van gesprek is geweest. In die tijd lag de nadruk op energiebesparing. Aan medewerkers van de TU Delft werd gevraagd een ontwerp van een kas te maken, waarbij met zo min mogelijk energie en met maximale lichtdoorlatendheid zou kunnen worden geteeld. Bovendien werd een goed regelbare klimaatinstelling als een vereiste gezien.

TU Delft kas

Medewerker Van Paassen van de TU Delft heeft zich samen met collega Reudink op dit project gestort. In eerste instantie hebben zij zich bezig gehouden met een kasbedekking met een zo hoog mogelijke lichtdoorlatendheid. De keus viel op acryl-golfplaten. Daarmee werd 80% licht doorgelaten.

Het eerste prototype was wel revolutionair van opzet, maar de kosten waren dermate hoog, dat men van dit type afgestapt is. Bovendien blijkt acryl enorm brandbaar. Het risico is te groot om dergelijk materiaal als kasbedekking te gebruiken. In overleg met andere leden van het projectteam is voor een proefopstelling gekozen, waarbij de kasbedekking van normaal glas is gemaakt.

Ventilatietechniek

Het unieke van dit project is het telen in kassen zonder luchtramen. Om toch voldoende uitwisseling met de buitenlucht mogelijk te maken is in de zijgevel een reeks ventilatoren aangebracht. Deze ventilatoren hebben een bijzondere constructie. Door middel van verschuifbare delen van de ventilator is het mogelijk het aanzuigen van buitenlucht geheel af te sluiten. In die situatie wordt uitsluitend lucht van de kas gerecirculeerd. Bij het gedeeltelijk openen van de afsluitdeksels vindt er menging van binnen- en buitenlucht plaats.

Om voldoende vocht in de kas te krijgen zit in het hart van de ventilator een watervernevelaar. Het bevochtigen van de lucht gebeurt door een open-dicht regeling.

Eerste ervaringen

Op het IMAG in Wageningen heeft men de eerste ervaringen met de 'gesloten' kas opgedaan. Als toetsgewas werd gekozen voor paprika's.

In de afgelopen, toch wel warme zomer, is gebleken dat het klimaat op een gewenste manier kan worden geregeld. De temperatuur is nauwelijks boven de 30°C uitgekomen. Men heeft op dit instituut het onderzoek vooral gericht op de klimaatregeling, naar gewaswaarnemingen is nauwelijks gekeken.

Uit dit onderzoek kwam naar voren dat het ventilatiesysteem, na het verhelpen van enkele kinderziekten, boven verwachting heeft voldaan. Het blijkt goed mogelijk te hoge kastemperaturen in de zomer bij een gesloten dek te voorkomen.

Op het technisch vlak is nog wel wat te verbeteren. Met name het geluidsniveau van de ventilatoren in het hoogste toerental veroorzaakt nogal wat geluidoverlast. Daar zal in de toekomst wel wat op gevonden moeten worden.

De indruk bestaat dat de geoogste paprika's een betere kwaliteit hadden; minder krimpscheuren en minder neusrot. Dit zijn echter slechts gevoelsmatige waarden.

Hordijk bouwt in Naaldwijk

Kassenbouwer Hordijk heeft naar aanleiding van de zogenaamde 'moduulkas' op het terrein van het Proefstation Naaldwijk 1.400 m² kas gebouwd zonder luchtramen. Het kasdek bestaat uit 1,5 meter glas. In de zijgevel zijn de regelbare ventilatoren geplaatst.

Hordijk: „Je krijgt in de kas meer licht binnen, want er zitten geen schaduwgevende delen van het luchtmechaniek meer in de kas. Het kasklimaat kan beter naar wens worden geregeld en het blijkt in de zomer mogelijk een temperatuur te realiseren, die zeven graden onder het buitenniveau ligt.

Bovendien is het mogelijk een hogere luchtvochtigheid aan te houden en de gedoseerde koolzuurgas beter te benutten. Uitwisseling met de buitenlucht vindt immers nauwelijks plaats".

Met een gesloten kas is ook de infectiedruk van insecten van buiten beter te beheersen en de kas is milieuvriendelijker. Wel zullen de kosten zo'n 5 tot 10% hoger uitkomen. Op dit moment is de kas nog niet in de handel.

Komend onderzoek

Onderzoeker Bakker (PTG) gaat met name kijken naar het gerealiseerde klimaat, waarbij de temperatuur- en vochtverdeling zal worden bepaald, zowel in lengterichting van de kas als in het verticale vlak. Ook zal het regelen van het klimaat worden onderzocht en dan met name het ventilatiesysteem.

Tenslotte wordt veel aandacht besteed aan de gewasreactie. De groei, bloei, vruchtzetting, produktie en kwaliteit zijn belangrijke teeltaspecten. Bovendien onderzoekt hij de aspecten van het optreden van ziekten. ■

J.C. BAKKER
Proefstation Naaldwijk

Geen luchtramen, maar ventilatoren en neveldoppen

Bij natuurlijke ventilatie van kassen wordt de kaslucht ververst met een hoeveelheid buitenlucht die afhangt van de raamstand en de windsnelheid. Soms worden bij extreme omstandigheden daksproeiers gebruikt om te koelen. Daarbij wordt vooral de buitenlucht gekoeld, waardoor de kas met koelere lucht wordt geventileerd. Ditzelfde principe kan ook worden toegepast in kassen waarbij de ventilatie op een kunstmatige manier wordt geregeld. Een eerste test.

Verdrogingsschade als gevolg van de hoge luchtsnelheid

p het proefstation in Naaldwijk is dit jaar een kas zonder luchtramen gebouwd. In deze kas zorgen ventilatoren en een luchtbevochtigingssysteem voor de ventilatie en de koeling. Bij het ontwerp van de installatie is uitgegaan van een relatief goedkoop systeem. Daarom is niet gekozen voor traploos regelbare ventilatormotoren, maar voor tweetoeren-motoren. Door een schuifklepsysteem kan de aangezogen buitenlucht worden gemengd met kaslucht. Als de schuifklep helemaal open staat, wordt alleen buitenlucht aangezogen. Staat de klep helemaal dicht dan wordt kaslucht gerecirculeerd. Tussen deze twee uiterste standen is de klep traploos regelbaar, zodat buitenlucht met kaslucht kan worden gemengd (*figuur 1*).

Met behulp van ventilatoren in de gevel wordt de lucht via plastic slurven in de kas verdeeld

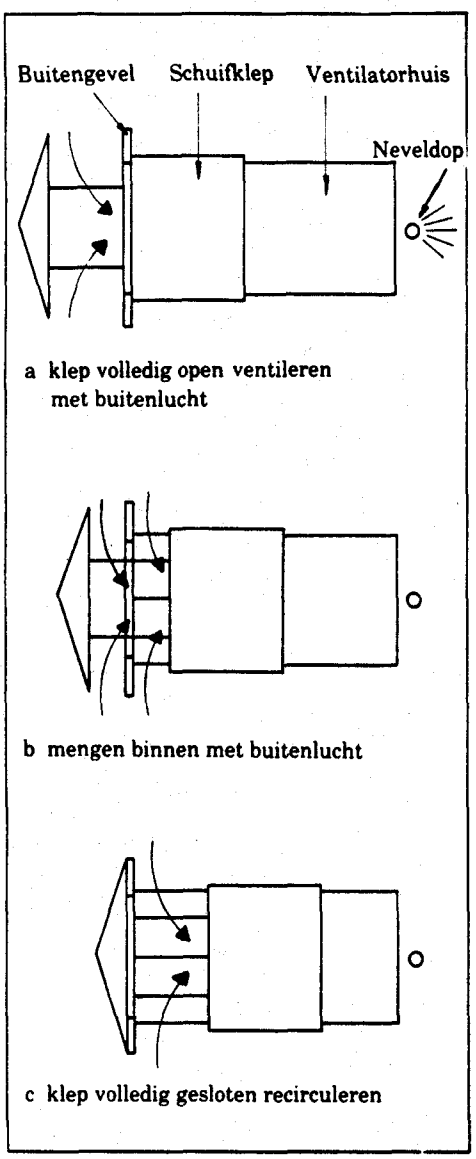
Net achter de ventilator zit een neveldop waarmee onder hoge druk (30 bar) water in de luchtstroom kan worden verneveld. Door het verdampen van dit water daalt de temperatuur van de aangezogen lucht (en stijgt natuurlijk de luchtvochtigheid). Op het proefstation is tijdens de afgelopen periode met hoge buitentemperaturen en lage luchtvochtigheden een afkoeling gemeten van bijna 10°C. Bij een hogere luchtvochtigheid en lagere buitentemperatuur is de afkoeling duidelijk minder: gemiddeld zo'n 5°C.
De lucht wordt in de kas verdeeld met plastic slurven. De aangezogen lucht verlaat de kas weer via een raam in de gevel. Dit raam wordt in dezelfde stand geregeld als de schuifklep.

Regeling stap voor stap

De regeling is getest met een tomatengewas in de kas. Ondanks een aantal kinderziekten is toch inzicht gekregen in de mogelijkheden van dit systeem.
Na elkaar worden de volgende stappen doorlopen:

- Als de kastemperatuur boven 19°C komt dan start de ventilator op het lage toerental.
- Boven 20°C gaat de schuifklep langzaam open, waardoor buitenlucht wordt aangezogen. Bij oplopende temperatuur gaat de klep verder open totdat hij bij 25°C helemaal open staat. Dan worc leen nog buitenlucht aangezogen.
- Boven 27°C start de luchtbevochti Als hierdoor de temperatuur weer o de 25°C daalt, stopt het vernevelen. deze 'dode zone' van 2°C wordt voorko dat de tijd tussen aan- en uitschak van de nevelpomp erg kort wordt.
- Komt de temperatuur boven de dan schakelt de ventilator over op he ge toerental. Als de temperatuur onder de 27°C daalt, wordt vervol weer teruggeschakeld naar het lage rental.

Alle hier aangegeven temperaturen instelbaar.
Om een indruk te geven van het gec van een dergelijke regeling zijn in *fig 2* het verloop van de stand van de sch klep, de stuurtijd van de sproeier, de temperatuur en de luchtvochtigl weergegeven. *Figuur 3* laat de buit temperatuur en de straling zien. D metingen zijn enkele weken voor de warme periode uitgevoerd. De buit temperatuur werd niet hoger dan 21° Uit figuur 2 blijkt dat de kastemperat stijgt als de buitentemperatuur en straling oplopen. De schuifklep gaat open. Vlak voor 10.00 uur daalt de k temperatuur als gevolg van een korte riode met minder straling. De schuif r geert hierop door wat verder dicht te



Figuur 1. Ventilator met schuifkleppensysteem

pen. Daarna gaat de schuif vrij snel volledig open. Rond 13.00 uur daalt de straling sterk. De regeling reageert via de dalende kastemperatuur met het dichtsturen van de schuif.
Op het moment waarop de schuif volledig open staat, komt de luchtbevochtiging in actie. Vlak voor 12.00 uur en tussen 14.00 en 16.00 uur wordt de aangezogen lucht bevochtigd. De kastemperatuur schommelt daarbij tussen de ingestelde grenzen van 25 en 27°C.
De luchtvochtigheid stijgt en loopt 's middags op van 60 naar 80%. Onder deze omstandigheden was het niet nodig het hoge toerental van de ventilatoren in te schakelen.

Regeling rv

In de eerste testmetingen is alleen gekeken naar het regelen van de temperatuur. Het zal duidelijk zijn dat via dit systeem ook regeling van de luchtvochtigheid tot de mogelijkheden behoort, mits de bevochtiging niet nodig is om de temperatuur in de hand te houden.
Voordat hiernaar kan worden gekeken, moet eerst de geluidsproduktie van de ventilatoren worden verminderd. Bij het hoge toerental wordt nu zoveel geluid geproduceerd dat langdurig inschakelen niet verantwoord is.

Gewaswaarnemingen

Doordat tijdens de teelt niet continu met het hoge toerental kon worden gewerkt, heeft het tomatengewas flink te lijden gehad van perioden met een extreem hoge temperatuur en luchtvochtigheid. Ook de kwaliteit van de vruchten was slecht.
Ondanks deze resultaten is het te vroeg om een negatief oordeel uit te spreken over deze vorm van klimaatregeling. Uit korte testen met het hoge toerental is namelijk gebleken dat de temperatuur en luchtvochtigheid in de kas zelfs onder zeer extreme buitenomstandigheden goed in de hand te houden zijn. Op 3 augustus, een zeer zonnige dag met een buitentemperatuur van 32°C, bleef het in de kas onder de 30°C bij een rv van rond de 60%. De capaciteit van het systeem is dus in principe voldoende.
Een nadeel van het hoge toerental is wel dat de windsnelheid in de slurven en door de uitblaasopeningen flink toeneemt. Hierdoor ontstond zeer duidelijk schade aan het gewas. Bladeren die in de luchtstroom hingen verdroogden.

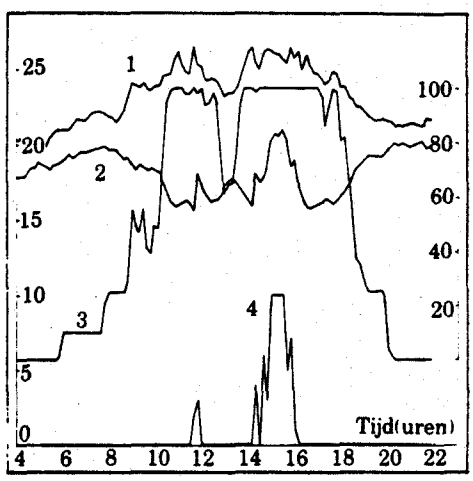
Systeem perfectioneren

De eerste testen van het eenvoudige systeem laten zien dat een redelijk goede regeling van de temperatuur mogelijk is. Een verdere perfectionering van het systeem kan bestaan uit het vervangen van de standenregeling van de ventilatoren en de luchtbevochtiging door traploos regelbare ventilatoren en het regelbaar maken van de hoeveelheid ingeblazen water. Daarnaast zal een oplossing moeten worden gevonden voor de schade die kan ontstaan bij hoge luchtsnelheden langs het gewas. Al deze verbeteringen zullen echter aanzienlijke kosten met zich mee brengen.

Samenvatting

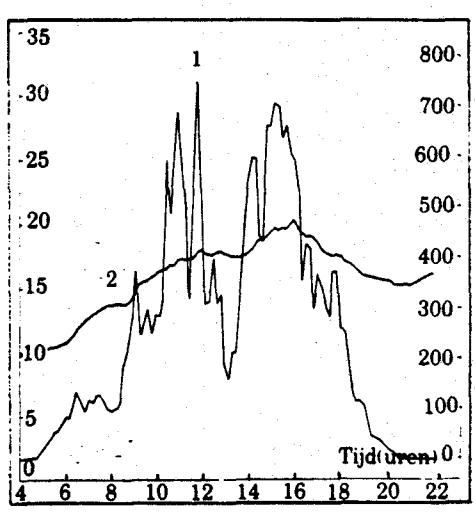
Het is mogelijk in een kas zonder luchtramen via ventilatoren en een luchtbevochtigingssysteem voor de ventilatie en de koeling te zorgen. Via een eenvoudig schuifkleppensysteem kan buitenlucht met kaslucht worden gemengd. Door water in de luchtstroom te vernevelen kan extra worden gekoeld.
Met dit systeem is een gemiddelde afkoeling van 5°C haalbaar. ■

1 = kastemperatuur °C
2 = RV %
3 = Schuifklep 0-100%
4 = sproeier



Figuur 2. Binnenomstandigheden en regelacties

1 Straling (W/m²)
2 Temperatuur (°C)



Figuur 3. Buitenomstandigheden

Deze rubriek wordt verzorgd door het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas in Naaldwijk en de regionale onderzoekscentra

Onderzoek en milieuwetten

Een aantal milieuwetten bestaat al vele jaren. De uitvoering is echter, zeker in de land- en tuinbouw, niet of in beperkte mate gerealiseerd. Dat is onder andere het geval met de al twintig jaar oude Wet Verontreiniging Oppervlaktewater (WVO).

Inmiddels is duidelijk dat de land- en tuinbouw op korte termijn maatregelen kunnen verwachten. Vanuit de overheid werd twee jaar geleden de Structuurnota Landbouw gepresenteerd waarin op allerlei terreinen taakstellende doelstellingen werden geformuleerd. Dat betekende voor de glastuinbouw dat in 2000 de bedrijven 'nagenoeg' gesloten moeten zijn. In 1994 moet een goed omschreven en controleerbare tussendoelstelling zijn bereikt. Het PTG heeft daar zeer krachtig op ingespeeld. Onderzoekprojecten werden erop gericht om in 1994 al voldoende kennis in huis te hebben voor de zo noodzakelijke omschakeling.

We zien nu echter dat andere overheden op grond van bestaande wetgeving (WVO) maatregelen uitvaardigen ruim voor 1994. Dit onderstreept nogmaals de harde noodzaak om zo snel mogelijk met goede concepten voor gesloten systemen te komen. Het PTG zal dit voorjaar de eerste prototypen voor gesloten systemen voor chrysant en sla realiseren en komend najaar die voor radijs en freesia. Er is geen tijd meer te verliezen. ■

Gesloten kas uitgerust met nieuw systeem

In 1990 is op het proefstation in Naaldwijk een prototype gebouwd van een kas met geforceerde ventilatie en bevochtigingskoeling. Tijdens de eerste testfase kwam een aantal technische problemen aan het licht.

In 1991 is een nieuw systeem getest, bestaande uit centrifugaalventilatoren, PS-hardschuim luchtkanalen en een bevochtigingskoeling. In deze nieuwe opstelling wordt de aangezogen lucht bovendien gefilterd om schadelijke insekten te weren.

Dit jaar wordt het nieuwe klimaatsysteem in twee kappen aangebracht. Het onderzoek richt zich op de horizontale en verticale temperatuurgradiënt in de kas en het regelgedrag en energieverbruik van het luchtbehandelingssysteem. Behalve klimaatwaarnemingen worden plantwaarnemingen en eventueel waarnemingen aan de verspreiding van insekten verricht. Opnieuw is tomaat het testgewas omdat dit gewas zich goed leent voor het vaststellen van kritische klimaatomstandigheden.

Drie nieuwe roofmijten in onderzoek

Voor de biologische bestrijding van Californische trips is op dit moment Amblyseius cucumeris de beste roofmijtsoort. Sterke punten zijn de voorliefde voor het gewas paprika en de geschiktheid voor open kweeksystemen.

Het proefstation zoekt echter verder naar andere soorten en stammen. In de natuur komt een groot aantal soorten voor en daarvan zijn er slechts enkele intensief onderzocht. Bovendien zijn de onderzochte soorten allemaal gevonden in onze eigen omgeving. Omdat we onder glas te maken hebben met exotische gewassen, exotische klimaatomstandigheden en vaak ook exotische plagen, is het zinvol om ook roofmijten van elders in het onderzoek te betrekken. Momenteel worden in samenwerking met de Universiteit van Amsterdam drie nieuwe roofmijten onderzocht. Gekeken wordt of ze bestand zijn tegen extreme condities. Te denken valt aan een combinatie van lage rv en hoge buistemperaturen in perioden met vorst of een lage rv met hoge ruimtetemperaturen bij sterke instraling in de zomer. Verder is het belangrijk dat de roofmijten ongevoelig zijn voor korte daglengte en lage lichtintensiteit. Ook wordt gekeken of ze gelijktijdig spint en trips kunnen bestrijden.. ■

Amblyseius cucumeris is momenteel de meest gebruikte roofmijtsoort in de strijd tegen Californische trips. Het proefstation onderzoekt nu de geschiktheid van andere roofmijtsoorten

Splijtkoppen paprika onschuldig of niet

Splijtkoppen zijn planten die al in een vroeg stadium het groeipunt splitsen in twee stengels. Bepaalde rassen, zoals Locas, geven een hoog percentage splijters. Opkweekbedrijven selecteren deze planten uit, omdat veel telers ze niet willen hebben.

De oorzaak van de vroege splitsing is niet bekend, maar opkweekcondities kunnen een rol spelen. Ook is onduidelijk of de splijtkoppen daadwerkelijk slechtere planten zijn of dat ze als onschuldige variatie kunnen worden beschouwd. Het laatste zou de opkweekbedrijven een hoop uitval schelen.

Op het proefstation worden daarom splijtkoppen vergeleken met vergelijkbare 'gewone' planten van het ras Locas. Gekeken wordt naar de vroegheid van produktie, de vruchtkwaliteit en de benodigde arbeid voor gewasverzorging. ■

Integraal Ketenbeheer

Om een produkt zo goed mogelijk bij de consument te krijgen is elke schakel in de keten van belang. Dus vanaf het zaad, de veredeling, tot in de winkel. De keten breekt op de zwakste schakel. Daarom moet de producent, de tuinder, zorgen dat hij niet de zwakste schakel is. Maar tegelijkertijd moet de samenhang tussen de schakels in de keten goed zijn. Dit vraagt om een 'integraal ketenbeheer'.

Het PTG en het Centraal Bureau van Tuinbouwveilingen werken hier gezamenlijk aan. Onlangs zijn de volgende projecten gestart: 'Ontwikkeling van richtlijnen voor de milieubewuste teelt' en 'Aanvoerschattingen voor ronde tomaat'. Verder wordt aandacht besteed aan de vraag of het gezamenlijk sorteren van tomaten (ronde-, vlees- en tussentype tomaten) voordelen biedt ten opzichte van het individueel sorteren. ■

Test in gesloten kas

De lucht die de ventilatoren aanzuigen wordt gefilterd door een 100 micron filter. Zelfs trips kan hier niet doorheen

In twee kappen van de gesloten kas op het proefstation is een nieuw ventilatiesysteem aangelegd. De komende tijd worden de nieuwe installatie en de regelprogrammatuur getest.

De nieuwe installatie bestaat uit vier centrifugaal ventilatoren per kap met polystyreen luchtkanalen en bevochtigingskoeling. Op deze kanalen, die gedeeltelijk in de grond zijn ingegraven, komen de substraatgoten te liggen. De aangezogen lucht wordt gefilterd door een 100 micron filter zodat zelfs trips wordt geweerd.

Begin mei worden tomaten geplant. Met dit testgewas zal onderzocht worden of het nieuwe systeem onder zomerse omstandigheden een goed klimaat kan realiseren. Behalve uitgebreide waarnemingen aan het klimaat en de temperatuurverdeling zal aandacht worden geschonken aan het optreden van eventuele ziekten en plagen.

Op basis van dit experiment wordt beoordeeld of het systeem voldoende mogelijkheden voor de praktijk biedt, en of en in welke vorm het onderzoek in deze kas zal worden voortgezet. ■

Werkgroep substraat

Vanuit het proefstation Naaldwijk is een tijdel werkgroep 'Anorganis teeltsubstraten' gevorn Deze houdt zich bezig n kwaliteitseisen voor st straten.

In Nederland vallen substraten onder de Me stoffenwet. Deze wet worden aangepast. Ook internationaal niveau z len binnenkort normen k men. Over drie jaar m een belangrijk deel van werk afgerond zijn. Bij h opstellen van de kwa teitseisen en -normen overleg met het bedrijfs ven van groot belang o dat deze voor een belar rijk deel de belanghebbe den zijn.

Momenteel hebben e aantal substraatproduce ten en -importeurs zitti in deze werkgroep. I werkgroep is speciaal g richt op fabrikanten, ir porteurs en verkooporgar saties die nog niet bij e overkoepelende organis tie, zoals de stichting RH (Regeling Handels P gronden), zijn aangeslote Het is mogelijk aan de di cussie over kwaliteitseise van substraten deel te n men.

Voor informatie kunt contact opnemen met d voorzitter van de werk groep 'Anorganische teel substraten' de heer G. W ver, PTG, Postbus 8, 267 AA Naaldwijk (telefoo 01740-36700).

Eén stengel in de zomer, twee in de herfst

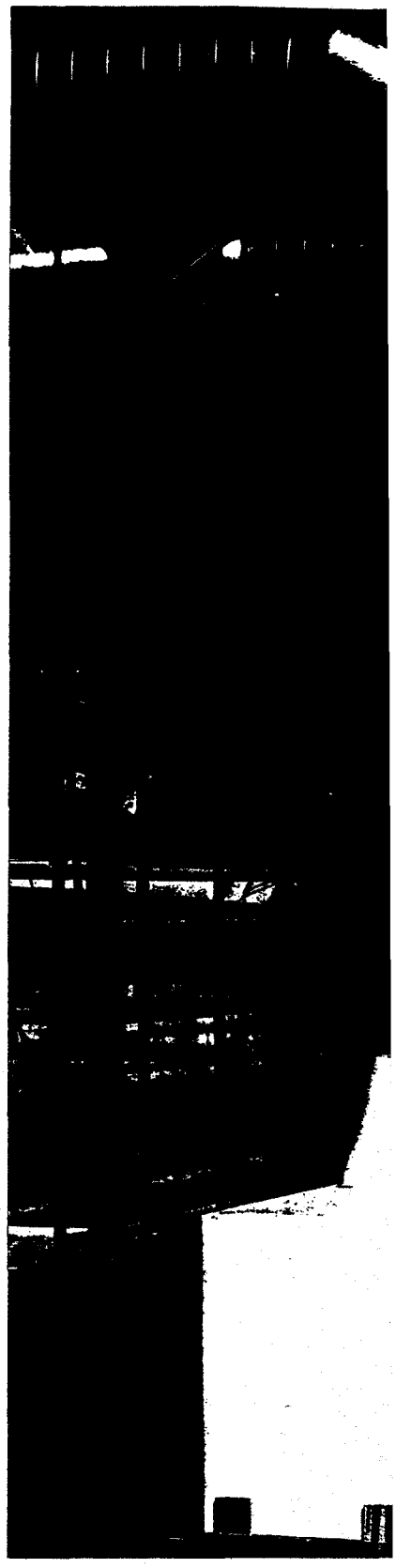
Op proeftuin Noord Nederland is afgelopen seizoen in een zomerteelt het één- en het twee-stengelsysteem bij komkommer vergeleken. Het plantverband bij de systemen was respectievelijk 86 x 80 cm (circa 1,45 stengels per m²) en 152 x 80 cm (circa 1,64 stengels per m²). Er is geplant op 28 mei. De kg-opbrengst aan het eind van de teelt bedroeg bij het één-stengelsysteem 19,7 kg per m² en bij twee stengelsysteem 17,9 kg per m².

Gezien deze grote produktieverschillen is het twee-stengelsysteem, ondanks de lagere plantkosten, in een zomerteelt niet aantrekkelijk. Uit eerder onderzoek blijkt dat het twee-stengelsyste in een herfstteelt echter aantrekkelijk kan zijn. Bij twee-stengelsysteem komt produktie wat later op ga en dat werkt in de her prijstechnisch vaak positi Bovendien waren de produ tieverschillen tussen bei systemen in een herfstte kleiner.

813052

Gesloten kas krijgt nieuwe kans

De kas zonder luchtramen is wellicht weer een stap dichterbij. Door met water gekoelde lucht aan te zuigen, is minder ventilatie nodig. Het proefstation onderzoekt nu de teelttechnische en economische mogelijkheden voor de praktijk.



In kassen wordt het vocht en de overtollige warmte afgevoerd door de luchtramen te openen. De snelheid waarmee de kaslucht wordt ververst met buitenlucht hangt voornamelijk af van het type luchting, raamoppervlak, raamopening en de windsnelheid. Bij volledig geopende luchtramen en een hoge windsnelheid kan de luchtuitwisseling oplopen tot meer dan 125 à 175 m3 per m2 kas per uur. Deze hoge luchtuitwisseling is in ongeschermde kassen nodig om op zonnige dagen voldoende warmte uit de kas af te voeren en daarmee de temperatuur te beheersen.

Op het proefstation in Naaldwijk staat een kas zonder luchtramen. Daardoor neemt het glasdek minder licht weg, wat een hogere opbrengst moet geven. Tevens kunnen ziekten en plagen niet meer door de luchtramen naar binnen komen. De luchtingsfunctie wordt overgenomen door ventilatoren. Deze ventilatoren moeten eenzelfde capaciteit van luchtuitwisseling aankunnen, om zodoende voor dezelfde hoeveelheid koeling te zorgen.

Energiebalans

In moderne kassen komt ongeveer 70% van de straling uiteindelijk in de kas. Op zeer zonnige dagen kan dat oplopen tot zo'n 650 W per m² binnen. Van deze hoeveelheid energie wordt een groot deel (ongeveer 65% = 425 W per m²) gebruikt voor de verdamping van het gewas en omgezet in waterdamp. De rest van de straling (225 W per m²) moet dus worden weggeventileerd.

Een kleiner verschil in temperatuur vraagt meer ventilatie

Bij een kastemperatuur van 30°C en een buitentemperatuur van 25°C is hiervoor een ventilatie nodig van 135 m³ per m² per uur. Als in de kas de maximaal toelaatbare temperatuur 30°C is, dan moet bij toenemende buitentemperatuur de ventilatie ook stijgen. Stel dat het buiten 28°C wordt, dan is 340 m³ per m² per uur nodig om de kastemperatuur op 30°C te houden.

In praktijkkassen is het vrijwel onmogelijk om zoveel ventilatie te realiseren met ventilatoren. Om aan alle normen – geluidsproduktie binnen en buiten de kas, gelijkmatige verdeling van de lucht – te kunnen voldoen zijn speciale maatregelen noodzakelijk.

De installatie wordt daardoor duur en bovendien gebruiken de ventilatoren zoveel stroom dat dit economisch niet verantwoord is.

Oplossingen

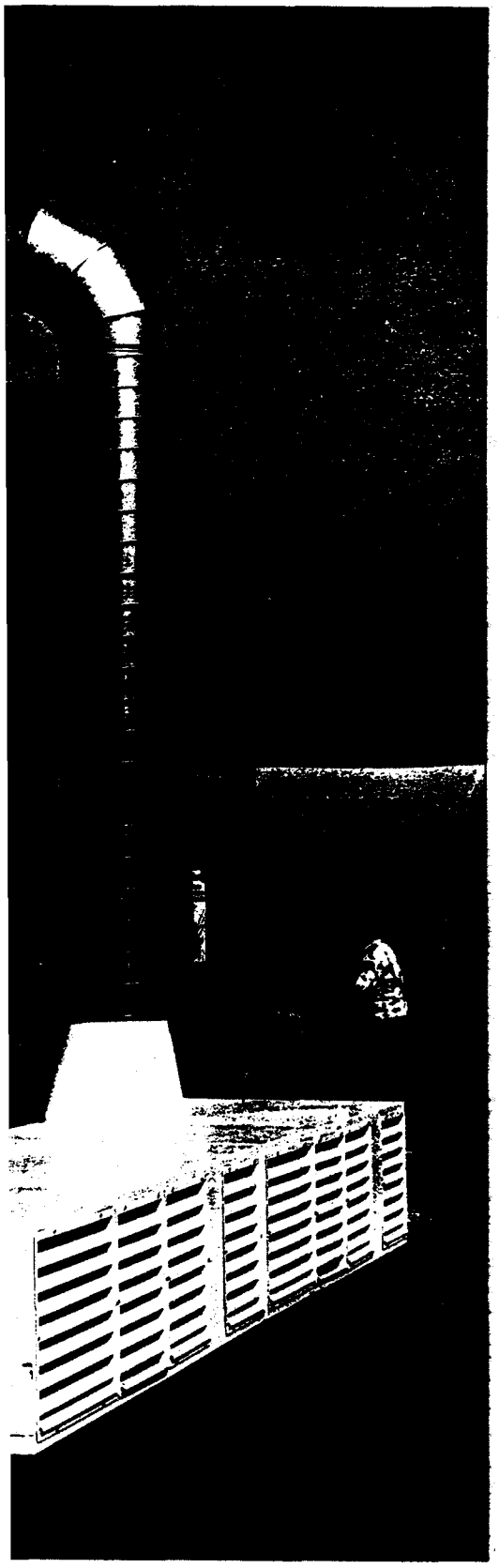
Er zijn in principe twee mogelijkheden om de hoeveelheid noodzakelijke ventilatie te verminderen. In de eerste plaats het verminderen van de hoeveelheid straling die de kas binnenkomt (schermen, krijten). Stel dat in het bovenst de rekenvoorbeeld twee derde var straling wordt weggeschermd. Er l dan nog maar eenderde van de over ge energie weggeventileerd te wor Bij een temperatuur van 25°C buite 30°C in de kas hoeft maar 45 m³ pe per uur te worden geventileerd.

Wegschermen van de straling l

Geforceerde ventilatie

- Ventilatie in kassen kan ook met ventilatoren in plaats van luchtramen.
- Met ventilatoren kan niet dezelfde ventilatievoud worden gehaald.
- Om met de beperkte ventilatie toch de temperatuur op peil te houden is het noodzakelijk de lucht te koelen.
- Met koeling is een kleine installatie voldoende die minder kost en weinig geluid produceert.

J.C. BAKKER
Sjaak Bakker is onderzoeker bij de afdeling Teelt en Kasklimaat van het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas in Naaldwijk
Foto's: Groenten + Fruit,Proefstation Naaldwijk



natuurlijk als nadeel dat het gewas veel minder straling ontvangt. Bij een beperkt aantal gewassen (onder andere sommige potplanten) kan of moet zelfs worden geschermd. Maar in de meeste gevallen daalt de produktie door de lagere straling te sterk en is schermen geen reële oplossing.

De tweede manier om de noodzakelijke ventilatie te verminderen is het koelen van de buitenlucht. Deze mogelijkheid biedt de meeste perspectieven. Bij kassen met een normale luchting wordt dit gedaan met daksproeiers. Doordat het water in de lucht verdampt, daalt de temperatuur van de buitenlucht met een aantal graden. Uit het rekenvoorbeeld is duidelijk dat dan veel minder ventilatie nodig is. Door toepassing van het principe van verdampingskoeling, in combinatie met ventilatoren is een veel kleinere en dus goedkopere installatie afdoende. De economische haalbaarheid komt daarmee waarschijnlijk een stuk dichterbij.

Om zonder geluidsoverlast een hoge luchtuitwisseling met ventilatoren te bereiken zijn speciale installaties nodig

Toepassing

Het principe van de verdampingskoeling wordt ook toegepast in het nieuwe ventilatiesysteem in de gesloten kas op het proefstation Naaldwijk. In de aangezogen lucht wordt water verneveld. Op basis van de testmetingen in deze kas is berekend dat onder extreme omstandigheden een ventilatiecapaciteit van 80-85 m^3 per m^2 per uur voldoende moet zijn om een acceptabel klimaat te realiseren.

De installatie bestaat uit vier centrifugaal ventilatoren per kap met polystyreen luchtkanalen en bevochtigingskoeling. Op deze kanalen, die gedeeltelijk in de grond zijn ingegraven, komen de substraatgoten te liggen. De aangezogen lucht wordt gefilterd door een 100 micron filter zodat zelfs trips wordt geweerd.

Begin mei zijn tomaten gepoot. Met dit testgewas wordt onderzocht of het nieuwe systeem onder zomerse omstandigheden inderdaad een goed klimaat kan realiseren. Er is bewust gekozen voor tomaat, omdat dit gewas duidelijk reageert op hoge luchtvochtigheid. Tevens leent het zich goed voor het vastleggen van gewasreacties onder extreme klimaatcondities. Naast uitgebreide waarnemingen aan het klimaat (temperatuurverdeling) en de regeling (draaiuren ventilatoren, stroomverbruik) worden eventuele ziekten en plagen geregistreerd.

Op basis van deze proef wordt beoordeeld of het systeem wat teelteisen betreft voldoende mogelijkheden biedt voor de praktijk. Daarnaast kan een redelijke schatting worden gegeven van de kosten die verbonden zijn aan het mechanisch ventileren van een ongeschermde kas. ■

Minimum lucht

Telers gebruiken vaak een minimum luchtinstelling. Als alleen zou worden geventileerd voor de temperatuur, kan bij een tomatenteelt volstaan worden met ongeveer 2000 uur ventilatie per jaar. In de praktijk ligt het aantal uren door gebruik van de minimum luchtinstelling 2000 tot 3000 uur hoger!

Voor gewassen waar deze instelling veel wordt gebruikt betekent dit dat in een kas met ventilatoren een groot aantal draaiuren en daarmee relatief hoge energiekosten. Het is echter de vraag of de minimum luchtinstelling altijd noodzakelijk is. Met deze teeltwijze is bij die gewassen de economische haalbaarheid van mechanische ventilatie in ieder geval aanzienlijk kleiner.

Als alleen zou worden geventileerd voor de temperatuur dan liggen de luchtramen ongeveer 75% van de tijd dicht

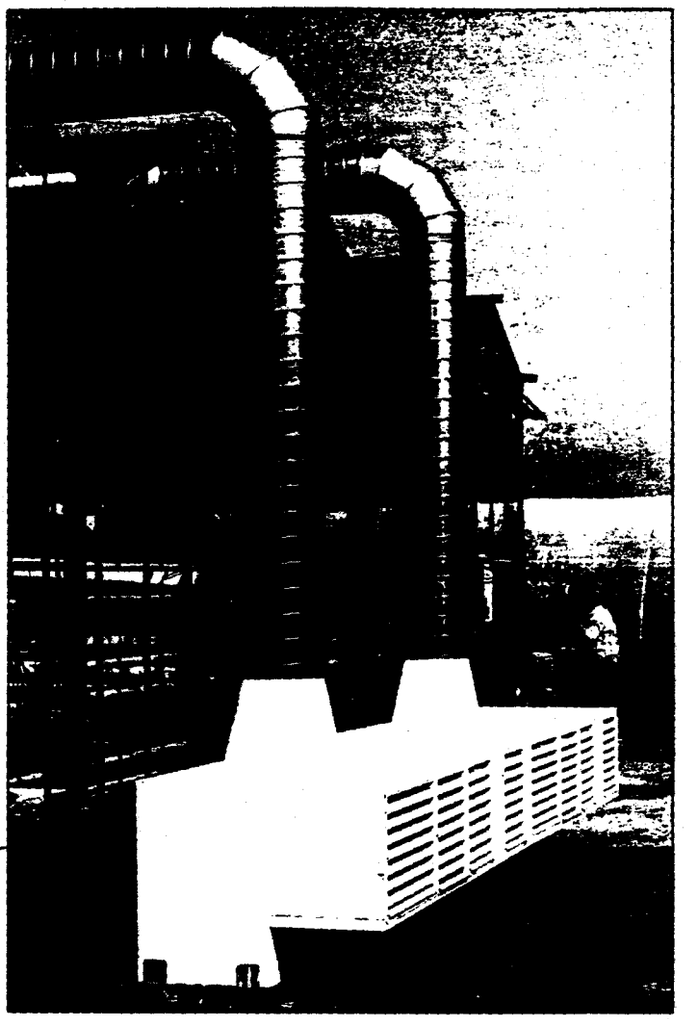


Foto: Proefstation Naaldwijk

Om een hoge luchtuitwisseling met ventilatoren te bereiken zonder geluidsoverlast zijn speciale installaties nodig. Een dergelijke installatie, gebaseerd op verdampingskoeling, is onlangs bij proefstation Naaldwijk gerealiseerd.

Kassen zonder luchtramen ventileren vergt de toepassing van speciale maatregelen. Alle warmte wegluchten met ventilatoren is te duur. Ook uitsluitend gebruik maken van schermen blijkt geen reële oplossing. Het beste alternatief is de toepassing van verdampingskoeling in combinatie met ventilatoren.

Ventilatie in kassen zonder luchtramen

Verdampingskoeling biedt uitkomst

J.C. Bakker

J. C. (Sjaak) Bakker is onderzoeker bij de afdeling Teelt en Kasklimaat van het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk, telefoon 01740 - 36700.

Met het oog op minder uitstoot van stoffen naar het milieu wordt in het onderzoek gewerkt aan kassen zonder luchtramen. Het in de hand houden van de kastemperatuur op warme dagen speelt daarbij een essentiële rol.

In dit artikel wordt onderscheid gemaakt tussen bestaande kassen (met luchtramen) en experimentele kassen zonder luchtramen. In de meeste bestaande kassen worden vocht en overtollige warmte uit de kas afgevoerd door openen van luchtramen. De snelheid waarmee de kaslucht wordt ververst door buitenlucht hangt voornamelijk af van: type luchting, raamoppervlak, raamopening en windsnelheid. Bij volledig geopende luchtramen en een hoge windsnelheid kan de luchtuitwisseling oplopen tot meer dan 125-175 m^3 per m^2 kas per uur. Deze hoge luchtuitwisseling is in ongeschermde sen nodig om op zonnige dagen voldo de warmte uit de kas af te voeren en d mee de temperatuur te beheersen. Zon extra maatregelen moet dus in geslote kassen bij gebruik van ventilatoren oo deze zeer grote hoeveelheid buitenluch in de kas worden geblazen. Dit om voo dezelfde hoeveelheid koeling te zorgen.

Energiebalans

In moderne kassen komt ongeveer 7 van de buitenstraling in de kas. Op zonn ge dagen kan dat oplopen tot zo'n 650 W per m^2 (binnen). Van deze hoeveelheid energie wordt een groot deel, ongeveer 65%, gebruikt voor de verdamping van h gewas. De rest van de straling, dat is omgerekend 225 W per m^2, moet dus wo den weggeventileerd. Bij een kastemperatuur van 30°C en een buitentemperatuur van 25°C is hiervoor een ventilatie nodig van 135 m^3 per m^2 per uur. Als in de kas de maximaal toelaatbare temperatuur 30°C is, dan moet bij toenemende buitentemperatuur de ventilatie ook stijgen. Stel dat het buiten 28°C wordt, dan is 340 m^3 per m^2 kasoppervlakte per uur nodig om de kas op 30°C te houden.

In praktijkkassen is het vrijwel onmogelijk om zo veel te ventileren met venti-

latoren. Om aan alle normen (geluidsproduktie binnen en buiten de kas, gelijkmatige verdeling van de lucht) te kunnen voldoen zijn speciale maatregelen noodzakelijk. De installatie wordt daardoor duur en bovendien gebruiken de ventilatoren zoveel stroom dat dit economisch niet verantwoord is.

Twee technische oplossingen

De energiebalans maakt duidelijk dat 's zomers in kassen een enorme hoeveelheid energie moet worden weggeventileerd. Dat vraagt een zeer hoge luchtuitwisseling. Er zijn in principe twee mogelijkheden om de hoeveelheid luchtuitwisseling te beperken.

- De eerste technische mogelijkheid is het verminderen van de hoeveelheid straling die in de kas komt (schermen, krijten). Stel dat in het hiervoor genoemde rekenvoorbeeld 2/3 van de straling wordt weggeschermd. Er hoeft dan nog maar 1/3 van de energie weggeventileerd te worden. Bij een buitentemperatuur van 25°C en 30°C in de kas is dan een ventilatie van 45 m^3 per m^2 per uur voldoende. Nadeel bij wegschermen van straling is dat het gewas ook veel minder straling ontvangt. Bij sommige gewassen, zoals potplanten, moet zelfs worden geschermd. Maar in de meeste gevallen daalt de produktie door de lagere straling te sterk en is schermen geen reële oplossing.
- De tweede manier om de noodzakelijke ventilatie te verminderen is koelen van de buitenlucht. Dit biedt de meeste perspectieven. Bij kassen met een normale luchting wordt dit gedaan met deksproeiers. Doordat het water verdampt, daalt de temperatuur van de buitenlucht met een aantal graden.

Het rekenvoorbeeld maakt duidelijk dat dan ook de noodzakelijke hoeveelheid ventilatie sterk afneemt. Door toepassing van dit principe (verdampingskoeling) in combinatie met ventilatoren kan worden volstaan met een veel kleinere en dus goedkopere installatie. De economische haalbaarheid komt daarmee een stuk dichterbij.

Vochtafvoer

In de praktijk wordt over het algemeen veel gebruik gemaakt van minimum-ventilatie om vocht af te voeren. Het is de vraag of minimum-ventilatie altijd noodzakelijk is. Als alleen wordt geventileerd om de temperatuur in de hand te houden, kan bijvoorbeeld bij een tomatenteelt worden volstaan met ongeveer 2.000 uur ventilatie per jaar. In de praktijk ligt de ventilatietijd 2.000 tot 3.000 uur hoger. Voor gewassen, waarbij veel minimum-ventilatie wordt gebruikt, betekent dit dat ventilatoren in een gesloten kas een groot aantal draaiuren maken. Dat levert relatief hoge energiekosten op. Bij die gewassen is de economische haalbaarheid van mechanische ventilatie dus aanzienlijk kleiner.

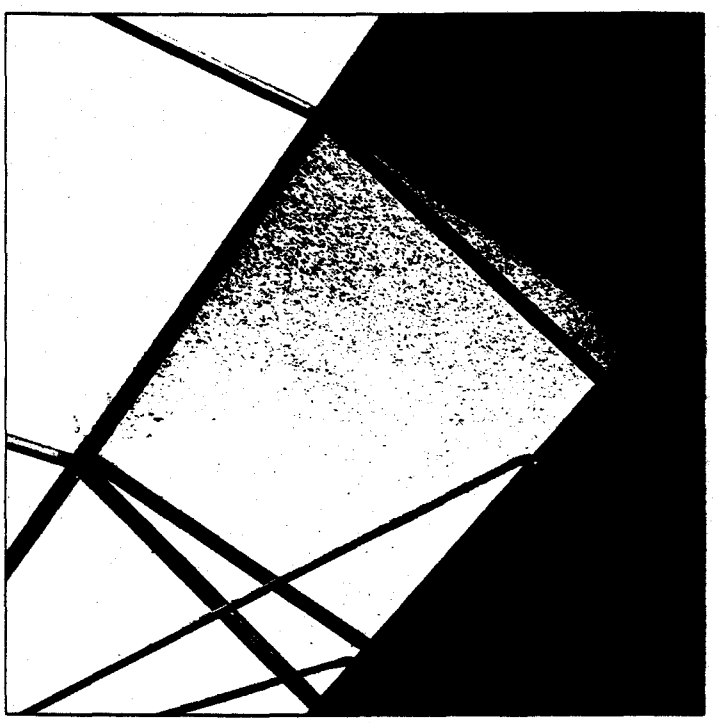


Foto: Vakblad voor de Bloemisterij

Bij conventionele kassen voeren de luchtramen vocht en overtollige warmte af. Zonder luchtramen zijn er twee technische mogelijkheden. Alleen schermen blijkt geen goed alternatief. Uitkomst biedt verdampingskoeling in combinatie met ventilatoren.

Om de temperatuur in gesloten kassen in de hand te houden, zijn technische maatregelen nodig. Het meeste perspectief biedt verdampingskoeling, waarbij ventilatoren de koele lucht in de kas blazen. Bij de gesloten kas van proefstation Naaldwijk is zo'n systeem recentelijk geïnstalleerd.

Nieuwe koeling gesloten kas proefstation Naaldwijk

Het principe van verdampingskoeling wordt ondermeer toegepast in een nieuw ventilatiesysteem in de gesloten kas van proefstation Naaldwijk. Begin mei is het nieuwe ventilatiesysteem in twee kappen van de gesloten kas opgeleverd. De installatie bestaat uit vier centrifugaal ventilatoren per kap met polystyreen luchtkanalen en bevochtigingskoeling. Op deze kanalen, die gedeeltelijk in de grond zijn ingegraven, komen substraatgoten te liggen. De aangezogen lucht gaat door een 100 micron filter zodat zelfs trips wordt geweerd.

In de aangezogen lucht wordt water verneveld. Op basis van testmetingen in deze kas is berekend dat onder extreme omstandigheden een ventilatiecapaciteit van 80-85 m^3 per m^2 per uur voldoende moet zijn om een acceptabel klimaat te realiseren. Ongeveer een maand geleden zijn tomaten gepoot. Met dit testgewas wordt onderzocht of het nieuwe systeem onder zomerse omstandigheden inderdaad staat is een goed klimaat te realiseren. Er is bewust gekozen voor tomaat omdat dit gewas duidelijk reageert op hoge luchtvochtigheid en zich goed leent voor het vastleggen van gewasreacties onder extreme klimaatcondities. Naast uitgebreide waarnemingen aan het klimaat (temperatuurverdeling) en de regeling (draaiuren ventilatoren, stroomverbruik) wordt aandacht geschonken aan het optreden van eventuele ziekten en plagen. Op basis van de proef wordt beoordeeld of het systeem qua teeltcisen voldoende mogelijkheden biedt voor de praktijk. Daarnaast kan een redelijke schatting worden gegeven van de kosten, verbonden aan mechanisch ventileren van een ongeschermde kas.

Concept artikel voor Vakblad Groenten + Fruit zoals aangeboden op 11 december 1992

Titel suggestie
Semi-gesloten kas: energetisch en economisch nog onvoordelig.

Het Proefstation in Naaldwijk heeft de afgelopen drie jaar onderzoek gedaan naar de teelt in een gesloten kas. De (voorlopige) conclusie is dat de teelt technisch geen probleem oplevert, maar dat het meer energie en geld kost dan in een gewone kas.

Eind 1989 startte het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas een onderzoek naar de teelt van gewassen in een kas zonder luchtramen. Dit onderzoek volgde op het kassenproject van de TU-Delft, waarin verschillende futuristische kassen werden ontworpen. Kassenbouwer Hordijk BV uit Berkel en Rodenrijs en de TU-Delft ontwikkelden samen een prototype. Het ventilatiesysteem is eerst getest op het IMAG-DLO in Wageningen. De positieve resultaten leidden tot de bouw van een prototype op semi praktijkschaal op het terrein van het PTG in Naaldwijk. Begin 1990 is daar een kas gebouwd met een gesloten dek en een ventilatorsysteem met verdampingskoeling. De belangrijkste doelstelling was na te gaan in hoeverre met deze uitrusting de energie-efficiëntie (hoeveelheid produkt per m^3 gas) kan worden verhoogd als gevolg van een hogere lichttransmissie en een hogere CO_2 concentratie. Daarnaast werd onderzoecht of een kasklimaat gerealiseerd kon worden dat geschikt is voor de teelt van glastuinbouwgewassen en acceptabel is als werkklimaat.
Na een eerste testperiode is het oorspronkelijke ventilatiesysteem (twee ventilatoren per kap met folieslurf voor luchtverdeling) aangepast. De belangrijkste redenen hiervoor waren: te hoog geluidsniveau, slechte temperatuurverdeling en te grote afmeting van de verdeelslurven.

Nieuwe installatie
Begin 1992 is een aangepast systeem geïnstalleerd (foto) in twee kappen van de kas. In figuur 1 (=bijlage 8 rapport) is de installatie schematisch weergegeven. De nieuwe installatie bestond per kap uit vier centrifugaalventilatoren elk voorzien van een geperst polystyreen verdeelkanaal en een verdampingskoeling. Elk kanaal heeft om de 52 cm aan beide kanten een uitblaasopening (5cm ø). De kanalen werden gedeeltelijk in de grond ingegraven en de substraatgoten werden op de kanalen gelegd. Door de ventilatoren apart aan/uit te schakelen werd een trapsgewijze toename van de ventilatie bereikt. Bij één van de vier kanalen kan de lucht door middel van een kleppensysteem en een recirculatiepijp ook gerecirculeerd worden. De maximale ventilatiecapaciteit bedroeg 75 m^3 m^{-2} uur^{-1}. Deze capaciteit bleek bij de oorspronkelijke installatie voldoende groot te zijn. De verdampingskoeling bestond uit één neveldop per kanaal net achter de ventilator, waarmee onder hoge druk osmosewater werd verneveld. Boven een kastemperatuur van 24 °C werd in twee kanalen per kap verneveld, boven de 26°C in alle vier kanalen. Voor de aanzuigopeningen was een 100 micron filter aangebracht om schadelijke insekten te weren.
Na oplevering bleek het geluidsniveau van de ventilatoren binnen de hinderwetnorm te vallen en is in mei 1992 gestart met een teeltexperiment met tomaat als toetsgewas. In september werd de proef afgesloten.

Klimaat
De afgelopen zomer was uitzonderlijk warm en zonnig en dus een uitstekende gelegenheid om te onderzoeken of het systeem voldoende capaciteit had om de kas voldoende te koelen. Dit bleek zeer duidelijk het geval te zijn. Van mei tot eind september is de kastemperatuur steeds beneden de 30 °C gebleven. De maximaal gemeten kastemperatuur lag rond de 28.5 °C. Ook tijdens de beginfase met een klein gewas, werd de kastemperatuur niet hoger dan 28 °C bij een instraling van 800-850 Wm^{-2} en een buitentemperatuur van 24-25 °C. Halverwege juni is op twee zonnige dagen een vergelijking gemaakt tussen deze kas en een venlo kas met twee ruits halve luchting op het PTG, waarin ook een tomatengewas stond. Uit deze vergelijking kon worden geconcludeerd dat de klimaatinstallatie goed in staat is een klimaat te realise-

ren dat vergelijkbaar is met dat in een normaal geventileerde kas.
In figuur 2 (=figuur 4a blz.11) zijn de maximale temperatuur en luchtvochtigheid weergegeven zoals die in deze kas gemeten zijn (dag 140 = 19 mei). Er zijn geen combinaties van luchtvochtigheid en temperatuur opgetreden die problemen gaven ten aanzien van het werkklimaat.
Behalve het niveau van temperatuur en luchtvochtigheid is ook de de temperatuur- en vochtgradiënt in de lengterichting van de kas gemeten. De verschillen binnen de kas zijn verwaarloosbaar klein. Op ruim 40 meter van de ventilatoren was de temperatuur, gemiddeld over de totale testperiode, slechts 0.3 tot 0.4 C hoger dan op 4.5 meter van de ventilatoren. Onder extreme omstandigheden, waarbij alle ventilatoren draaiden en de verdampingskoeling volledig was ingeschakeld, waren de verschillen even groot. Het verschil in luchtvochtigheid voor en achter in de kas was ook verwaarloosbaar klein.
De substraatmatten liggen in deze kas op de luchtkanalen. Hierdoor wordt ruimte gewonnen en bovendien wordt voorkomen dat de lucht direct tegen het gewas aan blaast. Bij het oorspronkelijke systeem met luchtslurven tussen het gewas ontstond daardoor verdrogingsschade. Bij de nieuwe installatie werden geen nadelige effecten van de luchtstroom op de groei en produktie gevonden.

Energieverbruik
Om het energieverbruik van de ventilatoren en bevochtigingspomp te bepalen zijn alle draaiuren bijgehouden. Het energieverbruik van half mei t/m eind september was ruim 33 kWh m^{-2}. Om een idee te krijgen van het energieverbruik over een totaal teeltseizoen en een gemiddeld jaar zijn enkele berekingen uitgevoerd waarbij gebruik gemaakt is van ventilatiemetingen in de praktijk. Hieruit blijkt dat het energieverbruik bij deze installatie voor een standaard (tomaten)teelt ongeveer op 48 kWh m^{-2} zal uitkomen. Bij opwekking in een centrale moet hiervoor 13.1 m^3 gas worden verstookt en de extra elektriciteits-kosten bedragen 7.20 m^{-2} per jaar (voor een kas van 1 ha).
Omdat de kas dichter is, treden er ook minder lekverliezen op. Hierdoor zal het energieverbruik voor de verwarming kunnen dalen. Deze daling is echter beperkt en is maximaal 1.5 m^3 m^{-2} $jaar^{-1}$. Het totale energieverbruik (voor verwarmen en ventilatie) bij een tomatenteelt stijgt bij toepassing van dit systeem met ongeveer 20%. Door deze toename van het energieverbruik stijgt ook de hoeveelheid CO_2 uitstoot van de kas sterk. In totaal komt er 215 tot 335 ton extra CO_2 ha^{-1} $jaar^{-1}$ vrij door het opwekken van de elektriciteit.

Groei en produktie
Het gewas groeide goed, de produktie lag op een normaal gemiddeld niveau voor deze periode. Wel werd er relatief veel neusrot gevonden (ca. 10%). Het gewas vertoonde ook hier en daar wat calciumgebrek en opvallend veel luchtwortels op de stengel. Omdat er geen echte vergelijking met een normale kas mogelijk was, is de mogelijke extra produktie als gevolg van de hogere lichttransmissie en iets hogere CO_2 concentratie berekend met een simulatiemodel. Daaruit bleek een maximale produktiewinst op jaarbasis van 4 tot 5%.

Aantasting door insekten
Ondanks de filtering van de lucht werden diverse insekten (trips, luis en spint) waargenomen. De eerste aantasting door deze insekten werd ongeveer half juli waargenomen bij de deuropening van de kas. Later verspreidde met name de spintaantasting zich meer in de richting van de ventilatoren als gevolg van gewasonderhoud en oogstwerkzaamheden. Omdat de filters in principe zelfs trips tegenhouden wordt aangenomen dat alle insekten via andere routes (o.a. menselijk verkeer) in de kas zijn gekomen. Dit maakt duidelijk dat alle maatregelen om invliegen van insekten te voorkomen (kasafdichting, afgazen etc.) altijd gecombineerd moeten worden met andere hygienische maatregelen om de aantasting te voorkomen.

Energie-efficiëntie
Doordat de produktie maximaal 4 tot 5% stijgt maar het energieverbruik met 20%, is de energie-efficiëntie (hoeveelheid produkt per m3 gas) 13% lager dan bij een traditionele (Venlo) kas. Een semi-gesloten kas is dus op korte termijn zeker geen oplossing voor het verbeteren van de energie-effici-

entie. Bovendien is de verwachte produktiewinst zo gering dat dit bij het huidige gemiddelde produktieniveau in de glastuinbouw niet opweegt tegen de jaarlijkse extra energiekosten. Daarbij is dan nog geen rekening gehouden met de extra investeringen voor een dergelijk ventilatiesysteem. De betrokken kassenbouwer schat dat het ventilatiesysteem (dus zonder de kas zelf) bij produktie op grote schaal minimaal f100.- tot f150.- per m^2 zal kosten. Hierdoor is dit systeem economisch niet haalbaar voor de produktie-tuinbouw.

Toekomst

Voordat een dergelijk systeem voor de tuinbouw als totaal economisch haalbaar wordt zal de lichtwinst ten opzichte van een traditionele kas veel verder moeten toenemen en moet het energieverbruik drastisch omlaag. Belangrijk nadeel blijft dat bij mechanisch ventileren/koelen het energieverbruik en de CO_2 emissie m^{-2} altijd hoger liggen dan bij een natuurlijk geventileerde kas. Hierdoor wordt niet voldaan aan een belangrijke doelstelling van het NMP. Pas als een kasdek ontwikkeld kan worden dat een zeer hoge lichttransmissie combineert met een lager energieverlies, ontstaat ruimte om energie te gebruiken voor mechanische ventilatie/koeling. Op dit moment lijkt het erop dat zelfs als dit al mogelijk is, dit niet op korte termijn gerealiseerd kan worden.

Toch zijn met een (semi-) gesloten systeem in principe wel andere milieudoelstellingen te bereiken. Deze liggen op het terrein het verminderen van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen doordat de insekten (gedeeltelijk) geweerd worden.

Voor bepaalde bedrijven is het insektenvrij telen een absolute noodzaak. In die gevallen kan de mate van wering van insekten van doorslaggevende betekenis zijn. Tot nu toe is onduidelijk of mechanisch ventileren met filtering effectiever is dan afgazen van luchting. Het is overigens wel duidelijk dat filtering van lucht, aangevuld met andere maatregelen in kassen, aantasting door insekten nooit helemaal zal voorkomen.

De eventuele (milieu) winst door verminderde toepassing van gewasbeschermingsmiddelen door het weren van insekten, kan in onderzoek alleen zichtbaar gemaakt worden door een groot aantal extra hygiënische maatregelen te nemen. Deze winst zal altijd moeten worden afgewogen tegen de andere milieucomponenten zoals extra energieverbruik, extra CO_2 emissie en tegen de economische haalbaarheid.

Conclusie

Het realiseren van een acceptabel teelt- en werkklimaat in kassen zonder luchtramen met behulp van geforceerde ventilatie en verdampingskoeling is technisch geen probleem maar wel zeer kostbaar. Het absolute energieverbruik (en de CO_2 emissie) neemt bij de hier onderzochte installatie met 20% toe. De produktiewinst, door minder lichtonderscheppende constructiedelen en een iets hogere CO_2 concentratie, is gering (maximaal 4 tot 5%). De energie-efficiëntie daalt met 13% ten opzicht van een traditionele kas. Bij toepassing van het onderzochte systeem wordt niet voldaan aan de doelstelling om zowel de energie-efficiëntie te verbeteren en de CO_2 uitstoot te verlagen. Mogelijk kunnen in de toekomst nieuwe energiezuinige ventilatiesystemen wel perspectief bieden. Op dit moment wordt door het PTG nagegaan of er binnen redelijke termijn ontwikkelingen te verwachten zijn die aanleiding geven om het onderzoek in een bepaalde vorm voort te zetten.

J.C. Bakker
Sectie kasklimaat PTG