

A  
09  
H  
74

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente (PBG)

Nederlandse Onderneming Voor Energie en Milieu (NOVEM)

Gewaskundig onderzoek naar het optimaal gebruik van energieschermen in de  
glastuinbouw.



G.P.A. v Holsteijn  
H.W. de Ruiter

Juni 1995  
Tussentijds verslag van  
het eerste onderzoeksjaar

2215460

Inhoudsopgave	Pagina
Samenvatting	4
1 Inleiding	5
2 Materiaal en methoden	6
2.1 Bedrijfsuitrusting	6
2.2 Teeltomstandigheden	6
2.3 Proefopzet	7
2.4 Waarnemingen	9
2.4.1 Klimaat	9
2.4.2 Gewas	9
2.4.3 Oogst	9
3 Resultaten	9
3.1 Schermgebruik	9
3.2 Klimaat	12
3.2.1 Licht	12
3.2.2 Temperatuur	12
3.2.3 Luchtvochtigheid	16
3.3 Energiegebruik	20
3.4 Gewas	24
3.4.1 Lengtegroei	24
3.4.2 Bloeisnelheid	26
4 Afwijkingen	26
4.1 Neusrot	26
4.2 Botrytis	27
5 Oogst	27
6 Discussie	31
7 Conclusie	33
8 Suggesties voor verder onderzoek	34
Literatuur	36
Bijlagen	37 t/m 46



Bijlage's	Pagina
Bijlage 1 : Plattegrond PTG	37
Bijlage 2 : Situering luchtramen	38
Bijlage 3 : Plattegrond met proefobjecten	39
Bijlage 4 : Verschuiving waarnemingvelden	40
Bijlage 5 : Plattegrond met isothermen	41
Bijlage 6 : Gemiddelde luchttemperatuur	42
Bijlage 7 : Gasverbruik per week	43
Bijlage 8 : Lengtegroei en bloeisnelheid	44
Bijlage 9 : Gecumuleerde oogst	45
Bijlage 10 : Gevolgen van openen scherm	46

## Samenvatting

In 1994 is op het PTG een driejarig onderzoek gestart met het doel na te gaan of met een aangepaste regeling van het energiescherm meer energie kan worden bespaard dan tot nu op praktijkbedrijven en tegelijkertijd betere teeltresultaten kunnen worden behaald. Voor dit onderzoek is in 1993 op het PTG in Naaldwijk een complex kassen van 4 afdelingen gebouwd. Het testgewas is tomaten, maar onderzoeksresultaten kunnen ook bij andere gewassen worden toegepast.

De proefkassen hebben een poothoogte van 4 m zodat er voldoende afstand is tussen schermopeningen en top van het gewas. Er is een combinatie van twee schermdoeken op hetzelfde dradenbed geïnstalleerd. Deze doeken laten gezamenlijk zeer weinig waterdamp door zodat onder het gesloten scherm een hoge luchtvochtigheid kan worden gecreëerd. De constructie van de schermdoeken is zodanig dat er geen condensdruppels tegen ontstaan, ook niet bij zeer hoge luchtvochtigheid.

Door nauwkeurig afstellen van de scherminstallatie en zeer trage schermmotor konden zeer kleine vochtkieren worden ingesteld.

In 1994 zijn tomaten gebruikt van ras 72-79. Er is gezaaid op 20 december. Planten zijn uitgepoot op 3 februari. Op 1 juni is de proef beëindigd.

De energieschermen werden alleen 's-nachts gebruikt. De vergelijkende proefobjecten waren geconcentreerd op het nauwkeurig regelen van de vochtkieren en minimum raamstand in de ochtenduren. In de voornacht tot 3 uur voor zonsopkomst zijn in alle afdelingen de schermen, op 3 nachten na, geheel gesloten geweest. De langdurige hoge luchtvochtigheid en koude verwarmingsbuizen in de voornachten hebben geen nadelige gevolgen gehad op de groei of het optreden van Botrytis.

Het regelen van het scherm en de luchtramen op de relatieve luchtvochtigheid onder het scherm of het verschil in absolute luchtvochtigheid over de schermopening bleek niet mogelijk. Vanaf 1 maart zijn daarom de scherm- en raamopeningen vast ingesteld op basis van een éénmalige meting van de luchtvochtigheid onder het scherm 3 uur voor zonsopkomst.

Het gesloten scherm vormde een grote barrière voor zowel waterdamp als energie. Met nauwkeurig geregelde vochtkieren van maximaal 3% kon de luchtvochtigheid goed onder controle worden gehouden en bleef ook nog een interessante energiebesparing over. Over de totale energiebesparing door het schermgebruik kan geen uitspraak worden gedaan omdat geen afdeling zonder scherm aanwezig was.

Door voor het regelen van het scherm de nacht in twee delen te splitsen kan het energiescherm aanzienlijk meer uren worden gesloten dan zonder zo'n opdeling. Bij deze proef is tussen 3 februari en 18 mei het scherm in de voornacht 853 uur geheel dicht geweest zonder teeltproblemen.

De oogstverschillen bij de 4 proefbehandelingen waren te klein om daaruit conclusies te kunnen trekken. Dat geldt ook voor de kwaliteit.

## 1. Inleiding

Het gebruik van een energiescherm is een belangrijke optie om energie te besparen. Toch worden in de glastuinbouw lang niet bij alle gewassen energieschermen toegepast. Volgens een recent onderzoek van het L E I is 82% van de oppervlakte met potplanten uitgerust met een beweegbaar scherm, 74% van de oppervlakte met snijbloemen, en slechts 23% van de oppervlakte met groente (Velden, 1995). Bovendien worden in de praktijk aanwezige energieschermen vaak niet optimaal gebruikt waardoor de potentieel haalbare energiebesparing niet wordt bereikt. Bij een onderzoek in 1992 - 1993 op 28 tomatenbedrijven met een planttijd tussen week 48 en 50 was, tot week 17, de totale tijdsduur dat het scherm gesloten was, op verschillende bedrijven 315 tot 1797 uur (Sluis, 1995).

Het niet, of niet optimaal gebruiken van een energiescherm hangt samen met het ontbreken van voldoende kennis over de invloed die het scherm heeft op het fysisch kasklimaat en de vrees voor produktie en kwaliteitsverlies. Die angst is waarschijnlijk niet geheel ongegrond. Uit diverse onderzoeken is namelijk bekend dat lichtverlies, zoals dat bijvoorbeeld door het scherm pakket wordt veroorzaakt, leidt tot productieverlies. Bij tomaten is de zogenaamde 1% regel van toepassing. Bij oude scherminstallatie's is het lichtverlies door het scherm pakket soms 8%. Bij moderne installaties hoeft het lichtverlies echter niet meer dan 2 a 3% te bedragen. Energieschermen moeten bovendien zo weinig mogelijk op de dag worden gebruikt.

Dat een sub-optimaal schermgebruik kan leiden tot oogstreduktie bleek uit het hiervoor genoemde onderzoek (op 28 tomatenbedrijven met een energiescherm). Voor elke 500 uur dat het scherm gesloten was werd 0,32% oogstreduktie geconstateerd. Er zijn echter ook aanwijzingen dat het gebruik van een scherm ook produktieverhoging kan geven. Bij meerdere onderzoeken bleek namelijk bij regelmatig schermgebruik de produktie tot eind april in de geschermd kassen gelijk aan de niet geschermd behandeling. Daarbij was het lichtverlies dus volledig gecompenseerd. In alle proeven die tot nu toe genomen zijn met energieschermen blijken de verschillen kleiner dan uit verschillen in lichtonderschepping mocht worden verwacht (Holsteijn, 1994).

De nadelen van een sub-optimaal schermgebruik worden geweten aan een te hoge luchtvochtigheid onder het gesloten scherm of aan een te snelle daling van de luchtvochtigheid bij het openen van het scherm. Uit onderzoek naar de invloed van de luchtvochtigheid op de groei en produktie van verschillende gewassen is gebleken dat 's-nachts hoge luchtvochtigheden aangehouden kunnen worden zonder dat dit leidt tot produktieverlies (Bakker, 1991).

Kwaliteitsafwijkingen en productieverlies zijn waarschijnlijk te wijten aan een lange periode van te hoge luchtvochtigheid of een snelle daling daarvan omstreeks de overgang van nacht naar dagsituatie. Aan de overgangperiode van nacht naar dag zal daarom bij het optimaliseren van het schermgebruik in dit onderzoek extra aandacht worden geschonken.

In de praktijk worden aanwezige energieschermen meestal: wel of niet, d.w.z. geheel open of dicht gebruikt. Er zijn in Nederland echter veel weersomstandigheden waarin een gedeeltelijke verhoging van de luchtvochtigheid zoals door een gesloten scherm wordt gerealiseerd acceptabel of misschien zelfs wel gewenst is. Uit onderzoek in 1993 op de proeftuin in Horst is gebleken dat ook met een vochtkier nog een belangrijke energiebesparing kan worden bereikt (Holsteijn, 1994). Met een goed geregeld energiescherm kan dus meer energie worden bespaard dan met een

open\dicht geregeld scherm, terwijl tegelijkertijd het klimaat beter wordt beheerst. Om klimaatsverschillen onder een gedeeltelijk gesloten scherm te voorkomen moeten de openingen van het scherm overal exact even groot zijn (Holsteijn, 1986). Daarom zijn nauwkeurig regelbare scherminstallatie's nodig en moet een goed regelprogramma worden ontwikkeld. Dit onderzoek moet daartoe een belangrijke bijdragen leveren.

Doel van dit onderzoek is daarbij een betere regeling van schermen:

- a. Beter teeltresultaten te behalen
- b. De energiebesparing met een scherm te vergroten.

## 2. Materiaal en Methoden

### 2.1 Kasuitrusting

Voor dit onderzoek is gedurende 3 jaar een kascomplex van 4 afdelingen gereserveerd. Op het proefstation aangeduid als kas 209 ( zie bijlage 1.) De afdelingen hebben ieder een oppervlakte van 23,60m x 19,20m = 453m. De kapbreedte is 3,20m met een tralieligger van 6,40m. De vakgrootte is 6,40m x 4m. De vakken grenzend aan de achtergevel zijn 3,60m diep.

De goothoogte is 4,30m. De kassen hebben een zeer grote ventilatiecapaciteit. In elk vak liggen namelijk twee luchtramen van 3m x 0,8m aan weerszijde van de nok ( zie bijlage 2.) De helft van de luchtramen is uitgerust met het zogenaamde schommelmechaniek, de andere helft als spant / railmechaniek.

De gehele onderbouw is wit gemoffeld. De tussengevels zijn uitgevoerd met dubbel glas. De buitengevels met enkel glas waarvan de onderste ruit (hoogte 1,80m ) met Hortiplus waarvan de coating naar de buitenzijde. Op de grond liggen tegels en er wordt geteeld in steenwol.

De verwarming bestaat uit 2 afzonderlijke regelbare verwarmingscircuits. Per kap van 3,20m breed liggen 4 buizen met een diameter van 51mm, uitgevoerd als buis/rail verwarming. Per kap van 3,20m liggen er bovendien 2 buizen, met een diameter van 27,8mm, die in hoogte verplaatsbaar zijn.

Er wordt CO<sub>2</sub> gedoseerd uit de centrale verwarmingsketel van het proefstation. Daarvoor is een warmtebuffer aanwezig. De verdeling in de afdelingen vindt plaats met een polyetheen slurf per 3.20 op de grond, zoals gebruikelijk is op praktijkbedrijven.

Er worden 2 schermdoeken gebruikt die, los op elkaar, op hetzelfde dradenbed liggen. Deze doeken, SLS-10 en SLS-10 ultra zijn door Ludvig Svensson speciaal voor dit onderzoek ontwikkeld. Ze laten gezamenlijk weinig waterdamp door en zijn gemakkelijk tot een klein pakket op te vouwen. De doeken zijn opgebouwd uit smalle ( 4 mm ) bandjes van polyester ( SLS-10 ) of polyetheen ( SLS-10 ultra ) die met dunne polyester draadjes bij elkaar worden gehouden.

De totale looptijd van de motor om het scherm 4m open of dicht te sturen is 36 minuten. Door deze lange looptijd is het mogelijk de vochtier met een nauwkeurigheid van 0,5 cm te regelen. Door een nauwkeurige afstelling van het scherm zijn alle openingen van de vochtier exact even groot. In het achterste vak langs de gevel is de aandrijving van het scherm aangepast in verband met verschil in vakmaat, zodat de opening van de vochtier in dat vak gelijk is aan de andere vakken.

## 2.2 Teeltomstandigheden

Bij deze eerste proef met tomaten werd gebruik gemaakt van de cultivar 72-79. Planten zijn gezaaid op 20 December en uitgepoot op 3 Februari. In elke afdeling stonden 24 rijen van 40 planten. De plantafstand was 55cm. In elke 3<sup>e</sup> kap vanaf de tussengevels werden, ongeveer in het midden tussen voor en achtergevel, 4 rijen van 10 planten gebruikt voor waarnemingen van groei en produktie ( zie bijlage 3. )

Tomaten werden geteeld volgens het zogenaamde hoge draadsysteem. Daarom verplaatste de helft van de oogstrijen zich langzaam naar achteren en de andere helft naar voren. Geleidelijk kwamen bloei en vruchtzetting meer onder invloed van de kopgevels ( zie bijlage 4. )

In alle afdelingen werden 18 rijen gebruikt om 9 behandelingen te testen met betrekking tot het optreden van Botrytis ( zie bijlage 3. )

## 2.3 Proefopzet

Voor dit onderzoek, in 4 afdelingen, is in 1994 gekozen voor een proef zonder herhalingen met een trapsgewijs verschil in behandelingen zodat de proefresultaten wiskundig zouden kunnen worden geanalyseerd.

Om geen onnodig lichtverlies te hebben zijn de schermen alleen 's-nachts gebruikt. Het scherm kon niet voor 0,5 uur na zonsondergang gesloten worden en werd uiterlijk 0,5 uur voor zonsopkomst open gestuurd. De schermen waren pas 36 minuten later geheel dicht of open. De nacht was verdeeld in 2 perioden, n.l.:

### a. Voornacht

Van 0,5 uur na zonsondergang tot 3 uur voor zonsopkomst.

### b. Nanacht

Van 3 uur voor zonsopkomst tot 0,5 uur voor zonsopkomst.

In de voornacht werden in alle afdelingen dezelfde schermbehandeling toegepast. Het scherm werd dan geheel gesloten als de relatieve luchtvochtigheid lager was dan 90% en ging vervolgens geheel open als de r.v. hoger werd dan 95%.

Alleen in de nanacht werden tussen de 4 afdelingen verschillen in schermbehandelingen en luchtramen toegepast.

De basis daarvoor was de gemeten relatieve luchtvochtigheid tussen het gewas.

In het begin van de teelt tot 1 maart werd in de nanacht voortdurend gestreefd naar een relatieve luchtvochtigheid in:

a. afdeling 1 - 92%

b. afdeling 2 - 88%

c. afdeling 3 - 84%

d. afdeling 4 - 80%

Bij overschrijding van de ingestelde relatieve luchtvochtigheid werd het scherm met een proportionele vochtkier van maximaal 5% geopend. De grootte van die opening was in het begin van de teelt afhankelijk van het verschil in absolute luchtvochtigheid onder en boven het scherm.

Bij deze manier van regelen werd het scherm echter voortdurend verder opengestuurd. (zie hoofdstuk 3.1). Daarom is vanaf 1 Maart de regeling van de vochtkier gewijzigd in een proportionele regeling met een P-band van 6% relatieve luchtvochtigheid gemeten tussen het gewas. (zie figuur 1a).

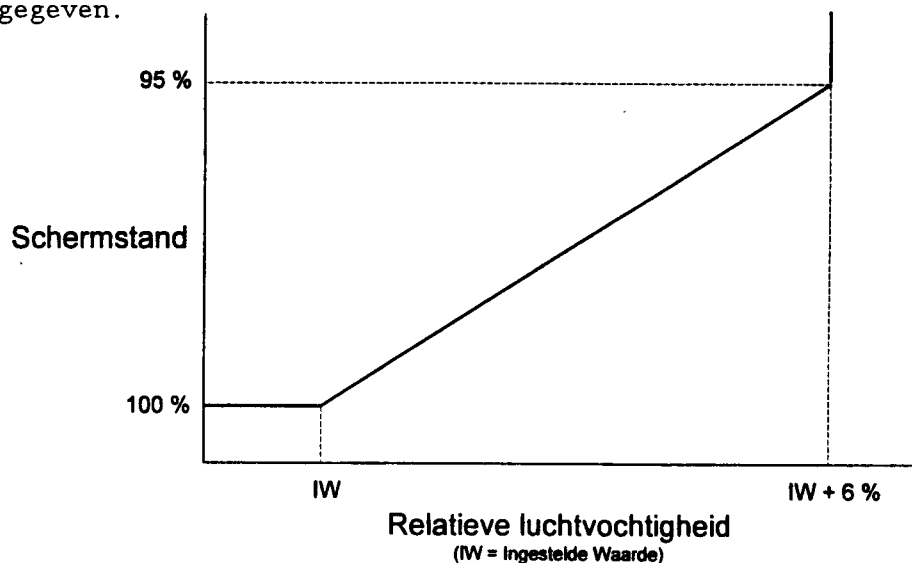
De maximale vochtkier was 5% of 20 cm per vak. Bij een gevraagde vochtkier >5% werd het scherm geheel open gestuurd. Bij een gevraagde vochtkier >2,5% werd tevens een minimum raamstand ingesteld. De grootte daarvan was ook afhankelijk van de gemeten relatieve luchtvochtigheid tussen het gewas.

Vanaf 1 Maart werd de grootte van de vochtkier voor de gehele nacht van zowel scherm als luchtraam slechts 1 maal per nacht bepaald n.l: om 3 uur voor zonsopkomst. De dan ingestelde vochtkier van het scherm werd gehandhaafd tot 0,5 uur voor zonsopkomst. De minimum raamstand werd gehandhaafd tot 2 uur na zonsopkomst. De ingestelde waarden van de relatieve luchtvochtigheid werden ook op 1 Maart aangepast.

Deze werden vanaf die datum tot 18 mei:

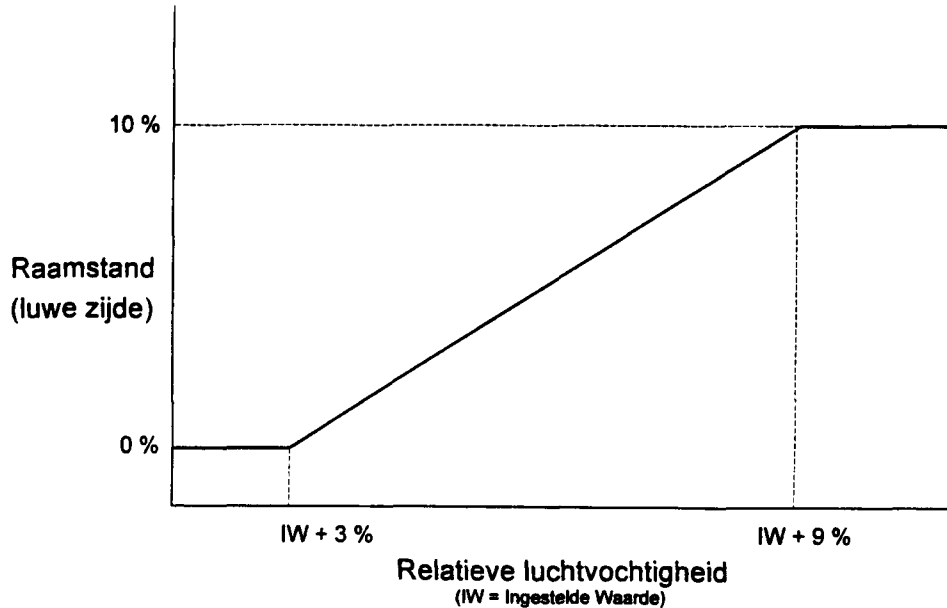
- a. afdeling 1 - 88%
- b. afdeling 2 - 84%
- c. afdeling 3 - 80%
- d. afdeling 4 - 76%

De regeling van de vochtkier en minimumraamstand worden in figuren 1a en 1b weergegeven.



Figuur 1a.: Schermprogramma voor 3 uur van zonsopkomst tot 0,5 uur voor zonsopkomst.





figuur 1b.: Regeling minimum raamopening van 3 uur voor zonsopkomst tot 2 uur na zonsopkomst.

## 2.4 Waarnemingen

### 2.4.1 Klimaat

Nadat de kas met verwarming gereed was, maar voordat de scherminstallatie was geïnstalleerd, is bij geheel bewolkt weer de lichtdoorlaat van de kas gemeten. Twee maal daarna is door meten van de omvang van het scherm pakket en scherminstallatie de lichtonderschepping van het scherm berekend.

In het centrum van de afdelingen is op 3 hoogten continu de luchttemperatuur en luchtvochtigheid gemeten. Op 50 cm hoogte, ongeveer 1 m onder de koppen van de planten en op 5 m hoogte (boven het scherm) waren door de T.F.D.L. in Wageningen gebouwde psychrometers geplaatst. De metingen ongeveer 1 m onder de koppen van de planten werd ook gebruikt voor de regeling van verwarming, luchtig en scherm.

Van elk verwarmingscircuit werd de aan en afvoerwatertemperatuur gemeten. Bovendien werd in het midden van de circuits de buistemperatuur gemeten om het energiegebruik te berekenen.

Het CO<sub>2</sub> gehalte is in het centrum van alle afdelingen op ongeveer 1 m hoogte gemeten.

Naast de genoemde metingen zijn voortdurend de berekende raam en schermstanden bijgehouden. Voor registratie van het buitenklimaat is gebruik gemaakt van de metingen van de weertoren op het proefstation.

### 2.4.2 Gewas

Vanaf het uitplanten tot het eind van de proef is 12 maal de lengte van de plant en de bloeisnelheid in de proefvakken vastgelegd. Op 18 Maart is op de koudste en warmste plaats in de kas de lengte van de planten bepaald.

Op 10 Mei zijn van alle planten in de proefvakken het aantal vruchten met neusrot geteld.

### 2.4.3 Oogst

Van 18 April tot 30 Mei is 3 maal per week geoogst. Daarbij is het gewicht en aantal vruchten uit de waarnemingsvakken bepaald. De vruchten met neusrot zijn niet meegeteld of gewogen. Er zijn tussen de behandelingen geen zichtbare kwaliteitsverschillen geconstateerd en zijn deze daarom niet vastgelegd.

## 3. Resultaten

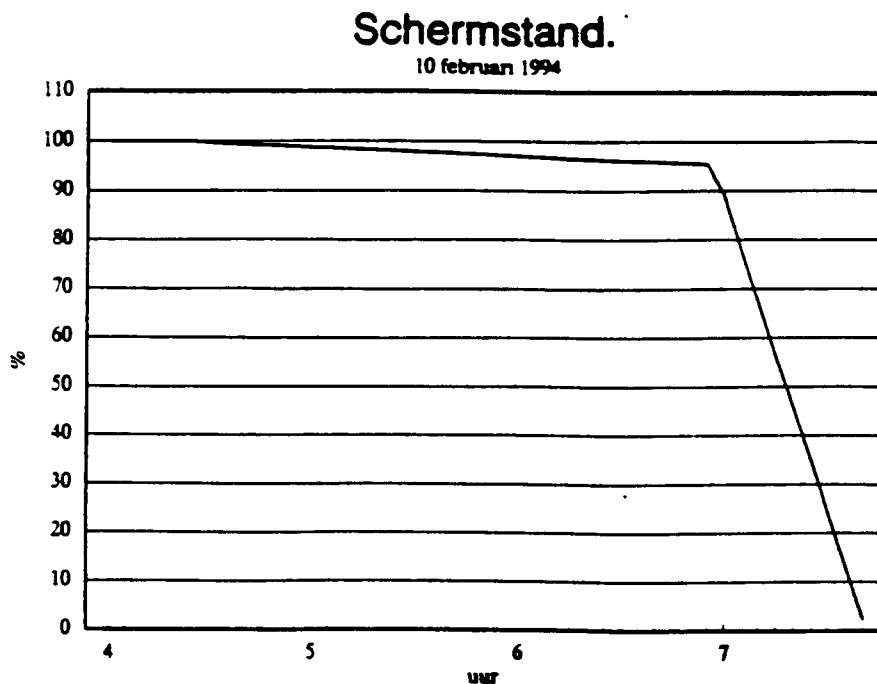
### 3.1 Schermgebruik

Het scherm is in alle afdelingen, op 3 nachten na, in de voornacht geheel gesloten geweest in de periode van 13 Februari tot 18 Mei. Daarna bleef de gemiddelde etmaaltemperatuur te hoog als het scherm gesloten werd. Na 18 mei is daarom het scherm niet meer gebruikt. In totaal is het scherm 853 uur in de voornacht geheel dicht geweest.

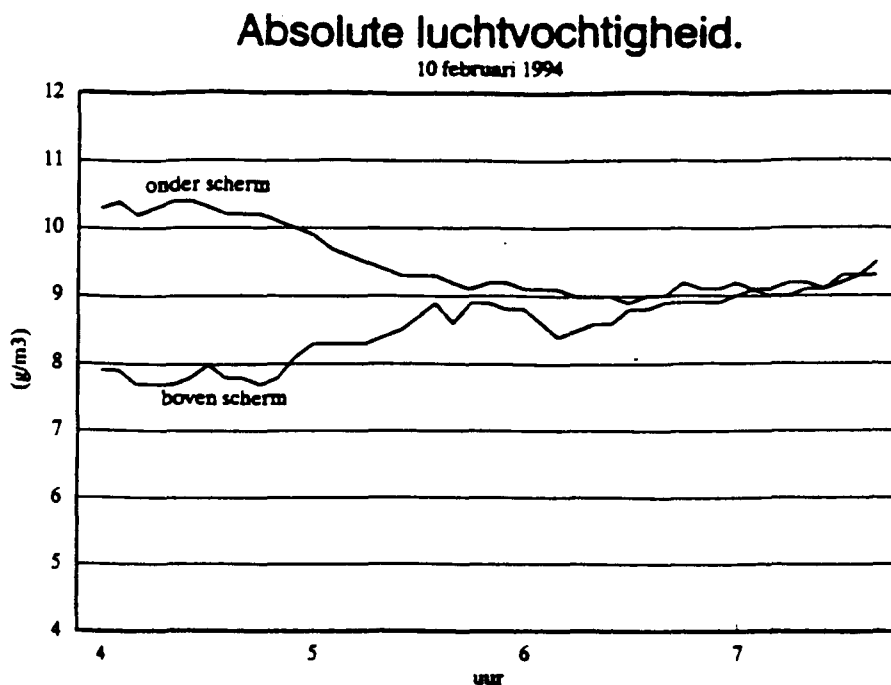
De grootte van de vochtkier in de nanacht werd in de eerste weken na het uitplanten geregeld op basis van het vochtverschil onder en boven het scherm. Hoe kleiner dat verschil hoe groter de opening. Door het gedeeltelijk openen van het scherm nam de waterdampstroom vanuit de kasruimte onder het scherm naar boven het scherm toe. De verschillen tussen onder en boven werden kleiner ( zie figuur 2a en 2b ) waardoor het scherm steeds verder open ging.

Figuur 2 : Regeling vochtier op basis van gemeten vochtverschil onder en boven het scherm.

2a : Schermstand.



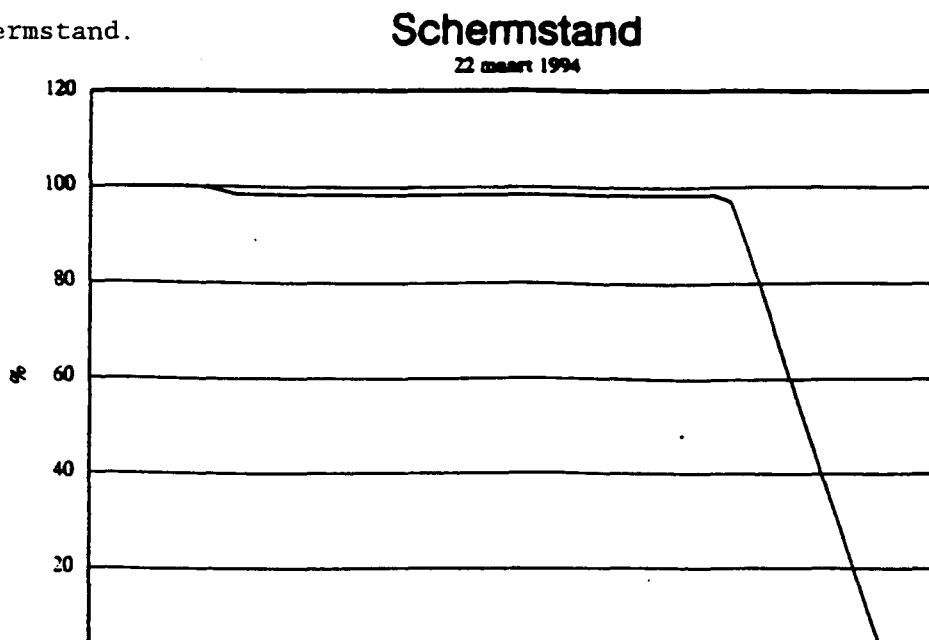
2b : Absolute luchtvochtigheid.



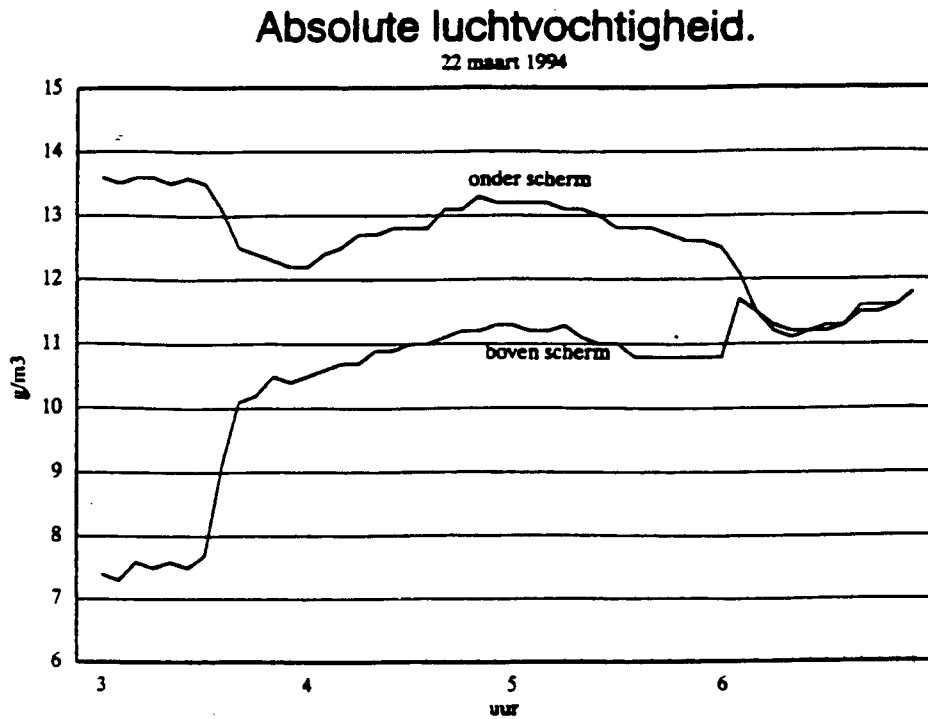
In alle afdelingen werden bij deze manier van regelen de schermen in korte tijd geheel open gestuurd. De verschillen in proefbehandelingen verdwenen daardoor. Op 1 Maart is daarom de regeling gewijzigd. Alleen 3 uur voor zonsopkomst werd bepaald hoe ver de schermen en luchtramen moesten worden geopend. Als basis daarvoor werd de op dat moment gemeten relatieve luchtvochtigheid gebruikt. Het scherm en de luchtramen werden snel naar de gewenste opening gestuurd en binnen 15 minuten daarna was een nieuw evenwicht in het klimaat ontstaan. ( zie figuur 3a, 3b, 3c. )

Figuur 3: Regeling vanaf 1 Maart op basis van eenmalige meting van relatieve luchtvochtigheid.

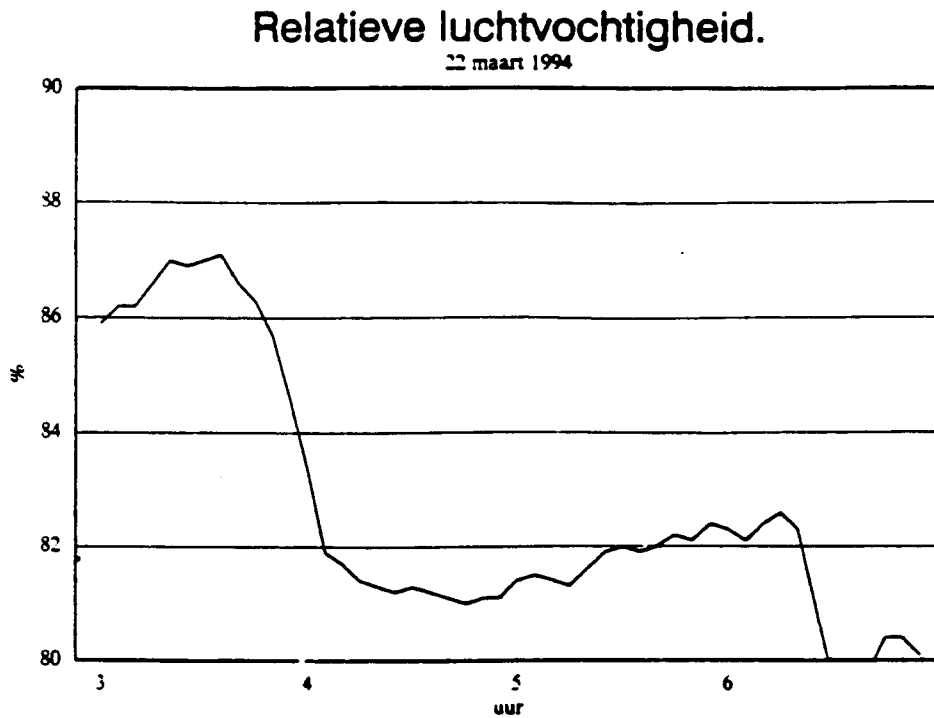
3a : Schermstand.



3b : Absolute luchtvochtigheid.



3c : Relatieve luchtvochtigheid.



Voor deze manier van regelen werden echter te hoge eisen gesteld aan de nauwkeurigheid van de luchtvochtigheidsmeting. Een kleine meetfout gaf relatief een groot verschil in grootte van de vochtkier. Een kleine opening van de vochtkier had echter een grote invloed op het waterdampgehalte en de relatieve luchtvochtigheid van de kaslucht zoals onder andere uit figuur 3c

blijkt. De relatieve luchtvochtigheid was niet nauwkeuriger te meten dan 2%. Bovendien was de meetfout bij opvolgende metingen niet constant. Daardoor was de grootte van de vochtkeer in de afzonderlijke kassen niet altijd in overeenstemming met de verwachte volgorde in de proefbehandeling. Vooral de behandelingen 2 en 3 waren meerdere ochtenden omgedraaid.

### 3.2 Klimaat

#### 3.2.1. Licht

Voordat de scherminstallatie werd geïnstalleerd was de lichtdoorlaat van de kas bij diffuus licht 69%.

Uitgezonderd tot ongeveer 4 m vanaf de gevels was de lichtverdeling op 185 cm hoogte wel zeer uniform.

Het lichtverlies door het scherpakket en installatie werd begin Februari berekend op ongeveer 5% ten opzichte van de kas zonder scherm. Op 11 Maart is de scherminstallatie opnieuw afgesteld waarna ongeveer 4% lichtverlies werd berekend. Na afstelling van de scherminstallatie was de lichtdoorlaat van kas inclusief scherm dus ongeveer 66%.

#### 3.2.2 Temperatuur

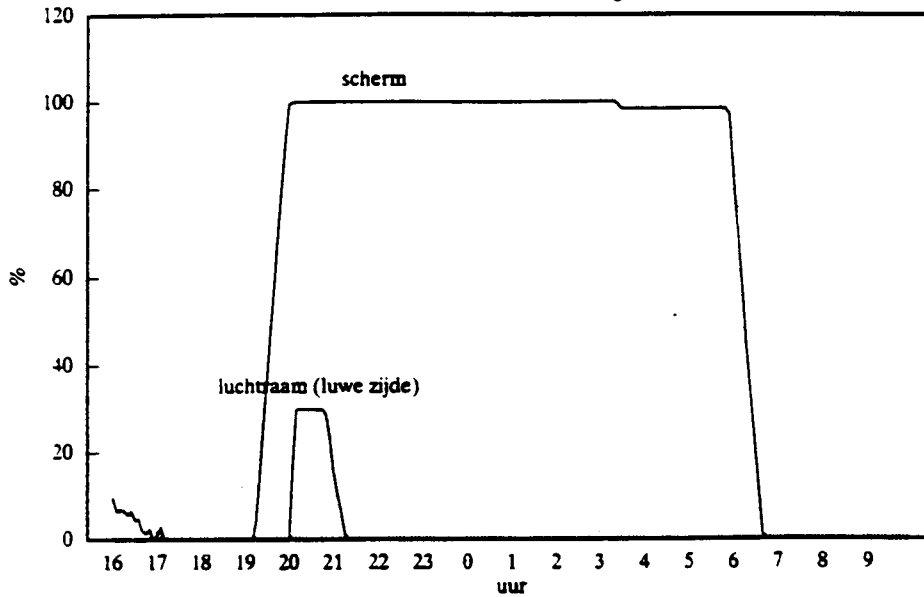
In de stookperiode waren de horizontale temperatuursverschillen in alle afdelingen erg groot. Om die te kwantificeren is 13 Februari op 25 plaatsen in elke afdeling de substraattemperatuur gemeten. Met een speciaal daarvoor ontwikkeld computerprogramma zijn op plattegronden isothermen getekend. Het resultaat is weergegeven in bijlage 5.

Het temperatuurpatroon was in alle afdelingen elkaars spiegelbeeld. Daaruit blijkt dat de windrichting buiten als oorzaak van de verschillen kan worden uitgesloten. De oorzaak van de temperatuursverschillen bleken onvolkomenheden in de verwarmingscircuits, vooral als gevolg van een te kleine capaciteit langs de gevels.

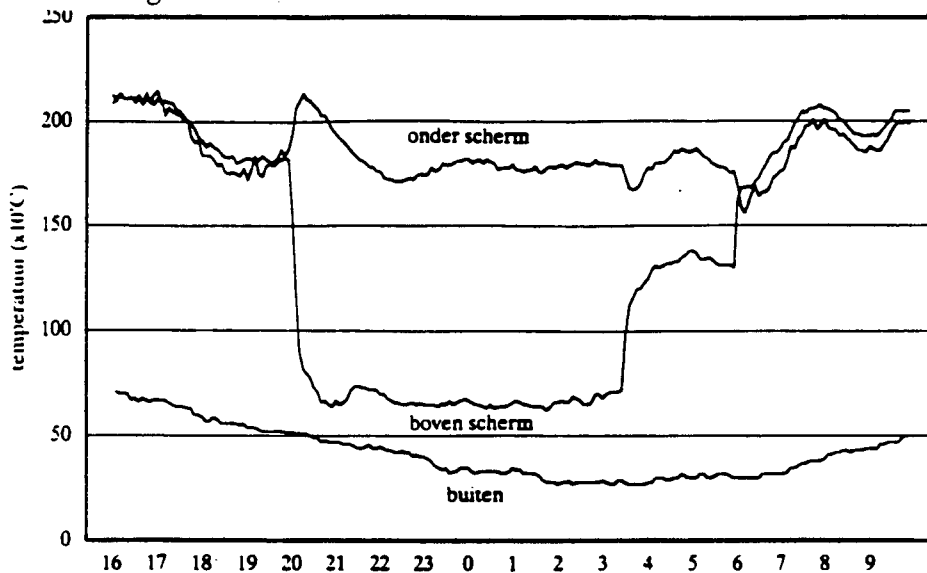
Het schermdoek in gesloten toestand vormde een grote barrière voor opstijgende warme lucht. 's Nachts waren er daardoor grote temperatuursverschillen onder en boven het scherm ( zie figuur 4a en 4b.

## Scherm en luchtraamstand

21-22 maart 1994, afdeling 2



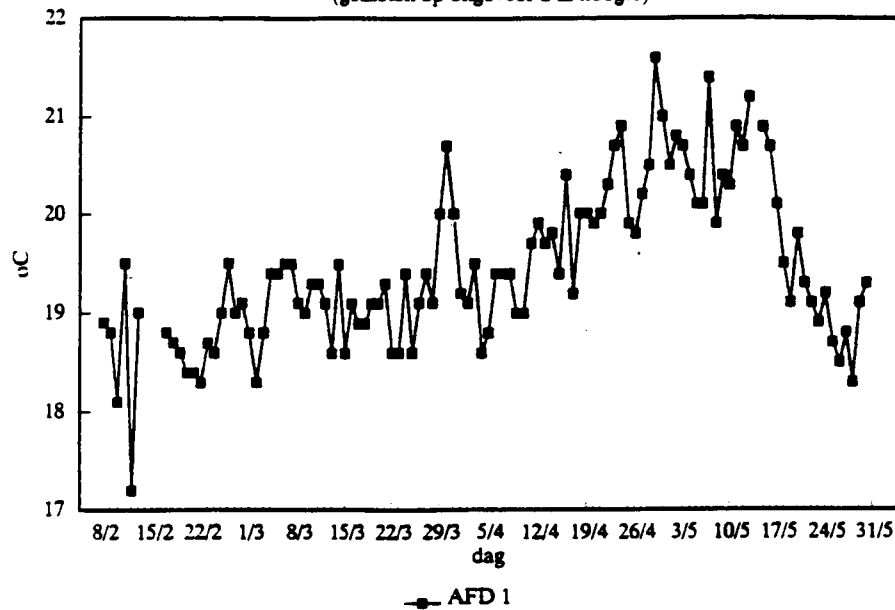
Figuur 4a : Scherm en luchtraamstand in de nacht van 21 op 22 Maart in afdeling 2.



Figuur 4b : Luchttemperatuur onder en boven het scherm in de nacht van 21 op 22 Maart.

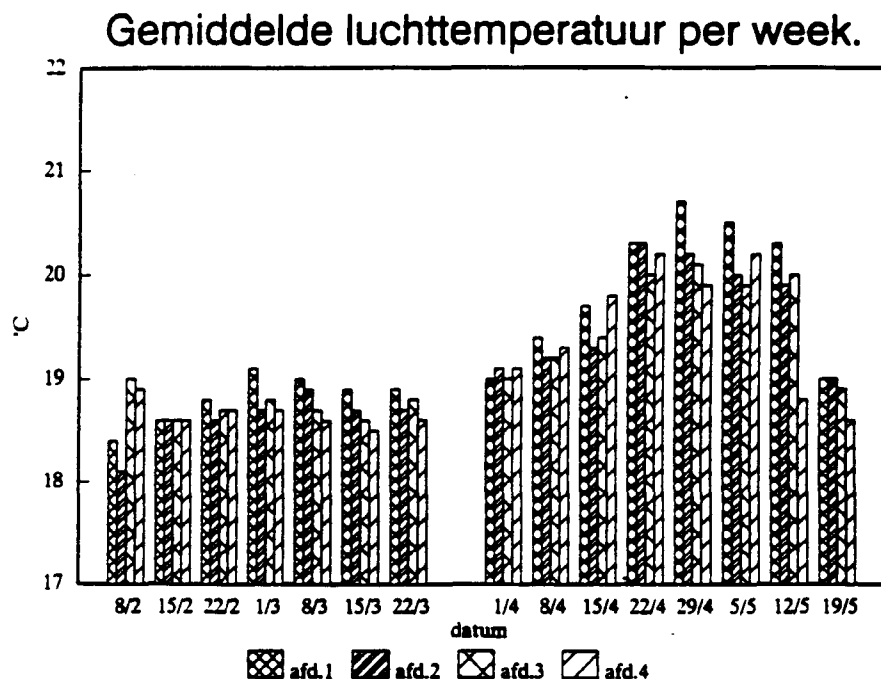
Het temperatuurverschil onder en boven het scherm is een illustratie van de grote energiebesparing door het gebruikte schermdoek. Het temperatuurverschil over het scherm is zelfs groter dan over het kasdek. Door de grote energiebarrière van het doek ontstond direct na het sluiten van het scherm, vaak een overschot aan warmte in de kas. Dat werd dan door extra ventileren boven het gesloten schermdoek afgevoerd. Een onnodig energievervalsing! De grote isolatiewaarde van het schermdoek was een van de oorzaken dat het schermgebruik op 18 mei moest worden gestopt. De gemiddelde etmaaltemperatuur werd toen namelijk te hoog, > 20°C ( zie figuur 5).

gem. etmaaltemp.  
(gemeten op ongeveer 2 m hoogte)



Figuur 5 : gemiddelde etmaaltemperatuur gemeten op ongeveer 2m hoogte, tussen het gewas.

De gerealiseerde etmaaltemperatuur was in alle afdelingen niet steeds hetzelfde. De belangrijkste oorzaak daarvan waren de verschillen in opening van scherm en luchtramen zonder dat het grotere energieverlies volledig gecompenseerd werd door warmere verwarmingsbuizen. 's Morgens rond zonsopkomst hadden deze verschillen soms tot gevolg dat de temperatuur in afdeling 1, met gesloten scherm, wat hoger was dan in de andere afdelingen. Soms dat de temperatuur in een afdeling, met vochtmier en minimum raamstand lager was. De gemiddelde temperatuursverschillen tussen de afdelingen zijn terug te vinden in de weekgemiddelden ( zie figuur 6 en bijlage 6. )



Figuur6 : Weekgemiddelden van de luchttemperatuur in alle afdelingen, gemeten op ongeveer 2m hoogte, tussen het gewas.

Dat de temperatuurverschillen tussen de afdelingen niet altijd overeenkwamen met de verwachting op basis van de proefopzet, werd mede veroorzaakt doordat bij onnauwkeurige luchtvochtigheidsmetingen de schermen soms niet correct werden gestuurd. Over de hele teeltperiode was de gemiddelde luchttemperatuur in afdeling 1 ongeveer 0.2°C hoger dan in afdelingen 2 en 3 en in afdeling 4 ongeveer 0,1° C lager dan in 2 en 3 (zie bijlage 6) Hierdoor mag een klein verschil in vroegheid, lengtegroei en bloeiselheid tussen afdeling 1 en 4 worden verwacht (Koning, 1994).

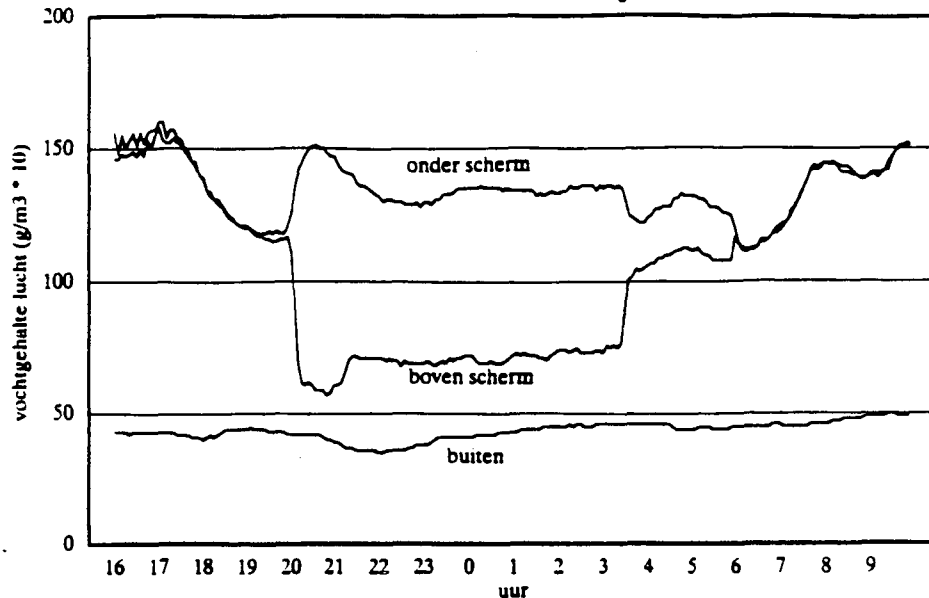
### 3.2.3 Luchtvochtigheid

Het vermogen van het scherm om opstijgende lucht tegen te houden blijkt uit het verloop van het waterdampgehalte van de lucht onder en boven het scherm. Als het scherm gesloten werd steeg namelijk het vochtgehalte van de lucht onder het scherm en daalde het er boven ( zie figuur 7. )



## Absolute luchtvochtigheid.

21 - 22 maart 1994, afdeling 2



Figuur 7 : Absolute luchtvochtigheid onder en boven het scherm en buiten in de nacht van 21 op 22 maart.

Het verschil in vochtgehalte aan weerszijde van het schermdoek was groter dan aan weerszijde van het kasdek. Het blijkt dus dat het gebruikte schermdoek een grotere barrière vormde voor waterdamp dan het kasdek. De lage luchtvochtigheid boven een scherm werd mede veroorzaakt door koud glas en relatief veel condensatie van waterdamp tegen het koude glasdek boven een gesloten scherm.

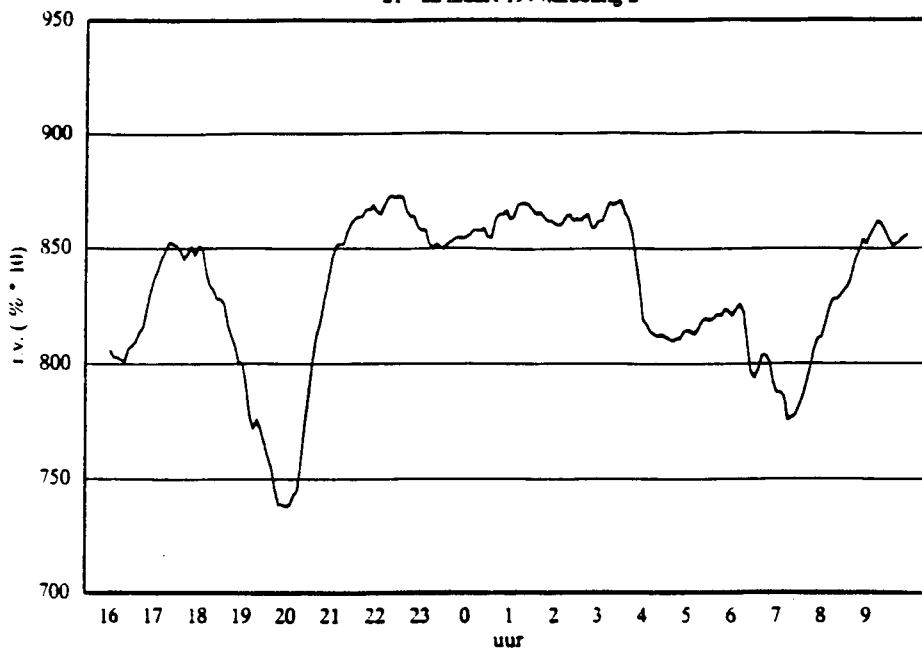
Als 's morgen een vochtmier in het scherm werd gemaakt daalde het waterdampgehalte van de lucht onder het scherm en steeg het er boven. Uit het verloop van de absolute luchtvochtigheid bleek dat reeds bij een kleine vochtmier het vochtgehalte van de kaslucht werd verlaagd, maar dat er toch nog een duidelijk meer waterdamp overbleef dan bij geheel geopend scherm. Met een beheersbare vochtmier moet het daarom mogelijk zijn de luchtvochtigheid in een kas met gewas over een groot traject te beheersen.

In de praktijk wordt veel waarde gehecht aan het verloop van de relatieve luchtvochtigheid. Deze is echter altijd het resultaat van het verloop van luchttemperatuur en absolute luchtvochtigheid.

Bij geopend scherm 's avonds daalde de relatieve luchtvochtigheid omdat bij afnemend licht de planten minder verdampten en er dus minder waterdamp in de kaslucht kwam. Als daarna het scherm gesloten werd steeg het waterdampgehalte van de kaslucht en daardoor ook de relatieve luchtvochtigheid. Door openen van de vochtmier zakte het waterdampgehalte en ook de relatieve luchtvochtigheid ( zie figuur 8. )

## Relatieve luchtvochtigheid.

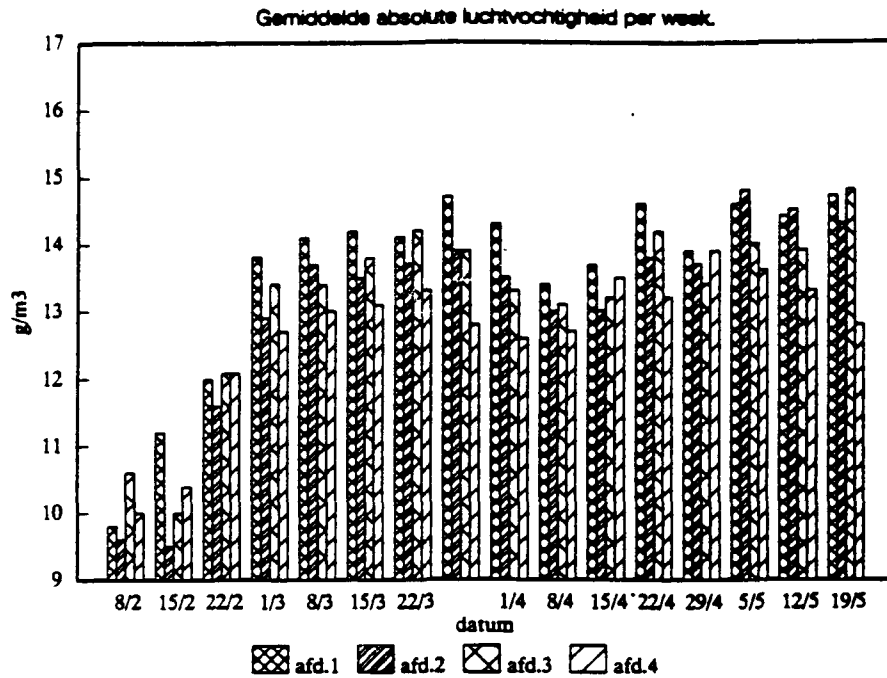
21-22 maart 1994, afdeling 2



Figuur 8 : Relatieve luchtvochtigheid tussen het gewas in afdeling 2 in de nacht van 21 op 22 Maart.

Het waterdampgehalte van de kaslucht werd gedurende de hele proefperiode bepaald door waterdampproductie (transpiratie) van het tomatengewas en afvoer van waterdamp door condensatie tegen het kasdek of ventilatie door scherm of raamopening. De eerste vier weken nam de verdamping toe en steeg de luchtvochtigheid doordat het gewas groter werd.

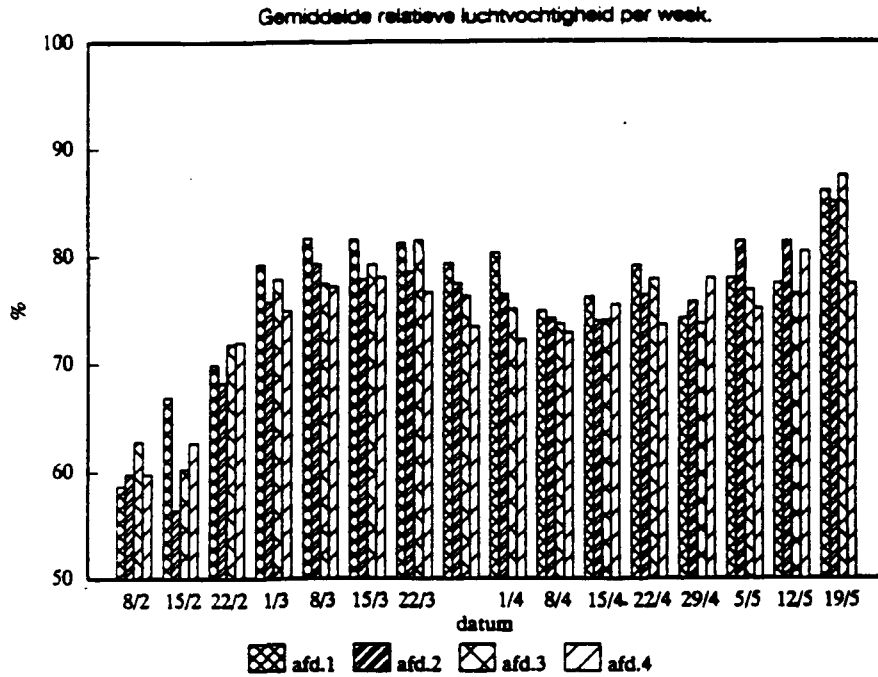
In de eerste vier weken van de teelt steeg het gemiddeld waterdampgehalte van de kaslucht sterk (zie figuur 9), wat mogelijk nog werd versterkt door een stijgende buitentemperatuur en waterdampgehalte van de buitenlucht in die periode.



Figuur 9: Gemiddelde absolute luchtvochtigheid per week gemeten op ongeveer 2m hoogte tussen het gewas.

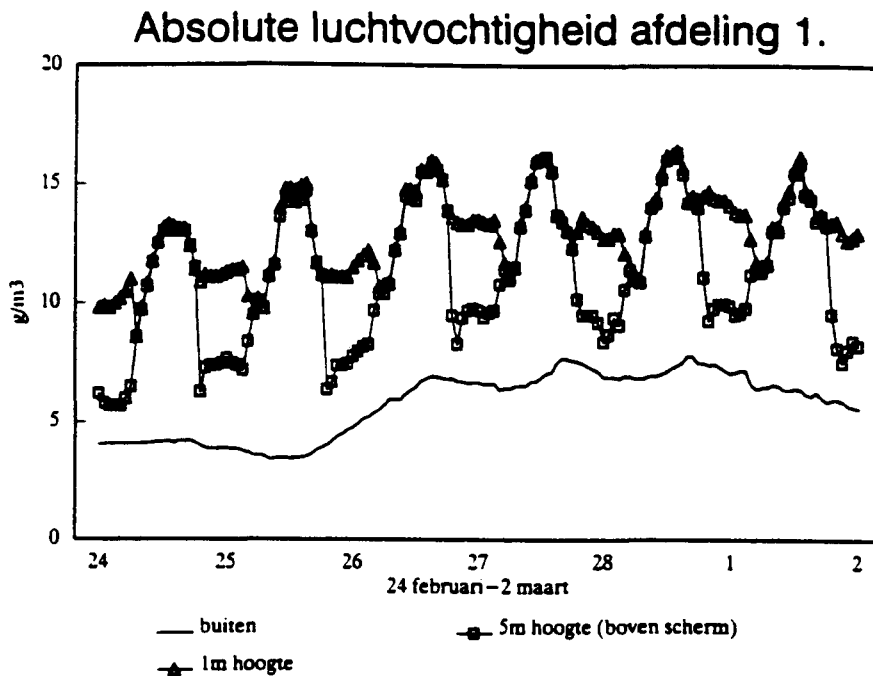
Verschillen in absolute luchtvochtigheid van de kaslucht tussen de behandelingen werden vooral veroorzaakt door verschillen in de mate van waterdampafvoer van 3 uur voor tot 2 uur na zonsopkomst. Er mocht daarom ook worden verwacht dat het waterdampgehalte in afdeling 1 gemiddeld het hoogste was en in afdeling 4 gemiddeld het laagste. Meestal was dat ook zo. Afwijkingen van die verwachting moeten worden verklaard uit de onnauwkeurige regeling van scherm en luchtramen en door kleine meetfouten van de droge- en natteboltemperatuur.

De gemiddelde relatieve luchtvochtigheid (figuur 10) was het resultaat van de gemiddelde luchttemperatuur en absolute luchtvochtigheid zoals is weergegeven in de figuren 6 en 9.



Figuur 10 : Gemiddelde relatieve luchtvochtigheid per week, gemeten op ongeveer 2m hoogte tussen het gewas.

De absolute luchtvochtigheid van de kaslucht zowel onder als boven het scherm bleek 's nachts voor een groot deel afhankelijk van het waterdampgehalte van de buitenlucht. Dat wordt geïllustreerd in figuur 11.

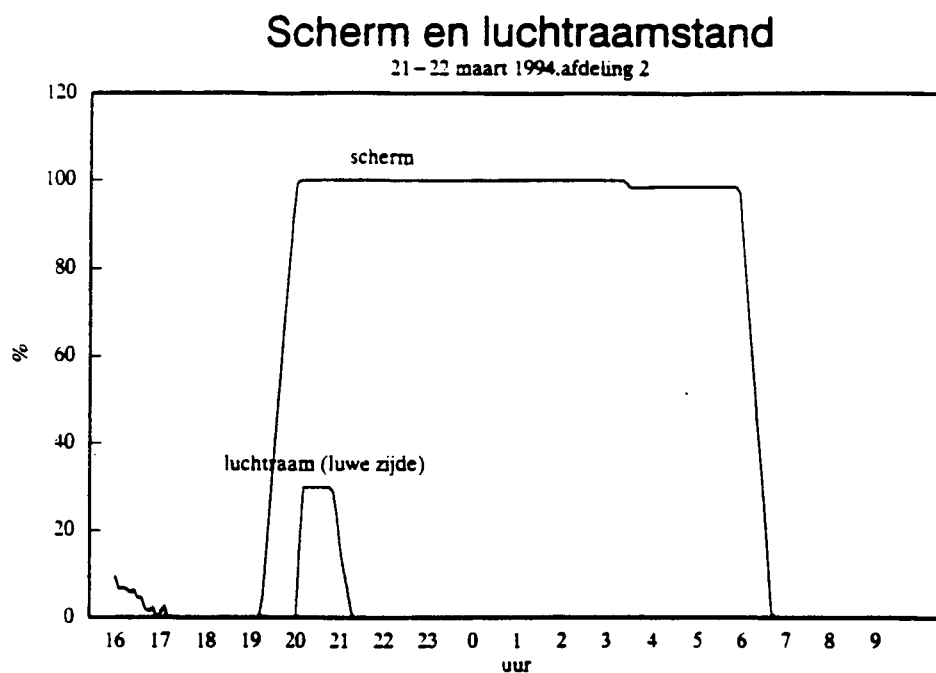


Figuur 11 : Absolute luchtvochtigheid onder en boven het scherm en buiten van 24 Februari tot 2 Maart.

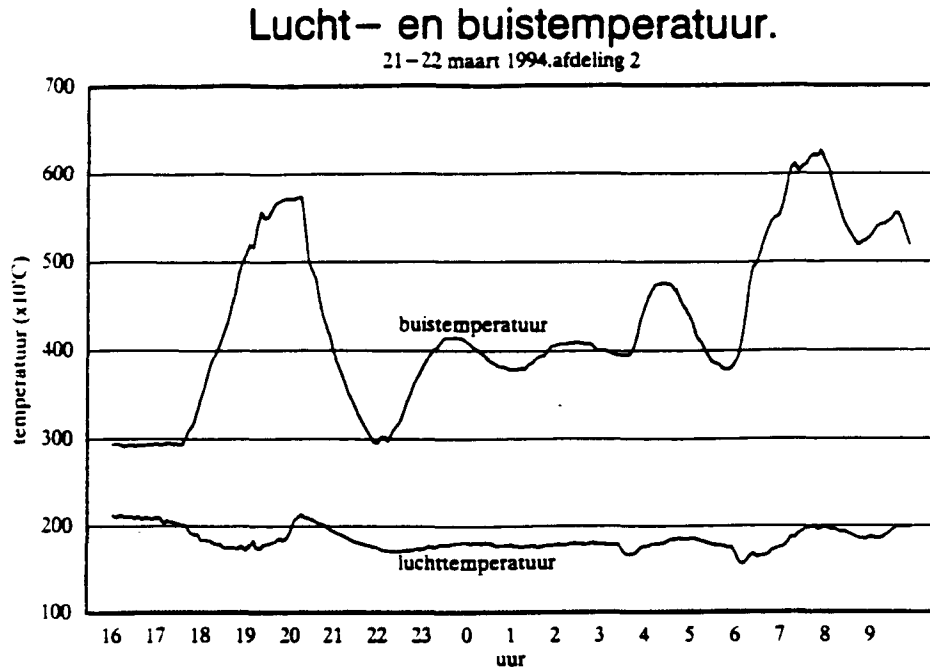
Nadat op 25 Februari het waterdampgehalte buiten hoger werd nam ook het waterdampgehalte van de kaslucht toe. 's Nacht was het verband tussen absolute luchtvochtigheid buiten en binnen duidelijker dan op de dag.

### 3.3 Energiegebruik

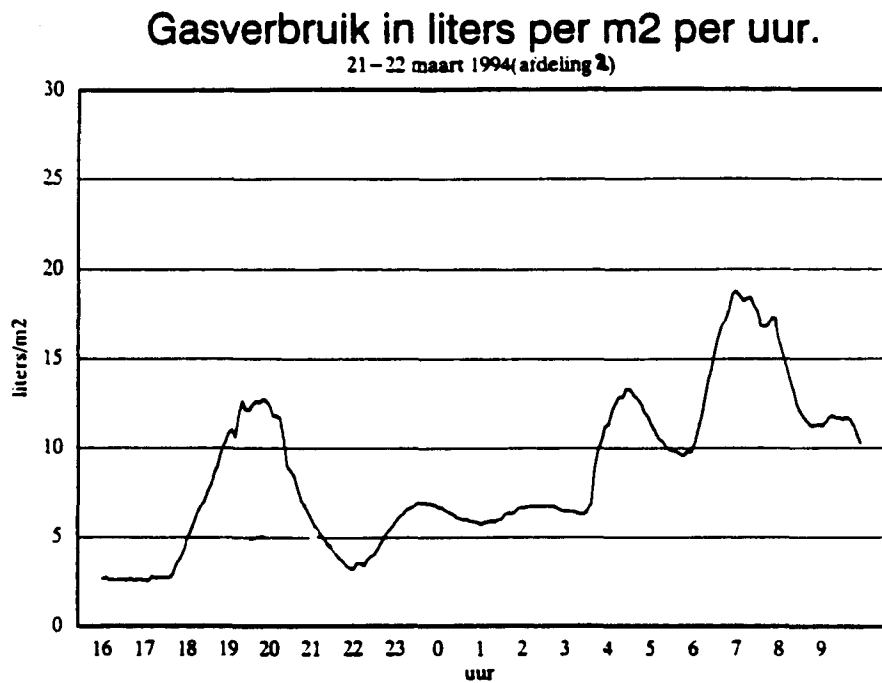
Het gasgebruik in de verschillende afdelingen is berekend uit de gemiddelde temperatuur van kaslucht en verwarmingsbuizen. Met de bij deze proef gebruikte rekenmethode kon gemakkelijk het gasgebruik per uur worden vastgesteld. Het was duidelijk dat het gebruik van het scherm of openen van de luchtramen grote invloed had op de energiebehoefte in de afdelingen. Dat wordt bijvoorbeeld geïllustreerd in figuur 12 waarin de regeling van de verwarming, de luchting en het scherm in een representatieve nacht is weergegeven en het gasverbruik dat daar het gevolg van was.



Figuur 12a : Scherm en luchtraamstand in de nacht van 21 op 22 Maart.



Figuur 12b : Buis en luchttemperatuur in de nacht van 21 op 22 Maart.



Figuur 12c : Gasverbruik in liters m<sup>2</sup> per uur in de nacht van 21 op 22 Maart.

Uit het bovenstaande voorbeeld blijkt dat er na het sluiten van het energiescherm een energie-overschot was in de kas. De luchttemperatuur onder het scherm liep daardoor te hoog op waardoor vervolgens luchtramen geopend werden en veel energie naar buiten werd afgevoerd. De oorzaak daarvan was het feit dat kort voor het sluiten van het scherm nog vrij veel warmte werd gevraagd. In bovengenoemd voorbeeld werd gedurende ongeveer 2 uur 5 liter gas per m<sup>2</sup> verspild. Dat is 100 m<sup>3</sup> gas per ha, op één dag!

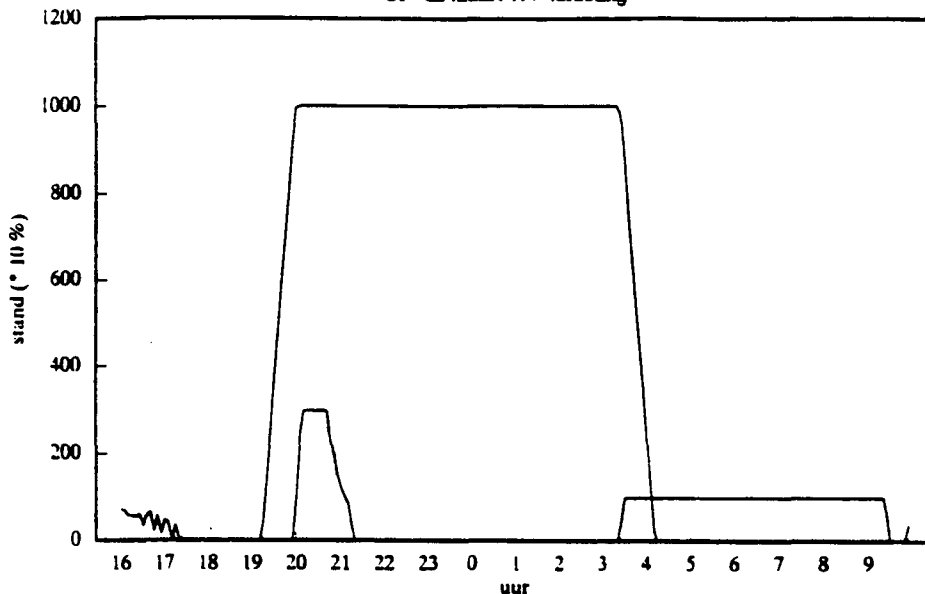
Ongeveer de helft van de dagen in Februari en Maart verliep de regeling van verwarming, scherm en luchtramen ongeveer zoals in dit voorbeeld. Met een betere regeling had minstens 3000 m<sup>3</sup> gas per ha kunnen worden bespaard. Daarvoor had de regelcomputer 's middags bij de beheersing van de kasluchttemperatuur reeds rekening moeten houden dat direct na zonsondergang het energiescherm met een relatief besparingsvermogen van 55% gesloten zou worden. De bui5-temperatuur had in het hier geïllustreerde geval op 21 maart niet warmer mogen worden dan 40°C.

Nadat de vochtkier geopend was nam het gasverbruik toe. De energiebesparing was echter ook bij geopende vochtkier nog steeds belangrijk. In het hier gegeven voorbeeld was de besparing met vochtkier ongeveer de helft van de besparing bij een geheel gesloten scherm.

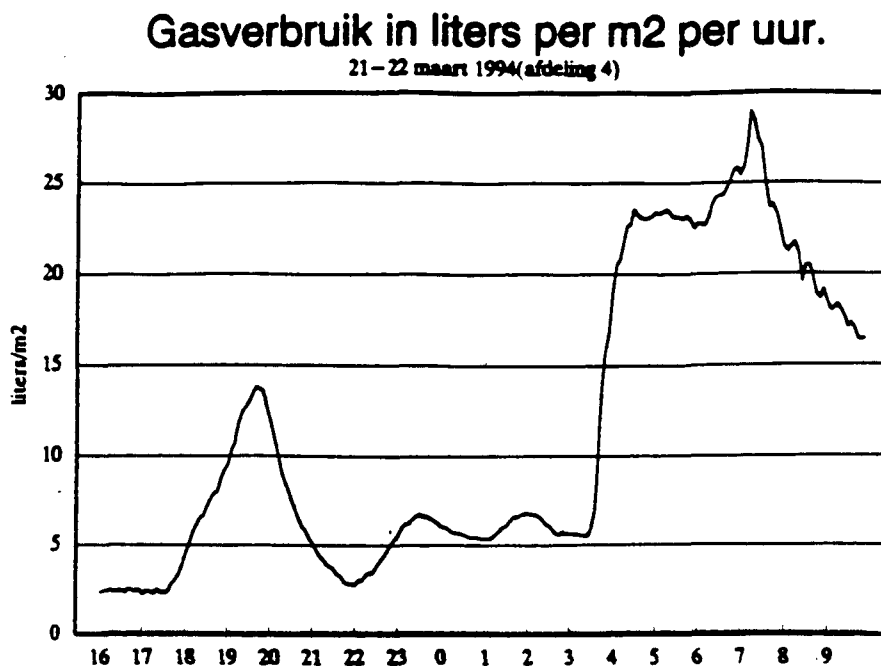
De mate van energiebesparing was duidelijk afhankelijk van de grootte van de opening van de vochtkier. In afdeling 4 was in dezelfde tijd dat het scherm open stond (en de luchtramen 3%) het gasverbruik dubbel zo groot als in afdeling 2 met gesloten luchtramen en een vochtkier in het scherm (zie figuur 12c en e.) Bij deze manier van regelen werd in afdeling 4 de energiebesparing in de voornacht daarna weer volledig teniet gedaan door het openen van scherm en luchtramen.

### Scherm en luchtraamstand

21 - 22 maart 1994, afdeling 4



Figuur 12d : Scherm en luchtraamstand in afdeling 4 in de nacht van 21 op 22 Maart.



Figuur 12e : Gasverbruik in afdeling 4 in de nacht van 21 op 22 Maart.

Een groot deel van het dagelijks energieverbruik in de kassen is geconcentreerd in de overgangperiode van nacht naar dag. In die perioden waren in deze proef de verschillen in behandelingen aangelegd.

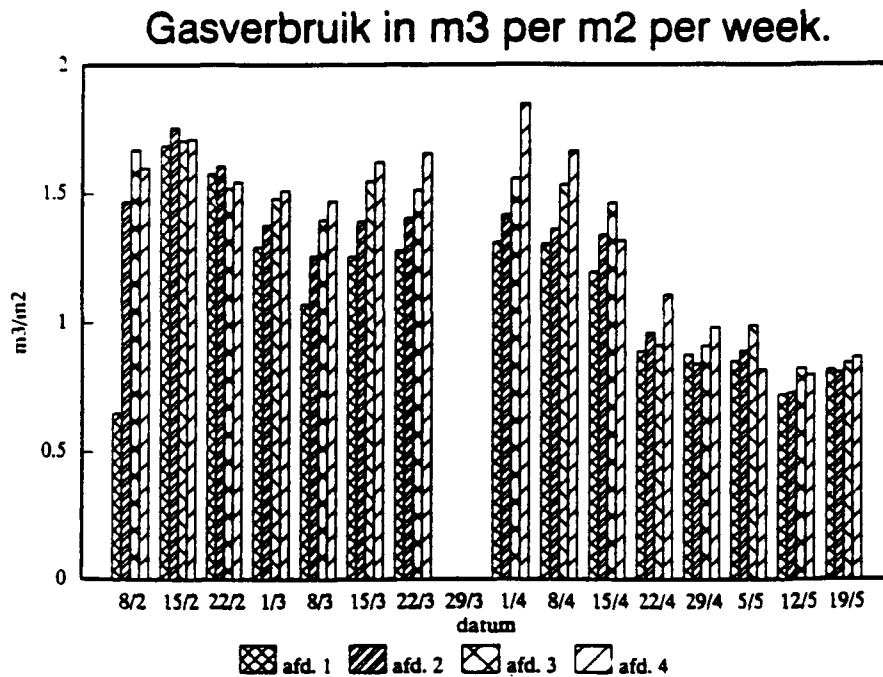
Het is duidelijk dat de verschillen tussen de proefbehandelingen werden teruggevonden bij de gasverbruiken per afdeling. Overeenkomstig de verwachting was het totale gasverbruik in afdeling 4 het hoogst en in afdeling 1 het laagst. Het berekend gasverbruik van 8 Februari: tot 26 Mei was:

afdeling 1 - 16,8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>  
afdeling 2 - 18,6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>  
afdeling 3 - 19,9 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>  
afdeling 4 - 20,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>

Over de hele periode was het gasverbruik in afdeling 4 ongeveer 22% hoger dan in afdeling 1. Dat verschil is ongeveer evenveel als de verwachte totale energiebesparing met een scherm over die periode. (Holsteijn, e.a. 1994, Sluis e.a. 1994).



Het gasverbruik per week wordt weergegeven in figuur 13 en bijlage 7.



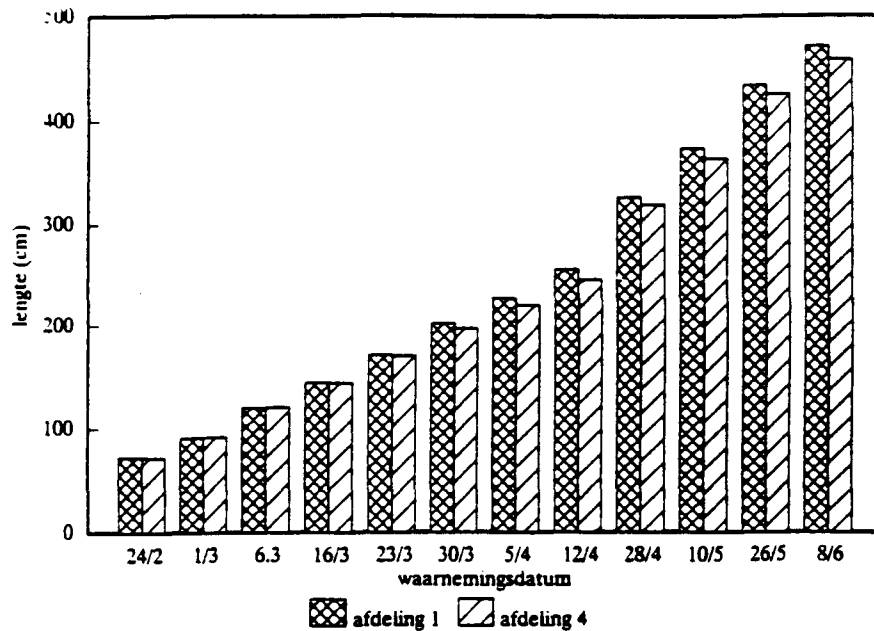
Figuur 13 : Gasverbruik in m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup> per week over de periode van 8 Februari tot 26 Mei.

In de meeste weken waren de verschillen in gasverbruik tussen de afdelingen 1 en 4 duidelijk. Het gasverbruik van de andere twee afdelingen lagen daartussen. Afwijkingen van de logische volgorde in gasverbruik zijn waarschijnlijk het gevolg van meetfouten van de relatieve luchtvochtigheid waardoor 's morgens scherm en luchtramen niet werden geregeld zoals verwacht.

### 3.4 Gewas

#### 3.4.1 Plantlengte

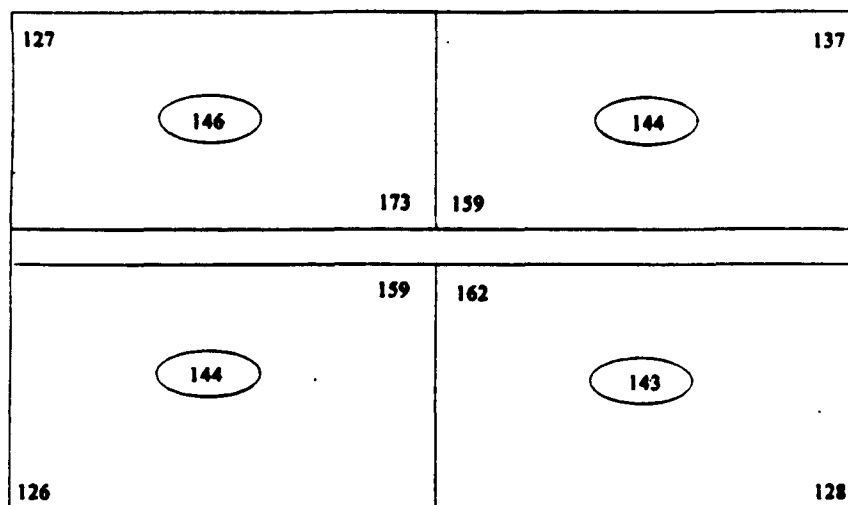
Ongeveer 1 maal per week is in de waarnemingsvelden de lengte van de planten bepaald. Het resultaat daarvan is weergegeven in figuur 14 en bijlage 8.



Figuur 14 : Gemiddelde lengte van 40 tomatenplanten in afdeling 1 en 4.

De gemiddelde plantlengte was bij behandeling 1 tot en met 3 over de hele proefperiode ongeveer gelijk. Vanaf eind Maart bleef de lengte bij behandeling 4 iets achter. Dat duidt op een iets lager gemiddelde luchttemperatuur in die afdeling. Dat is overeenkomstig met de temperatuurwaarneming ( zie hoofdstuk 3.2.2. )

Op 16 Maart is de lengte bepaald van 10 planten in twee hoeken van de afdeling waar de laagste en hoogste luchttemperaturen zijn waargenomen. Het resultaat daarvan is weergegeven in figuur 15.



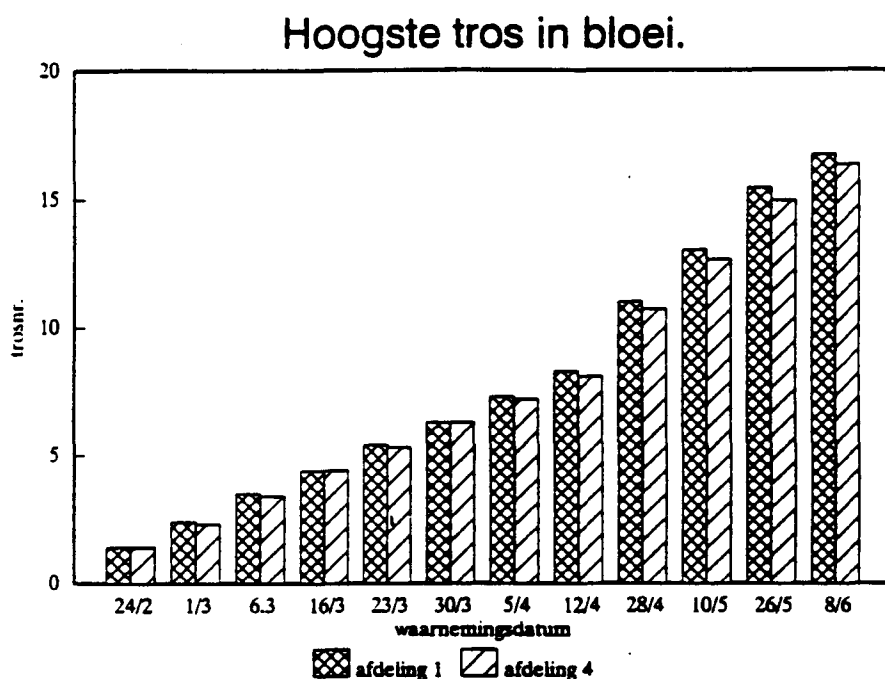
Figuur 15 : Gemiddelde lengte van 10 planten op de plaatsen met hoogste en laagste luchttemperatuur.

Dat de temperatuursverschillen binnen de afdelingen erg groot waren is reeds duidelijk gemaakt in hoofdstuk 3.2.2. Het was bekend dat dergelijk grote temperatuursverschillen duidelijke gevolgen zouden hebben op de groeisnelheid van tomaten.

In het midden van de afdelingen zijn de plantlengtes weergegeven van de planten in de proefvakken op de zelfde waarnemingsdatum. Hier uit blijkt dat de proefvakjes op redelijk neutrale en onderling vergelijkbare plaatsen lagen.

### 3.4.2 Bloeiselheid

Vanaf 24 Februari tot begin Juni is 12 maal waargenomen welke laatste tros bloeide. Het resultaat daarvan is weergegeven in figuur 16 en bijlage 8.



Figuur 16 : Gemiddelde tros in bloei van 40 planten in afdeling 1 en 4.

Tot begin April, toen de zevende tros in bloei stond, was de bloeiselheid in alle afdelingen ongeveer gelijk. Daarna ontstonden er kleine verschillen tussen de afdelingen 1 en 4. Bij de bloei van de zestiende tros was dat verschil gemiddeld slechts 0,4 tros. De onderlinge verschillen tussen planten in eenzelfde afdeling was veel groter namelijk ongeveer 3 trossen. De snellere bloei in afdeling 1 ten opzichten van die in afdeling 4 is overeenkomstig de verwachting door verschillen in gemiddelde luchttemperatuur tussen die afdelingen (zie hoofdstuk 3.2.2.) (Koning, 1994).

## 4 Afwijkingen

### 4.1 Neusrot

Vanaf eind Maart werden de eerste vruchten met neusrot geconstateerd. De kwaal bleef tot eind April beperkt tot enkele vruchten op de warmste plaatsen in de afdelingen (gemiddeld niet meer dan 1 vrucht per plant). Na eind April nam het aantal vruchten met neusrot snel toe. Op 20 Mei zijn van de 40 planten in de waarnemingsveldjes het aantal vruchten met neusrot geteld.

tabel 1 : Gemiddeld aantal vruchten met neusrot.

afdeling 1	- 5,6 stuks per plant
afdeling 2	- 3,8 stuks per plant
afdeling 3	- 5,2 stuks per plant
afdeling 4	- 7,9 stuks per plant

Er was geen verband te vinden tussen de proefbehandeling en het optreden van neusrot. Het was bekend dat de gebruikte cultivar 72-79 extra gevoelig was voor neusrot.

## 4.2 Botrytis

Los van het onderzoek naar de optimalisatie van schermen lag er in alle afdelingen een proef naar preventieve bestrijding van botrytis. Dat onderzoek werd uitgevoerd door A.J.Dik, die de resultaten zal verwerken in een afzonderlijk verslag. Slechts de voor dit onderzoek van belang zijnde gegevens worden hier weergegeven.

Eenmaal per week werden waarnemingen gedaan naar het optreden van Botrytis. Een samenvatting daarvan is weergegeven in tabel 2.

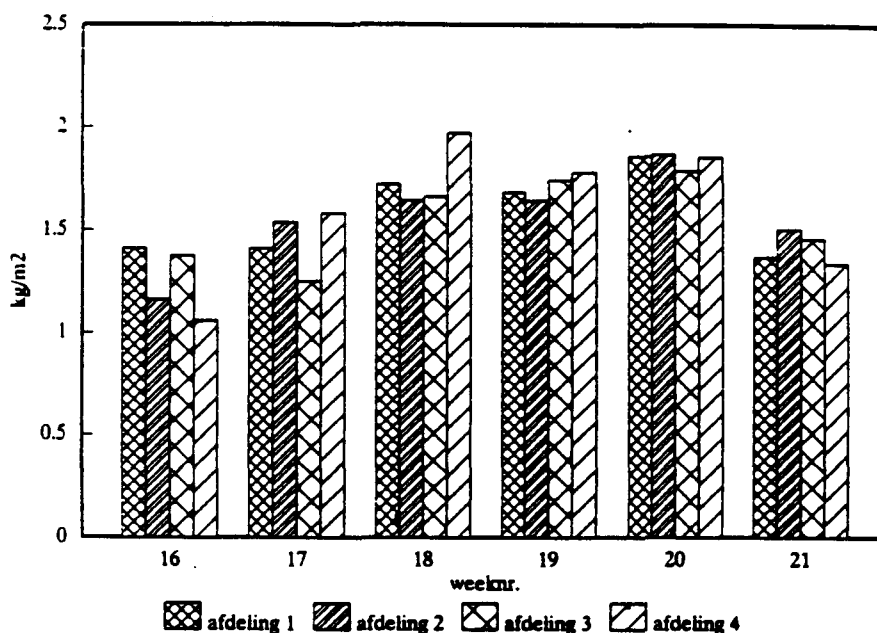
Tabel 2 : Percentage aangetaste planten door botrytis in de controlebehandeling.

	afdeling 1	afdeling 2	afdeling 3	afdeling 4
29-4	0	0	0	0
17-5	0	0	0	0
6-6	0	0	0	0
20-6	5,00	11,25	3,75	3,75

Tot het einde van de proef (3 Juni) is geen botrytis opgetreden, ondanks dat alle afgeplukte bladeren en dieven steeds in de paden zijn achtergelaten. Pas 2 weken later werden de eerste planten met botrytis gesignaleerd. Daaruit mag worden geconcludeerd dat het schermen in de voornacht niet tot het optreden van botrytis hoeft te leiden.

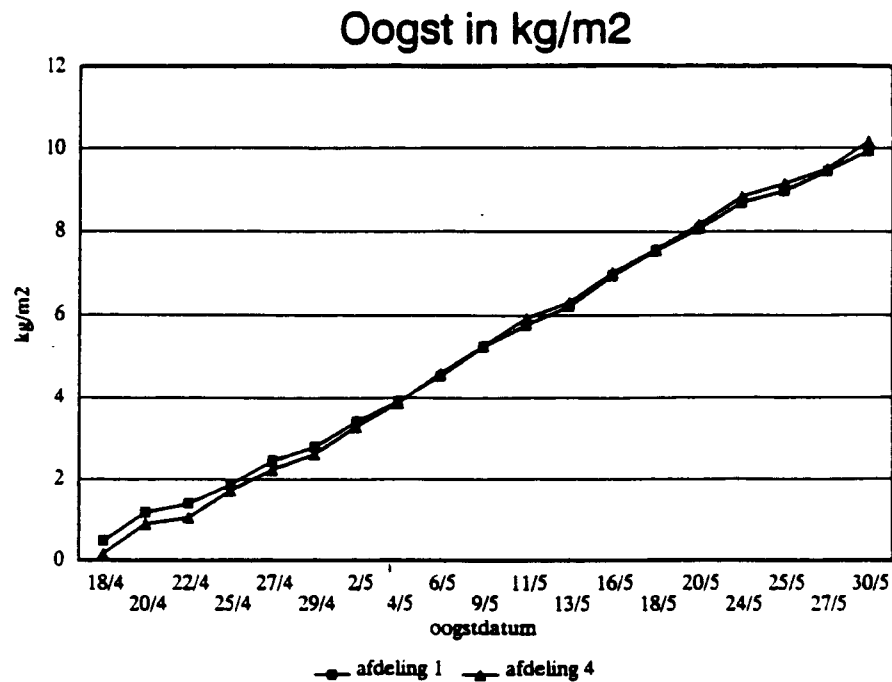
## 5 Oogst

De eerste vruchten zijn geoogst op 18 April. De productie in alle afdelingen is gevolgd tot 30 Mei. In de eerste oogstweek is in de afdelingen 2 en 4 (zuidzijde, zie bijlage 1 en 3) ongeveer 0,3 kg per m<sup>2</sup> minder geoogst dan in de andere afdelingen. Dat is mogelijk het gevolg van een gemiddeld iets lagere luchttemperatuur tot 1 April in die afdelingen ( zie bijlage 6. ) De oogst per week is weergegeven in figuur 17 en 18. Per afdeling is de cumulatieve oogst en het gemiddeld vruchtgewicht samengevat in bijlage 9.



Figuur 17 : Oogst in kg/m<sup>2</sup> per week.

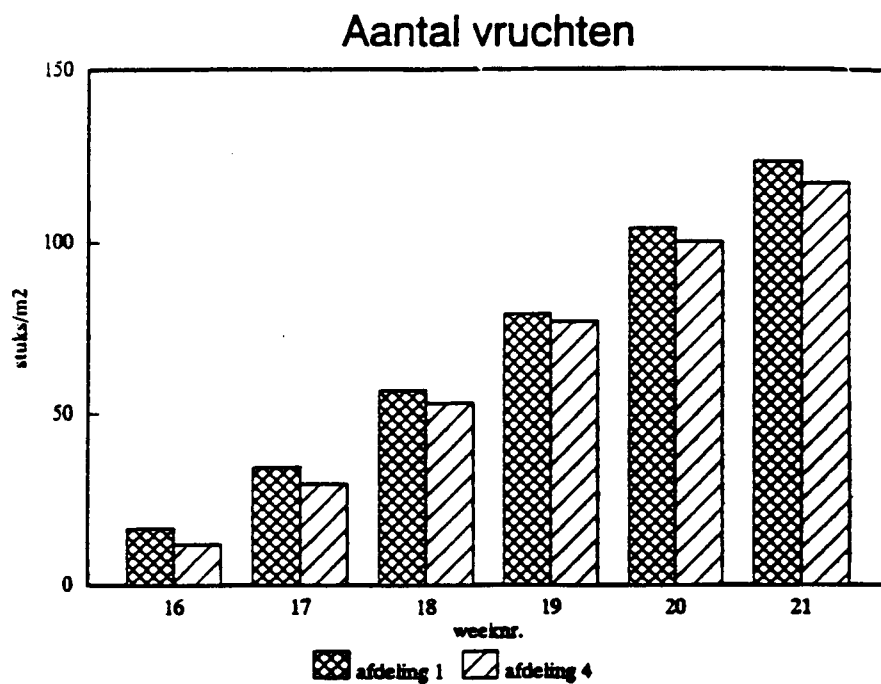
Van de twee afdelingen waartussen de grootste verschillen mochten worden verwacht, afdeling 1 en 4, is de cumulatieve produktie weergegeven in figuur 18.



Figuur 18 : Cumulatieve produktie in afdeling 1 en 4.

Het produktieverschil tussen beide afdelingen was gering en zeker niet betrouwbaar. In het begin bleef de produktie in afdeling 4 wat achter bij afdeling 1, wat overeen komt met de verwachting gezien de gerealiseerde luchttemperatuur in beide afdelingen (Koning, 1994). De totale produktie in afdeling 4 was iets hoger dan in de andere afdelingen ( zie bijlage 9. ) Mogelijk kan dat worden verklaard uit het verschil in vruchtgewicht. Omdat zonder herhalingen is gewerkt kunnen over de verschillen in produktie geen betrouwbare uitspraken worden gedaan.

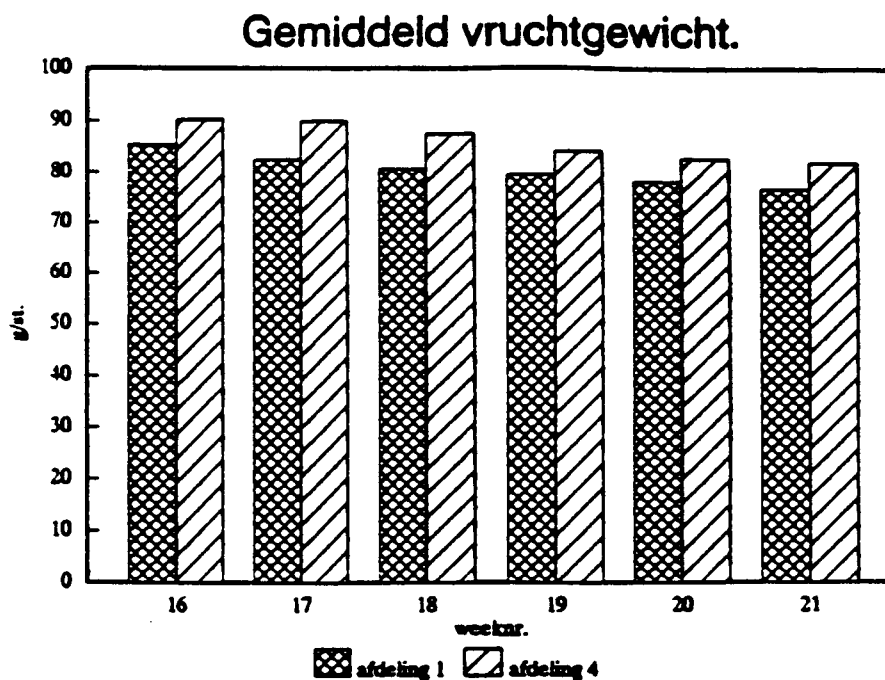
Het aantal geoogste vruchten in afdeling 1 en 4 is weergegeven in figuur 19.



Figuur 19 : Het aantal geogoste vruchten in afdeling 1 en 4.

Het blijkt dat in afdeling 4, behandeling met de meeste ventilatie, 4% minder vruchten zijn geogst dan in afdeling 1. Dat is in overeenstemming met het gemeten gemiddelde temperatuurverschil tussen die afdelingen.

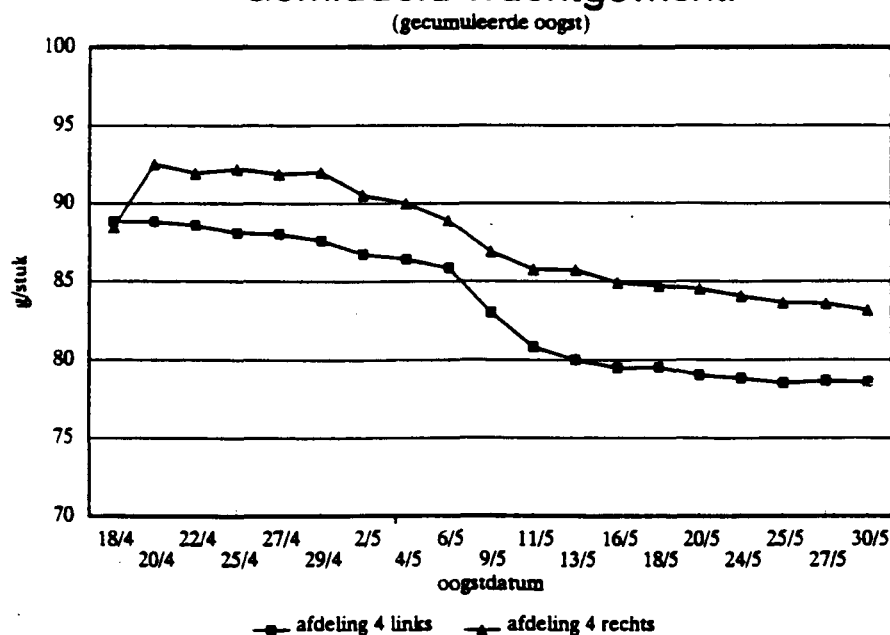
Het gemiddelde vruchtgewicht is weergegeven in figuur 20.



Figuur 20 : Gemiddeld vruchtgewicht in afdeling 1 en 4.

Het vruchtgewicht in afdeling 4 was gemiddeld 6% zwaarder dan in afdeling 1. Uit het verschil in vruchtgewicht is de nivellering van de oogstverschillen tussen de afdelingen verklaard. Het is onjuist om hieruit de conclusie te trekken dat meer ventileren 's morgens leidt tot zwaardere vruchten. Bij nadere analyse van de oogstgegevens bleek namelijk dat de verschillen in vruchtgewicht tussen de afdelingen voor een belangrijk deel veroorzaakt zijn door de zwaardere vruchten in slechts een van de beide paden in het proefvak van afdeling 4 ( zie figuur 21).

### Gemiddeld vruchtgewicht.



Figuur 21 : Gemiddeld vruchtgewicht in beide paden van het proefvak in afdeling 4.

Het is onmogelijk te bepalen welke pad representatief geacht mag worden voor de behandeling in deze afdeling. De verschillen van 6% in vruchtgewicht kunnen door diverse factoren zijn veroorzaakt. Er moet bijvoorbeeld niet worden uitgesloten dat bij de gewasverzorging de gemiddelde stengelafstand in het ene pad geleidelijk 6 tot 10 procent groter is geworden dan in het andere pad. Gezien de kleine te verwachten oogstverschillen moet daar bij het verdere onderzoek extra aandacht aan worden besteed om dat te voorkomen.

### 6. Discussie

De voor deze proef ontwikkelde combinatie van 2 schermdoeken (SLS-10 en SLS-10 Ultra) heeft duidelijk aan het gestelde doel beantwoord. Het vormde een grote barrière zowel voor waterdamp als warmte. Onder het gesloten scherm werd daardoor een hoge luchtvochtigheid gerealiseerd. De constructie van het doek was zodanig dat er ondanks de hoge luchtvochtigheid geen condensdruppels tegen gevormd werden.

Bij dit schermonderzoek wordt onderscheid gemaakt tussen voor- en nachten. Bij de proefopzet in 1994 is uitgegaan van de ervaring dat het geheel sluiten van een scherm in de voornacht geen teeltproblemen oplevert ondanks een hoge luchtvochtigheid. Deze periode zal de eerste twee jaar geen onderzoeksobject zijn. In de voornacht wordt het scherm in alle afdelingen op dezelfde wijze gebruikt en zoveel als mogelijk is gesloten gehouden. De

proefbehandelingen worden de eerste twee jaar alleen in voornacht en vroege morgen aangelegd.

In 1994 was 's avonds bij zonsondergang, de relatieve luchtvochtigheid altijd lager dan 90%. De schermen gingen daarom 's-avonds altijd dicht. Slechts 3 maal steeg de relatieve luchtvochtigheid daarna tot boven 95% onder het gesloten scherm waardoor het scherm weer geopend werd. Het scherm is dan ook veel uren dicht geweest, wat een grote energiebesparing tot gevolg had. Er zijn geen problemen geconstateerd die in verband konden worden gebracht met het bijna dagelijks sluiten van het scherm in de voornacht. Tot begin juni bijvoorbeeld is in geen enkele afdeling Botrytis opgetreden (zie hoofdstuk 4.2). Er is daarom geen aanleiding om de voornacht wel in het komende onderzoek te betrekken.

Na begin mei, bij relatief hoge buitentemperaturen, bleef de luchttemperatuur, zonder stoken, onder het gesloten scherm te hoog waardoor ook de etmaaltemperatuur te hoog werd. Er is toen besloten het scherm niet meer te gebruiken. Ook niet in de voornacht. De potentiële energiebesparing, door gebruik van het scherm na 18 mei, was mogelijk nog wel  $1 \text{ m}^3$  gas per  $\text{m}^2$  grondoppervlak. Daarvoor had het scherm bij overschrijding van de etmaaltemperatuur met een proportionele temperatuurkier geopend moeten worden. Deze mogelijkheid was echter in de regeling van het scherm niet aanwezig. Volgend jaar wordt getracht de schermregeling op dit punt aan te passen.

Bij de proef in 1994 werd het scherm in de nanacht open gestuurd bij overschrijding van de ingestelde relatieve luchtvochtigheid. De grootte van de zogenaamde vochtkier was, in de eerste 4 weken van de proef, afhankelijk van het verschil in absolute luchtvochtigheid onder en boven het scherm. Deze regeling heeft niet voldaan. Het scherm kwam meestal pas tot stilstand als het geheel open was (zie hoofdstuk 3.1). Zowel het open gaan op relatieve luchtvochtigheid als het regelen van de grootte van de vochtkier op verschil in absolute luchtvochtigheid bleek onmogelijk. Bij het openen van het scherm wordt namelijk kaslucht gemengd met lucht boven het scherm. Meestal stijgt daardoor de relatieve luchtvochtigheid, in plaats dat die daalt. Het verschil tussen de absolute luchtvochtigheid onder en boven het scherm wordt bovendien door openen van het scherm kleiner in plaats van groter (zie bijlage 10). Beide effecten waren oorzaak dat het scherm, bij overschrijding van de ingestelde relatieve luchtvochtigheid, steeds verder werd opengestuurd.

Na 1 maart werd de vochtkier proportioneel geopend op basis van een eenmalige meting van de mate van overschrijding van de ingestelde relatieve luchtvochtigheid. Voor de wijziging van de schermregeling is er van uitgegaan dat in de laatste 3 uur voor zonsopkomst het buitenklimaat weinig verandert. Dat is meestal ook zo. Er mocht daarom worden verondersteld dat er in de drie volgende uren geen noodzaak zou zijn de schermopening te veranderen. Deze regeling heeft in het verdere verloop van de proef goed voldaan. De enige, niet onbelangrijke, beperking was dat er tussen de 4 afdelingen niet voldoende verschillen werden gerealiseerd.

Het is in deze proef duidelijk gebleken dat met een nauwkeurig geregelde vochtkier de luchtvochtigheid onder het scherm goed kan worden beheerst. Kleine verschillen in opening hebben echter grote invloed, zowel op de luchtvochtigheid als het energiegebruik. Bij het vervolgonderzoek wordt daarom getracht de vochtkier nog nauwkeuriger te regelen en de maximale grootte te verkleinen tot 3%.



Om een proportionele vochtkier goed te regelen is minstens een regeltraject van 6% relatieve luchtvochtigheid nodig. Bij een overlap van 2% r.v. tussen de behandelingen is het hele regelbereik, tussen alle schermen dicht en alle schermen open, 16% relatieve luchtvochtigheid. Bij deze proef was dat 76 tot 92% (zie hoofdstuk 2.3).

De gekozen instellingen hadden duidelijke verschillen in schermstand tussen de behandelingen moeten geven. Dat is echter niet gebeurd wat kan worden verklaard uit verschillende meetfouten namelijk.

1. De meetplaats in de kas.

Op korte afstand in de kas komen vaak verschillen voor van 0,5°C of 0,5 g waterdamp per m<sup>3</sup> lucht. Dat kan in het uiterste geval leiden tot een verschil in r.v. van 5%.

2. Het oplossend vermogen van de computer.

Dat is + of - 0,2°C, wat kan leiden tot een meetfout van 2% r.v.

3. De nauwkeurigheid van de gebruikte Pt-100 elementen.

De gebruikte opnemers voor de droge- en natte bolmeting hebben ieder een nauwkeurigheid van + of - 0,2°C. In het uiterste geval kan dat leiden tot een meetfout van 4%.

Om duidelijke verschillen tussen de behandelingen te krijgen zal bij het vervolg van het onderzoek van een andere grootte moeten worden uitgegaan. Waarschijnlijk kan hiervoor het beste de buitentemperatuur worden genomen. 's Nachts bestaat er een redelijk verband tussen de buitentemperatuur en de luchtvochtigheid in de kas. Op praktijkbedrijven wordt deze grootte ook vaak gebruikt voor regeling van een scherm.

De totale energiebesparing als gevolg van het schermgebruik kon niet worden bepaald, omdat in de voornacht het scherm in alle afdelingen gesloten was. De besparing moet echter aanzienlijk zijn geweest. Ondanks de late plantdatum is het scherm in de voornacht namelijk 853 uur dicht geweest. Bovendien is er gebruik gemaakt van een scherm bestaande uit twee doeken wat weinig energie doorlaat (Sluis, 1995). Bij een in hetzelfde jaar uitgevoerd praktijkonderzoek bij tomaten is vastgesteld dat 100 uur het scherm sluiten gemiddeld 0,62 m<sup>3</sup> gas besparing gaf per m<sup>2</sup>. De besparing bij deze proef, alleen in de voornacht, moet dus minstens 5 m<sup>3</sup> gas per m<sup>2</sup> zijn geweest.

Het was helaas niet nauwkeurig vast te stellen hoeveel uur het scherm in de nachten gesloten is geweest, of met een kier open heeft gestaan, en wat de energiebesparing daarvan was. Het is echter wel voldoende duidelijk geworden dat met de bij deze proef gehanteerde regelstrategie van het scherm aanzienlijk meer gas wordt bespaard dan bij de in de praktijk gebruikelijke manier van schermgebruik bij tomaten (Sluis, 1995).

De groei en oogstverschillen tussen de proefbehandelingen waren te klein voor het trekken van conclusie's. In de afdeling met de sterkste ventilatie bleef de gemiddelde luchttemperatuur bovendien ongeveer 0,2°C lager dan in de andere afdelingen. Hieruit is mogelijk te verklaren dat de oogst in deze afdeling ongeveer 3 dagen later was en het gemiddelde vruchtgewicht 6% hoger. Mogelijk kan het ook worden verklaard uit een klein verschil in stengeldichtheid in de proefvakjes. Bij het vervolgonderzoek moet worden getracht de gemiddelde luchttemperatuur zoveel mogelijk in alle afdelingen gelijk te houden en de proefvakjes exact even groot.

Als 's avonds het scherm gesloten werd waren de verwarmingsbuizen meestal te warm. Een deel van de door het scherm opgesloten energie werd dan afgevoerd

door boven het scherm te luchten. Hierdoor ging onnodig energie verloren. Dat is op praktijkbedrijven met een energiescherm ook het geval. Daar wordt het warmteoverschot meestal afgevoerd door het scherm direct na het sluiten weer wat te openen. Bij het vervolgonderzoek zal worden getracht deze verspilling tegen te gaan door enige uren voordat het scherm gesloten wordt de buistemperatuur te verlagen evenredig met de verwachte besparing door het scherm.

## 7. Conclusies

1. Onder de gebruikte schermcombinatie (SLS-10 en SLS 10 Ultra) kan een hoge luchtvochtigheid worden gerealiseerd zonder condensdruppels tegen het doek.
2. Kleine schermopeningen hebben een grote invloed op de luchtvochtigheid in de kas en het energiegebruik.
3. Door nauwkeurige afstelling van de scherminstallatie en traag openen van het scherm kan de grootte van de vochtklier nauwkeurig (0,5 cm) worden ingesteld en de waterdampafvoer door het scherm goed worden beheerst.
4. Regelen van de grootte van de vochtkier op basis van de relatieve luchtvochtigheid onder het scherm, of het verschil in absolute luchtvochtigheid aan weerszijde van het scherm is niet mogelijk.
5. Ondanks de korte looptijd van de proef (1 februari tot 1 juni) is het scherm veel uren dicht geweest. Alleen in de voornacht 853 uur. Dat heeft minstens een energiebesparing van 5 m<sup>3</sup> gas per m<sup>2</sup> gegeven.
6. De geconstateerde oogstverschillen waren te klein voor conclusie's. In de behandeling met de meeste ventilatie werden wat zwaardere vruchten geoogst wat mogelijk kan worden verklaard uit een lagere gemiddelde luchttemperatuur of verschil in stengeldichtheid.
7. Door bij de regeling van het scherm onderscheid te maken tussen voor- en nachnacht kan aanzienlijk meer energie worden bespaard dan zonder zo'n scheiding.
8. Meetnauwkeurigheden waren de oorzaak dat de verschillen in proefbehandelingen vaak niet werden gerealiseerd.
9. Het verschil in het berekende gasverbruik tussen de uiterste proefbehandelingen was 4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> of ongeveer 20%.
10. Bijna dagelijks sluiten van het scherm in de voornacht, tot 3 uur voor zonsopkomst, geeft geen teeltkundige problemen.
11. Sterk ventileren 's morgens heeft op het optreden van Botrytis geen invloed. (Tot aan het eind van de proef is deze ziekte niet opgetreden)

## 8. Suggesties voor verder onderzoek

De proef in 1994 is pas gestart 1 februari en geëindigd 1 juni. Daar kunnen geen algemeen geldende conclusie's aan worden verbonden voor een vroege stooktomatenteelt met lange looptijd. In 1995 moet de proef daarom, in enigszins aangepaste vorm, worden herhaald. Er zal in overeenstemming met de praktijk in december worden geplant en de teelt wordt voortgezet tot 1 november.

Ook bij deze teelt moet de voornacht niet in het onderzoek worden betrokken. In die periode zal het scherm maximaal gesloten blijven. Als in mei de etmaaltemperatuur te hoog wordt zal getracht worden het scherm te regelen met een temperatuurkier gebaseerd op de luchttemperatuur, 's-nachts, onder het scherm.

Afhankelijk van de teeltresultaten in 1995 kan in het derde en laatste

onderzoekjaar (1996) het effect van het sluiten van het scherm in de voornacht worden onderzocht.

Proefopzet 1995.

Ras: Revido

Plantafstand: 45 cm en in de zomer geen extra stengels

Zaaidatum: 10 november

Teeltduur: 15 december 1994 tot 1 november 1995

Proefbehandelingen:

- a. Voornacht: van 0,25 uur na zonsondergang tot 3 uur voor zonsopkomst. Alle afdelingen:
  - \* Scherm geheel dicht als: 0,25 uur na zonsondergang r.v. <90%
  - \* Scherm geheel open als r.v. >95%. Scherm proportioneel openen (0-5%) als luchttemperatuur >18°C.
- b. Nanacht: van 3 uur voor zonsopkomst tot 0,25 uur voor zonsopkomst.
  - \* Vochtkier scherm (0-3%).
    - Afdeling 1 Buitentemperatuur 7-9°C
    - Afdeling 2 Buitentemperatuur 6-8°C
    - Afdeling 3 Buitentemperatuur 5-7°C
    - Afdeling 4 Buitentemperatuur 4-6°C
- c. Ochtend: van 3 uur voor zonsopkomst tot 2 uur na zonsopkomst.
  - \* Minimum raamstand luwe zijde (0-3%).
    - Afdeling 1 Buitentemperatuur 8.5-10.5°C
    - Afdeling 2 Buitentemperatuur 7.5-9.5°C
    - Afdeling 3 Buitentemperatuur 6.5-8.5°C
    - Afdeling 4 Buitentemperatuur 5.5-7.5°C

's-Nachts wordt geen minimum buistemperatuur aangehouden. Op de dag bij donker weer minimumbustemperatuur 55°C en een lichtverlaging van 15°C. Na 1 maart wordt in alle afdelingen gedurende de dagperiode een minimum raamstand aangehouden die gelijk is aan de minimum raamstand van afdeling 3 vanaf 3 uur voor zonsopkomst. Tot half april wordt alleen aan de luwe zijde gelucht. De maximum raamstand aan de luwe zijde wordt begrensd. De begrenzing wordt geleidelijk verhoogd afhankelijk van de maximum buitentemperatuur en instraling tot 80% half april.

Waarnemingen:

\* Uren scherm geheel dicht of op een vochtkier.

\* De invloed van het schermgebruik op:

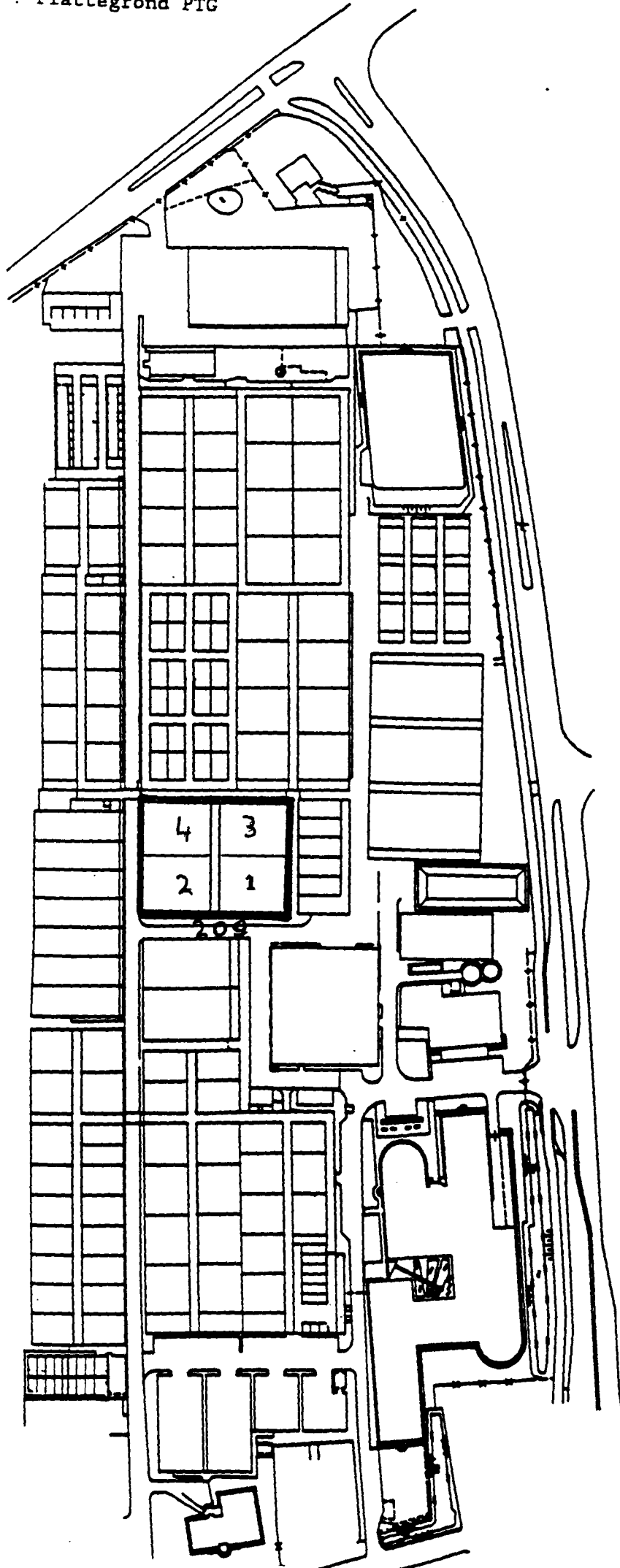
- energiegebruik
- bustemperatuur
- verticaal temperatuurpatroon
- luchtvochtigheid
- lengtegroei gewas
- ontwikkelingssnelheid
- oogst
- kwaliteit van de vruchten
- optreden van schimmelziekten

Waarnemingen aan het gewas gebeuren in vier vakjes van 19 planten per afdeling. De lengte van de proefvlakken (9,00 m) zal nauwkeurig worden afgebakend zodat alle proefvakjes even veel licht ontvangen.

## Literatuur

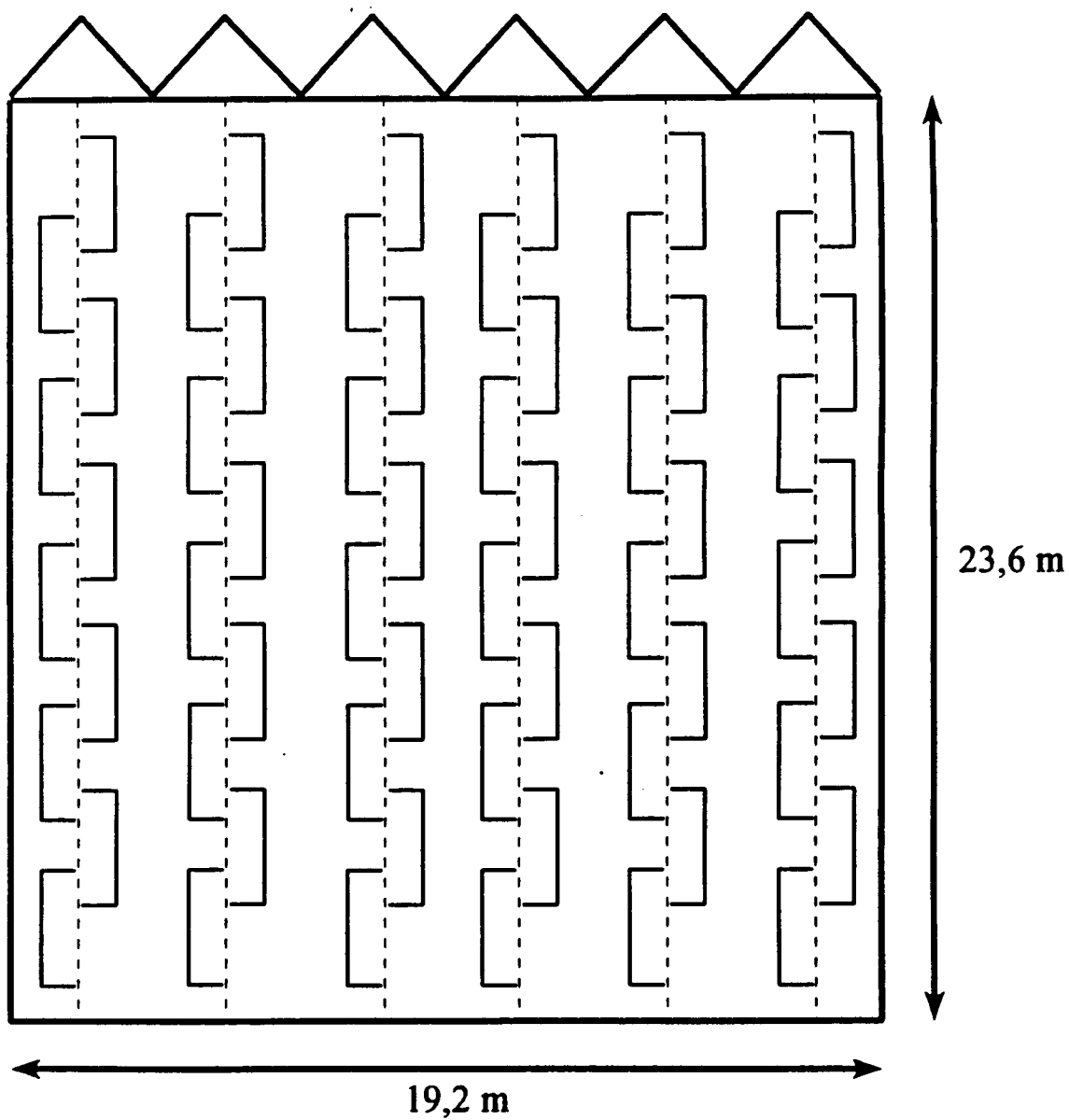
1. Anonymus 1994  
Goede regeling energiescherm gaat produktieverlies in paprika's tegen.  
Agrarisch Dagblad 9 juni 1994 p.7.
2. Bakker J.C. 1991  
Analysis of humidity effects on growth and production of glasshouse  
fruit vegetables. Dissertatie Wageningen 1991.
3. Dik A. en Buitelaar K. 1995  
Voorlopig niet breken maar snijden of knippen. Groenten en Fruit, 20  
januari 1995, p.14-15.
4. Holsteijn G.P.A. van 1982  
Automatisch regelen van energieschermen. Groenten en Fruit 37, (28)  
p.33-39.
5. Holsteijn G.P.A. van 1988  
Energiescherm is goed hulpmiddel voor beheersing luchtvochtigheid. Boer  
en Tuinder, 29 januari 1988 p.52-53.
6. Holsteijn G.P.A. van en Weijs R. 1994  
Onderzoek naar de effecten van het gecombineerd gebruik van een  
energiescherm en een zonnescherm bij vleestomaat.  
Intern rapport nr. 13 (1994).
7. Koning A.N.M. de 1994  
Development and dry matter distribution in glasshouse tomato.  
Dissertatie Wageningen 1994.
8. Sluis B.J. van der e.a. 1995  
Energieschermen bij tomaat. Concept rapport (nog niet gepubliceerd).
9. Velden N.J.A. van der  
Energie in de glastuinbouw van Nederland. Periodieke Rapportage 39-92.  
LEI, NOVEM, Landbouwschap.

Bijlage 1 : Plattegrond PTC



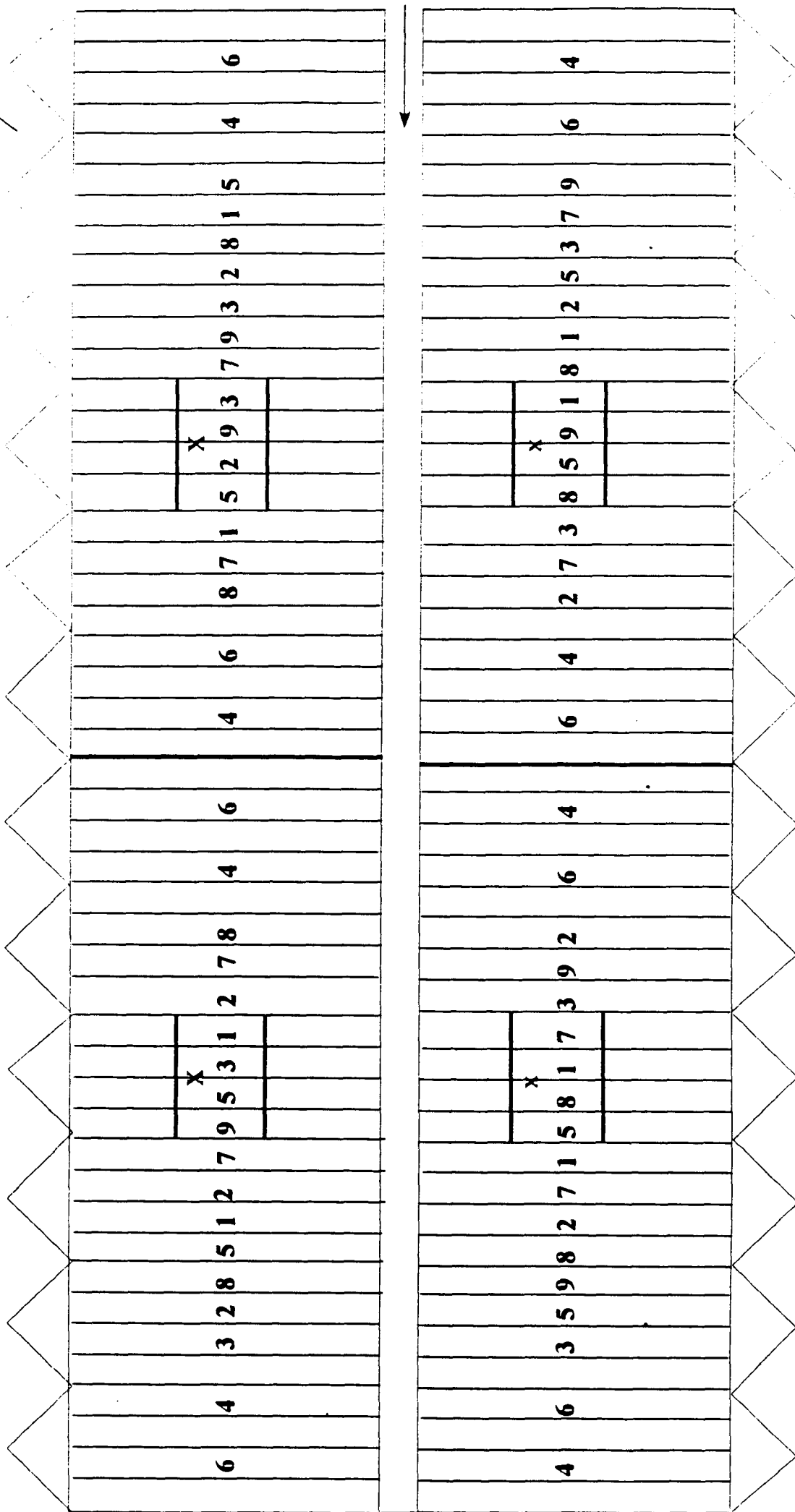
Bijlage 2 : Situering luchtramen.

Overzicht luchtramen.



N

Plattegrond proefkassen met proefveldjes.



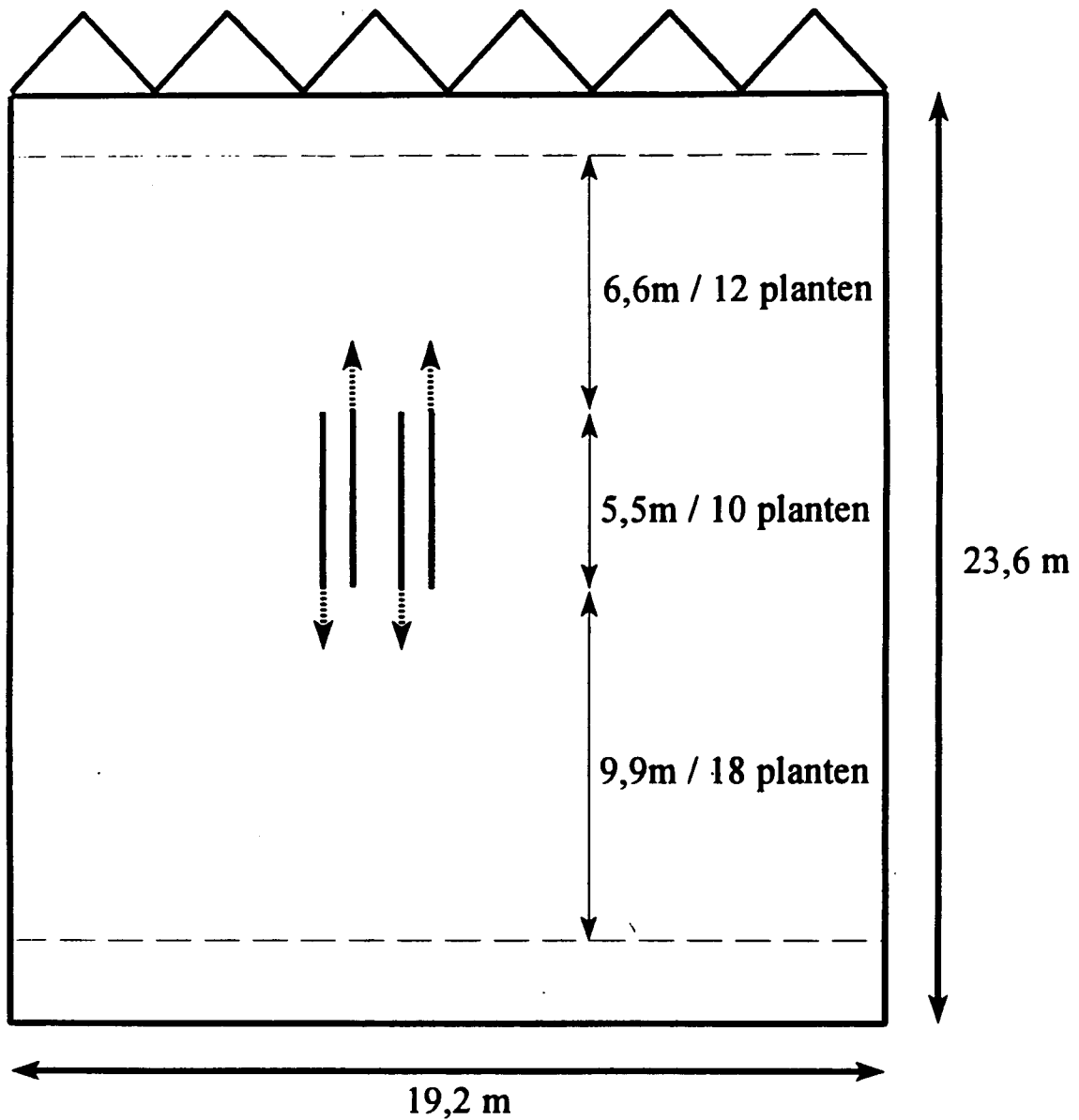
1...9 Behandelingen m.b.t. Botrytis.

x = psychrometers

proefveldjes voor oogst - gewaswaarnemingen

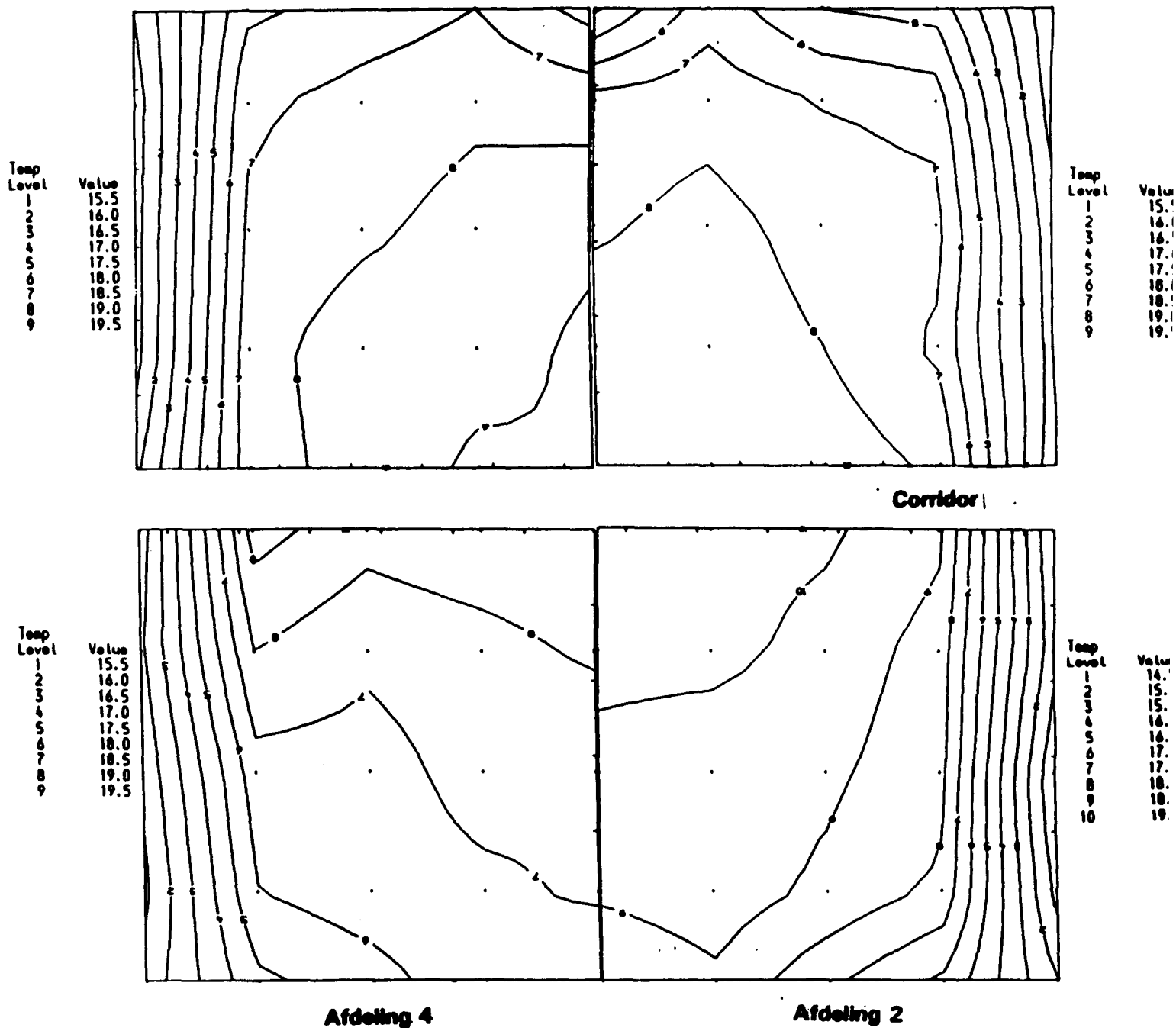
Bijlage 4 : Verschuiving waarnemingsvelden.

Plattegrond afdeling met proefveldjes.





Bijlage 5 : Plattegrond met isothermen.



Bijlage 6 : Gemiddelde luchttemperatuur.

Gemiddelde luchttemperatuur (50 cm onder top) (gemiddelde per week)				
datum	afd1	afd2	afd3	afd4
8/2	18.4	18.1	19.0	18.9
15/2	18.6	18.6	18.6	18.6
22/2	18.8	18.6	18.7	18.7
1/3	19.1	18.7	18.8	18.7
8/3	19.0	18.9	18.7	18.6
15/3	18.9	18.7	18.6	18.5
22/3	18.9	18.7	18.8	18.6
1/4	19.0	19.1	19.0	19.1
8/4	19.4	19.2	19.2	19.3
15/4	19.7	19.3	19.4	19.8
22/4	20.3	20.3	20.0	20.2
29/4	20.7	20.2	20.1	19.9
5/5	20.5	20.0	19.9	20.2
12/5	20.3	19.9	20.0	18.8
19/5	19.0	19.0	18.9	18.6
gemidd.	19.4	19.2	19.2	19.1

Bijlage 7 : Gasverbruik per week.

Gasverbruik in kas 209 in 1994

datum	liters per m2 per week			
	afdeling 1	afdeling 2	afdeling 3	afdeling 4
8/2	649.9	1467.7	1669.0	1598.8
15/2	1685.8	1756.3	1704.5	1711.4
22/2	1576.5	1605.4	1521.9	1544.9
1/3	1293.5	1377.7	1480.7	1511.8
8/3	1071.1	1257.9	1397.0	1470.3
15/3	1256.3	1391.2	1547.5	1622.9
22/3	1279.7	1406.8	1514.3	1657.5
29/3				
1/4	1311.7	1416.3	1557.0	1849.4
8/4	1304.7	1361.5	1533.8	1666.1
15/4	1195.6	1340.4	1463.1	1316.6
22/4	889.7	959.5	911.7	1106.7
29/4	876.1	840.5	912.3	983.1
5/5	851.1	892.1	989.8	816.4
12/5	720.2	726.6	820.7	795.7
19/5	815.1	805.5	841.5	864.7
totaal	16777.0	18605.4	19864.8	20516.3

datum	m3 per m2 per week			
	afdeling 1	afdeling 2	afdeling 3	afdeling 4
8/2	0.6	1.5	1.7	1.6
15/2	1.7	1.8	1.7	1.7
22/2	1.6	1.6	1.5	1.5
1/3	1.3	1.4	1.5	1.5
8/3	1.1	1.3	1.4	1.5
15/3	1.3	1.4	1.5	1.6
22/3	1.3	1.4	1.5	1.7
29/3				
1/4	1.3	1.4	1.6	1.8
8/4	1.3	1.4	1.5	1.7
15/4	1.2	1.3	1.5	1.3
22/4	0.9	1.0	0.9	1.1
29/4	0.9	0.8	0.9	1.0
5/5	0.9	0.9	1.0	0.8
12/5	0.7	0.7	0.8	0.8
19/5	0.8	0.8	0.8	0.9
totaal	16.8	18.6	19.9	20.5

Bijlage 8 : Lengtegroei en bloeiselheid.

Plantlengte. Gemiddelde van 40 planten per afdeling

datum	afdeling 1	afdeling 2	afdeling 3	afdeling 4
24/2	72.5	71.2	74.1	72.1
1/3	91.5	89.6	94.2	91.8
6/3	120.1	119.2	122.5	120.5
16/3	144.3	142.8	145.5	143.7
23/3	171.4	171.2	171.5	170.1
30/3	201.3	202.2	201.1	196.2
5/4	227	229	227	220
12/4	255	256	255	245
28/4	325	327	327	318
10/5	372	371	372	362
26/5	433	437	433	424
8/6	471	471	472	458

Hoogste tros in bloei. Gemiddelde van 40 planten per afdeling

datum	afdeling 1	afdeling 2	afdeling 3	afdeling 4
24/2	1.4	1.3	1.3	1.4
1/3	2.4	2.2	2.3	2.3
6/3	3.5	3.4	3.4	3.4
16/3	4.4	4.4	4.3	4.4
23/3	5.4	5.3	5.3	5.3
30/3	6.3	6.2	6.3	6.3
5/4	7.3	7.2	7.2	7.2
12/4	8.3	8.2	8.2	8.1
28/4	11.0	10.8	10.8	10.7
10/5	13.0	12.7	12.7	12.6
26/5	15.4	15.1	15.0	14.9
8/6	16.7	16.4	16.5	16.3

Bijlage 9 : Gecumuleerde oogst.

Aantal vruchten per m2. Gemiddelde van 40 planten per afdeling

weeknr	afdeling 1	afdeling 2	afdeling 3	afdeling 4
16	16.5	14.3	16.2	11.8
17	34.3	32.3	32.3	29.4
18	56.5	53.1	53.1	52.8
19	78.6	74.5	76.0	76.3
20	103.9	98.9	99.9	99.9
21	123.3	118.6	120.1	117.1

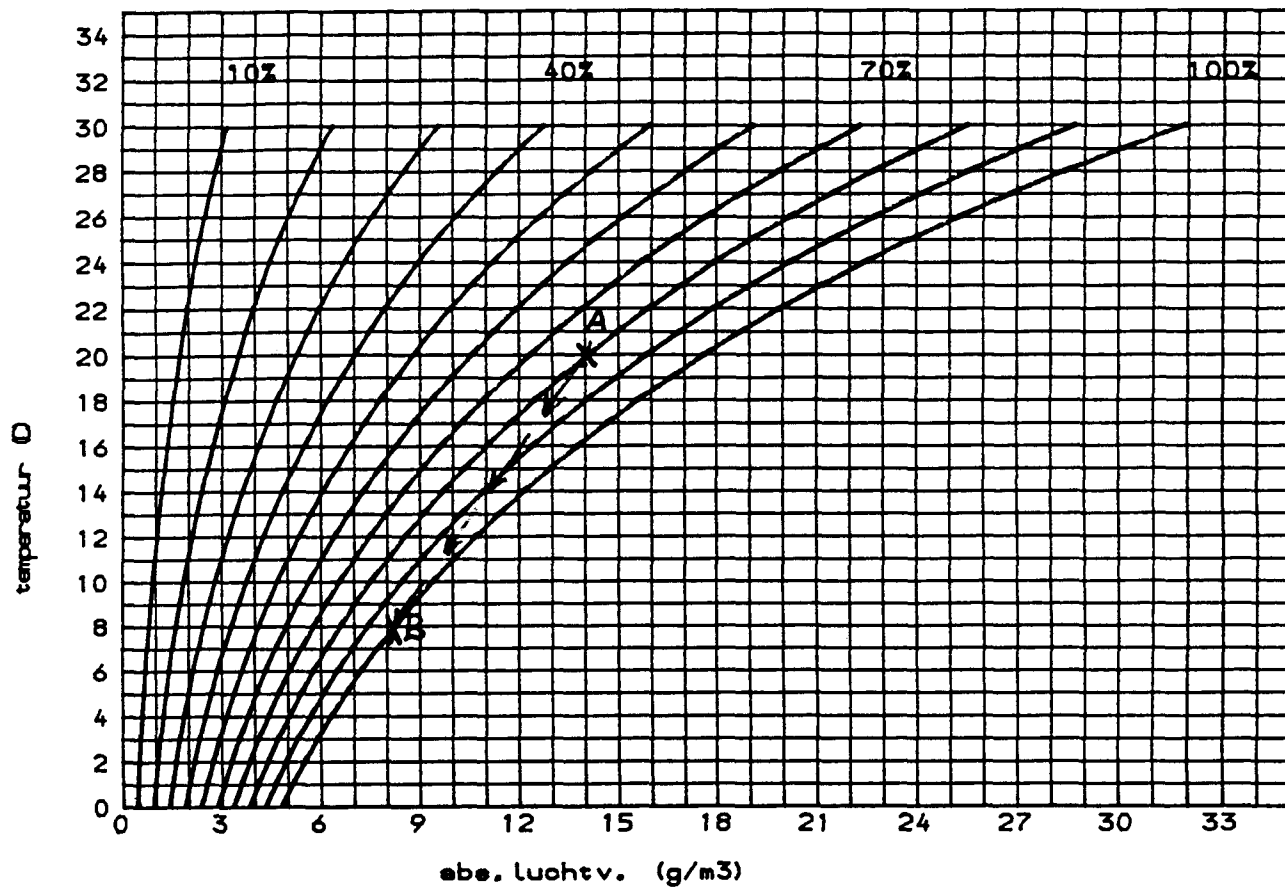
Oogst in kg/m2. Gemiddelde van 40 planten per afdeling

weeknr	afdeling 1	afdeling 2	afdeling 3	afdeling 4
16	1.41	1.16	1.37	1.06
17	2.82	2.70	2.62	2.64
18	4.54	4.34	4.28	4.61
19	6.22	5.98	6.02	6.39
20	8.08	7.85	7.81	8.24
21	9.44	9.35	9.26	9.57

Vruchtgewicht. Gemiddelde van 40 planten per afdeling

weeknr	afdeling 1	afdeling 2	afdeling 3	afdeling 4
16	85.4	81.4	84.8	90.2
17	82.2	83.5	81.2	89.7
18	80.4	81.8	80.7	87.3
19	79.2	80.3	79.3	83.8
20	77.8	79.4	78.2	82.5
21	76.6	78.9	77.1	81.8

Bijlage 10: Gevolgen van openen van het scherm op het klimaat onder het scherm.



A = Temperatuur en relatieve- en absolute luchtvochtigheid onder gesloten systemen.

B = Temperatuur en absolute luchtvochtigheid boven het scherm.

---> Klimaat na openen vochtvrij scherm.