

Effecten van buisligging bij de teelt van chrysanten

**onderzoek naar verticale temperatuur- en
vochtverschillen, energiegebruik en groei**

Fase 4, Naaldwijk: november 1996 - maart 1997

Fase 5, Horst: december 1997 - maart 1998

Fase 6, Horst: december 1998 - maart 1999

IMAG:

F.L.K. Kempkes

N.J. van de Braak

PBG:

C.M.J. Bloemhard

Project 1701

Rapport 238 Prijs f 25,00



MEER UIT ENERGIE



IMAG

IMAG / PBG rapportage

Effecten van buisligging bij de teelt van chrysanten



Voorwoord

Voor het verkrijgen van een homogeen gewas moet de horizontale temperatuurverdeling in de kas gelijkmatig zijn. Hierdoor is het mogelijk om planmatig te telen en een maximale energie- en arbeids-efficiency te krijgen. In de verticale richting dient de temperatuur optimaal te zijn voor het gewasdeel dat zich daar bevindt. Afhankelijk van de plaats en het type gewas kunnen dit groeipunten, scheuten, knoppen of bloemen zijn. Bij vruchtgroenten komen hier nog de vruchten bij. Bij bloemisterij gewassen zoals bijvoorbeeld chrysant en roos, vind men over een afstand van 1 meter in verticale richting van boven naar beneden opeenvolgend de verschillende stadia. Bij rozen die niet 'op snee' worden geteeld vindt men de verschillende stadia binnen één bed, bij chrysanten per plantvak. De verschillende plantonderdelen en hun ontwikkelingsstadia hebben ieder een eigen temperatuurrepons. Dit betekent dat op verschillende hoogten andere optima voor temperatuur kunnen heersen. De gewastemperatuur op een bepaalde hoogte is te beïnvloeden door ligging, diameter en temperatuur van de verwarmingsbuizen. Doel van dit project was het formuleren van richtlijnen, gebaseerd op een fysisch model en de gewasreactie, voor de optimale hoogteligging en gebruik van de verwarmingsbuizen om tot een hoge energie-efficiency te komen bij een goede productkwaliteit. Als toetsgewassen is gekozen voor chrysant. Na een oriënterende proef in de winter van 1996/97 op de PBG-locatie te Naaldwijk, werd het onderzoek voortgezet in de winters van 1997/98 en 1998/99 op de PBG-locatie te Horst. Het onderzoek is uitgevoerd door Frank Kempkes en Nico van de Braak van het IMAG in samenwerking met Chantal Bloemhard van het PBG te Naaldwijk en Karin Bartels- Schouten van het PBG te Horst. Het onderzoek werd mogelijk gemaakt door medefinanciering door NOVEM en het Landbouwschap.

Guus van den Berg
Hoofd sectie Kasklimaat & Techniek
Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente
Juli 1999



Samenvatting

Dit rapport geeft de teeltresultaten weer van de in fase 4, 5 en 6 van het project "Onderzoek naar verticale temperatuur en vochtverschillen, energieverbruik en groei" uitgevoerde proeven naar de effecten van buisligging bij de teelt van chrysanten.

In fase 4 (november '96- maart '97) is een oriënterende proef uitgevoerd. Hierbij lag het accent lag op het verzamelen van data om inzicht te verkrijgen in aard en grootte van de temperatuur- en vochtverschillen in het gewas. Op basis van deze gegevens is een opzet voor fase 5 (december '97- maart '98) gemaakt, waarin drie verschillende configuraties van buisliggingen zijn uitgetest. In fase 6 (december '98 – maart '99) tenslotte zijn de resultaten en conclusies van fase 5 nader getoetst.

De in fase 5 geteste systemen zijn: (1) Het voor de chrysant traditionele verwarmingssysteem. Dit bestaat uit een vast primair verwarmingsnet hoog in de kas en een verplaatsbaar secundair net (hijsverwarming), in combinatie met het gaas, tussen het gewas. (2) Een hijsverwarming als primair net, die 50 tot 75 cm boven de kop van het gewas 'meegroeide' en een secundair net, in combinatie met het gaas, hijsbaar tussen het gewas. (3) Een combinatie van een primair net op een vaste hoogte van 15 cm boven de grond in het bed en een secundair hijsbaar verwarmingsnet dat 50 tot 75 cm boven de kop van het gewas 'meegroeide'. Zowel het primaire-, als het secundaire verwarmingsnet bestond in alle afdelingen uit 4 buizen van Ø27 mm per kap van 3.2 m. De afdelingen hadden een gelijke klimaatinstelling voor temperatuur, luchtvochtigheid, scherming en belichting.

Tijdens de teelt zijn een groot aantal gewaswaarnemingen uitgevoerd, die voornamelijk gericht waren op LAI, lengte en takgewicht. Tussen de teeltsystemen traden geen statistisch betrouwbare gewasverschillen op tijdens de kasperiode. Ook het eindproduct verschilde kwalitatief en kwantitatief niet betrouwbaar. Bij teeltsysteem (3) met het laaggeplaatste primaire verwarmingsnet, waarbij de buistemperatuur begrensd is op 60 °C, trad in geringe mate bladverbranding op bij de bladeren die contact maakten met de verwarmingsbuizen. Door de lage buisligging van dit net en dus ook de geringe hoogte van deze verbrande bladeren, werden deze bladeren bij het afsnijden van de pot tijdens de oogst verwijderd. De verbrande bladeren hadden geen invloed op de kwaliteit van de bos. Bij de andere twee configuraties kwam geen bladverbranding voor, omdat de buistemperatuur was begrensd op 38 °C. Tussen de verschillende configuraties zijn forse verschillen in klimaat tussen de planten waargenomen. Bij configuratie (3) met het laag geplaatste primaire net met een maximum van 60 °C was het onder in het gewas warmer en droger dan bij de andere twee configuraties. Vanuit plantenziektkundig oogpunt is dat een groot voordeel.

Aan de hand van de gerealiseerde buis- en luchttemperaturen is het energiegebruik berekend. Hieruit bleek dat er ten opzichte van het traditionele systeem zoals dat bij een chrysantenteelt gebruikelijk is, tot 9% op energie kan worden bespaard. Er is een model ontwikkeld waarmee een voorspelling van de planttemperatuur in de nacht gemaakt kan worden. De parameters die het model nodig heeft om de planttemperatuur te kunnen voorspellen zijn: de temperaturen van de bodem, dak of scherm, kaslucht en verwarmingsbuizen, de gemiddelde vochtigheid van de kaslucht, de LAI verdeling van de plant per gewaslaag en de plaats van de verwarmingsbuizen. In de onderste gewaslagen kan een goede voorspelling van de gewastemperatuur worden gemaakt.



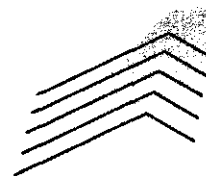
Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Samenvatting	3
Inhoudsopgave	4
1 Inleiding	6
2 Proefopzet	7
2.1 Oriënterende proef Naaldwijk (fase 4)	7
2.2 Onderzoek buisligging te Horst (fase 5)	7
2.2.1 Experimenten	7
2.2.2 Modelvorming	10
2.3 Toetsing aanbevelingen te Horst (fase 6)	10
3 Gerealiseerde teeltomstandigheden	11
3.1 Oriënterende proef Naaldwijk (fase 4)	11
3.2 Onderzoek buisligging te Horst (fase 5)	11
3.3 Toetsing van de aanbevelingen te Horst (fase 6)	12
4 Klimaat	15
4.1 Oriënterende proef Naaldwijk: standaard buisligging (fase 4)	15
4.1.1 Luchttemperatuur	15
4.1.2 Planttemperatuur	16
4.1.3 Natslaan gewas	17
4.2 Onderzoek buisligging te Horst (fase 5)	20
4.2.1 Metingen tijdens koude dagen	20
4.2.2 Metingen tijdens warme dagen	22
4.2.3 Planttemperaturen	23
4.2.4 Modelresultaten	26
4.3 Toetsing aanbevelingen te Horst (fase 6)	31
5 Energie	32
5.1 Oriënterende proef Naaldwijk (fase 4)	32
5.2 Onderzoek buisligging te Horst (fase 5)	32
5.3 Toetsing aanbevelingen te Horst (fase 6)	34
6 Gewas	35
6.1 Oriënterende proef Naaldwijk (fase 4)	35
6.2 Onderzoek buisligging te Horst (fase 5)	36
6.3 Toetsing aanbevelingen te Horst (fase 6)	44
7 Conclusies en aanbevelingen	47
8 Discussie en vertaling naar andere gewassen	48
Gewasstructuur	48
Energiebesparing	48
Klimaat in het gewas tussen de planten	48
Effect op gewas en eindproduct	49



I M A G

Effecten van buisligging bij de teelt van chrysanten



P B G

Literatuur	50
Kennisoverdracht.....	51
Bijlage 1 Berekening warmteverlies afdeling 19	52



1 Inleiding

Het project "Realisatie van gewenste verticale temperatuur- en vochtigheidsprofielen in kassen" omvat twee hoofdonderdelen. Het eerste hoofdonderdeel betreft het onderzoek aan groenten en het tweede het onderzoek aan siergewassen. Het eerste hoofdonderdeel is afgerond met het rapport "Effect van buisligging bij de teelt van tomaat" (Kempkes et al., 1998).

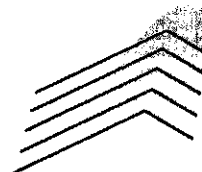
Het voorliggende rapport betreft de opzet en de resultaten van het onderzoek bij siergewassen uitgevoerd bij chrysant. In dit onderzoek zijn drie fasen te onderscheiden:

Fase 4; In de periode november 1996 – maart 1997 is op het proefstation in Naaldwijk een oriënterende proef naar de verticale temperatuur en vochtprofielen bij chrysant uitgevoerd

Fase 5; Aan de hand van de in fase 4 verkregen gegevens is in de periode december 1997 – maart 1998 een tweede proef uitgevoerd op de proeftuin te Horst. Het onderzoek binnen deze fase richtte zich op gewasrespons en energiegebruik, om te komen tot aanbevelingen voor de optimale inzet van de verwarming bij chrysant.

Fase 6; In de periode december 1998 – maart 1999 zijn in een laatste proef op de proeftuin te Horst de aanbevelingen uit fase 5 getoetst.

In de volgende hoofdstukken worden achtereenvolgens behandeld: de werkwijze (hoofdstuk 2), de resultaten op het gebied van klimaat en modelberekeningen, energiegebruik en gewas (hoofdstukken 3 t/m 6) en de conclusies en aanbevelingen (hoofdstuk 7). De inhoudelijke rapportage wordt afgesloten met een discussie en een vertaalslag naar andere gewassen (hoofdstuk 8). Tenslotte wordt een literatuur overzicht gegeven alsmede een overzicht van de kennisoverdrachtsactiviteiten die uit dit project zijn voortgekomen.



2 Proefopzet

2.1 Oriënterende proef Naaldwijk (fase 4)

In kas 206-6 op het proefstation in Naaldwijk is in de periode van 13 november 1996 tot en met 2 maart 1997 in een chrysantengewas van het type Reagan (wit) zonder assimilatiebelichting een oriënterende proef gedaan om verticale vocht- en temperatuurverschillen te bepalen. De kas is uitgerust met twee verwarmingssystemen, te weten een hijsverwarming van 4 buizen van Ø27 mm per kap van 3.2 m en een vaste hoogliggende verwarming van twee Ø51 mm buizen per kap van 3.2 m. Deze vaste verwarming ligt op een hoogte van 3.2 m. De hijsverwarming wordt afhankelijk van het teeltstadium omhoog gebracht. Omdat aan de hijsverwarming het gaas is gemonteerd dat de planten moet ondersteunen, kan tijdens de teelt de hijsverwarming wel worden gehesen, maar om gewasbeschadiging te voorkomen niet worden gevierd. De temperatuur van de hijsverwarming is begrensd op maximaal 45 °C om mogelijke bladverbranding te voorkomen. De beide netten worden gelijk opgestookt tot de hijsverwarming zijn maximumtemperatuur heeft bereikt, waarna bij meer warmtevraag het vaste bovennet tot maximaal 95 °C wordt opgestookt.

De afdeling is uitgerust met een verduisteringsscherm. Dit scherm is tijdens de teelt tot 17 februari dagelijks van zonsondergang tot zonsopgang gesloten geweest en functioneerde als energie scherm. Na 17 februari is het scherm opengebleven om meer (onder verschillende omstandigheden) gegevens te kunnen verzamelen. Tevens is na deze datum de begrenzing van de hijsverwarming verhoogd van 45 °C naar 60 °C en is dit verwarmingsnet primair gestuurd, waarbij het bovennet pas bijkomt als de hijsverwarming de maximale buistemperatuur bereikt heeft. Hierdoor wordt zoveel mogelijk warmte onder in het gewas ingebracht.

Voor de temperatuurwaarnemingen is gebruik gemaakt van het Acurex meetsysteem. Voor de bepaling van de luchttemperatuur zijn 98 en van de planttemperatuur zijn 60 thermokoppels gebruikt. De opzet van het meetnet voor de luchttemperaturen is grotendeels gelijk aan het in Figuur 2 weergegeven meetnet, met als grootste verschil dat in drie in plaats van in twee kolommen (in een halve kap) boven het gewas is gemeten. In het gewas is in vijf kolommen gemeten. De waarnemingen aan de planttemperaturen zijn gestart op 3 januari omdat het gewas op die datum een zodanige ontwikkeling had dat er zonder plantbeschadiging gemeten kon worden.

Voor de bepaling van de luchtvochtigheid zijn 4 psychrometerzenders opgehangen op een hoogte van respectievelijk 0.15, variabel tussen 0.4 en 1 meter, 1.5 en 2.5 meter. Met de psychrometerzender die op variabele hoogten heeft gehangen is het klimaat geregeld. De hoogte daarvan hangt samen met de hoogte van het gewas.

Water is met behulp van een "bovenover" regenbuis gegeven.

2.2 Onderzoek buisligging te Horst (fase 5)

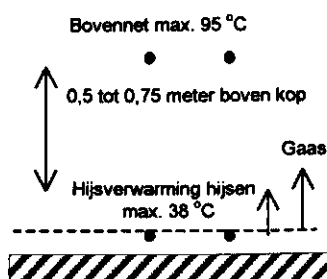
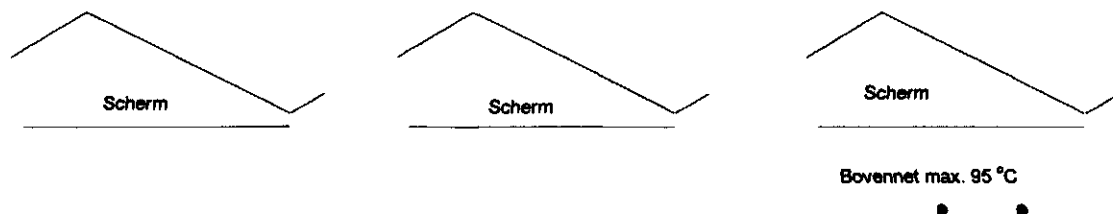
2.2.1 Experimenten

In het onderzoek te Horst naar de effecten van de buisligging (fase 5), zijn uitgebreide fysische metingen (lucht- en bladtemperatuur en luchtvochtigheid) gecombineerd met intensieve gewaskundige waarnemingen (bladoppervlak (LAI), gewasgroei en -ontwikkeling). Gekozen is voor 3 behandelingen met betrekking tot de buisligging en niet voor vier zoals in de projectbeschrijving oorspronkelijk beoogd. Na bestudering van de resultaten van het onderzoek aan tomaat en discussie met de gewasonderzoeker chrysant, is gekozen voor twee alternatieve behandelingen naast de huidige standaard praktijkbehandeling. Meer behandelingen (andere buisliggingen) naast de standaard zouden geen extra energetische voordelen bieden. Door een behandeling minder te nemen, maar deze wel uit te voeren in grotere kassen dan oorspronkelijk de bedoeling was, is een betere benadering van de praktijksituatie gerealiseerd.

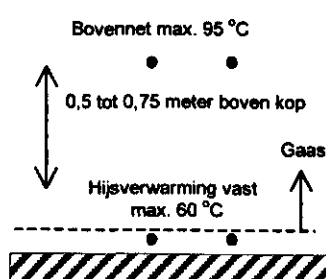


In Horst op de proeftuin Zuid Nederland, is in de periode 15 december 1997 – 9 maart 1998 in de afdelingen 19, 20 en 21 een chrysantenteelt uitgevoerd om de verticale vocht en temperatuurverdeling te bepalen. De gebruikte cultivars zijn Sunny- en Red-Reagan. Bij de teelt is gebruik gemaakt van assimilatiebelichting (SON-T-plus) zoals die in de praktijk algemeen wordt toegepast. Het geïnstalleerde vermogen van deze lampen is 9.2 W/m^2 , hetgeen overeenkomt met een lichtniveau van 4000 Lux/m^2 . De assimilatie belichting is in het algemeen van 6:45 uur totdat het buitenstralingsniveau boven de 200 W/m^2 komt ingeschakeld. Bij zonsondergang is de assimilatiebelichting in ieder geval altijd weer uitgeschakeld. Op donkere dagen (globale straling minder dan 200 W/m^2) zijn de lampen dus aangeschakeld tot zonsondergang. Zie ook tabel 1 (bladzijde 11).

De afdelingen hebben vier kappen (Venlo), zijn 307 m^2 groot en zijn uitgerust met twee verwarmingssystemen, een hijsverwarming (elektrisch hijsbaar) van 4 buizen van $\varnothing 27 \text{ mm}$ per kap van 3.2 m en een vast liggende (met de hand verplaatsbaar) verwarming van vier buizen van $\varnothing 27 \text{ mm}$ per kap van 3.2 m . Per kap zijn twee teeltbedden aangelegd. Per teeltbed (halve kap) zijn er twee verwarmingsnetten (boven- en ondernet genaamd) met ieder twee buizen aanwezig. De verwarmingsnetten, bovennet in afdeling 20 en 21 en het ondernet in afdeling 19 en 21, zijn afhankelijk van het teeltstadium omhoog gebracht. In Figuur 1 A (afdeling 21, variabele buisligging), Figuur 1 B (afdeling 20, vaste buisligging) en Figuur 1 C (afdeling 19, traditionele buisligging) zijn de toegepaste buisliggingen aangegeven.



Figuur 1A Afd.21 variabel



Figuur 1B Afd.20 vast laag



Figuur 1C Afd.19 traditioneel

Het gaas is afhankelijk van de lengte van het gewas enkele malen handmatig omhoog gebracht. De teelt is in twee fasen opgedeeld, de startfase, waarbij het gewas geplant wordt en de groei moet krijgen (16 december 1997, tot 26 januari 1998), en de proeffase die doorloopt van 26 januari tot de oogst op 9 en 10 maart 1998. In de proeffase zijn de gewas- en klimaatwaarnemingen verricht. In de startfase zijn de verwarmingsnetten zodanig gestookt dat er zo min mogelijk klimaatverschillen (temperatuur en vochniveau in de meetbox) tussen de afdelingen ontstaan, ondanks de verschillende buisliggingen. De hijsverwarming is in deze fase in alle afdelingen begrensd op maximaal 38 °C om mogelijke bladverbranding te voorkomen. De beide netten worden gelijk opgestookt tot de hijsverwarming zijn maximumtemperatuur heeft bereikt, waarna bij meer warmtevraag het (vaste) bovennet tot maximaal 95 °C wordt opgestookt.



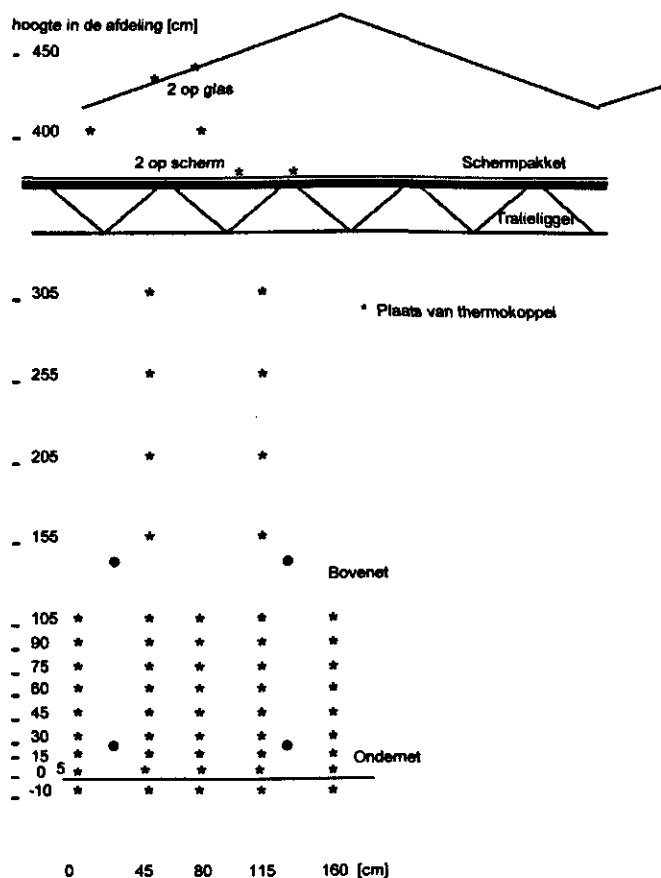
In de proeffase is in afdeling 20 het ondernet primair gestookt tot 60 °C, waarna het bovennet bij zal mengen. In de afdelingen 19 en 21 bleef de hijsverwarming op 38 °C begrensd.

De afdelingen zijn uitgerust met een verduisterings / energiescherm (SLS Obscura A/B). Het scherm wordt tijdens de gehele teelt dagelijks van zonsondergang tot zonsopgang gesloten en functioneert dan als energiescherm.

Er is een lichtafhankelijke setpointverhoging van 1 °C ingesteld op de luchting.

Voor de aanvullende waarnemingen van temperatuur en vochtigheid zijn in iedere afdeling naast de meetbox waarop het klimaat wordt geregeld, op nog twee hoogten extra meetboxen geplaatst. De hoogte van de meetbox waarop het klimaat wordt geregeld 'groeit' zoals in de praktijk gebruikelijk is, met de kop van het gewas mee. De laag geplaatste meetbox voor de klimaatmetingen bleef de hele meetperiode op 0.15 meter en de hoog geplaatste meetbox op 2.2 meter hoogte.

Voor de aanvullende lucht- en planttemperatuur metingen is gebruik gemaakt van twee Dtl1232 dataloggers die middels een PC aan de netwerkcomputer van de proeftuin Horst zijn verbonden.



Figuur 2 *Overzicht meetnet voor temperatuurwaarnemingen*

Voor de luchttemperaturen en overige temperatuurwaarnemingen (zoals glas-, bodem-, buis- en schermtemperaturen) zijn 60 thermokoppels gebruikt op de plaatsen, zoals in Figuur 2 aangegeven. Voor de planttemperatuurwaarnemingen is gebruikgemaakt van 56 thermokoppels. Hiervoor zijn zeven groepen van 8 thermokoppels gevormd die over een lengte van 3 meter over de volle breedte en hoogte van het meetbed, zijn verdeeld. In dat volume zijn ook de luchttemperaturen gemeten. De locatie van het meetnet in afdeling 20 is in Figuur 3 weergegeven.



2.2.2 Modelvorming

Tijdens het onderzoek aan de effecten van de buisligging bij de teelt van tomaat is er een rekenmodel ontwikkeld om de temperatuurverdeling in het gewas te voorspellen aan de hand van de waargenomen luchttemperaturen ('Effecten van buisligging bij de teelt van tomaat, onderzoek naar verticale temperatuur- en vochtverschillen, energiegebruik en groei', 1998). Dit model is aangepast voor de teelt van chrysanten zoals die in de voorgaande paragraaf is beschreven.

Het aangepaste model is geëvalueerd aan de hand van de waarnemingen in afdeling 20 tijdens fase 5 van het onderzoek.

2.3 Toetsing aanbevelingen te Horst (fase 6)

De toetsing van de aanbevelingen heeft plaatsgevonden in de periode eind november 1998 tot begin maart 1999, dus in de donkerste en koudste periode van het jaar. Deze periode met een planting in week 48 wordt ook in de praktijk ook gezien als de moeilijkste teelt periode.

Gedurende de vegetatieve fase nemen dan de lichtintensiteit en buitentemperatuur af. Tegen de bloei neemt het licht weer toe, maar de buitentemperatuur is laag.

Door de lampen van de assimilatiebelichting komt uiteraard ook warmte in de kas, met name in de vorm van stralingswarmte direct op het gewas. Zonder assimilatiebelichting zullen de verwarmingssystemen meer moeten bijkomen en zullen naar verwachting de in de eerste proef geconstateerde effecten sterker naar voren komen. De energiebesparing bij lage buisligging zal daardoor naar verwachting toenemen. Omdat van het huidige areaal chrysanten van 750 ha slechts ongeveer 150 ha wordt belicht, is er voor gekozen in deze laatste proef geen (minder) assimilatie belichting te gebruiken. De lampen zijn voornamelijk gebruikt voor dagverlenging. Dagverlenging is tijdens de winter nodig om te snelle bloei van het gewas te voorkomen.

Voorts is extra aandacht besteed aan de vochtsituatie rondom het water geven. Bij een vaste lage buisligging met een maximum temperatuur van 60 °C droogt het gewas na een gietbeurt veel sneller dan bij een groeibuis van 38 °C die met het gaas mee omhoog gaat. In de eerste situatie hebben vochtminnende schimmels als "Japanse roest" duidelijk minder kans om tot ontwikkeling te komen dan in de tweede situatie.

Voor het overige is de proefopzet gelijk gebleven aan die in paragraaf 2.2 is beschreven. De gewas en teeltspecifieke maatregelen zullen in paragraaf 3.3 beschreven worden.



3 Gerealiseerde teeltomstandigheden

3.1 Oriënterende proef Naaldwijk (fase 4)

De teelt is in week 46 (12-november-1996) gestart met het ras Reagan white. De korte dag periode is gestart op 24 december 1996 en op 3 maart 1997 is geoogst. Er is een standaard teelt uitgevoerd, waarbij geen bijzonderheden zijn opgetreden.

3.2 Onderzoek buisligging te Horst (fase 5)

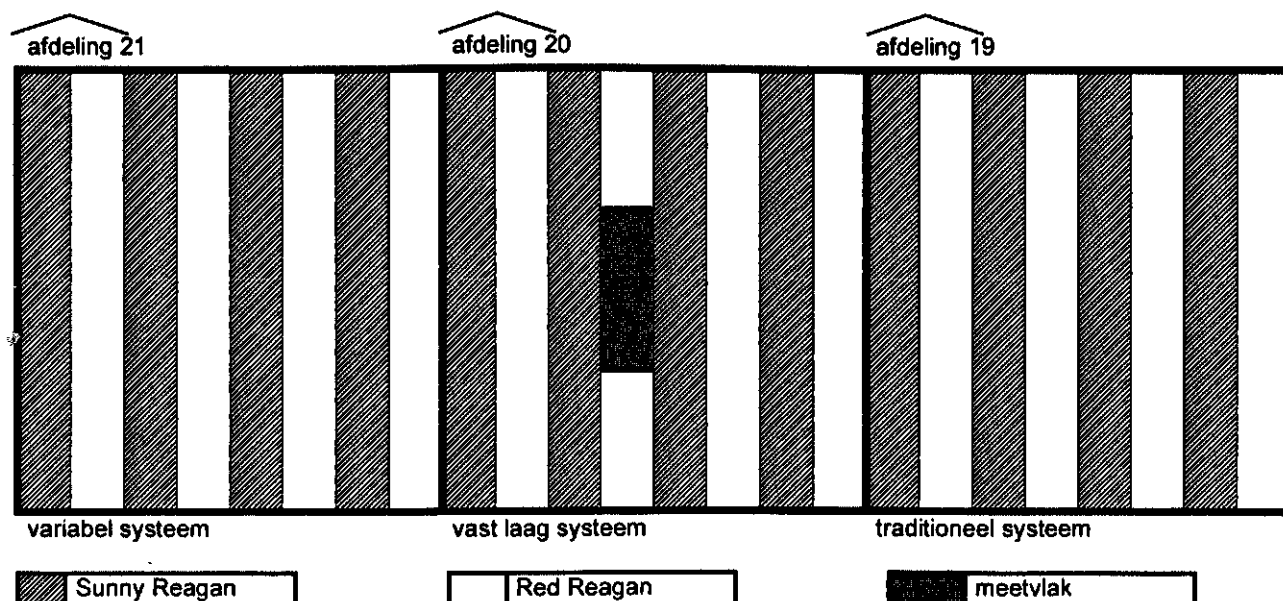
In tabel 1 is een overzicht gegeven van de belangrijkste teelthandelingen zoals groeiremmen, belichten e.d., met de datum waarop de behandelingen zijn uitgevoerd.

tabel 1 Overzicht teelthandelingen zoals planten, remmen, belichten e.d..

actie	Datum / bijzonderheden
planten	16-17/12/97 (week 51.2-3)
lange dag	20 uur licht ¹⁾ / 4 uur donker
korte dag	09/01/98 (week 2.5), gewaslengte 35-40 cm; 23 dagen na planten 11 uur licht ¹⁾ / 13 uur donker
tussenlicht	26/1 (2 dagen)
remmen	12/01/98 (week 3.1) 60 g/100 l Alar, gewaslengte 40-45 cm; 3 dagen in korte dag 22/01/98 (week 4.4) 60 g/100 l Alar, gewaslengte 50-55 cm; 13 dagen in korte dag 28/01/98 (week 5.3) 120 g/100 l Alar, gewaslengte 60-65 cm; 19 dagen in korte dag
knoppen	18-20/2

¹⁾assimilatiebelichting: vanaf 6: 45 uur belichting aan tot zonsondergang bij globale straling < 200 W (buiten de kas gemeten)

In Figuur 3 is aangegeven hoe de twee cultivars over de afdelingen zijn verdeeld bij een plantdichtheid van 35 stuks/m². Per kap zijn twee bedden aangelegd.



Figuur 3 Overzicht van de indeling van de afdelingen met de cultivars Sunny en Red Reagan.

De planttemperatuurwaarnemingen zijn gestart op 26 januari, omdat het gewas op die datum een zodanige ontwikkeling had dat er zonder plantbeschadiging gemeten kon worden.



In tabel 2 is een overzicht gegeven van de uitgangspositie van de meetboxen, de verwarmingsnetten en het gaas op 25 januari 1998. In tabel 3 zijn de data en de bijbehorende wijzigingen op tabel 2 weergegeven

tabel 2 Positie in cm boven grondniveau van de meetboxen, verwarmingsnetten en het gaas op 25 januari 1998

afdeling	19	20	21
gaashoogte	35	35	35
bovennet	265	± 50 ¹⁾	± 50 ¹⁾
ondernet	35	10	35
meetbox laag	15	15	15
meetbox regel	90	90	90
meetbox hoog	220	220	220

¹⁾ boven het gewas

tabel 3 Wijzigingen op de uitgangsposities van tabel 2 en datum van ingang

datum	wijziging in de afdelingen
26/1	bovennet in afdeling 20 en 21 opgehesen tot ± 75 cm boven de kop van het gewas en tot het einde van de teelt niet meer verplaatst
26/1	gaas (+ ondernet) naar ± 45 cm
16/2	meetbox van klimaatregeling naar 110 cm

Afhankelijk van de behoefte van het gewas is met behulp van een hoog geplaatste regenleiding water gegeven. Hiervoor is per tralie van 6,4 m een streng met roterende sproeiers met lekstop aanwezig (Eindor, afgifte 160l/h, dopafstand 1,25 m).

In tabel 4 is een overzicht gegeven van de setpointinstellingen van de kasluchttemperaturen. Tijdens de teelt is geen gebruik gemaakt van minimumbuis instellingen, uitgezonderd perioden direct na het watergeven, om het drogen van het gewas te versnellen. De totale teeltduur bedroeg 82 dagen.

tabel 4 Setpoint instellingen kasluchttemperatuur

periode (teeltweek)	dag [°C]	nacht [°C]	opmerkingen
1	17,5	19,5	
2 – 3	17,5	21	
4 – 7	18	20,5	0,5°C verlaging in de periode zonop tot 2,5 uur na zonop
7 – einde teelt	18,5	20	0,5°C verlaging in de periode zonop tot 2,5 uur na zonop

3.3 Toetsing van de aanbevelingen te Horst (fase 6)

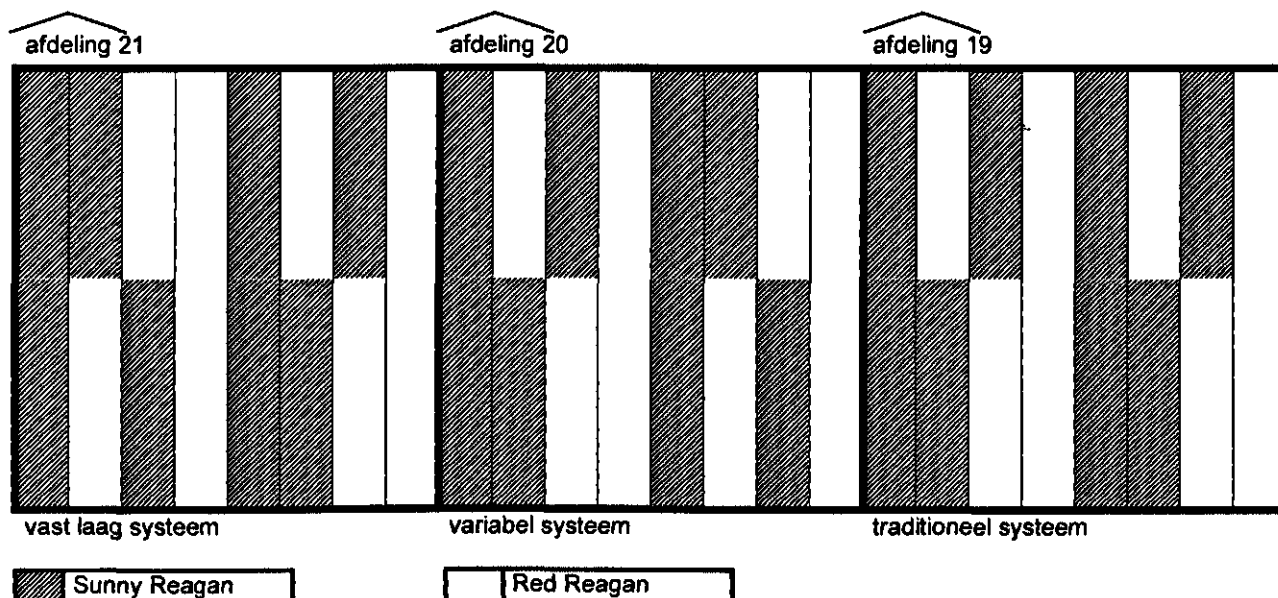
In deze fase (6) is in de zelfde afdelingen als in fase 5 een laatste teelttronde met chrysant uitgevoerd, waar de aanbevelingen van fase 5 zijn getoetst. In tabel 5 is een overzicht gegeven van de belangrijkste teelthandelingen zoals groeiremmen, e.d., met de datum waarop de behandelingen zijn uitgevoerd.

tabel 5 Overzicht teelthandelingen zoals planten, remmen e.d.

actie	Datum / bijzonderheden
planten	26/11/98 (week 48.4)
korte dag	26/12/98 (week 52.6), gewas lengte 52 cm; 30 dagen na planten minimaal 13 uur donker
tussenlicht	16/1/99 (3 dagen)
remmen	29/12/98 (week 53.2) 25 g/100 l Alar, 3 dagen in korte dag 07/01/99 (week 1.4) 40 g/100 l Alar, 13 dagen in korte dag 14/01/98 (week 2.4) 200 g/100 l Alar, 19 dagen in korte dag
knoppen	15-16/2



In Figuur 4 is aangegeven hoe de twee cultivars over de afdelingen zijn verdeeld bij een plantdichtheid van 27.5 stuks/m² kas. Per kap zijn twee bedden aangelegd.



Figuur 4 Overzicht van de indeling van de afdelingen met de cultivars Sunny en Red Reagan

In tabel 6 zijn de hoogten van de meetboxen, de verwarmingsnetten en het gaas gedurende de teelt in 1999 weergegeven.

tabel 6 Positie in cm boven grondniveau van de meetboxen, verwarmingsnetten en het gaas tijdens de teelt

	datum / afdeling	19	20	21
gaashoogte	30/11/1998	5	5	5
	17/12/1998	20	20	20
	30/12/1998	40	40	40
	14/01/1999	50	50	50
		265	± 50 ¹⁾	± 50 ¹⁾
bovennet	30/11/1998	5	5	5
	01/12/1998	5	5	10
	17/12/1998	20	20	10
	30/12/1998	40	40	10
	14/01/1999	50	50	10
ondernet	gehele teelt	15	15	15
	30/11/1998	60	60	60
	25/01/1999	70	70	70
	30/11/1998	150	150	150
	08/02/1999	200	200	200

¹⁾ boven het gewas, is wekelijks aangepast

Afhankelijk van de behoefte van het gewas is met behulp van een hoog geplaatste regenleiding water gegeven

In tabel 7 is een overzicht gegeven van de setpointinstellingen van de kasluchttemperaturen. Tijdens de teelt is geen gebruik gemaakt van minimumbuis instellingen, uitgezonderd perioden direct na het watergeven, om het drogen van het gewas te versnellen. De totale teeltduur bedroeg 95 dagen.

**IMAG****Effecten van buisligging bij de teelt van chrysanten****tabel 7** Setpoint instellingen kasluchttemperatuur

periode (teeltweek)	dag [°C]	nacht [°C]	opmerkingen
1 – 2	18	19	
3	17	20	
4 – 6	17	19,5	1,5°C verlaging in de periode 1 tot 4,5 uur na zononder
7 – 8	18	20,5	0,5°C lichtverhoging tussen 150 en 250 W
9 – 11	17,3	19	1°C lichtverhoging tussen 150 en 300 W
12 – einde teelt	18	19	0,5°C lichtverhoging tussen 300 en 500 W

4 Klimaat

Uit de metingen is gebleken dat er in het gewas grote verticale temperatuur- en vochtverschillen voorkomen. De ligging en het gebruik van de verwarmingsbuizen heeft een duidelijke invloed op de verticale temperatuur- en vochtverschillen.

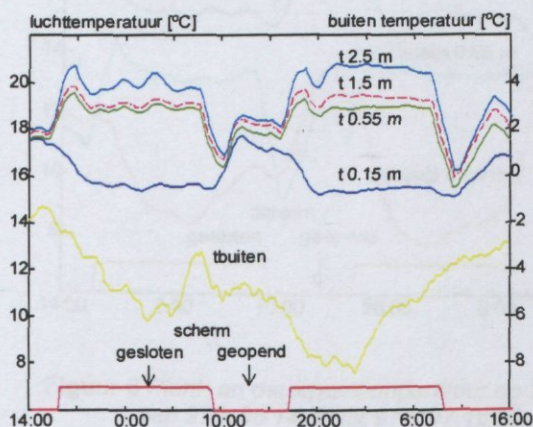
4.1 Oriënterende proef Naaldwijk: standaard buisligging (fase 4)

Vanuit de praktijk (landelijke chrysanten commissie) is aangegeven dat er met name in de perioden rond het openen en sluiten van schermen gewasproblemen zouden voorkomen zoals het natslaan van het gewas. Dit heeft nadelige gevolgen voor de kwaliteit van het gewas en de ziektedruk (Japanse roest). Tijdens de metingen is hieraan extra aandacht besteed.

De in dit hoofdstuk aangegeven hoogten van (met name) de planttemperaturen, kan variëren. Dit is het gevolg van het uitmiddelen van een aantal waarnemingen op verschillende hoogten, zie ook uitleg bij Figuur 16 en Figuur 17.

4.1.1 Luchttemperatuur

Tijdens de meetperiode is de luchttemperatuur onder in het gewas (15 cm boven de grond) lager dan in de kop van het gewas en daarmee de relatieve luchtvochtigheid hoger. Het temperatuurverschil is gemiddeld over de periode van 3 januari tot 28 februari 1997 1,4 °C.



Figuur 5 Luchttemperatuur op 4 hoogten van 970105 14:00 tot 970107 16:00

In Figuur 5 is het temperatuurverloop van de kaslucht over twee dagen weergegeven. De buitentemperatuur varieert tussen -1.5 en -8°C. In de nachten, als het scherm gesloten is, ontstaat er een groot luchttemperatuurverschil tussen de bodem en 55 centimeter hoogte (gewashoogte). Tussen het gewas ontstaat dan een luchttemperatuurverschil van ongeveer 3 °C. Boven het gewas, tussen de 0.55 en 2.5 meter hoogte ontstaat een relatief gering luchttemperatuurverschil van ongeveer 1 °C. Bij opening van het scherm wordt het temperatuurverschil door opmenging van de lucht sterk gereduceerd. Het grotere temperatuurverschil bij geopend scherm op de tweede dag (7 januari) is het gevolg van een watergift om 9 uur 's morgens. Hierdoor daalt de ruimtetemperatuur verder dan de dag ervoor. Door de dichtheid van het gewas duurt het langer voordat ook onder in de kas de luchttemperatuur bijkomt. In tabel 8 is een overzicht gegeven van de gemiddelde temperaturen van de buis- en luchttemperaturen en de RV's op 4 hoogten in de kas. De aangegeven hoogten in tabel 8 zijn de gemiddelde hoogten waarop de luchttemperaturen gedurende de meetperiode gemeten zijn. Doordat het gewas groeit is de



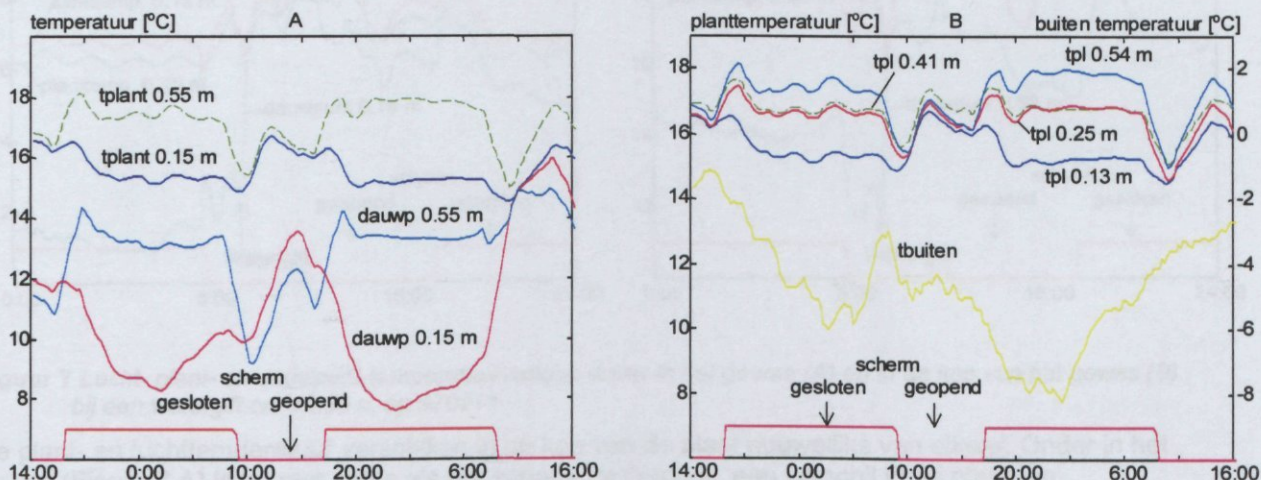
meetbox, die in de kop van het gewas hangt en waarmee het klimaat geregeld is, regelmatig hoger gehangen (gemiddelde hoogte tijdens de teelt 0,62m).

tabel 8 Gemiddelde dag / nacht temperaturen en RV's op verschillende hoogten in de kas tijdens de gehele teelt

hoogte [m]	luchttemperatuur [°C]	RV [%]	temperatuur bovennet [°C]	temperatuur hijsverwarming [°C]
0,15	17,4	79		
0,40				38
0,62	18,8	78		
1,5	19,2	78		
2,5	19,3	78		
3			42	

4.1.2 Planttemperatuur

In Figuur 6 is de plant- en dauwpunttemperatuur op 2 hoogten van 970105 14:00 tot 970107 16:00 weergegeven. De planttemperatuur ligt ongeveer 0.6 °C onder de luchttemperatuur.



Figuur 6 Plant- en dauwpunttemperatuur op 2 hoogten (A) en de planttemperatuur op 4 hoogten (B) van 970105 14:00 tot 970107 16:00

De planttemperatuur tussen voet en kop van de plant verschilt met name in de nacht. Dan kan het verschil oplopen tot zo'n 3 °C. Ook de dauwpunttemperatuur verschilt vooral in de nacht sterk tussen de kop en voet van de plant. Na opening van het scherm verdwijnt het grootste verschil in planttemperatuur tussen kop en voet van de plant. Bij het openen en sluiten van het scherm komt de dauwpunttemperatuur niet in de buurt van de planttemperatuur op de verschillende hoogten. Er is dus op die momenten geen gevaar voor natslaan.

De tweede ochtend stijgt de dauwpunttemperatuur echter zeer sterk als gevolg van een watergift. Het gewas is dan uiteraard nat van de watergift.

In Figuur 6 B is het temperatuurverloop van de planttemperatuur op 4 hoogten weergegeven. Opvallend is het geringe temperatuurverschil tussen de hoogten 0,25 en 0,41 meter. Dit is mogelijk het gevolg van de aanwezige hijsverwarming in dat gebied. Aan het eind van de middag daalt zowel de luchttemperatuur (zie ook Figuur 5) als de planttemperatuur. Door de lage buitentemperaturen heeft de ruimtetemperatuur overdag het temperatuursetpoint (19 °C) niet gehaald. Met andere woorden de verwarmingscapaciteit schiet te kort. Omdat de zon aan het eind van de middag snel in kracht afneemt, daalt de buitentemperatuur en omdat de verwarmingscapaciteit zijn grens bereikt heeft, dalen dan de ruimte- en planttemperatuur. Na het sluiten van het scherm nemen de warmteverliezen van de kas zo sterk af dat de

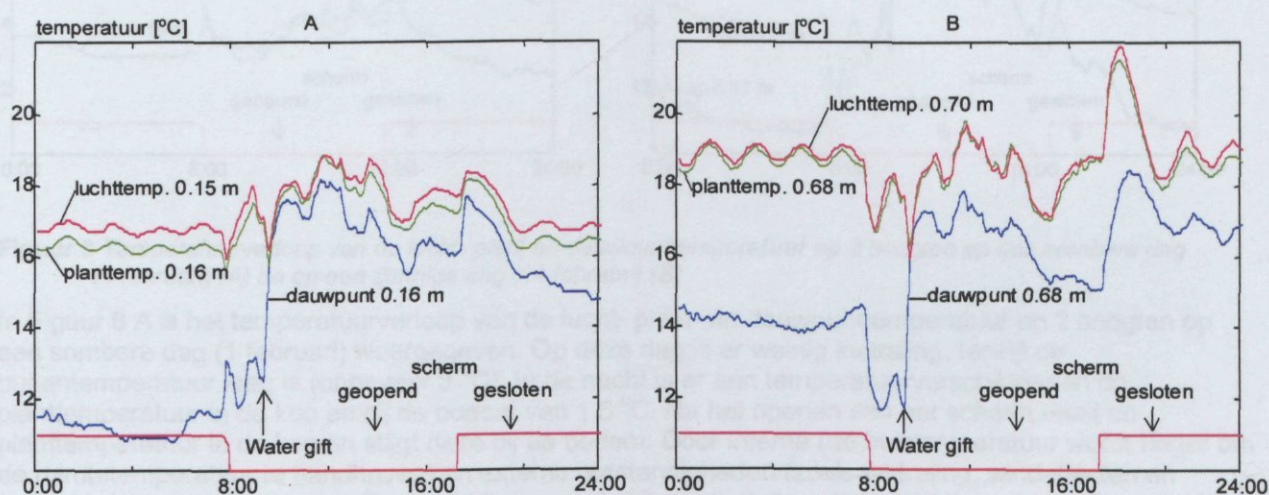


ruimtetemperatuur doorschiet. Het kasklimaat is geregeld op de luchttemperatuur op een hoogte van 55 centimeter uit Figuur 5.

4.1.3 Natslaan gewas

Vanuit de landelijke commissie chrysant, is aangegeven dat er in de chrysantenteelt problemen zijn met het natslaan van het gewas in de perioden rondom het openen en sluiten van de schermen.

Om dit te onderzoeken is er bij een standaard buisligging voor twee bladlagen, de onderste bladlaag (op 16 cm hoogte) en de bovenste bladlaag (op 68 cm hoogte) de dauwpunttemperatuur gemeten. In Figuur 7 A en B zijn voor respectievelijk de onderste bladlaag en de bovenste bladlaag de lucht-, plant- en dauwpunttemperatuur van 11 februari weergegeven.

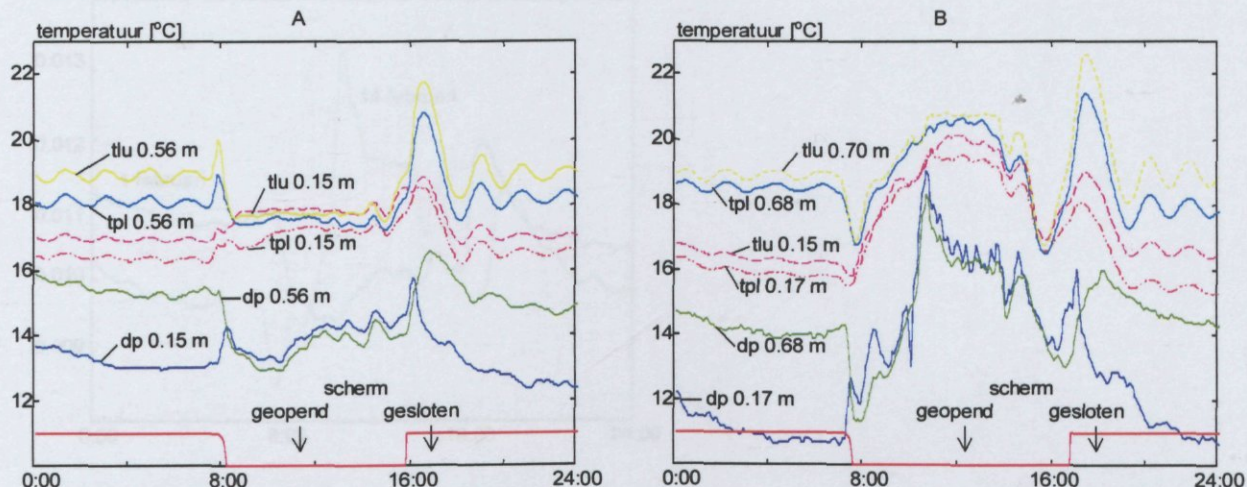


Figuur 7 Lucht- plant- en dauwpunt-temperatuurverloop onder in het gewas (A) en in de kop van het gewas (B) bij een watergift om 10:00 u. op 970211

De plant- en luchttemperatuur verschillen in de kop van de plant nauwelijks van elkaar. Onder in het gewas (Figuur 7 A) is er, met name als het scherm gesloten is, een verschil in de plant- en luchttemperatuur. Op het moment van openen om 8 uur in de morgen dalen de lucht- en planttemperatuur in de kop van het gewas met ongeveer 2 °C. Hierbij daalt echter de dauwpunttemperatuur ook sterk zodat er geen enkel gevaar van natslaan is. Ook onder in het gewas dalen de plant- en luchttemperatuur maar in minder sterke mate (ongeveer 0.75 °C). Onder in het gewas stijgt de dauwpunttemperatuur, terwijl de planttemperatuur daalt. Hierbij is echter geen gevaar van natslaan omdat er nog een groot temperatuurverschil tussen de plant- en dauwpunttemperatuur is. Om tien uur in de morgen is er echter zowel bij de bodem als in de kop van het gewas een sterke stijging van de dauwpunttemperatuur (Figuur 7 A en B). Hierbij komt de dauwpunttemperatuur op een gelijk niveau te liggen als de planttemperatuur. Op dat moment is er water gegeven met behulp van een beregeningsbuis. Hierbij wordt het gewas dus geheel nat. In het verdere verloop van de dag is wel een duidelijk verschil te zien tussen het dauwpunttemperatuurverloop in de kop en onderin het gewas. Onderin in het gewas daalt de dauwpunttemperatuur veel langzamer dan in de kop. Doordat het grootste deel van de verwarmingscapaciteit (het bovennet) boven in de kas hangt, mengt de lucht onder de verwarmingsbuizen slecht op. Daarnaast heeft het gewas een dichte structuur zodat er weinig luchtbeweging tussen het gewas, en daardoor ook geen vochtafvoer is. In het gewas hangt wel een hijsverwarming op een hoogte van 45 cm, maar de capaciteit hiervan is zeer beperkt (ca. 20 % van de totale warmtetoevoer). Hierdoor is er geruime tijd nodig om ook onder in het gewas vocht af te voeren. Doordat het onderin langer vochtiger blijft dan in de kop van het gewas, komt de dauwpunttemperatuur onder in het gewas na het sluiten van het scherm gevaarlijk dicht in de buurt van de gewastemperatuur (een verschil van ongeveer 0.3 à 0.4 °C). Dit in tegenstelling tot de kop van het gewas waar de plant- en



dauwpunttemperatuur tijdens deze fase nog altijd 1 à 1.5 °C verschillen. De plant- en luchttemperatuur stijgen bij het sluiten van het gewas in de kop ruim 3 °C terwijl dit onder in het gewas slechts 0.8 °C is.

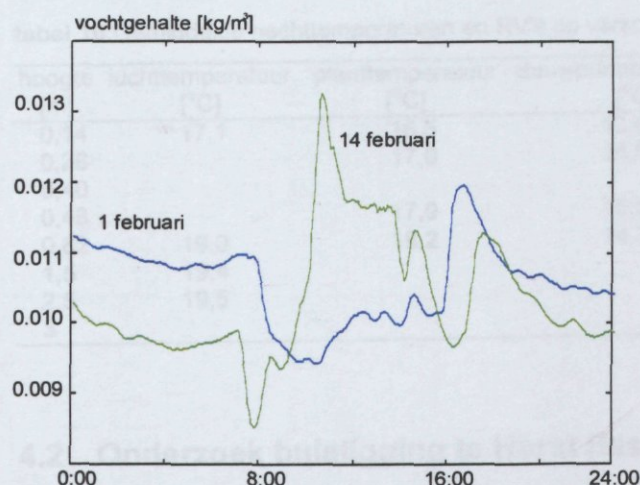


Figuur 8 Temperatuurverloop van de lucht- plant en dauwpunttemperatuur op 2 hoogten op een sombere dag (1 februari) (A) en op een zonnige dag (14 februari) (B)

In Figuur 8 A is het temperatuurverloop van de lucht- plant- en dauwpunttemperatuur op 2 hoogten op een sombere dag (1 februari) weergegeven. Op deze dag is er weinig instraling, terwijl de buitentemperatuur laag is (ongeveer 3 °C). In de nacht is er een temperatuurverschil tussen de planttemperatuur in de kop en bij de bodem van 1.5 °C. Na het openen van het scherm daalt de planttemperatuur in de kop en stijgt deze bij de bodem. Door interne (de buistemperatuur wordt hoger om de ruimtetemperatuur te handhaven) en externe omstandigheden (zoals instraling, windeffecten en horizontale temperatuurverschillen) zal bij geopend scherm in de kas meer luchtbeweging zijn, waardoor zowel de plant- als luchttemperaturen in de kop en bij de bodem van het gewas overdag dicht bij elkaar komen te liggen. De dauwpunttemperatuur op een hoogte van 15 en 56 centimeter in het gewas, liggen de gehele dag ruim onder de planttemperaturen zodat er geen sprake is van natslaan van het gewas.

In Figuur 8 B is het temperatuurverloop van de lucht- plant- en dauwpunttemperatuur op 2 hoogten op een zonnige dag (14 februari) weergegeven. Op deze dag stijgen de lucht- en planttemperatuur overdag als gevolg van de instraling. Door de hoge instraling zal het gewas ook meer gaan verdampen. Om omstreeks 11 uur in de ochtend is in Figuur 8 B een sterke stijging van de dauwpunttemperatuur te zien. Dit is het gevolg van een toenemend vochtgehalte van de kaslucht zoals in Figuur 9 te zien is. Tot 11 uur is er niet gelucht. Doordat de kasluchttemperatuur boven de setpointtemperatuur voor luchten komt, wordt er een kleine raamkier ingesteld. Hierdoor daalt de kasluchttemperatuur iets. De dauwpunttemperatuur komt echter gevaarlijk dicht bij de planttemperatuur. Het kleinste verschil in plant- en dauwpunttemperatuur op dat moment is 0.4 °C. Nadat er een raamkier is ingesteld dalen het vochtgehalte (Figuur 9) en de dauwpunttemperatuur langzaam.

In Figuur 9 is te zien dat bij het sluiten van het scherm omstreeks 16:00 uur het vochtgehalte van de kaslucht sterk stijgt. Dit is het gevolg van de sterke vermindering van de vochtafvoer door condensatie tegen het kasdek, of afvoer via de luchtramen als het scherm sluit (zie de piek tussen 16:00 en 18:00 uur in Figuur 9), terwijl het gewas nog verdampt. Deze verdamping zal bij het sluiten van het scherm snel afnemen doordat het donker wordt.



Figuur 9 Verloop van het vochtgehalte op een sombere dag (1 februari) en een zonnige dag (14 februari)

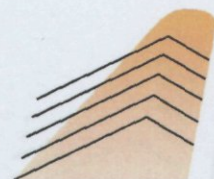
In tabel 9 is een overzicht gegeven van de gemiddelde plant- en dauwpunttemperatuur en de RV's op 4 hoogten in de kas tijdens de teelt. De hoogten waarop de plant- en dauwpunttemperatuur zijn gemeten is de gemiddelde hoogte waarop deze tijdens de teelt zijn gemeten. Doordat het gewas groeit is de meetbox waarmee het klimaat geregeld is en die in de kop van het gewas hangt regelmatig van hoger gehangen.

tabel 9 Gemiddelde dag / nacht temperaturen en RV's op verschillende hoogten in de kas tijdens de gehele teelt

hoogte [m]	planttemperatuur [°C]	dauwpunttemperatuur [°C]	RV [%]
0,14	16,8	13,7	79
0,28	17,2	14,9	
0,48	18,1	15,1	
0,62	18,2	14,7	
1,5			78
2,5			78

De gemiddelde planttemperaturen uit tabel 9 zijn niet volledig betrouwbaar omdat het met de gebruikte meetmethode mogelijk is dat thermokoppels, die direct door zonlicht aangestraald kunnen worden, een te hoge temperatuur aangeven. Daarmee kan de berekende dauwpunttemperatuur ook beïnvloed worden. Het is dan ook beter om gemiddelden uit de nachtperiode te gebruiken. Dit geldt niet voor de in tabel 8 gegeven luchttemperaturen, omdat deze afkomstig zijn van psychrometers die geventileerd worden.

In tabel 10 is een overzicht gegeven van de gemiddelde temperaturen van de buis-, lucht-, plant-, en dauwpunttemperaturen en de RV's op 4 hoogten in de kas tijdens de nachten gedurende de gehele teelt. De hoogten waarvoor de lucht-, plant- en dauwpunttemperaturen zijn gegeven, zijn de gemiddelde hoogten waarop deze gemeten zijn. De gegeven temperaturen en RV's zijn de gemiddelden van de nachtperiodes.

Effecten van buisligging bij de teelt van chrysanten**tabel 10** Gemiddelde nachttemperaturen en RV's op verschillende hoogten in de kas tijdens de teelt

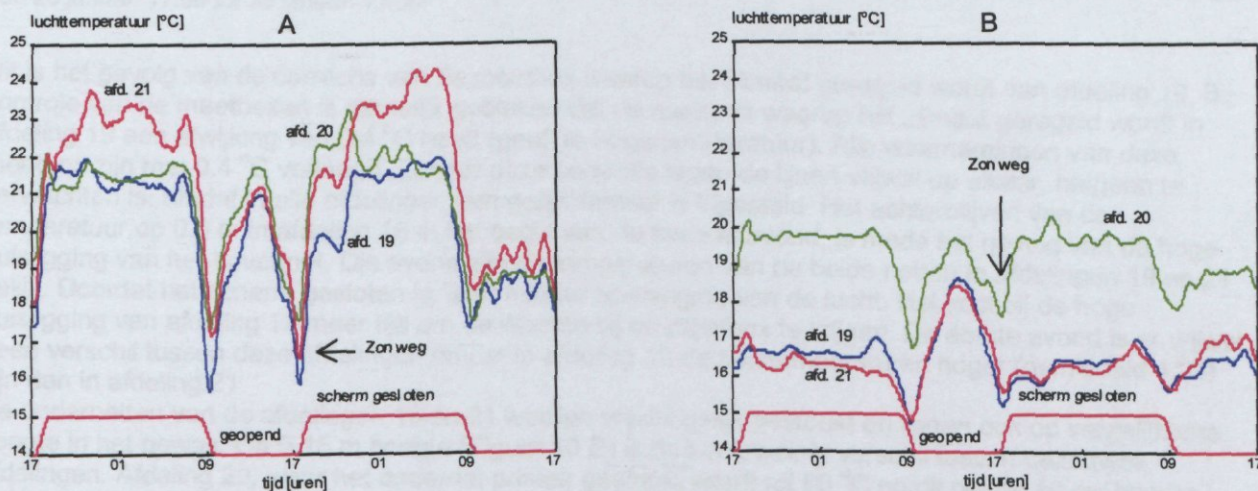
hoogte [m]	luchttemperatuur [°C]	planttemperatuur [°C]	dauwpunttemperatuur [°C]	RV [%]	Temp. bovennet [°C]	Temp. hijsverwarming [°C]
0,14	17,1	16,5	13,0	78		
0,28		17,0	15,0			
0,40						39
0,48		17,9	15,3			
0,62	19,0	18,2	14,7	78		
1,5	19,4			77		
2,5	19,5			74		
3					41	

4.2 Onderzoek buisligging te Horst (fase 5)**4.2.1 Metingen tijdens koude dagen**

In Figuur 10 A en B en Figuur 11 A is een overzicht gegeven van het luchttemperatuurverloop op 3 hoogten in de kas gedurende twee koude dagen. Figuur 11 B toont het verloop van de buitentemperatuur en de globale straling op deze twee dagen. De eerste dag is zonnig zodat de assimilatie belichting tussen 10 en 16 uur zal zijn uitgeschakeld. Op de tweede dag is de globale straling zo laag dat de assimilatie belichting de hele dag tot zonsondergang is aangebleven.

In Figuur 10 A is het temperatuurverloop weergegeven voor de meetbox op 2.2 m hoogte.

In afdeling 21 met het variabele systeem (Figuur 1A) is het op een hoogte van 2.2 m in de nacht het warmst van de 3 afdelingen.

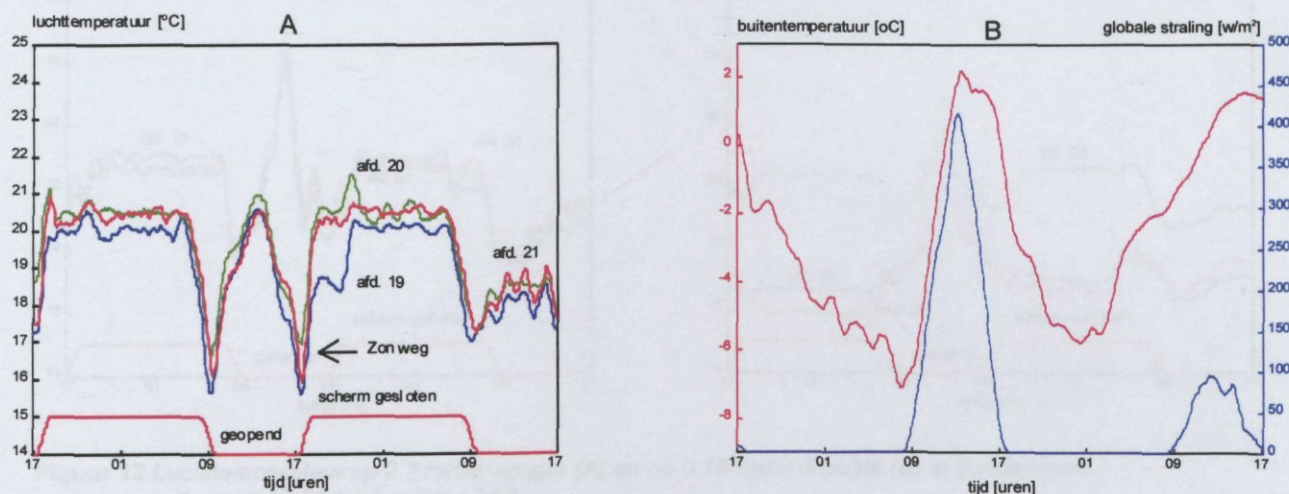


Figuur 10 Luchttemperatuur op 2.2 meter hoogte (A) en op 0.15 meter hoogte (B) in 3 afdelingen van 26 januari 17:00 tot 28 januari 17:00

Dat afdeling 21 op deze hoogte meer dan een graad warmer is dan de andere afdelingen is als volgt te verklaren. Afdeling 21 is de enige situatie waar onder de meetbox op deze hoogte fors gestookt wordt. In afdeling 20 wordt meer onder in het gewas, vlak boven de bodem, gestookt en maar zeer beperkt met het bovennet en in afdeling 19 hangt het bovennet nog ver boven de meetbox die op 2.2 m hangt. Overdag zijn op gelijke hoogten de temperatuurverschillen tussen de afdelingen kleiner dan 's nachts.

Effecten van buisligging bij de teelt van chrysanten

De temperatuurmetingen in Figuur 10A en Figuur 11A zijn afkomstig van meetboxen die boven het gewas hangen, waar met name overdag door de luchtcirculatie een goede opmenging van de lucht kan plaatsvinden. De eerste dag is het zeer zonnig weer, waardoor de luchttemperatuur overdag flink oploopt. Aan het eind van de middag daalt de ruimtetemperatuur sterk (zie opmerking "zon weg" in Figuur 10A en B en Figuur 11A). Dit is het gevolg van de daling van de zon waardoor er minder straling in de kas komt, terwijl de buitentemperatuur gelijktijdig sterk daalt. De tweede dag is het bewolkt, waardoor de kasluchttemperatuur overdag rond het setpoint van 18.5 °C schommelt. Op de hoogte van 0.9 meter (Figuur 11 A) is er enig verschil tussen de afdelingen.



Figuur 11 Luchttemperatuur op 0.9 meter hoogte (A) in 3 afdelingen en de buitentemperatuur en globale straling (B) van 26 januari 17:00 tot 28 januari 17:00

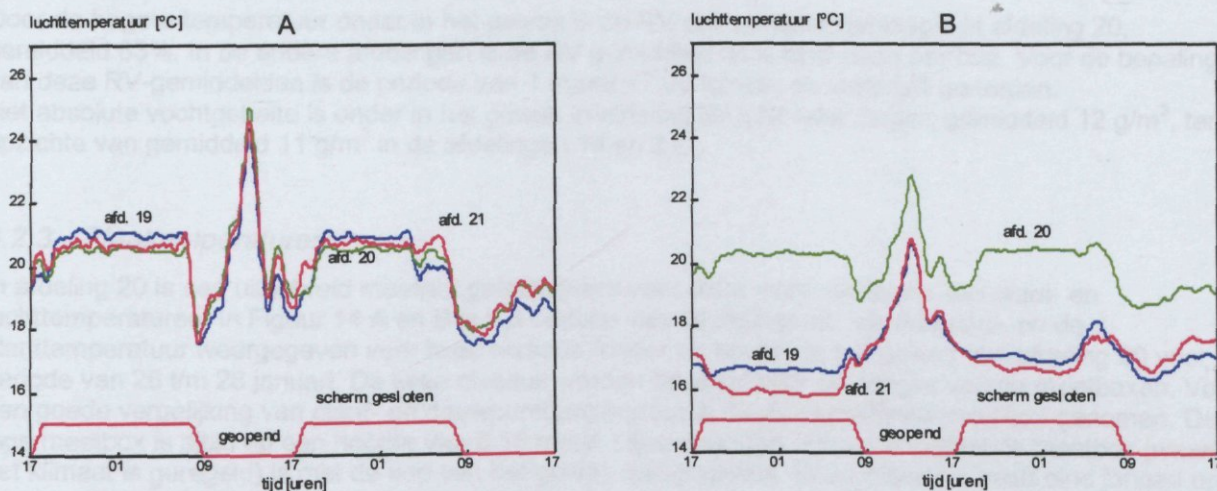
Dit is het gevolg van de correctie van de meetbox waarop het klimaat geregeld wordt van afdeling 19. Bij controle van de meetboxen is namelijk gebleken dat de meetbox waarop het klimaat geregeld wordt in afdeling 19 een afwijking van 0.4 °C heeft (geeft te hoge temperatuur). Alle waarnemingen van deze meetbox zijn met 0.4 °C verlaagd. Zonder deze correctie lagen de lijnen vrijwel op elkaar, hetgeen te verwachten is, omdat in alle afdelingen een gelijk klimaat is ingesteld. Het achterblijven van de temperatuur op 0.9 m in afdeling 19 in het begin van de tweede avond, is mede het gevolg van de hoge buisligging van het bovennet. Die avond zijn de temperaturen van de beide netten in afdelingen 19 en 21 gelijk. Doordat het scherm gesloten is, is er minder opmenging van de lucht. Het kost bij de hoge buisligging van afdeling 19 meer tijd om de warmte bij de meetbox te krijgen. De eerste avond is er vrijwel geen verschil tussen deze afdelingen omdat in afdeling 19 de buistemperaturen hoger (gemiddeld 4 °C) zijn dan in afdeling 21.

De ondernetten van de afdelingen 19 en 21 worden vrijwel gelijk gestookt en liggen ook op vergelijkbare hoogte in het gewas. Op 0.15 m hoogte (Figuur 10 B) is dan ook weinig verschil tussen deze twee afdelingen. Afdeling 20, waar het ondernet primair gestookt wordt tot 60 °C en dit net op 10 cm hoogte ligt, is dan ook het warmst onder in het gewas. De gemiddelde drogeboltemperatuur van de afdelingen 19 en 21 op 15 cm hoogte over deze twee dagen verschilt meer dan 2.5 °C met afdeling 20. Dit heeft uiteraard ook gevolgen voor de RV op deze hoogte, die dan ook 7% lager is dan in de afdelingen 19 en 21. Het absolute vochtgehalte is op 15 cm in afdeling 20 juist het hoogst, gemiddeld 11 g/m³, in de afdelingen 19 en 21 is dit gemiddeld 10 g/m³. Doordat de verwarmingsbuizen in afdeling 20 zo laag liggen en dit lage verwarmingsnet primair wordt gestookt, is de bodemtemperatuur in deze afdeling wat hoger, waardoor meer water uit de bodem verdampt.

Bij een vergelijking van het energieverbruik tussen de 3 afdelingen op deze twee dagen, blijkt dat afdeling 19 (traditionele buisligging) de grootste warmtebehoefte heeft. Wordt het energiegebruik in afdeling 19 op 100 gesteld dan verbruiken afdeling 20 en 21 respectievelijk 86 en 89%. Het omlaag brengen van de verwarmingsbuizen heeft zoals verwacht een positief effect op het energieverbruik.

4.2.2 Metingen tijdens warme dagen

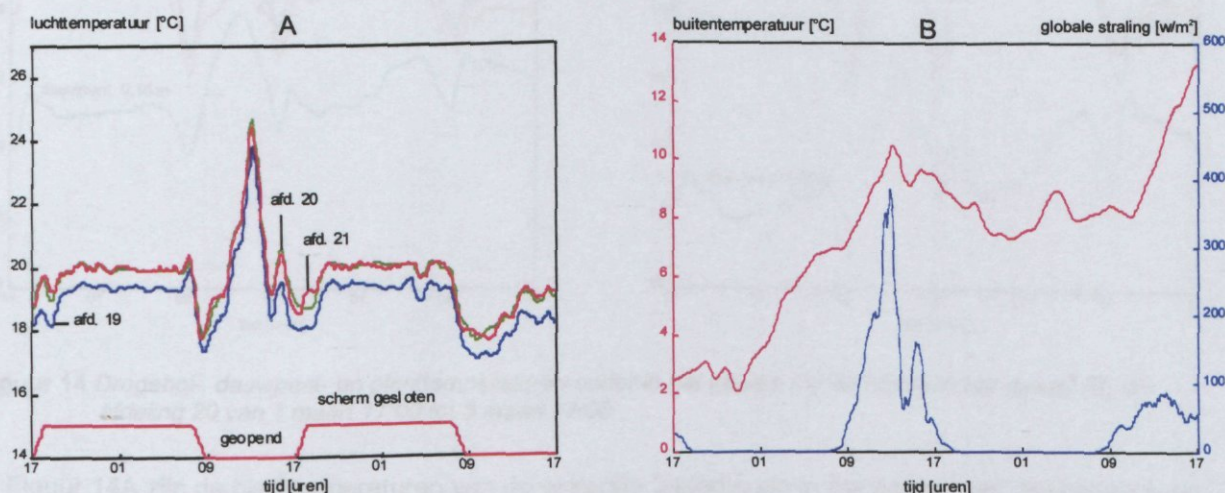
Figuur 12 en Figuur 13 zijn vergelijkbaar met Figuur 10 en Figuur 11 maar nu voor een periode met twee wat warmere dagen (1 maart 17:00 t/m 3 maart 17:00), waarop minder gestookt wordt.. De trend in Figuur 12 B en Figuur 13 A is vergelijkbaar met die in Figuur 10 B en Figuur 11 A. In de tweede nacht is om 4 uur in de morgen water gegeven. Dit is goed zichtbaar in Figuur 13 A, op dat moment daalt in alle afdelingen de ruimtetemperatuur met ongeveer 0.5 °C.



Figuur 12 Luchttemperatuur op 2.2 meter hoogte (A) en op 0.15 meter hoogte (B) in 3 afdelingen van 1 maart 17:00 tot 3 maart 17:00

In de hoog geplaatste meetbox (Figuur 12 A) is tussen de afdelingen vrijwel geen verschil. De gemiddelde temperatuur verschilt slechts 0.1 °C. De hoogte van de meetbox waarop het klimaat geregeld wordt, is op 3 maart verhoogd naar 1.1 meter, in verband met de groei van het gewas.

De verschillen in temperatuur in de lage meetbox (Figuur 12 B) zijn vergelijkbaar met de onder koude omstandigheden gemeten verschillen (Figuur 10 B) en zijn dus blijkbaar minder afhankelijk van het buitenklimaat (Figuur 13 B). Ook nu is afdeling 20 gemiddeld bijna 3 °C warmer dan afdeling 19 en 21 op 15 cm hoogte. Doordat in afdeling 20 het ondernet primair gestookt is en dit 10 cm boven de bodem hangt, zal de bodem van afdeling 20 ook warmer zijn dan van afdeling 19 en 21. Hierdoor zal de bodem in bepaalde perioden als warmtebron fungeren.



Figuur 13 Luchttemperatuur op 1.1 meter hoogte in 3 afdelingen (A) en de buitentemperatuur en globale straling (B) van 1 maart 17:00 tot 3 maart 17:00

Na de watergift loopt de temperatuur in de onderste meetboxen van afdeling 19 en 21 duidelijk op als gevolg van de instelling van een hogere minimumbuis temperatuur van het ondernet direct na watergift. Deze instelling wordt gebruikt om het drogen van het gewas te bevorderen.

In verticale richting zijn in afdeling 20 de temperatuurverschillen kleiner dan in de afdelingen 19 en 21. In afdelingen 19 en 21 kunnen deze oplopen tot 3.5 à 4 °C in het gewas, terwijl dit in afdeling 20 ongeveer 1.5 à 2 °C is. Boven het gewas zijn er vrijwel geen verticale temperatuurverschillen.

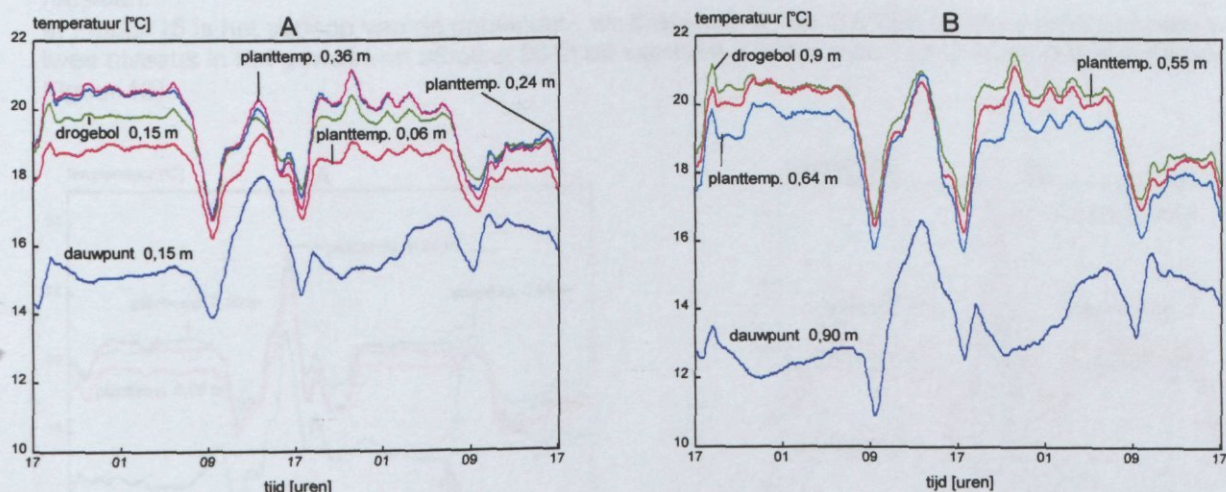
Door de hogere temperatuur onder in het gewas is de RV ook nu weer het laagst in afdeling 20, gemiddeld 83%. In de andere afdelingen is de RV gemiddeld 91% over deze periode. Voor de bepaling van deze RV-gemiddelden is de periode van 1 maart 17:00 tot aan de watergift genomen.

Het absolute vochtgehalte is onder in het gewas in afdeling 20 juist weer hoger, gemiddeld 12 g/m³, ten opzichte van gemiddeld 11 g/m³ in de afdelingen 19 en 21.

4.2.3 Planttemperaturen

In afdeling 20 is een uitgebreid meetnet geïnstalleerd voor extra waarnemingen aan plant- en luchttemperaturen. In Figuur 14 A en B is het verloop van de dauwpunt-, de drogebol- en de planttemperatuur weergegeven voor twee niveaus (onder en boven) in het gewas van afdeling 20 voor de periode van 26 t/m 28 januari. De twee niveaus worden bepaald door de hoogte van de meetboxen. Voor een goede vergelijking van plant- en dauwpunttemperatuur is de dichtstbijzijnde meetbox genomen. De lage meetbox is altijd op een hoogte van 0.15 meter blijven hangen, maar de middelste meetbox (waarop het klimaat is geregeld) is met de kop van het gewas meegegroeid. Deze meetbox heeft eind januari op een hoogte van 0.9 meter gehangen (tabel 2).

De planttemperaturen zijn op diverse hoogten gemeten. Vervolgens zijn er 6 hoogteklassen (bladlagen) gemaakt (<15 – 30 – 45 – 60 – 75<). Iedere meting is aan een bepaalde hoogteklasse toegekend, waarna voor iedere hoogteklasse een gemiddelde bladtemperatuur is berekend. De bladlagen met een hoogte nabij een meetbox zijn samen met de meetwaarden van die box in één figuur getekend. Het gewas had eind januari een hoogte van ongeveer 75 centimeter zodat er maar 5 klassen zijn gevormd. De bovenste 5 centimeter van het gewas heeft geen blad maar alleen knoppen en scheuten waarvan de temperatuur niet gemeten is.



Figuur 14 Drogebol-, dauwpunt- en planttemperaturen onder in het gewas (A) en boven in het gewas (B) in afdeling 20 van 1 maart 17:00 tot 3 maart 17:00

In Figuur 14A zijn de bladtemperaturen van de onderste 3 bladlagen in het gewas met de drogebol- en dauwpunttemperatuur op 15 cm hoogte weergegeven. De onderste bladlaag (op ca. 6 cm) is duidelijk kouder dan de drogeboltemperatuur. De bladlagen op een hoogte van 24 en 36 cm verschillen nauwelijks in temperatuur. In de nacht zijn er duidelijke temperatuurverschillen tussen de blad- en de luchttemperatuur, maar overdag zijn deze verschillen zeer gering. In Figuur 14 B zijn de

Effecten van buisligging bij de teelt van chrysanten

bladtemperaturen van de bovenste twee bladlagen in het gewas met de drogebol- en dauwpunttemperatuur op 90 cm hoogte weergegeven.

De gemiddelden over deze periode zijn weergegeven in tabel 11.

tabel 11 Gemiddelde blad- dauwpunt- en drogeboltemperaturen en het absolute vochtgehalte in het gewas voor de periode 26 januari 17:00 tot 28 januari 17:00

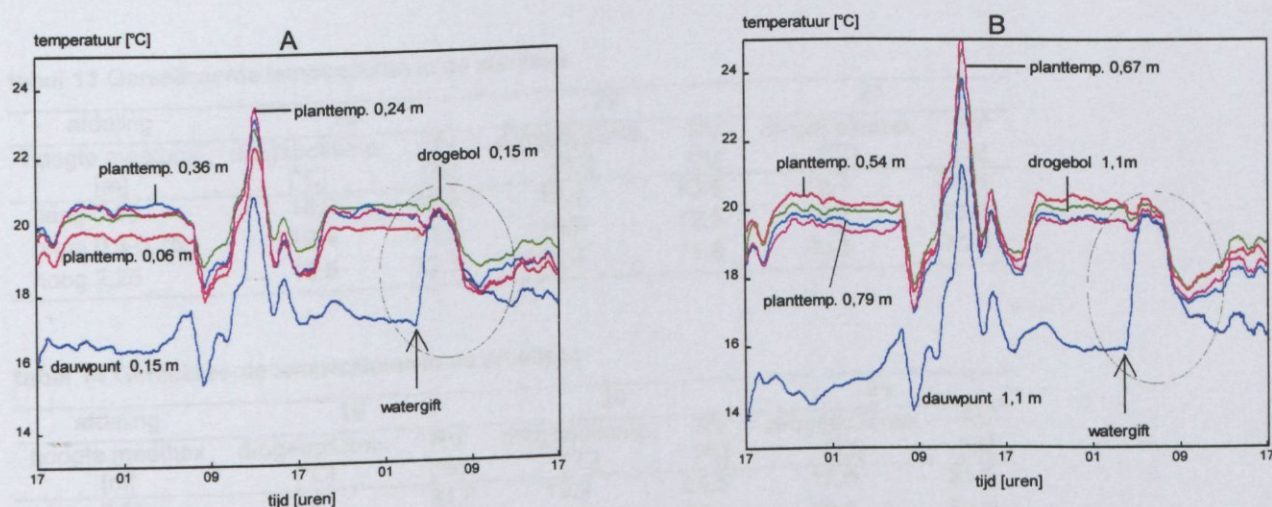
hoogte [m]	blad- temperatuur [°C] gemeten	dauwpunt- temperatuur [°C]		drogebol- temperatuur [°C]		absoluut vochtgehalte [gram/kg]	
		gemeten	gebruikt ¹⁾	gemeten	gebruikt ¹⁾	gemeten	gebruikt ¹⁾
0,06	18,4		15,8		19,3	11,3	11,3
0,15		15,8		19,3			
0,24	19,6		15,8		19,3		11,3
0,36	19,6		15,8		19,3		11,3
0,55	19,4		13,8		19,7		9,9
0,64	18,8		13,8		19,7		9,9
0,90		13,8		19,7		9,9	

¹⁾ De gegevens onder de kolom "gebruikt" zijn gebruikt voor de bepaling van het eventueel natslaan van het gewas en voor de berekening van de verdamping (in het model)

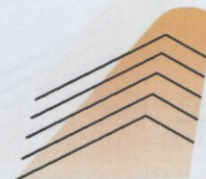
Bij een toenemende hoogte in het gewas daalt de planttemperatuur. In de nacht is er een duidelijk temperatuurverschil tussen de verschillende bladlagen. Overdag is dat niet of in veel mindere mate het geval. In de nacht, als het scherm gesloten is, zal de luchtcirculatie in de afdelingen veel geringer zijn dan overdag. Overdag is er dus ook meer opmenging van de lucht, waardoor er kleinere temperatuurverschillen ontstaan.

Dat de kop van het gewas in dit geval kouder is, is het gevolg van de buisligging. In afdeling 20 ligt het primaire verwarmingssysteem op 10 cm hoogte en wordt tot 60 °C gestookt. Vrijwel alle warmte komt hierdoor onder in het gewas omdat bij gesloten scherm het bovennet (ruim 50 cm boven de kop van het gewas) niet bijkomt. De kop van het gewas heeft echter wel stralingsverliezen naar het scherm dat in de nacht aan de onderkant een temperatuur van 18 à 18,5 °C heeft. De gewastemperatuur komt op geen enkel moment in de buurt van de dauwpunttemperatuur. Op deze dagen zal het gewas dan ook niet natslaan.

In Figuur 15 is het verloop van de dauwpunt-, de drogebol- en de planttemperatuur weergegeven voor twee niveaus in het gewas van afdeling 20 in de warmere periode van 1 tot 3 maart (zie ook Figuur 12 en Figuur 13).



Figuur 15 Drogebol-, dauwpunt- en planttemperaturen onder in het gewas (A) en boven in het gewas (B) in afdeling 20 van 26 januari 17:00 tot 28 januari 17:00

**Effecten van buisligging bij de teelt van chrysanten**

Doordat het gewas op dit tijdstip vrijwel volgroeid is, zijn er nu zes hoogteklassen. In Figuur 15 A zijn de onderste drie bladlagen weergegeven met de bijbehorende drogebol- en dauwpunttemperatuur en in figuur Figuur 15 B de bovenste drie bladlagen met de bijbehorende drogebol- en dauwpunttemperatuur. (meetbox hangt nu op 1.1 m). In tabel 12 zijn de gemiddelden weergegeven voor de periode van 1 maart 17:00 tot 3 maart 03:00. Dit is net voor het moment van water geven.

tabel 12 Gemiddelde blad- dauwpunt- en drogeboltemperaturen en het absolute vochtgehalte in het gewas voor de periode van 1 maart 17:00 tot 3 maart 03:00

hoogte [m]	blad- temperatuur [°C]	dauwpunt- temperatuur [°C]		drogebol- temperatuur [°C]		absoluut vochtgehalte [gram/kg]	
	gemeten	gemeten	gebruikt ¹⁾	gemeten	gebruikt ¹⁾	gemeten	gebruikt ¹⁾
0,06	19,6		17,2		20,3		12,3
0,15		17,2		20,3		12,3	
0,24	20,1		17,2		20,3		12,3
0,36	20,1		17,2		20,3		12,3
0,55	20,0		15,9		20,0		11,3
0,64	19,5		15,9		20,0		11,3
0,79	19,6		15,9		20,0		11,3
0,90		15,9		20,0		11,3	

¹⁾ De onder de kolom "gebruikt" weergegeven gegevens zijn gebruikt voor de bepaling van het eventueel natslaan van het gewas en voor de berekening van de verdamping (in het model)

De trend in Figuur 15 A en B komt vrijwel overeen met die in Figuur 14 A en B. Omdat het in deze periode duidelijk warmer is geweest dan eind januari (vergelijk Figuur 11 B met Figuur 13 B) wordt er minder gestookt. De temperatuurverschillen in het gewas zijn dan ook kleiner. De tweede nacht omstreeks 4 uur (watergift) is een kleine daling van de lucht- en planttemperaturen te zien, maar een enorme stijging van de dauwpunttemperatuur. Er zijn daarna vele uren nodig om de dauwpunttemperatuur weer onder de bladtemperatuur te krijgen, zodat het gewas de mogelijkheid krijgt om weer op te drogen (zie aangegeven gebieden in Figuur 14). In de afdelingen 19 en 21 zal deze ongunstige situatie langer duren dan in afdeling 20, omdat de hijsverwarming daar begrensd is op 38 °C in plaats van 60 °C.

In tabel 13 en tabel 14 is een overzicht gegeven van de gerealiseerde temperaturen in de drie afdelingen van respectievelijk de startfase waar alle klimaatinstellingen voor de verschillende afdelingen gelijk zijn geweest en de proeffase, waar ten aanzien van regelprioriteit van de verwarmingsnetten en de maximum buistemperaturen onderscheid is gemaakt tussen de drie afdelingen.

tabel 13 Gerealiseerde temperaturen in de startfase

afdeling	19		20		21	
	drogeboltemp.	RV	drogeboltemp.	RV	drogeboltemp.	RV
hoogte meetbox [m]	[°C]	[%]	[°C]	[%]	[°C]	[%]
laag 0,15	18,0	88,6	19,3	83,6	18,7	85,8
regel 0,3-0,75	19,4	73,5	19,7	72,5	19,7	75,3
hoog 2,25	19,5	72,3	20,4	71,6	20,2	73,8

tabel 14 Gerealiseerde temperaturen in de proeffase

afdeling	19		20		21	
	drogeboltemp.	RV	drogeboltemp.	RV	drogeboltemp.	RV
hoogte meetbox [m]	[°C]	[%]	[°C]	[%]	[°C]	[%]
laag 0,15	17,2	91,6	19,9	84,5	17,0	91,0
regel 0,75-1,2	19,4	77,0	19,9	77,8	19,8	76,5
hoog 2,25	20,3	72,8	20,7	78,2	20,7	74,9



Effecten van buisligging bij de teelt van chrysanten

Zoals uit tabel 14 blijkt zijn er grote verschillen tussen de afdelingen. Hierbij is de afwijking van afdeling 20 het duidelijkst. Met name onder in het gewas is ook op de langere termijn de luchttemperatuur bijna 3 °C hoger dan in de andere 2 afdelingen. De RV onder in de kas is in afdeling 20 duidelijk lager. De meetboxen waarop het klimaat geregeld is (0.75 tot 1.2 m) geven een gelijke temperatuur aan omdat de setpoint temperatuurinstellingen van de afdelingen gelijk is geweest.

Aan de hand van de buis- en kasluchttemperaturen is een energieverbruikvergelijking voor de drie afdelingen gemaakt. Daarvoor is eerst een vergelijking van alle meetboxen gemaakt. Daaruit is gebleken dat de meetbox waarop het klimaat in afdeling 19 is geregeld 0,4 °C te hoog aangeeft. Hiervoor is dan ook gecorrigeerd.

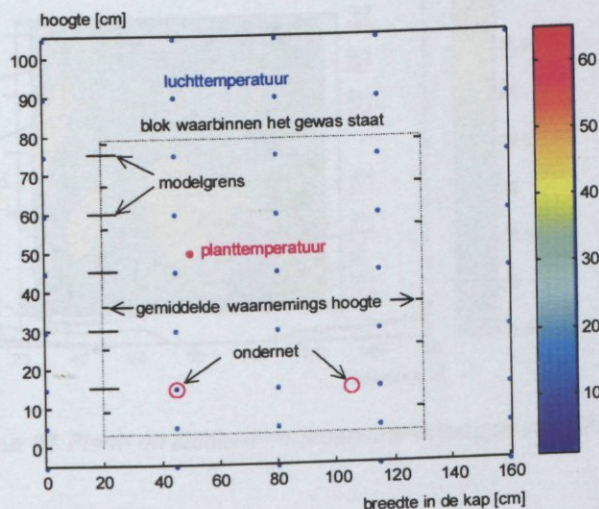
4.2.4 Modelresultaten

In de verzamelde gegevens van fase 5 is met behulp van zoekopdrachten gezocht naar vergelijkbare situaties in het klimaat, om daarmee het model te kunnen valideren dat de temperatuurverdeling in het gewas berekent. De voorwaarden waarop geselecteerd is, zijn in tabel 15 weergegeven.

tabel 15 Voorwaarden waarop gegevens voor modelvalidatie zijn geselecteerd.

omschrijving	voorwaarde
Het moet donker zijn (nacht)	globalestraling < 3 W/m ²
Het scherm moet gesloten zijn	scherm = 100
Assimilatielampen moeten uit zijn	lampen = 0
Er moet gestookt worden via het ondernet	ondernettemperatuur (eigenmeting) > 45 °C & ondernettemperatuur (eigenmeting) < 50 °C & bovennettemperatuur (eigenmeting) < 25 °C
De afdelingstemperatuur moet stabiel zijn	in de te selecteren meetperiode mag de afdelingstemperatuur niet meer dan 0,4 °C variëren in een periode van 2 uur.

Indien deze voorwaarden worden toegepast op de verzamelde datasets van de periode 25 januari 1998 tot 5 maart 1998 kunnen 13 stukken geselecteerd worden. Van iedere selectie is van alle relevante waarnemingen het gemiddelde bepaald. Deze gemiddelden zijn vervolgens als input voor modelberekeningen gebruikt en grafisch weergegeven. In Figuur 16 is de basis voor de grafische weergave van de plant- en luchttemperaturen weergegeven, zonder de daadwerkelijk optredende temperaturen om de opbouw van de hierna volgende figuren uit te leggen.



Figuur 16 basisfiguur van de plant- en luchttemperatuur figuren

Effecten van buisligging bij de teelt van chrysanten

In Figuur 16 is een dwarsdoorsnede van een deel van een kap met daarin één gewasbed weergegeven. De breedte in de kap loopt van 0 tot 160 cm, waarbij 0 cm recht onder de nok en 160 cm recht onder de goot ligt. De hoogte is van -5 cm (bodem) tot +105 cm aangegeven omdat dit deel het meest interessant is.

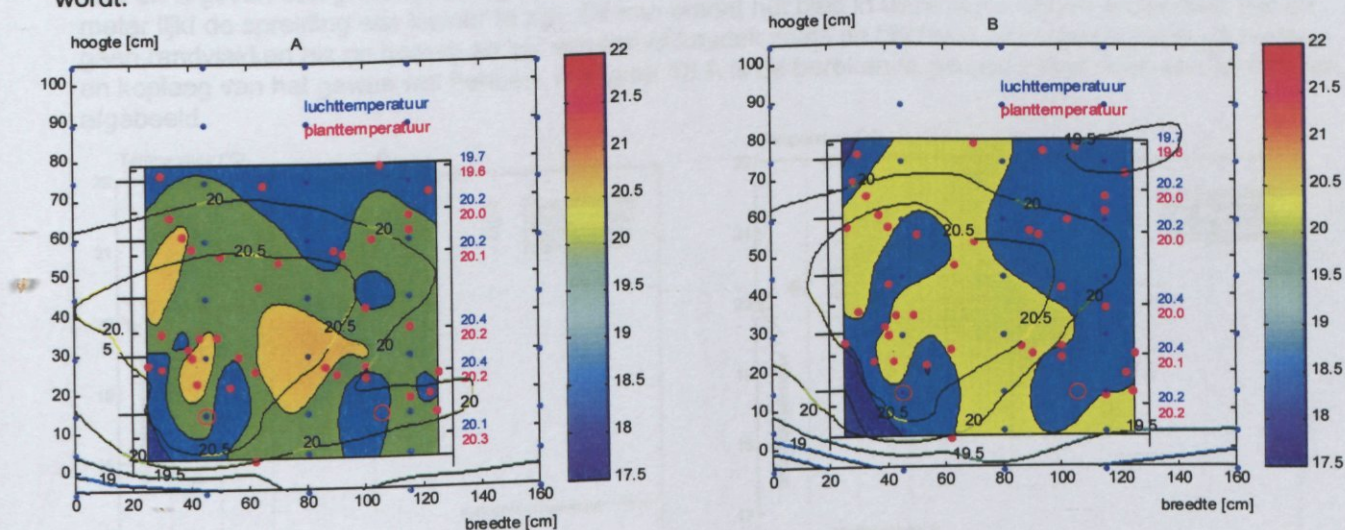
De luchttemperatuur is op de plaats van de blauwe stippen gemeten. In de volgende plots zal op de plaats van de rode stippen de planttemperatuur gemeten zijn. De waarnemingen van de planttemperaturen zijn niet homogeen over het gewas verdeeld omdat dit moeilijk te realiseren is (er is niet altijd blad op de juiste plaats).

De brede horizontale strepen geven de grenzen van de lagen in het rekenmodel aan. Deze grenzen zijn (arbitrair) vastgelegd op 15, 30, 45, 60 en 75 cm. De korte horizontale strepen geven de gemiddelde waarnemingshoogte van de gemeten planttemperaturen binnen een modellaag aan. De planttemperatuurwaarnemingen zijn uitgesplitst naar de verschillende modellagen (>15, 15-30, 30-45, 45-60, 60-75 en <75) waardoor een gemiddelde waarnemingshoogte binnen iedere modellaag ontstaat. Het ondernet van de verwarming (ø28 mm) ligt op een vaste hoogte van 15 cm.

In Figuur 17A is een beeld gegeven van de meetwaarden van 22 februari 19:14 tot 22 februari 22:04. Het ingekleurde deel geeft isothermen (lijnen van gelijke temperatuur) van de planttemperaturen. De temperatuur kan in de bijgevoegde kleurenbalk worden opgezocht. Er zijn ook nog contourlijnen in de plot weergegeven. Deze lijnen vormen de isothermen van de kaslucht. De in deze contourlijnen opgenomen getallen, (zwart weergegeven) geven het temperatuurniveau aan. Deze getallen horen dus niet bij de planttemperatuur. Rechts van het gewas zijn in blauw de gemiddelde luchttemperaturen en in rood de gemiddelde planttemperaturen in de betreffende gewaslaag aangegeven. De luchttemperatuur is het gemiddelde van drie meetpunten die in het gewasblok op dezelfde hoogte liggen. (de waarnemingen op een breedte van 0 en 160 cm zijn dus niet meegenomen)

In Figuur 17B is een contourplot van de plant- en luchttemperaturen van 2 maart 1998 0:14 tot 2 maart 1998 6:04 weergegeven. De luchttemperatuurcontouren komen vrijwel overeen met die uit Figuur 17A. De contouren van de planttemperaturen zijn wel duidelijk afwijkend van die in Figuur 17A.

Iedere gewaslaag heeft een gemiddelde waarnemingshoogte, die kan variëren. De bijbehorende luchttemperatuur van de gewaslaag, is de luchttemperatuur die op de dichtstbijzijnde hoogte van de gewaslaag is gemeten. Het is dus mogelijk dat voor twee gewaslagen dezelfde luchttemperatuur gekozen wordt.



Figuur 17 Plant- en luchttemperatuurwaarnemingen van 22 februari (A) en 2 maart (B) 1998

**Effecten van buisligging bij de teelt van chrysanten**

Van de in Figuur 17A weergegeven meetperiode zijn in tabel 16 de belangrijkste randgegevens weergegeven. In tabel 17 zijn de randgegevens van de in Figuur 17 opgenomen contourplots weergegeven.

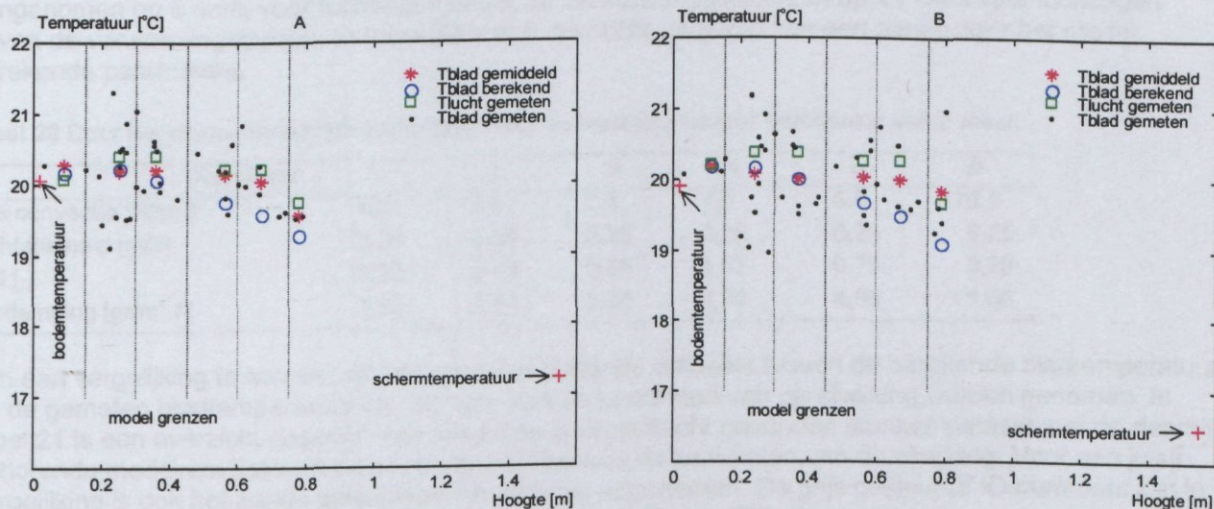
tabel 16 Randgegevens van waarnemingen van 22 februari 1998

variabele	gemiddelde	opmerking
buitentemperatuur	6,3 °C	
kasluchttemperatuur regel meetbox	20,1 °C	hoogte 1,15 m
RV regel meetbox	79,5 %	
kasluchttemperatuur lage meetbox	20,4 °C	hoogte 0,15 m
RV lage meetbox	84,2 %	
bodemtemperatuur	20,1 °C	
schermtemperatuur	17,0 °C	
buistemperatuur ondernet	46,7 °C	
buistemperatuur bovennet	19,0 °C	
hoogten planttemperatuur waarnemingen	9, 25, 36, 56, 67, 78 cm	

tabel 17 Randgegevens van waarnemingen van 2 maart 1998

variabele	gemiddelde	opmerking
buitentemperatuur	5,3 °C	
kasluchttemperatuur regel meetbox	20,0 °C	hoogte 1.15 m
RV regel meetbox	73,9 %	
kasluchttemperatuur lage meetbox	20,3 °C	hoogte 0.15 m
RV lage meetbox	79,3 %	
bodemtemperatuur	19,9 °C	
schermtemperatuur	16,1 °C	
buistemperatuur ondernet	47,8 °C	
buistemperatuur bovennet	19,3 °C	
hoogten planttemperatuur waarnemingen	11, 24, 37, 56, 67, 79 cm	

De gegevens behorende bij Figuur 17 zijn in het gewaslagenmodel ingevoerd, waarna aan de hand van de LAI-verdeling per gewaslaag, buis-, lucht-, bodem- en schermtemperaturen de gewastemperaturen zijn berekend. De gemeten bladtemperaturen (individuele metingen), aangegeven met een stip in Figuur 18A en B geven een grote spreiding aan. In het midden van het gewas op een hoogte van 0,4 a 0,5 meter lijkt de spreiding wat kleiner te zijn. Dit kan omdat het blad in deze lagen alleen ander blad ziet en geen randvlakken als de bodem en het scherm of kasdek zoals de bladeren uit respectievelijk de bodem- en koplaag van het gewas wel hebben. In Figuur 18 A is de berekende gewastemperatuur van 22 februari afgebeeld.

**Figuur 18** berekende bladtemperatuur op 22 februari (A) en van 2 maart (B)



In tabel 18 zijn de resultaten en verschillen tussen de berekende en gemeten waarden opgenomen.

tabel 18 Gemeten en berekende temperaturen van 22 februari

laagnr.	1	2	3	4	5	6
Tlucht gemeten	20,1	20,4	20,4	20,2	20,2	19,7
Tblad berekend	20,2	20,2	20,1	19,8	19,6	19,3
Tblad gemeten	20,3	20,2	20,2	20,1	20,0	19,6
Tblad gemeten - berekend	-0,08	0,06	-0,12	-0,37	-0,43	-0,28

In Figuur 18 B zijn de berekende bladtemperatuur van 2 maart weergegeven.

In tabel 19 zijn de resultaten en verschillen tussen de berekende en gemeten waarden opgenomen van 2 maart.

tabel 19 Gemeten en berekende temperaturen van 2 maart

laagnr.	1	2	3	4	5	6
Tlucht gemeten	20,2	20,4	20,4	20,3	20,3	19,7
Tblad berekend	20,2	20,2	20,0	19,7	19,5	19,1
Tblad gemeten	20,2	20,1	20,0	20,0	20,0	19,8
Tblad gemeten - berekend	0,02	0,11	0,02	-0,33	-0,49	-0,72

Uit Figuur 18 A en B en tabel 18 en tabel 19 is op te maken dat de berekende bladtemperaturen in de onderste helft van het gewas (lagen 1 t/m 3) goed overeenkomen met de gemeten bladtemperaturen. De bovenste gewaslagen geven een redelijke (Figuur 18 A) tot matige (Figuur 18 B) voorspelling van de bladtemperatuur. De reden van de afwijking tussen de voorspelling en de meting in de kop van het gewas is niet helemaal duidelijk. Een mogelijke reden is dat de bovenste gewaslagen een te sterke koppeling hebben met het koudere scherm.

De schermtemperatuur is gemeten, maar kan ook met behulp van omgevingstemperaturen zoals luchttemperatuur boven en onder het scherm berekend worden. De berekende schermtemperatuur wijkt niet noemenswaardig af van de gemeten schermtemperatuur.

De invloed van de gewasverdamping op de temperatuur is ook gecontroleerd, maar deze is slechts beperkt en ligt in de orde grote van 0.2 tot 0.4 °C.

De berekende bladtemperatuur zou sterker aan de luchttemperatuur gekoppeld kunnen worden door de alfa (convectie) van het blad te verhogen. De in het model toegepaste alfa waarden zijn met behulp van formules (Stanghelini, 1987) berekend en variëren tussen de 4 en 11 W/m², waarbij de luchtsnelheid is aangenomen op 5 cm/s voor luchtlagen onder de verwarmingsbuizen en op 25 cm/s voor luchtlagen boven de verwarmingsbuizen. In tabel 20 is een overzicht gegeven van een aantal door het model berekende parameters.

tabel 20 Door het model berekende parameters voor de bladtemperatuur berekening van 2 maart

bladlaagnr.	1	2	3	4	5	6
alfa convectie [W/m ²]	4,3	8,6	7,4	7,0	8,6	10,5
luchtsnelheid [m/s]	0,05	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
LAI [-]	0,33	0,43	0,60	1,07	0,73	0,20
verdamping [gr/m ² .h]	1,83	2,51	3,40	5,75	4,05	1,06

Om een vergelijking te kunnen maken voor verschillende datasets tussen de berekende bladtemperatuur en de gemeten bladtemperatuur kan de som van de kwadraten van de afwijking worden genomen. In tabel 21 is een overzicht gegeven van alle bij de zoekopdracht gevonden stukken dataset met de daarbij behorende modelresultaten in de vorm van de som van de kwadraten van de afwijking. Voor een juiste vergelijking is ook het aantal gewaslagen in de tabel opgenomen. De grijs gekleurde ID-nummers zijn in Figuur 17A en Figuur 18A respectievelijk Figuur 17B en Figuur 18B uitgewerkt.



tabel 21 Resultaten van 13 geselecteerde cases

ID_nummer	van	tot	n gewaslaag	afwijking
98012601	980129 19:46	980130 06:25	5	0,63
98020201	980205 21:50	980206 04:00	5	0,78
98020901	980211 20:19	980212 05:14	6	1,35
98021601	980218 19:14	980218 23:39	6	1,00
98021602	980218 20:54	980218 23:44	6	1,06
98021603	980219 00:09	980221 04:14	6	0,90
98021604	980222 19:14	980222 22:04	6	0,43
98022301	980226 19:29	980227 01:39	6	0,75
98022302	980227 05:24	980228 04:59	6	1,10
98022303	980227 22:59	980228 05:59	6	1,19
98022304	980302 00:14	980302 06:04	6	0,88
98030201	980302 19:29	980303 04:04	6	1,05
98030202	980303 00:59	980304 22:04	6	1,16

Uit tabel 21 wordt duidelijk dat de voorspellingen van de bladtemperatuur met het bladlagenmodel in het algemeen ca. 1 °C zullen afwijken van de werkelijk optredende bladtemperaturen.



4.3 Toetsing aanbevelingen te Horst (fase 6)

Een vergelijking met eerste teeltjaar in Horst (fase 5) levert een paar opmerkelijke verschillen op ten aanzien van setpoint instellingen (tabel 4 paragraaf 3.2 en tabel 7 paragraaf 3.3) en de daarmee gerealiseerde teelttemperaturen. In tabel 22 is een overzicht gegeven van de gerealiseerde teelttemperaturen en RV's gedurende de gehele teelt. De gemiddelde teelttemperatuur (in de regelmeetbox) is 0,9 °C lager uitgevallen dan in fase 5. Dit is met name het gevolg van het zo min mogelijk gebruiken van de assimilatie belichting. Hierdoor moet er voor een goede gewasontwikkeling in deze donkere periode van het jaar rustiger worden gestookt om een meer vegetatieve groei te creëren.

tabel 22 Gerealiseerde temperaturen tijdens de teelt

afdeling	19		20		21	
hoogte meetbox [m]	drogeboltemp. [°C]	RV [%]	drogeboltemp. [°C]	RV [%]	drogeboltemp. [°C]	RV [%]
bodem -0,15	17,6		16,9		17,2	
laag 0,15	17,6	87,6	17,3	85,0	18,1	82,3
regel 0,3-0,75	18,0	75,5	18,1	73,0	18,2	75,8
hoog 2,25	18,2	76,9	18,6	73,2	18,1	78,9

Opvallend zijn de verschillen in bodemtemperatuur, waarvoor geen duidelijke verklaring is. Met name in afdeling 19 is de bodemtemperatuur opvallend hoog in vergelijking met afdeling 20 en 21. De verschillen zijn tijdens de teelt vrijwel constant geweest. Voor de deze teeltperiode is de grond gestoomd. Tijdens de teelt is de bodemtemperatuur dan ook vrijwel continue gedaald tot eind december, waarna de bodemtemperatuur zich gestabiliseerd heeft. De bodemtemperatuur wordt duidelijk beïnvloed door de weersomstandigheden (buitentemperatuur). Gedurende een vorstperiode is de bodemtemperatuur in afdeling 19 en 20 ongeveer 0,5 °C gedaald. In afdeling 21 waar de verwarmingsbuizen 10 cm boven de grond liggen, blijft deze daling beperkt tot enkele tienden. De bodemtemperatuur in afdeling 21 is door de buisligging wel constanter dan in afdeling 19 en 20.

De vochtgehalten laten een vergelijkbaar patroon zien als in fase (5), zie tabel 13 en tabel 14 in paragraaf 4.2.3

De verschillen in luchttemperatuur en RV tussen de lage- en hoge-meetbox zijn tijdens deze teelt kleiner geweest dan in fase 5, wat onder andere het gevolg kan zijn van de lagere teelttemperatuur waardoor er rustiger gestookt is.

Door de lagere plantdichtheid is de LAI ook lager (vergelijk Figuur 27A uit paragraaf 6.2 met Figuur 33A uit paragraaf 6.3), waardoor een opener structuur in het gewas ontstaat met als gevolg dat de luchtcirculatie in het gewas beter is. Hierdoor zullen kleinere temperaturen en vochtverschillen ontstaan.



5 Energie

5.1 Oriënterende proef Naaldwijk (fase 4)

In de periode na 18 februari tot einde teelt is de hijsverwarming als primair verwarmingsnet gebruikt, met een maximale buistemperatuur van 60 °C. Omdat vanuit de literatuur bekend is dat een hoge buisligging extra energie kost, is aan de hand van de gemeten buis- en luchttemperaturen met behulp van vuistregels het bijbehorende energiegebruik berekend. Omdat de waarnemingen steeds in dezelfde afdeling zijn uitgevoerd, is de vergelijking van het energieverbruik berekend met gecorrigeerde waarden voor de buitentemperatuur. Voor de berekening zijn een paar nachten met hijsverwarming begrensd op 45 °C genomen en een paar nachten met de hijsverwarming begrensd op 60 °C. Door de hijsverwarming als primair net te gebruiken en de temperatuurbegrenzing te verhogen werd er voor de geselecteerde nachten 8 a 10 % minder energie gebruikt.

5.2 Onderzoek buisligging te Horst (fase 5)

Bij de berekening van het energiegebruik tijdens het onderzoek te Horst aan de effecten van de buisligging zijn alleen de gegevens gebruikt van de momenten waarop bij alle drie de afdelingen gelijktijdig meetgegevens beschikbaar zijn. Is er bijvoorbeeld in een afdeling een meting uitgevallen, dan zijn de metingen van de andere twee afdelingen ook niet meegenomen in de berekening. Het is ook voorgekomen dat kleppen van de menggroep niet goed zijn afgesloten geweest op momenten zonder warmtevraag. Door geringe lek zal dan een deel van de transportbuis achter de klep warm kunnen worden. Aangezien de buistemperatuurvoelers hierdoor beïnvloed kunnen zijn, is hiermee rekening gehouden door de gegevens van de door de klimaatcomputer berekende buistemperaturen te gebruiken om te bepalen of er wel of geen warmte vraag in de afdelingen is. De klimaatcomputer berekent op momenten zonder warmtevraag een gewenste buistemperatuur van 0 °C.

Het weekeinde van 19 januari is niet meegenomen bij de berekeningen, omdat in afdeling 20, in tegenstelling tot in de afdelingen 19 en 21, het scherm niet gesloten is geweest.

Bij de berekening van de energieverbruiken is een correctie voor de gevelverliezen uitgevoerd omdat afdeling 19 aan één zijde grenst aan een corridor, die wel vorstvrij wordt gehouden, maar niet op het temperatuurniveau ligt van de afdelingen zelf. De gevels zijn in de nacht, en zelfs een deel van de dag geschermd, om beïnvloeding van de assimilatiebelichting op andere proeven te voorkomen.

Als de corridor even warm zou zijn als de afdelingen, zou er geen warmteverlies naar de corridor zijn. Evenzo geldt dat bij een corridortemperatuur gelijk aan de buitentemperatuur de warmteverliezen van de afdeling evenredig zou toenemen met de corridor geveloppervlak ten opzichte van het totale buitenoppervlak (achtergevel en dek). De gemiddelde corridortemperatuur tijdens de teelt is berekend op 11 °C, de gemiddeld buitentemperatuur was 4,9 °C en de gemiddelde afdelingstemperatuur was 19,8 °C. In Figuur 19 is de situatie van de afdelingen, met oppervlakten geschetst.



buitengevel

afdeling 22 ¹⁾	buitengevel oppervlak 47 m ²	buitengevel oppervlak 47 m ²	buitengevel oppervlak 47 m ²
	afdeling 21	afdeling 20	afdeling 19
	kasdek oppervlak 334 m ²	kasdek oppervlak 334 m ²	kasdek oppervlak 334 m ²
	corridorgevel oppervlak 47 m ²	corridorgevel oppervlak 47 m ²	corridorgevel oppervlak 130 m ²
			zijcorridor

middencorridor

¹⁾ kastemperatuur afdeling 22 (amaryllis) vrijwel gelijk aan afdeling 21**Figuur 19** overzicht energieverliezen van de afdelingen

Vanuit afdeling 20, zijn er verliezen naar de buitengevel, het kasdek en de middencorridor. Er is geen warmteverlies naar de afdelingen 19 en 21 omdat deze op gelijke temperatuur gestookt worden. De verliezen door een gevel worden bepaald door het temperatuurverschil tussen de afdeling en de aangrenzende ruimte / randen (buitengevel, kasdek, corridor) en de k-factor¹. Het temperatuurverschil kas - buiten is 14.9 °C en kas - corridor is 8.8 °C. De k-factor is onder andere afhankelijk van de luchtstromingen langs de gevel. Aan de buitengevel is dus meer warmteverlies, doordat die gevel aan wind en regen blootstaat. Het kleinere verlies van de afdeling naar corridor ten opzichte van afdeling naar buiten wordt op 5% geschat. Als het totale energieverlies van afdeling 20 op 100% wordt gesteld, dan is de verdeling van deze verliezen over kasdek, buitengevel en corridor respectievelijk 82, 11.5 en 6.5%. Voor afdeling 19 is het gebruik gecorrigeerd voor de verliezen naar de zijcorridor (Verveer, J.B., 1995). Deze zijcorridor levert een meerverbruik op van 11% ten opzichte van afdeling 20 en afdeling 21. De gecorrigeerde energiegebruiken zijn in tabel 23 weergegeven, waarbij het gebruik van afdeling 19 op 100 is gesteld.

tabel 23 Energieverbruik fase 5

afdeling	19	20	21
proeffase	100,0	89,0	89,0
totaal proef	100,0	92,7	90,5

Uit tabel 23 blijkt dat het energieverbruik van afdeling 21 het laagst is. Een mogelijke verklaring voor het verschil in energieverbruik tussen afdeling 20 en 21 is dat in afdeling 21 zowel het boven- als ondernet in de buurt van de meetbox hangen en in afdeling 20 alleen het bovennet. Met een deel van de energie van het warme ondernet in afdeling 20 is de grond extra opgewarmd.

¹ Voor berekening, zie bijlage 1



5.3 Toetsing aanbevelingen te Horst (fase 6)

Het energieverbruik in deze fase is op chronologische wijze berekend als in paragraaf 5.2, met als belangrijkste verschillen dat er gedurende de gehele teelt het zijgevelscherf met de corridor naast afdeling 19, zie ook Figuur 19 in paragraaf 5.2, gesloten is geweest om energieverliezen te beperken. Daarnaast is geprobeerd om deze corridor beter op temperatuur te houden. Door de beperkte verwarmingscapaciteit en een ander schermtype (zonnescarf in tegenstelling tot het verduisterings / energiedoek in de afdelingen) van deze corridor is de gemiddelde corridor temperatuur 1,5 °C lager uitgevallen dan afdeling 19. De corridor voor de afdelingen 19, 20 en 21 vrijwel vergelijkbaar met de afdelingstemperaturen, waarbij de nachttemperatuur wat lager is dan afdelingstemperatuur en de dagtemperatuur wat hoger ligt.

In tabel 24 zijn de gecorrigeerde energieverbruiken weergegeven, waarbij afdeling 19 als referentie op 100 is gesteld.

tabel 24 Energieverbruik fase 6

afdeling	19	20	21
relatief energieverbruik	100,0	97,3	96,4

De verschillen in energieverbruik zijn in deze fase 6 kleiner dan in fase 5. Hiervoor is geen eenduidige verklaring te geven. Mogelijke oorzaken hiervan zijn:

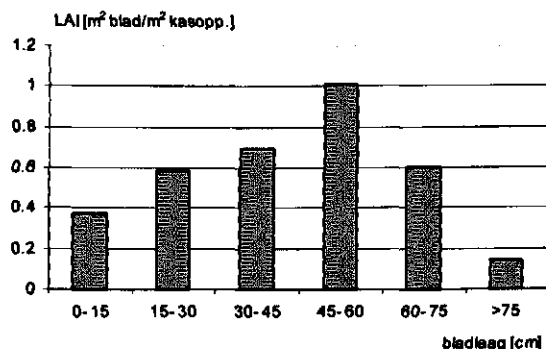
- de iets mildere winter 1998 – 1999 dan de winter van 1997 – 1998
- lagere teelttemperatuur waardoor minder gestookt hoeft te worden en daarmee energiebesparings effecten verminderd worden
- lagere LAI van het gewas en daardoor een opener structuur in het gewas zodat er minder grote verticale temperatuurverschillen zijn ontstaan, die dan ook middels het stoken van onderuit (afdeling 21) ook niet opgelost hoeft te worden.



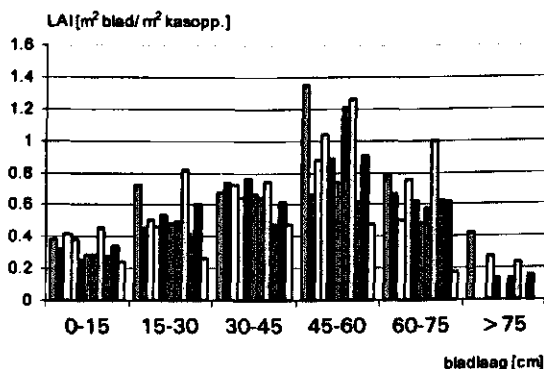
6 Gewas

6.1 Oriënterende proef Naaldwijk (fase 4)

De waarnemingen aan het gewas zijn gedaan, nadat de hijsverwarming in zijn hoogste stand van 43,5 cm was geplaatst. Dit is tijdens de rest van de teelt zo gehandhaafd. Dit was vanaf 17 januari, waarna eind januari gestart is met de bladmetingen. Om inzicht in de plantopbouw te krijgen zijn er ter oriëntatie 3 LAI bepalingen gedaan. Hierbij is de totale LAI bepaald, de verdeling van het bladoppervlak per bladlaag van 15 cm en de spreiding tussen de planten. De plantdichtheid was 35 planten per m². De waarnemingen zijn gedaan bij White Reagan.



Figuur 20 LAI verdeling per bladlaag sectie van 15 cm op 28 februari 1997



Figuur 21 De LAI verdeling per bladlaag sectie van 15 cm van 11 afzonderlijke planten op 28 februari 1997

Op 30 januari was de gemiddelde LAI 2,78 m² per m² kasoppervlak. De planten hadden op dat moment een gemiddelde lengte van 72 cm. De metingen zijn gedaan bij 20 planten. Hierbij werd een variatie coëfficiënt in bladoppervlak gevonden van 14%. Een maand later, op 28 februari, werd er een gemiddelde LAI van 3,4 gemeten. De planten zijn hierbij in bladsecties van 15 cm opgedeeld. In Figuur 20 is te zien dat de dichtste bladlaag zich bevindt in de sectie 45-60 cm. In deze sectie werd een LAI van 1,0 gemeten. De hijsverwarming hing op dat moment op 43,5 cm. Van het overige blad bevond zich 48% onder deze laag. Boven de 60 cm bevond zich 22% van het blad.

Effecten van buisligging bij de teelt van chrysanten

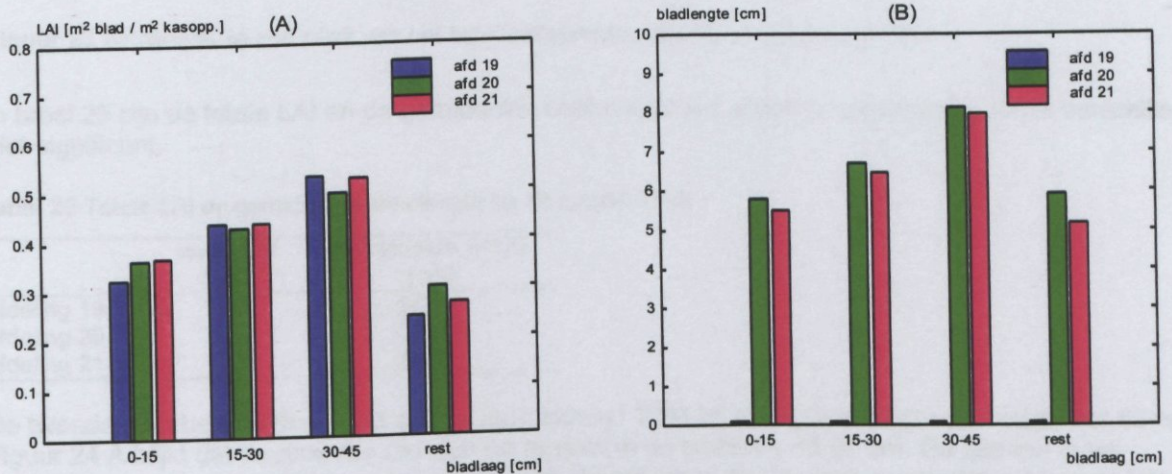
Van 11 extra planten is op 28 februari van iedere plant afzonderlijk de LAI verdeling per bladsectie bepaald om inzicht te krijgen van de spreiding binnen een secties. Figuur 21 geeft deze resultaten weer. Binnen een bladsecties is een grote spreiding in bladoppervlak te zien. Per bladsectie ligt het verschil tussen het kleinste en grootste bladoppervlak rond de 50%. Het jaargetijde waarin de proef is uitgevoerd veroorzaakt dergelijke spreidingen in de waarnemingen. De gegevens werden gebruikt om een gerichte opzet voor een teeltextperiment te maken, waarbij fysische metingen gecombineerd werden met intensieve gewaskundige waarnemingen.

6.2 Onderzoek buisligging te Horst (fase 5)

Zie Figuur 3 paragraaf 3.2 voor een overzicht van de indeling van de afdelingen en de cultivars. Tijdens de teelt is drie keer een uitgebreide analyse van de gewasopbouw verricht.

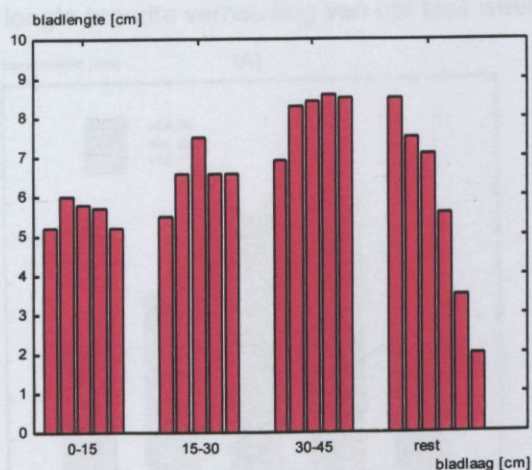
De eerste plantbeoordelingen zijn voor aanvang van de extra meetwaarneming aan lucht- en bladtemperaturen op 19 januari 1998 gedaan. De planten hadden op dat moment een lengte van ongeveer 50 cm.

De plantdichtheid was 35 planten per m². De LAI bepalingen zijn gedaan aan de hand van 30 planten per afdeling. De waarnemingen zijn gedaan bij het ras Sunny Reagan.



Figuur 22 LAI verdeling per bladlaag sectie van 15 centimeter in 3 afdelingen (A) en de bladlengte per bladlaag sectie van 15 centimeter in 2 afdelingen op 19 januari 1998 (B).

In Figuur 22 A is per afdeling de LAI-verdeling per bladlaag van 15 cm gegeven. Hiervoor is de plant opgedeeld in secties van 15 centimeter vanaf de pot, en de LAI van alle bladen in deze sectie gesommeerd. Van elke plant is tevens de lengte bepaald. De grootste LAI bevindt zich in de bladlaag 30-45 cm. Zowel in LAI als plantlengte zijn tussen de behandelingen geen betrouwbare verschillen. Bij kas 20 en 21 zijn bij 6 planten van elk blad de bladlengte gemeten. In Figuur 22 B staan de gemiddelde bladlengtes per bladlaag gegeven. In afdeling 19 zijn geen bladlengte metingen uitgevoerd. In Figuur 23 is van één van de planten een voorbeeld gegeven van een gehele bladlengte verdeling van een plant. Hierbij is de grootste lengte van het blad bepaald. Deze gegevens worden in het model gebruikt om de warmte afgifte van het blad naar de lucht te kunnen berekenen.

Effecten van buisligging bij de teelt van chrysanten

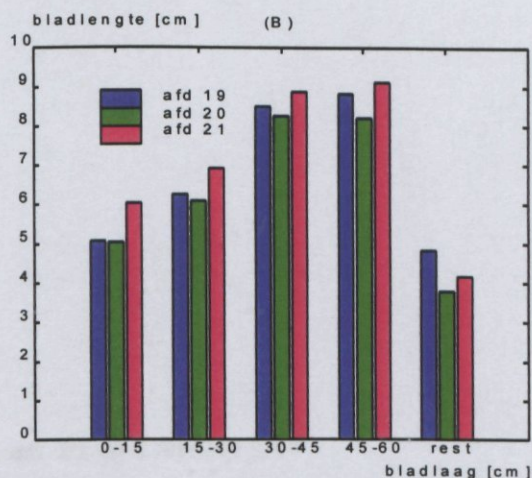
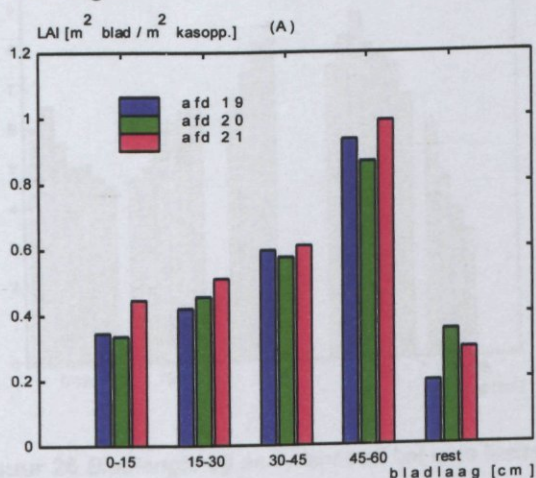
Figuur 23 Bladlengte bij een plant van het lage teeltsysteem, afd.20, op 19 januari 1998

In tabel 25 zijn de totale LAI en de gemiddelde steellengte per afdeling opgenomen. Deze verschillen zijn niet significant.

tabel 25 Totale LAI en gemiddelde steellengte op 19 januari 1998

	totaal LAI [m ²]	gemiddelde lengte [cm]
afdeling 19	1,48	50,8
afdeling 20	1,50	50,4
afdeling 21	1,51	50,4

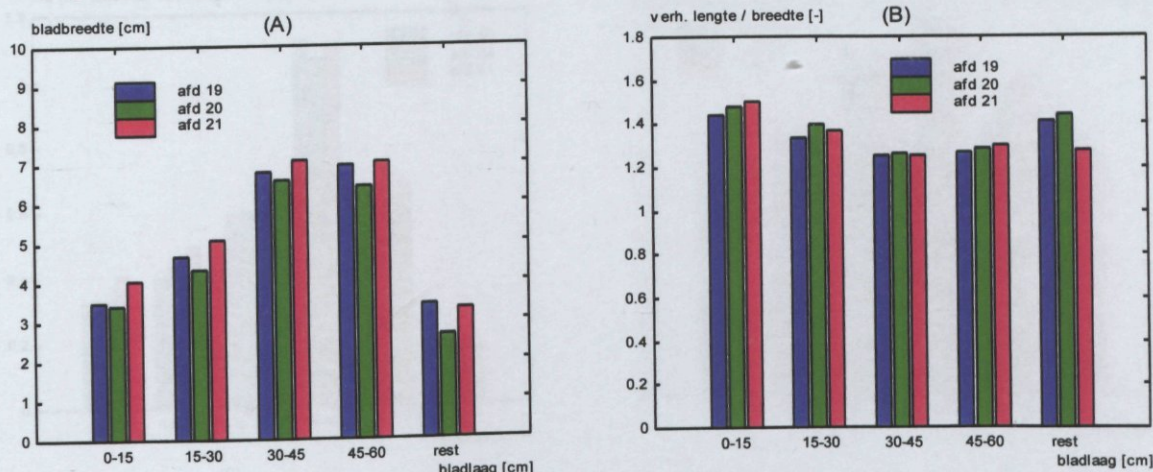
De tweede plantbeoordeling vond plaats op 2 februari 1998 bij een gewaslengte van ongeveer 65 cm. Uit Figuur 24 A blijkt dat de grootste LAI zich nu bevindt in de bladlaag 45-60 cm. De planten in het traditionele systeem hebben een iets lagere LAI. Dit zal veroorzaakt worden doordat het gewas iets korter is. De LAI in de bovenste laag is daardoor lager. Bij het lage en variabele systeem is er geen verschil in gewaslengte.



Figuur 24 LAI verdeling per bladlaag sectie van 15 centimeter in 3 afdelingen (A) en de bladlengte per bladlaag sectie op 2 februari 1998 (B)

Effecten van buisligging bij de teelt van chrysanten

Bij alle behandelingen is bij 6 planten de lengte, Figuur 24 B, en breedte, Figuur 25 A, van alle bladeren bepaald. Zowel het langste als breedste blad bevonden zich in de laag 30-45 en 45-60 cm. In Figuur 25 B is de lengte breedte verhouding van het blad weergegeven.

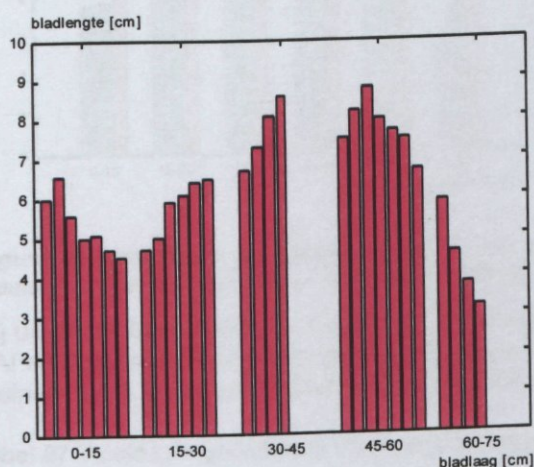


Figuur 25 Bladbreedte per bladlaag sectie van 15 centimeter in 3 afdeling (A) en de verhouding bladlengte - bladbreedte per bladlaag sectie op 2 februari 1998 (B)

Van het lage systeem, afdeling 20, is in Figuur 26 een voorbeeld gegeven van de verdeling van bladlengte over de plant. In tabel 26 zijn de totale LAI en de gemiddelde steellengte per afdeling opgenomen. Deze verschillen zijn niet significant.

tabel 26 Totale LAI en gemiddelde steellengte op 2 februari 1998

	totaal LAI [m ²]	gemiddelde lengte [cm]
afdeling 19	2,46	62,9
afdeling 20	2,51	64,8
afdeling 21	2,82	65,2

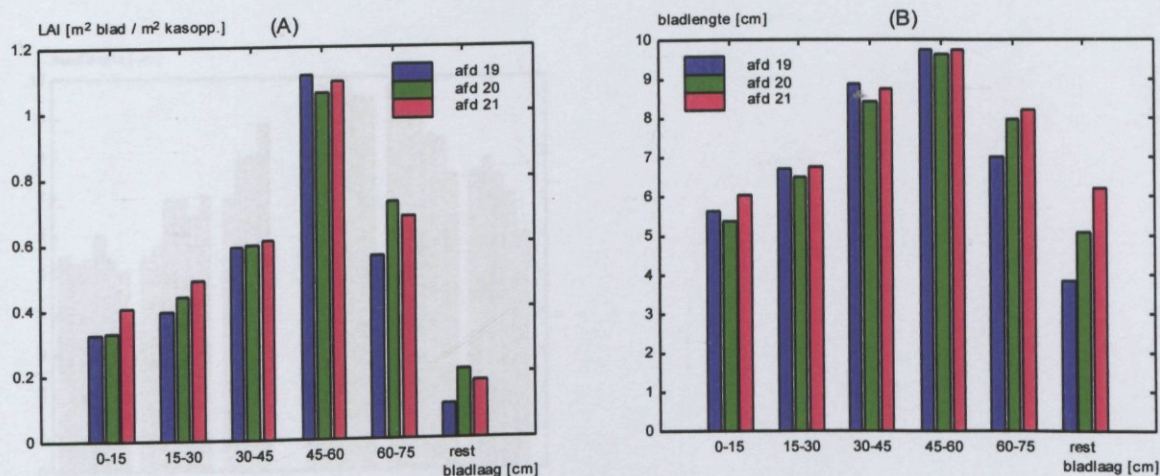


Figuur 26 Bladlengte bij een plant van het lage teeltsysteem, afd. 20, op 2 februari 1998

De derde plantbeoordeling vond plaats op 16 februari 1998 bij een gewaslengte van ongeveer 80 cm. De planten waren toen 5½ week in de korte dag. Uit Figuur 27 A blijkt dat de grootste LAI zich nog steeds in de bladlaag 45-60 cm bevindt. De planten in het traditionele systeem hebben een iets lagere LAI. Dit zal

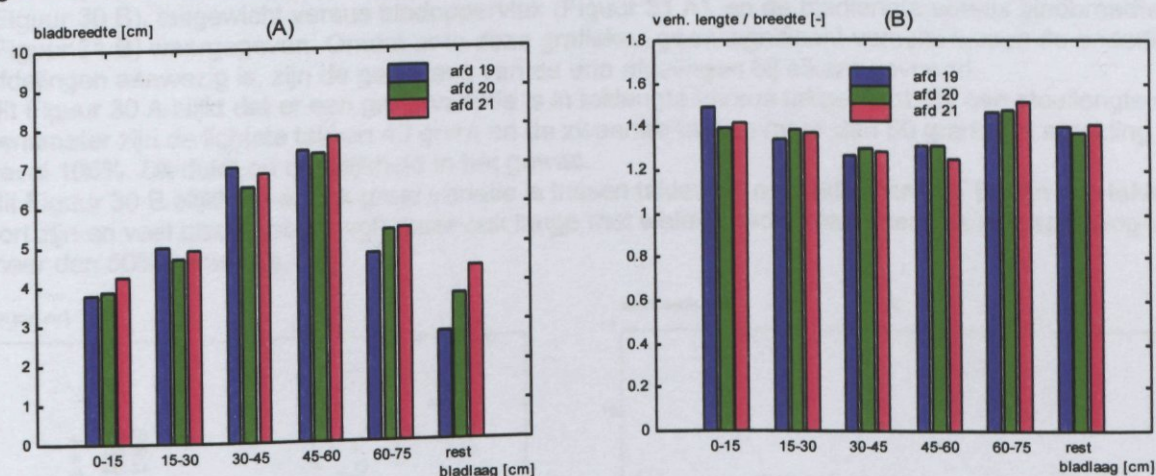
Effecten van buisligging bij de teelt van chrysanten

veroorzaakt worden door het kortere gewas. De LAI in de bovenste twee bladlagen is daardoor lager. Bij het lage en variabele systeem is er geen verschil in LAI en gewaslengte.



Figuur 27 LAI verdeling per bladlaag sectie van 15 centimeter (A) en de bladlengte per bladlaag sectie in 3 afdelingen op 16 februari 1998 (B)

Bij alle behandelingen is bij 4 planten de lengte en breedte van alle bladeren bepaald, Figuur 27 B en Figuur 28 A. Zowel het langste als breedste blad bevonden zich in de laag 45-60 cm.

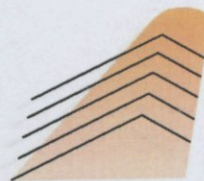


Figuur 28 Bladbreedte per bladlaag sectie van 15 centimeter (A) en de verhouding bladlengte - bladbreedte per bladlaag sectie in 3 afdelingen op 16 februari 1998 (B)

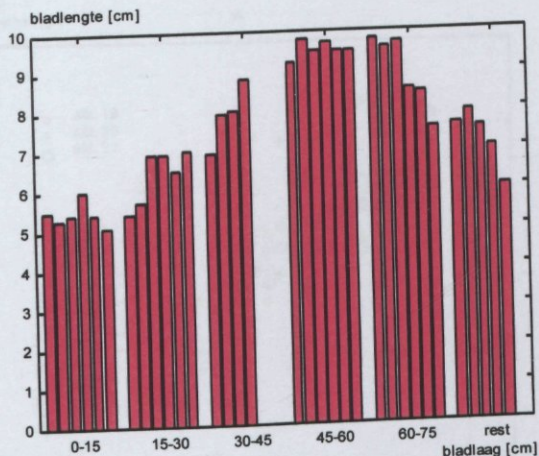
Bij de derde beoordeling is tevens het takgewicht meegenomen en opgenomen in tabel 27 bij de totale LAI en de gemiddelde taklengte. De takken uit het traditionele systeem zijn duidelijk lichter. (korter en een kleinere LAI). Deze verschillen zijn niet significant.

tabel 27 Totale LAI, gemiddelde steellengte en takgewicht op 16 februari 1998

	totaal LAI [m²]	gemiddelde lengte [cm]	gemiddeld takgewicht [gr]
afdeling 19	3,02	77,0	48,7
afdeling 20	3,33	79,7	55,1
afdeling 21	3,42	80,7	56,0

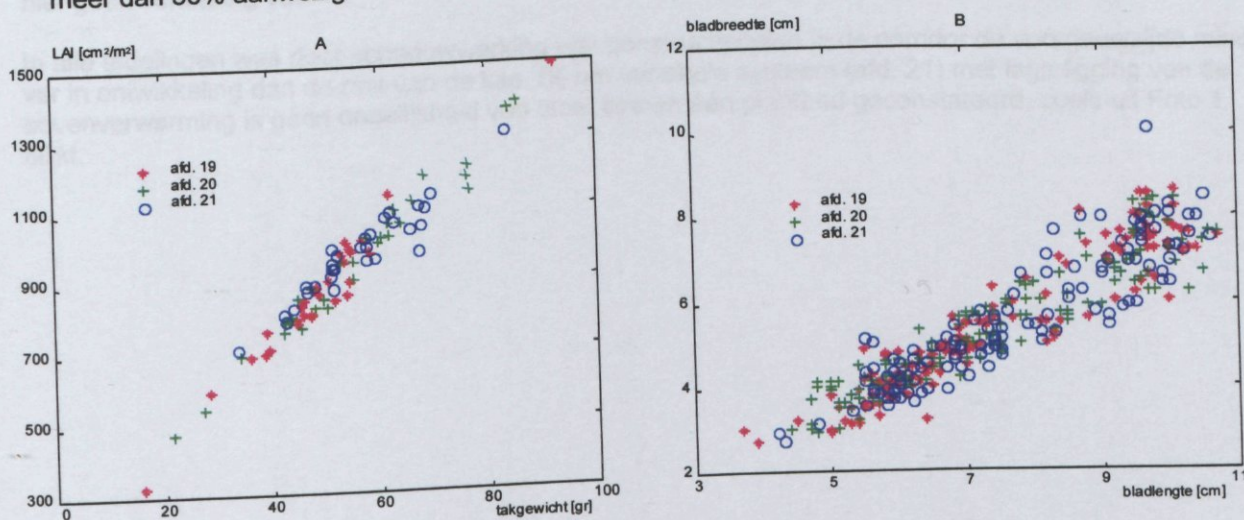
Effecten van buisligging bij de teelt van chrysanten

In Figuur 29 is van het lage systeem, afd. 20, een voorbeeld gegeven van de verdeling van bladlengte over de plant.



Figuur 29 Bladlengte bij een plant van het lage teeltsysteem, afd. 20, op 16 februari 1998

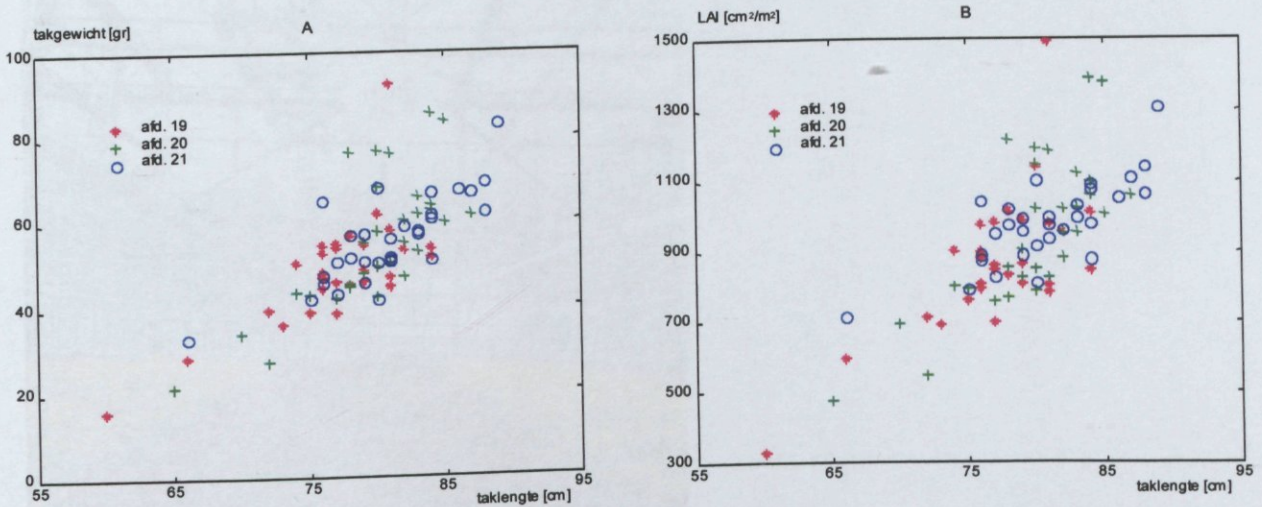
In de Figuur 30 en Figuur 31 is van alle takken, 3 afdelingen à 30 takken die op 16 februari zijn geoogst voor de plantbeoordeling, de taklengte versus takgewicht (Figuur 30 A), taklengte versus bladoppervlak (Figuur 30 B), takgewicht versus bladoppervlak (Figuur 31 A), en de bladlengte versus bladbreedte (Figuur 31 B) weergegeven. Omdat er in deze grafieken geen significant verschil tussen de onderlinge afdelingen aanwezig is, zijn de gegevens van de drie afdelingen bij elkaar gevoegd. Uit Figuur 30 A blijkt dat er een grote variatie is in taklengte versus takgewicht. Bij een steellengte van 80 centimeter zijn de lichtste takken 40 gram en de zwaarste takken meer dan 80 gram. De spreiding is in dit geval 100%. Dit duidt op ongelijkheid in het gewas. Uit Figuur 30 B blijkt dat er ook grote variatie is tussen taklengte en bladoppervlak. Er zijn dus takken die kort zijn en veel blad hebben (vol) maar ook lange met weinig blad (rank). Hierbij is een spreiding van meer dan 50% aanwezig.



Figuur 30 Taklengte en takgewicht (A) en taklengte en bladoppervlak (B) per tak op 16 februari 1998

Effecten van buisligging bij de teelt van chrysanten

Dat er weinig spreiding is tussen het takgewicht en het bladoppervlak Figuur 31 A, is logisch omdat het takgewicht voornamelijk door de hoeveelheid (dus ook oppervlak) blad bepaald wordt.



Figuur 31 Takgewicht en bladoppervlak per tak (A) en bladlengte en bladbreedte (B) op 16 februari 1998

Op 16 februari 1998 is er geen verschil in bloei tussen de afdelingen geconstateerd. Tussen de planten binnen een afdeling, waren onderling wel duidelijke verschillen te zien. Het jaargetijde waarin de teelt heeft plaats gevonden veroorzaakt meer variatie. Bovendien was er een duidelijk schaduw effect van de corridor te zien.

Op 5 maart, 5 dagen voor de oogst, is er een visuele beoordeling gegeven van het gewas. Per behandeling is er gekeken naar ongelijkheid in lengte en bloei in een afdeling en verschillen in bloeistadium tussen de afdelingen onderling.

In alle afdelingen is ongelijkheid in het bed waargenomen. Dit was het sterkst bij het traditionele en variabele systeem (afd. 19 en 21). Deze ongelijkheid leek willekeurig tussen de bedden te lopen zodat hier geen verklaring voor is.

In alle afdelingen was door schaduwwerking van constructiedelen in de corridor de voorgevelzijde minder ver in ontwikkeling dan de rest van de kas. Bij het variabele systeem (afd. 21) met lage ligging van de bovenverwarming is géén ongelijkheid van bloei binnen één plantbed geconstateerd, zoals uit Foto 1 blijkt.



Foto 1 Gelijkheid van bloei in het bed in afdeling 21.

In deze afdeling was wel de kas in zijn geheel iets verder in knopontwikkeling. Door de lage ligging van het bovennet en de hijsverwarming onder de kop van het gewas, is het mogelijk dat de kop van het gewas wat warmer is geweest.

In alle afdelingen was het ras Sunny Reagan wat langer (ruim 5 centimeter) dan Red Reagan. Het gemiddeld takgewicht van 67,9 en 69,4 gram/stuk bij het lage en variabele verwarmingssysteem was op dat moment (5 maart) respectievelijk 11 en 14% hoger dan bij het traditionele systeem.

Bij het lage verwarmingssysteem bleek in zeer geringe mate bladverbranding onder in het gewas voor te komen, zoals uit Foto 2 blijkt. Dit had echter geen invloed op de productontwikkeling en kwaliteit. De enkele bladen die verbrand waren zijn bij het afsnijden van de pot automatisch meegenomen omdat deze bladeren dicht bij de pot zaten.

Effecten van buisligging bij de teelt van chrysanten

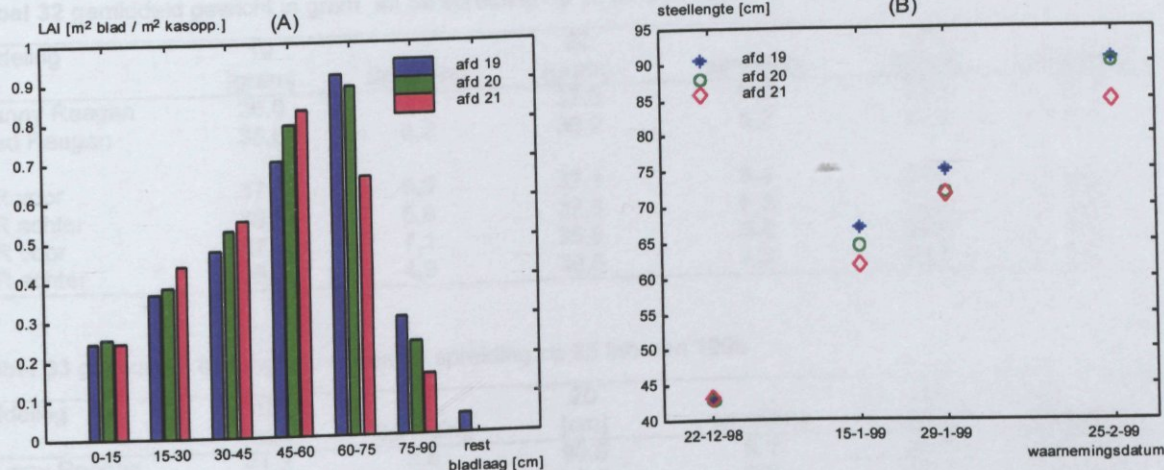
Foto 2 Bladverbranding ten gevolge van warme ondernet in afdeling 20

Direct na de oogst is in 4 proefvakken per afdeling het aantal takken geteld, die door achterblijvende bloeiontwikkeling niet zijn geoogst. Deze proefvakken zijn twee om twee verdeeld over de rassen Sunny- en Red-Reagan. In tabel 28 zijn de resultaten van deze telling weergegeven. De weergegeven getallen zijn de sommatie van beide proefvakken. In ieder proefvak stonden 216 planten, zodat er in twee proefvakken in totaal 432 takken te oogsten zijn. De verschillen zijn niet significant.

tabel 28 Aantal takken die bij de oogst nog niet genoeg ontwikkeld waren om te oogsten

afdeling	Sunny Reagan	Red Reagan	totaal achterblijvers	% niet geoogst
19	58	49	107	25
20	53	40	93	22
21	32	19	51	12

Bij het traditionele en lage systeem zijn bijna twee maal zoveel takken achter gebleven als bij het variabele systeem (afdeling 21). Ook is er een duidelijk onderscheid tussen de twee rassen.

**Effecten van buisligging bij de teelt van chrysanten**

Figuur 33 LAI verdeling per bladlaag sectie van 15 centimeter in 3 afdelingen op 25-februari-1999 (A) en de steellengte van het ras Sunny Reagan gedurende de teelt

In Figuur 33 A staat de LAI verdeling op het einde van de teelt. Afdeling 19 en 20 hebben de grootste bladlaag in de sectie 60-75 cm. Afdeling 21 heeft de grootste bladlaag in sectie 45-60 cm. In tabel 30 staat de totaal LAI en gemiddelde steellengte. Afdeling 21 heeft een iets lagere LAI, dat komt door een wat kortere steellengte. Dit verschil is op het eind van de teelt ontstaan (Figuur 33 B).

tabel 30 Totale LAI en gemiddelde steellengte op 25 februari 1999

	totaal LAI [m ²]	Gemiddelde lengte [cm]
afdeling 19	3,0	90,6
afdeling 20	3,1	90,1
afdeling 21	2,8	84,7

Tijdens de teelt zijn twee uitgebreide oogstwaarnemingen gedaan, een tusseñoogst op 15 januari en een eindooogst op 25 februari. Hierbij zijn beide rassen bemonsterd. De waarnemingen zijn aan 400 planten per afdeling gedaan. Bij de tusseñoogst is er een onderscheid gemaakt in de ligging voorin en de ligging achterin een afdeling.

tabel 31 gemiddelde taklengte in cm en de spreiding op 15 januari 1999

Afdeling	19 [cm]	Spreiding	20 [cm]	spreiding	21 [cm]	Spreiding
Sunny Reagan	67,1	2,9	64,9	5,0	61,7	5,2
Red Reagan	66,6	3,7	66,0	7,8	61,5	4,1
SR voor	67,1	3,5	66,9	5,1	64,3	4,2
SR achter	67,1	4,4	62,8	4,1	59,2	4,8
RR voor	67,4	4,2	69,5	3,5	62,0	4,6
RR achter	65,9	2,9	62,5	9,3	61,1	3,5



tabel 32 gemiddeld gewicht in gram en de spreiding op 15 januari 1999

Afdeling	19 [gram]	Spreiding	20 [gram]	spreiding	21 [gram]	spreiding
Sunny Reagan	38,0	6,4	37,5	6,0	33,1	5,7
Red Reagan	36,6	6,2	36,2	5,2	31,3	6,4
SR voor	37,1	5,9	37,1	6,4	33,7	5,7
SR achter	38,8	6,8	37,8	5,6	32,4	5,8
RR voor	37,7	7,1	35,8	5,8	29,4	5,7
RR achter	35,5	4,9	36,6	4,6	33,2	6,6

tabel 33 gemiddeld taklengte in cm en de spreiding op 25 februari 1999

Afdeling	19 [cm]	Spreiding	20 [cm]	spreiding	21 [cm]	Spreiding
Sunny Reagan	91.3	3.8	90.6	5.1	88.6	4.3
Red Reagan	86.0	3.3	88.5	3.8	83.4	4.4
Gemiddeld	88.6	4.4	89.5	4.6	86.0	5.0

tabel 34 gemiddeld gewicht in gram en de spreiding op 25 februari 1999

Afdeling	19 [gram]	Spreiding	20 [gram]	spreiding	21 [gram]	Spreiding
Sunny Reagan	69.0	11.6	68.7	14.2	68.4	13.9
Red Reagan	63.7	12.3	64.9	12.9	62.8	11.2
Gemiddeld	66.3	12.2	66.8	13.7	65.6	13.9

Bij de tusseñoogst op 15 januari is alleen in afdeling 20 bij beide rassen de taklengte voorin de afdeling kleiner dan achter in de kas. Dit is echter niet terug te vinden in de gewichten.

Bij de tusseñoogst zijn nog verschillen in lengte en gewicht te zien tussen de afdelingen.

Voor beide rassen geldt dat bij de tusseñoogst op 15 januari de plantlengte in afdeling 21 gemiddeld wat kleiner is dan in de andere afdeling. Bij de eindooogst zijn er geen verschillen meer ten opzichte van de standaard behandeling in afdeling 19.



7 Conclusies en aanbevelingen

Het energieverbruik kan door aanpassing van de plaatsing van het verwarmingssysteem met ongeveer 10% verlaagd worden ten opzichte van het traditionele verwarmingssysteem.

Bij een ligging van de bovenverwarming op 50-75 cm boven de kop van het gewas is er weinig tot geen verschil in energieverbruik tussen primair stoken via de bovenverwarming of via de laagliggende hijsverwarming onder in het gewas. Het grootste deel van de energiebesparing is het gevolg van de verplaatsing van het bovennet van hoog in de kas naar 50-75 cm boven de kop van het gewas.

De grote temperatuurverschillen, zoals die bij de traditionele systemen tussen de kop en de voet van het gewas gemeten worden, kunnen door aanpassingen van het verwarmingssysteem voor een groot deel opgeheven worden.

Bij een ligging van het bovennet op 50-75 cm boven de kop van het gewas worden verticale verschillen in lucht- en bladtemperaturen grotendeels opgeheven bij primair stoken via de laagliggende hijsverwarming. Primair stoken met de bovenverwarming op 50-75 cm boven het gewas geeft geen vermindering van verschillen van de luchttemperatuurverdeling tussen het gewas ten opzichte van een hoogliggend bovennet.

Het inbrengen van warmte via een verwarmingsnet op 50-75 cm boven het gewas leidt bij de gebruikte rassen niet tot bloeiongelijkheid.

Grote warmte inbreng, bij een voldoende ontwikkelde plant, via een laagliggende verwarming tussen het gewas geeft geen noemenswaardige schade (bladverbranding) aan het gewas.

De aanpassingen in het verwarmingssysteem hebben geen nadelige invloed gehad op de ontwikkelingen van het gewas.

Door het primair stoken van het ondernet onder in het gewas daalt het absoluutvochtgehalte onder in het gewas, waardoor er minder vochtproblemen kunnen ontstaan.



8 Discussie en vertaling naar andere gewassen

Gewasstructuur

In het eerste project naar de effecten van de buisligging op het kasklimaat, was de aan een hoge draad geteelde tomaat het toetsgewas (Kempkes e.a., 1998). In het tweede project is het onderzoek uitgevoerd met chrysant als toetsgewas. De reden hiervoor was, dat een chrysantengewas een geheel andere structuur en kasvulling heeft dan een hoge draad tomaat. Het tomatengewas vult de kas tot een hoogte van circa drie meter met een relatief open gewasstructuur. Tussen de rijen zijn plukpaden aanwezig. Een chrysantengewas wordt circa één meter hoog en vormt daarbij een zeer dichte gewasstructuur. Naar mate het gewas in lengte toeneemt, verdwijnen de toch al smalle paden vrijwel geheel. Door de dichte gewasstructuur is er weinig luchtbeweging tussen de planten. Dit geldt te meer als in de winter de luchtramen gesloten zijn. Ook de warme lucht van een laaggelegen net stijgt minder snel dan bij een gewas met een opener structuur. Hierdoor zijn de verticale temperatuurverschillen groter dan bij een gewas met een opener structuur en een zelfde buisligging en buistemperatuur. Bij deze dichte gewasstructuur kan de luchtvochtigheid binnen het gewas ook hoger oplopen dan binnen een gewas met een minder dichte structuur. Dit wordt bij de chrysant nog versterkt omdat er in de grond wordt geteeld en watergegeven met een regenleiding in plaats van een druppelbevloeingsysteem zoals bij tomaat. Bij de teelt in substraat wordt de grond afgedekt met folie, waardoor er weinig vocht vanuit de grond verdampt.

Energiebesparing

Uit het onderzoek met chrysant en het eerdere onderzoek met tomaat blijkt, dat zowel bij een open als een gesloten gewasopbouw een als primaire verwarming gebruikt laag gelegen buisennet energie bespaart ten opzichte van een hoog gelegen primair buisennet. Op het belang van een laag primair verwarmingssysteem om tot energiebesparing te komen werd reeds eerder gewezen door verschillende auteurs (Nijeboer e.a. 1981. Mol, 1982. De Groot, 1995.). Afhankelijk van de gewasdichtheid, de stooktemperatuur en het buitenklimaat werd bij chrysant in dit project een energiebesparing van 4 tot 9% behaald. Dit komt overeen met eerder onderzoek naar buisligging bij tomaat (Kempkes, e.a., 1998). Gezien de resultaten van zowel het chrysanten als tomaten project kan gesteld worden, dat ook voor andere groente- en bloemisterijgewassen min of meer gelijke energiebesparingen zijn te verwachten bij de verschillende buisliggingen.

Klimaat in het gewas tussen de planten

Bij de traditionele buisligging treden grotere verticale temperatuurverschillen op dan bij een aangepaste buisligging. Door het ondernet (hijswerwarming) niet zoals gebruikelijk met de groei van het gewas op te halen maar te laten liggen en een maximum temperatuur van 60 °C aan te houden in plaats van de gebruikelijke 38 °C, werd een droger klimaat tussen de planten gerealiseerd. Hier ligt een mogelijkheid voor nog enkele procenten extra energie besparing. De lagere luchtvochtigheid heeft een positief effect op de transpiratie (Stangellini, 1987., De Graaf, 1993) en voorkomt het eventueel optreden van calciumgebrek in de groeipunten als gevolg van een te geringe verdamping (De Krey, 1993). Een belangrijk neveneffect is echter een minder gebruik van gewasbeschermingsmiddelen omdat de infectiekansen op onder andere Japanse roest verkleinen (Van der Hoeven, 1990). Om schimmelaantasting door vochtminnende schimmels zoals bijvoorbeeld Japanse roest en Botrytis zo veel mogelijk te voorkomen, dient het gewas namelijk droog te blijven. Met een laag gelegen verwarmingsnet van 60 °C is dat met minder energie te bereiken dan met het in de praktijk gebruikelijke en hoger gelegen net van 38 °C. Hoe groot die extra besparing precies is, is niet nauwkeurig uit dit onderzoek af te leiden. Er werd immers niet gestookt op basis van een zelfde luchtvochtigheid in het gewas, maar op een zelfde ruimtetemperatuur boven het gewas.



Effecten van buisligging bij de teelt van chrysanten

Het drogende effect van een laaggelegen 60 °C buis is niet alleen van belang voor de chrysant, maar voor alle gewassen die in bedden worden geteeld en een dichte gewasstructuur hebben. Een vochtig microklimaat tussen de planten bevordert namelijk bij veel gewassen de ontwikkeling van plantparasitaire schimmels. Een gericht gebruik van een laaggelegen verwarmingsnet om de vochtigheid in het gewas te verminderen, biedt dan ook een mogelijkheid om het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen in de teelt terug te dringen. Het milieumes-snijdt dan aan twee kanten: (1) een hogere energie-efficiency en (2) een verminderd gebruik van gewasbeschermingsmiddelen.

Effect op gewas en eindproduct

De groei en ontwikkeling van de chrysant zijn temperatuurafhankelijk (Heij en van der Hoeven, 1982). Om een homogeen gewas te krijgen is daarom een gelijke temperatuurverdeling noodzakelijk. Het effect van de verschillen in buisligging op het gewas en het eindproduct was zeer gering en niet statistisch betrouwbaar. De bossen bloemen verschilden niet in kwaliteit. Ook de hoge (60 °C) buistemperatuur had geen nadelige gevolgen voor het eindproduct. Slechts een enkel blad dat direct met de buis in aanraking kwam was verbrand. De invloed hiervan op groei en ontwikkeling was nihil. Tijdens de oogst wordt dit blad samen met andere laag aan de stengel gezeten bladeren verwijderd. Vanuit het gewas en de teelt geredeneerd zijn er dan ook geen belemmeringen om voor de meest energie-efficiënte buisligging en stookprioriteit te kiezen. Omdat er in de proeven geen ziekten voorkwamen in het gewas, kon een effect van buisligging op met name Japanse roest en Botrytis niet worden aangetoond.

Andere gewassen

Tomaat en chrysant vertegenwoordigen twee uitersten wat gewasstructuur en kasvulling betreft. Voor beiden geldt, dat een lage buisligging tot energiebesparing leidt ten opzicht van een hoge buisligging, zonder dat dit ten koste gaat van productie en kwaliteit. Het is dan ook aannemelijk dat de resultaten voor wat de energiebesparing en het kasklimaat betreft, in hoofdlijnen ook gelden voor gewassen met een vergelijkbare of tussenliggende structuur en kasvulling. Voor snijbloemen kan men dan denken aan onder andere aster, anjer, Bouvardia, Eustoma, lelie en roos. Voor wat de vruchtgroenten onder andere aan paprika, komkommer en aubergine. Een uitzondering zal gemaakt moeten worden voor gewassen waarbij in een bepaalde periode van de teelt de bodemtemperatuur van grote invloed is op de productie. Dit geldt onder andere voor fnesia en Alstroemeria. In dat geval kan een laag gelegen net met hoge temperatuur de bodemtemperatuur boven het optimum doen stijgen en tot oogstverlating en/of vermindering zorgen.

Bij gewassen met looppaden (plukpaden) wordt meestal gebruik gemaakt van het buisrailsysteem als primaire verwarming. Hierbij wordt het grootste deel van de warmte onder in het gewas gebracht. Een hoger gelegen secundair net wordt alleen ingeschakeld als het primaire net aan capaciteit te kort schiet. De resultaten van het onderzoek in dit en voorgaand project tonen aan dat dit uit oogpunt van energie-efficiency en kasklimaat een goed verwarmingssysteem is.



Literatuur

- Heij, G en A.P. van der Hoeven, 1982. Invloed op bloemaanleg en takopbouw. Vakblad voor de Bloemisterij, 49(1982): 26-27.
- Van der Hoeven, A.P., 1990. Infectiekans Japanse roest in Chrysanten verkleinen. Vakblad voor de Bloemisterij, 40(1990): 40-41.
- De Groot, M.A.G., 1995. Energieverbruik per chrysant kan verder omlaag. Vakblad voor de Bloemisterij, 35(1995): 40-41.
- Nijeboer, D.J. en G.P.A. van Holsteijn, 1981. Perspectieven voor gewasverwarming bij jaarrond chrysanten. Vakblad voor de Bloemisterij, 35(1981): 28-33.
- Mol, C., 1982. Legio mogelijkheden voor omlaag brengen verwarming. Vakblad voor de Bloemisterij, 41(1982): 40-43.
- Bakker, J.C., Bos, L. van den, Arendzen, A.J., en Spaans, L., 1988. A distributed system for glasshouse climate control, data acquisition and analysis. Computers and Electronics in Agriculture, 3: 1-9.
- Bakker, J.C., 1991. Analysis of humidity effects on growth and production of glasshouse fruit vegetables. Dissertation Agricultural University, Wageningen, 155pp.
- Bakker, J.C., de Zwart, 1997. Nieuw programma bestrijdt klimaatverschillen, Vakblad voor de Bloemisterij, 45: 46-47.
- Bot G.P.A. en Van de Braak, N.J., 1995. Transport phenomena. In: Greenhouse climate control: an integrated approach (Eds. J.C. Bakker, G.P.A. Bot, H. Challa and N.J. van de Braak). Wageningen Pers, 125-134.
- De Graaf, R., 1993. Plantgewicht schommelt door verdamping en groei. In: Luchtvochtigheid, informatiereeks no.104: 28-29
- De Krey, C., 1993. Plantgewicht schommelt door verdamping en groei. In: Luchtvochtigheid, informatiereeks no.104: 36-37
- Marcelis, L.F.M. en De Koning, A.N.M., 1995. Biomass partitioning in plants. In: Greenhouse climate control: an integrated approach (Eds. J.C. Bakker, G.P.A. Bot, H. Challa and N.J. van de Braak). Wageningen Pers, 84-92.
- Kempkes, F.L.K., Bloemhard, C.M.J., van de Braak, N.J., Bakker, J.C., 1998, Effecten van buisligging bij de teelt van tomaat, onderzoek naar verticale temperatuur- en vochtverschillen, energiegebruik en groei. Rapport nr. 98-134 PBG Naaldwijk.
- Stangellini, C., 1987. Transpiration of greenhouse crops, an aid to climate management. Ph.D. Dissertation, Agricultural University, Wageningen, 150pp.
- Van Holsteijn, G.P.A en Kempkes, F.L.K., 1993. Hoogte buis beïnvloedt temperatuurverdeling. Groenten en Fruit, Vakdeel Glasgroenten, 3(50): 28-29.
- Verveer, J.B., 1995 Handboek verwarming glastuinbouw. Nutsbedrijf Westland N.V., Misset B.V., 192pp.



Kennisoverdracht

In het kader van kennisoverdracht zijn de volgende activiteiten uitgevoerd of artikelen gepubliceerd.

Kempkes, F.L.K., Bloemhard, C.M.J., *Temperatuur van chrysant tijdens en na het schermen*, Voordracht landelijk chrysantencommissie, 25 februari 1997.

Bloemhard, C.M.J. en Kempkes, F.L.K., 1997. Chrysanten staan deels in de kou. Vakblad voor de Bloemisterij 8: 47.

Kempkes, F.L.K., J.C. Bakker and N.J. van de Braak. 1998 - Control and modelling of vertical temperature distribution in greenhouse crops. Acta Horticulturae 456, p. 363-370. Proceedings of the Second International Symposium on Models for Plant Growth, Environmental Control and Farm Management in Protected Cultivation, Wageningen, August 1997.

Kempkes, F.L.K. en C. Bloemhard. 1998 - Verticale temperatuurverschillen bij chrysant. Open middag chrysant, proefstation Naaldwijk, 10 september 1997.

Kempkes, F.L.K., Verticale temperatuurverdeling. Posterpresentatie tijdens energiemiddag PBG 8 oktober 1997.

Bloemhard, C.M.J. en F.L.K. Kempkes. 1998 - Met betere buisligging is bij chrysant nog veel te besparen. Vakblad voor de Bloemisterij 1998 (49), p. 48-49.

Kempkes, F.L.K. en C.M.J. Bloemhard. Vocht, natslaan en schermgebruik in de chrysantenteelt. Voordracht voor de landelijke chrysantencommissie, Aalsmeer, 24 maart 1998



Bijlage 1 Berekening warmteverlies afdeling 19

tabel 35 Berekening warmteverlies afdeling 19 door corridor.

De voor de verlies berekening gebruikte algemene formule is:

Verlies = Oppervlak x Temperatuurverschil x K_k -Correctiefactor

Afdeling 20 heeft de volgende verliesposten:

component	waarden	procentuele verlies
kasdek	$334 \times 14,9 \times 1$	= 82,5
buitengevel	$47 \times 14,9 \times 1$	=

tabel 36
1,5

corridor	$47 \times 8,8 \times 0,95$	= 6,5
totaal afdeling 20		<u>100 %</u>

Afdeling 19 heeft de volgende verliesposten:

component	waarden	procentuele verlies
kasdek	$334 \times 14,9 \times 1$	= 82,5
buitengevel	$47 \times 14,9 \times 1$	= 11,5
corridor	$130 \times 8,8 \times 0,95$	= 17,5
totaal afdeling 19 t.o.v 20		<u>111 %</u>