



Energiebesparing met een aangepaste minimumbuisregeling

Praktijkonderzoek bij twee komkommerbedrijven en twee tomatenbedrijven

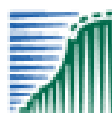
R. de Graaf, P. Lagas en C. Blok

© 2005 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit onderzoek is mogelijk gemaakt door financiële ondersteuning door het;



**landbouw, natuur en
voedselkwaliteit**

Projectnummers: 425141, later 41600028 en 425145, later 41600034

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector Glastuinbouw

Adres : Kruisbroekweg 5, Naaldwijk
: Postbus 8, 2671 KT Naaldwijk
Tel. : 0174 - 63 67 90
Fax : 0174 - 63 68 35
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.dlo.nl

Inhoudsopgave

Pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	8
2 MATERIAAL EN METHODE	10
2.1 De bedrijven.....	10
2.2 Regeling van de aangepaste minimumbuis.....	10
2.3 Meting en berekening van het afgegeven vermogen	13
3 RESULTATEN TELER 1	14
3.1 Eerste teelt	14
3.1.1 Verloop kas en buistemperatuur.....	14
3.1.2 Dagverloop van kaslucht-, plant- en dauwpunttemperatuur.....	14
3.1.3 Dagverloop minimumbuisregeling.....	15
3.1.4 Energiebesparing.....	17
3.2 Tweede teelt	18
4 RESULTATEN TELER 2.....	22
4.1 Eerste teelt	22
4.2 Tweede teelt	24
5 DISCUSSIE EN CONCLUSIES	26
5.1 Discussie	26
5.2 Conclusies	27
LITERATUUR.....	28
BIJLAGE 1 REGELING BIJ TELER 1	30
BIJLAGE 2 REGELING BIJ TELER 2	35
BIJLAGE 3 TEMPERATUURVERLOOP, 2 DAGEN	38
BIJLAGE 4 BEREKENDE EN GEMETEN BUIS, 3 DAGEN	40
BIJLAGE 5 VERLOOP RV-KASLUCHT EN RV-PLANT, 3 DAGEN.....	43

Samenvatting

Context 2000-2005

Dit verslag betreft praktijkproeven in 2000-2002. De situatie in april 2005 is dat de in dit verslag aanbevolen regeling van de minimumbuis op de luchtvochtigheid bij de plant (RV-plant) redelijk bekend is. De toepassing blijft echter achter. Er wordt nog veel geregeld op RV-kas en waar een RV-plant regeling wordt gebruikt is deze soms zo ingekapseld in andere regelingen dat de energiebesparing gering is.

Er is, zowel in onderzoek als in praktijk, intensief voortgebouwd op de resultaten tot eind 2002. In 2003 en 2004 is er door de onderzoeksinstituten PPO en A&F uitgaande van de RV-plant regeling een energie-efficiënte regelvolgorde kieren/ventileren/stoken voorgesteld en met succes in onderzoekskassen beproefd. In 2004 is bovendien in praktijk en onderzoek gewerkt aan verbetering van de RV-plant meting door het gebruik van infrarood meters en kunstvruchten. Voor 2005 is voorgesteld de nieuwste regelingen in de praktijk te beproeven en wordt los daarvan gedacht aan het ontwikkelen van kunstknoppen ten behoeve van de sierteelt.

Het onderzoek 2000-2002

In vervolg op teeltproeven bij PPO te Naaldwijk is op twee bedrijven een vergelijking gemaakt tussen, twee minimum buisregelingen per bedrijf. De bestaande regeling betrof een stralingsafhankelijk afgebouwde minimumbuis die inkwam op de luchtvochtigheid in de kas. De door het onderzoek voorgestelde profregeling betrof het loslaten van een vaste minimumbuis en het verhogen van de minimumbuis op de luchtvochtigheid bij de plant. Op de bedrijven is het mogelijk gemaakt met de luchtvochtigheid bij de plant, de RV-plant, te werken. Daarnaast zijn de buistemperaturen gemeten zodat een energieverbruik per afdeling kon worden berekend.

De profregeling, de RV-plant regeling, is gebaseerd op een met een condensatiemodel berekende planttemperatuur. De kans op natslag is het grootst bij de vruchten omdat die traag opwarmen. Voor de berekening is daarom uitgegaan van een gesimuleerde vruchttemperatuur. Een voorbeeld van een door een tuinder voor een deel van het jaar toegepaste vochtregeling is een verhoging van de minimum buis (20 graden °C) met 3 graden °C van 70% naar 83% RV-plant, tot 15 graden °C van 83% naar 90% RV-plant en tot 24 graden °C van 90% naar 95% RV-plant.

Het is wenselijk de luchtvochtigheid bij de plant onder de 95% te houden. Niet alleen om condensatie bij 100% te voorkomen, maar ook omdat de kieming van sommige schimmelsporen vanaf 95% toeneemt. De profregeling stond globaal RV-plant waarden toe van 85% tot 90%, vóór de minimumbuis werd verhoogd. De minimumbuis vóór de regeling was maximaal 50 graden °C, maar meestal veel lager. Hierbij werden geen situaties gevonden waarbij de RV-plant boven de 95% kwam. De regeling van de minimumbuis op luchtvochtigheid in de kas leidde op enkele tientallen dagen tot kortdurende situaties waarbij de RV-plant boven de 95% kwam.

De energiebesparing over 8-9 maanden bedroeg 1-5 m³ (3-15%) maar de werkelijke besparing was hoger. De nieuwe regeling werd namelijk aanvankelijk te voorzichtig toegepast. Bovendien werd later, na gebleken succes, de oude regeling door de tuinders aangepast in de richting van de nieuwe regeling. In de vroege herfst waren er enkele weken waarin in de proefafdeling meer energie gebruikt werd dan de vergelijkingsafdeling. Dit betrof situaties waarbij de regeling op RV-kas het risico op natslaan te laag inschatte. Het tijdelijk hogere energiegebruik van de profregeling was dus noodzakelijk om een veilige RV-plant te handhaven.

De hoofdconclusie is dat de profregeling (minimumbuis alleen op RV-plant regelen) energiezuiniger **en** veiliger voor de plant is. Een en ander is in overeenstemming met de resultaten in proefkassen. Een bijkomend voordeel van de nieuwe regeling is dat minder instellingen en minder aanpassingen nodig zijn. De resulterende regeling is rustiger en het klimaat verandert geleidelijker.

Toepassen van de kennis tot en met 2004

Een veilige en energiezuinige vochtregulatie bestaat uit ten eerste een vochtafhankelijke vochtkier van het scherm, dan een vochtafhankelijke minimum raamstand en tenslotte een vochtafhankelijke minimum buis. Bij het trekken van een kier kan het best gewerkt worden met stappen van 0.3-0.5% met 5-10 minuten wachttijd tot de volgende stap. Als bij een vochtkier van 3-4% de RV-plant nog te hoog is, kan een vochtafhankelijke minimum raamstand van 0-40% worden toegepast. Als de RV-plant dan nog te hoog blijft kan een vochtafhankelijke minimumbuis van 0-40 graden °C worden toegepast.

De bovenstaande regeling maakt gebruik van de in dit verslag beschreven regeling, maar gaat veel verder omdat naast de minimumbuis ook kieren en ventileren worden ingezet als vochtregulerende middelen. Er wordt dan ook verwezen naar het betreffende verslag:

Houter, B., Gelder, de, A., Rijpsma, E., Roos, M., Paternotte, P. en Zwart, de, F., 2004. Energiebesparing door aangepaste vochtregulatie. Verslag 41616017, PPO, Naaldwijk, Nederland.

1 Inleiding

Energie-efficiency is een belangrijk onderwerp in de glastuinbouw en is bovendien een eis die de maatschappij, in de vorm van wetten en convenanten, steeds indringender aan tuinders stelt. De tuinder weegt op grond van zijn kennis af hoeveel energie nodig is om het gewas te laten groeien. Tegenover de kosten van de energie staan de baten van het geogste product. Een zekere hoeveelheid energie wordt ingezet om risico's uit te sluiten (Rijsdijk, 1998). Hierbij moet men denken aan stoken om de luchtvochtigheid onder een kiemgrens voor schimmelziekten te houden (Lansbergen, 1992) en om condensatie op het gewas te voorkomen (Rijsdijk, 2000). De hoeveelheid energie die ingezet wordt zou omlaag kunnen als beter gebruik gemaakt wordt van de technische bedrijfsuitrusting zoals energieschermen, verwarming- en ventilatiesystemen.

Uit eerder PPO onderzoek in proefkassen bleek dat met een aangepaste 'slimme' minimumbuisregeling 5-6 m³ (10%) energiebesparing op jaarbasis mogelijk is (Esmeijer, 1998; Esmeijer en Voogt, 1998; De Graaf en Esmeijer, 1998; Boonekamp, 2000). Onderzoekresultaten dienen echter eerst in de praktijk getest te worden, voor tot grootschalige toepassing kan worden overgegaan. Eventuele positieve dan wel negatieve opschalingeffecten worden dan zichtbaar. Om die reden besloot het PT onderzoek op tuinbouwbedrijven te laten uitvoeren. In eerste instantie ging het om één project bij twee komkommerbedrijven en één project bij twee tomatenbedrijven. Deze projecten startten in najaar 2000 en liepen in het teeltseizoen 2001. De eerste resultaten waren aanleiding de proeven te verlengen in het seizoen 2002. Het lag voor de hand de proeven in samenhang te beoordelen en dit verslag is daarvan het resultaat.

De minimumbuisregeling in de praktijk van 2000 was nog veelal een "vaste" minimum buistemperatuur van 30 tot 50 graden °C. Die ingestelde minimumbuistemperatuur werd afhankelijk van de buitenstraling verlaagt en/of afhankelijk van de RV van de kaslucht verhoogt. In de tomatenteelt werd op jaarbasis ongeveer 55 m³ aardgas per m² kasoppervlak verstoekt. Als redenen voor het gebruik van een minimumbuis werden genoemd: het stimuleren van de verdamping, het verlagen van de luchtvochtigheid, het voorkomen van condensatie op plantendelen met als doel Botrytis aantasting tegen te gaan, en groeibeheersing (Welles, 1984; Koot, 1992; Rijsdijk, 1996; Hubert, 2000).

Het doel van de in dit rapport beschreven proef is de aangepaste minimum-buisregeling op praktijkbedrijven te beoordelen op energiebesparing en op gevolgen voor de productie. In de door het onderzoek voorgestelde proefregeling vervalt de vaste minimumbuis. Alleen in situaties waarbij er kans is op condensatie op de koudste gewasdelen wordt de buistemperatuur, en dan relatief snel, verhoogd. Er wordt geen minimum verdamping in het gewas aangehouden (Esmeijer, 1998).

Het vinden van bedrijven om een praktijkproef te doen is niet eenvoudig. De bedrijven moeten representatief zijn voor de praktijk en over goed vergelijkbare afdelingen beschikken. Er moet ruimte zijn om extra meetsystemen en regelprogramma's te plaatsen en er moeten soms aanpassingen aan de verwarmingssystemen verricht worden. Hiervoor is ook medewerking nodig van de leveranciers van de klimaatcomputers. De deelnemende tuinders en klimaatcomputerbedrijven komt dan ook dank toe, mede voor hun, vaak enthousiaste, inzet.

Het onderzoek 'Energiebesparing met een aangepaste minimumbuisregeling' werd uitgevoerd in opdracht van het Productschap Tuinbouw te Zoetermeer, die het project volledig financierde. Bert Houter van de firma PRIVA te De Lier en Jan Voogt van Hoogendoorn te Vlaardingen zorgden voor de meet- en regeltechnische aspecten. Het onderzoek is uitgevoerd door Rein de Graaf (projectleider), Marleen Esmeijer, Peter Lagas en Chris Blok (verslaglegging), allen van het Proefstation PPO-glastuinbouw te Naaldwijk.

2 Materiaal en methode

2.1 De bedrijven

Het onderzoek heeft plaats gevonden in 2001 en 2002 op twee komkommerbedrijven en twee tomatenbedrijven.

Bedrijf 1a:

Komkommerteelt. Twee afdelingen van 4680 m², afdeling 1 en 3. In 2001 was afdeling 1 de proefafdeling en afdeling 3 de vergelijkingsafdeling. In 2002 werd dit omgedraaid. Het gewas stond in 2001 van 13 februari tot en met 30 oktober, meetperiode van 13 februari tot en met 23 juli en 1 augustus tot en met 30 oktober. In 2002 van 1 februari tot en met 25 oktober, meetperiode van 1 februari tot en met 26 juli en van 1 augustus tot en met 25 oktober. Er werd gebruik gemaakt van een Priva-Intégro klimaatcomputer.

Bedrijf 1b:

Komkommerteelt. Twee afdelingen, afdeling 1 van 4262 m² was de proefafdeling, afdeling 2 van 4224 m² was de vergelijkingsafdeling. Na meting bleek dat de klimaatverschillen binnen de afdelingen en tussen de afdelingen onderling onaanvaardbaar groot waren. Na de nodige pogingen om de verschillen te nivelleren, werd besloten dat de verkregen gegevens niet representatief waren. Het onderzoek op het bedrijf werd daarom beëindigd. De problemen waren grotendeels te wijten aan verschillen in het verwarmingssysteem.

Bedrijf 2a:

Tomatenteelt. Twee afdelingen van elk 7128 m². In 2001 was afdeling 2 de proefafdeling en afdeling 1 de vergelijkingsafdeling. In 2002 werd er van afdeling gewisseld. De meetperiode viel in 2001 van februari tot en met november. In 2002 werd gemeten van januari tot en met oktober. Er werd gebruik gemaakt van een Hoogendoorn-Econaut klimaatcomputer.

Bedrijf 2b:

Tomatenteelt. Twee afdelingen van elk 6624 m². Na meting bleek dat de klimaatverschillen binnen de afdelingen en tussen de afdelingen onderling onaanvaardbaar groot waren. Na pogingen om de verschillen te nivelleren, werd besloten dat de verkregen gegevens niet representatief waren. Het onderzoek werd daarom vroegtijdig beëindigd. De problemen waren te wijten aan verschillen in de RV-metingen.

2.2 Regeling van de aangepaste minimumbuis

Condensatie op koude gewasdelen, natslag genoemd, hangt samen met de temperatuur van de koudste gewasdelen en de heersende luchtvochtigheid. De traditionele minimumbuisregeling is gebaseerd op of de relatieve luchtvochtigheid of het vochtdeficit van de kaslucht. De relatieve luchtvochtigheid is de mate van verzadiging van de kaslucht uitgedrukt in % van de maximaal mogelijke verzadiging. Het vochtdeficit, uitgedrukt in gr.m⁻³, is de absolute hoeveelheid vocht die nog kan worden toegevoegd tot verzadiging is bereikt. Hoe hoger de relatieve luchtvochtigheid of hoe kleiner het vochtdeficit, des te hoger de minimumbuis wordt ingesteld. Gemakshalve wordt in dit verslag alleen van relatieve luchtvochtigheid of dauwpunttemperatuur uit gegaan. De dauwpunttemperatuur is de temperatuur waarbij net condensatie optreed.

Condensatie zal het eerst optreden op de koudste plantendelen. Directe meting van de blad of vruchttemperatuur was in 2000 praktisch nog niet uitvoerbaar. Daarom wordt de gewas/vruchttemperatuur berekend.

De regeling van Priva is gebaseerd op berekening van de luchtvochtigheid bij de berekende planttemperatuur van het koudste deel van een plant, aangenomen dat de hoeveelheid vocht van de kaslucht overal gelijk is. Is de planttemperatuur lager dan de kaslucht, dan zal de relatieve luchtvochtigheid bij de plant hoger zijn. Is de planttemperatuur gelijk aan de dauwpunttemperatuur van de kaslucht, dan zal natslag optreden. Vochtregeling op basis van een (berekende) RV-plant is vergelijkbaar instelbaar als de regeling op RV-kaslucht.

De regeling van Hoogendoorn is gebaseerd op een regeling van een minimum temperatuur verschil tussen de berekende gewastemperatuur en de temperatuur waarbij condensatie optreedt, de dauwpunttemperatuur. Dit verschil wordt aangeduid met "verschilcondenstemperatuurT- °C". Een gering verschil duidt op een grote kans op natslag.

In Tabel 1 staat voor teler 1 de regeling voor de proefafdeling zoals die in april is toegepast. Het voorstel vanuit het onderzoek was een vochtafhankelijke minimumbuis toe te passen op basis van de RV-plant. De minimumbuis loopt hierbij meer dan proportioneel op bij oplopende RV-plant. Aanpassingen van de teler zijn de indeling in drie dagdelen en een lichtverlaging in periode twee.

In Tabel 2 staat de regeling van de vergelijkingsafdeling. Hier is voor drie perioden een, overigens bescheiden, minimumbuis ingesteld met een lichtverlaging. De lichtverlaging lijkt overbodig gezien de lage instelling van de basis minimumbuis en is potentieel gevaarlijk omdat de vochtinvloed op de minimumbuis erdoor vertraagd wordt. Juist licht kan de verdamping en daarmee de luchtvochtigheid doen toenemen. Verder is de vochtregeling per periode verschillend en wordt in de voornacht al bij 85% RV doorgestookt naar een minimumbuis van 60 °C. Het is hier dus de vochtregeling die het energieverbruik bepaald.

De teler veranderde de instellingen van de klimaatregeling regelmatig en ingrijpend, in zowel de vergelijkingsafdeling als de proefafdeling. In de loop van de tijd groeiden beide regelingen steeds meer naar elkaar toe. In Bijlage 1 is daarom voor een groot aantal maanden aangegeven welke instellingen actueel waren.

Tabel 1 Instellingen in de proefafdeling van teler 1, 2001, april-juni

Tijden	Periode 1		Periode 2		Periode 3	
	3:40	8:29	8:30	16:59	17:00	3:39
Basis minimumbuis	20 °C		20 °C		20 °C	
Stralingsaanpassing	-		- 20° C		-	
	%RV	°C	%RV	°C	%RV	°C
Vochtinvloed min.buis	70	0	70	0	70	0
	80	8	80	8	80	8
	90	24	90	24	90	24
	100	40	100	40	100	40

Tabel 2 Instellingen in de vergelijkingsafdeling van teler 1, 2001, april-juni

Tijden	Periode 1		Periode 2		Periode 3	
	3:40	8:29	8:30	16:59	17:00	3:39
Basis minimumbuis	30 °C		20 °C		20 °C	
Stralingsaanpassing	- 20° C		- 40 °C		- 45 °C	
	%RV	°C	%RV	°C	%RV	°C
Vochtinvloed min.buis	72	0	77	0	70	0
	82	0	82	8	75	0
	84	20	85	25	80	0
	90	30	90	40	85	40

In Tabel 3 staat de regeling van de proefafdeling bij teler 2 in april 2001. De regeling is eenvoudig en overzichtelijk. In periode 1, aan het einde van de dag, wordt een minimumbuis gehanteerd. In periode 2, de nacht en het grootste deel van de dag, wordt alleen op vocht een minimumbuis aangehouden. De vochtinvloed is gerealiseerd met een proportionele toename van de buistemperatuur van 0-30 graden als het verschil tussen de berekende gewastemperatuur en de dauwpunttemperatuur afneemt van 4 naar 0 °C.

Tabel 4 toont de regeling van de vergelijkingsafdeling. In alle perioden wordt een -bescheiden- minimumbuis ingezet. De stralingsinvloed in periode 3 beperkt de minimumbuis bij voldoende licht weer tot 32 °C. Alleen in periode 1, de nanacht, is er vochtinvloed op de minimumbuis. Bij deze teler is het de minimumbuisinstelling die het energieverbruik bepaald.

Ook deze teler veranderde de instellingen van de klimaatregeling regelmatig (Bijlage 2).

Tabel 3 Instellingen in de proefafdeling van teler 2, 2001, april-juni

	Periode 1	Periode 2
Tijden	16:30	-00:27***
Basis minimumbuis	42	20
Stralingsaanpassing *	-10	0
Vochtinvloed min.buis**	0	30

* straling 350-450 W/m²

** verschil condens.T 4.0 - 0.0 °C

*** regeling op zon onder; 27 minuten voor zon onder eindigt de periode

Tabel 4 Instellingen in de vergelijkingsafdeling van teler 2, 2001, april-juni

	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4
Tijden	2:00	1:00**	0:45***	0:34****
Basis minimumbuis	35	35	42	30
Stralingsaanpassing	-5	-5	-10	0
Vochtinvloed min.buis*	10	0	0	0

* verschil VD 0.0 / -0.5 g/m³

** voor zon op

*** na zon op

**** voor zon onder

2.3 Meting en berekening van het afgegeven vermogen

Om het effect van de aangepaste minimumbuisregeling, de proefregeling, te vergelijken met de praktijkregeling, de vergelijkingsregeling, is het nodig het energieverbruik in de afzonderlijke afdelingen te meten. Het energieverbruik kan worden uitgedrukt in Watt of in m³ gas per m² per tijdseenheid, bijvoorbeeld in W.m⁻².jr⁻¹ Er zijn twee manieren om de energie-afgifte in een afdeling te meten. De aanvoer min afvoer methode en de straling buis methode (De Graaf, 2001). Voor de eerste methode moeten 5 grootheden worden gemeten, te weten; het volume van het verwarmingsnet, de omloopduur, de aanvoertemperatuur, de afvoertemperatuur en het kasoppervlakte. De aan- en afvoertemperatuur moeten continu gemeten worden, de andere grootheden zijn eenmalig te bepalen. De omloopduur is constant onder voorwaarde dat de pomp maar één snelheid heeft. Omdat niet alle bedrijven geschikt waren voor deze methode, is de straling buis methode gehanteerd.

Bij de straling buis methode wordt de warmte-afgifte berekend uit het verschil tussen gemiddelde buistemperatuur en kasluchttemperatuur in een formule waarbij de eigenschappen van de verwarmingsbuis een rol spelen (Esmeijer, 1998). Er bestaan verschillende alternatieve constanten ("c") voor deze formule, bekend als Stoffers, Jodlbauer en Nawrocki. Hier is gekozen voor de constante van Nawrocki. De constanten leveren dezelfde rangorde bij vergelijkingen maar het absolute gasverbruik wordt met Stoffers hoger en met Jodlbauer wat lager geschat.

$$K_{\text{convectie}} = c \cdot ((T_{\text{buis}} - T_{\text{kas}}) / (d \cdot T_{\text{kas}}))^{0.25} \quad (1)$$

$$K_{\text{straling}} = 2.077 \cdot 10^{-7} \cdot ((T_{\text{buis}} + T_{\text{kas}}) / 2)^3 \quad (2)$$

$$Q = ((K_{\text{convectie}} + K_{\text{straling}}) \cdot A \cdot (T_{\text{buis}} - T_{\text{kas}})) \cdot 4 / 3,2 \quad (3)$$

$K_{\text{convectie}}$	= de convectie constante	W.m ² .K ⁻¹
c	= de convectiecoëfficiënt volgens Nawrocki c = 5.2	
T_{buis}	= het gemiddelde van de temperatuur van de aanvoer- en de retourleiding	K
T_{kas}	= de temperatuur in het midden van de afdeling	K
d	= de diameter van de buis	m
K_{straling}	= de straling constante	W.m ² .K ⁻¹
Q	= de totale warmteafgifte	W.m ²
A	= oppervlakte van de buis per meter buis i.e. $\pi \cdot d \cdot l$	m ² .m ⁻¹
4 / 3,2	= er liggen vier buizen per kap van 3,20 m breed i.e. meter buis per m ²	m.m ²

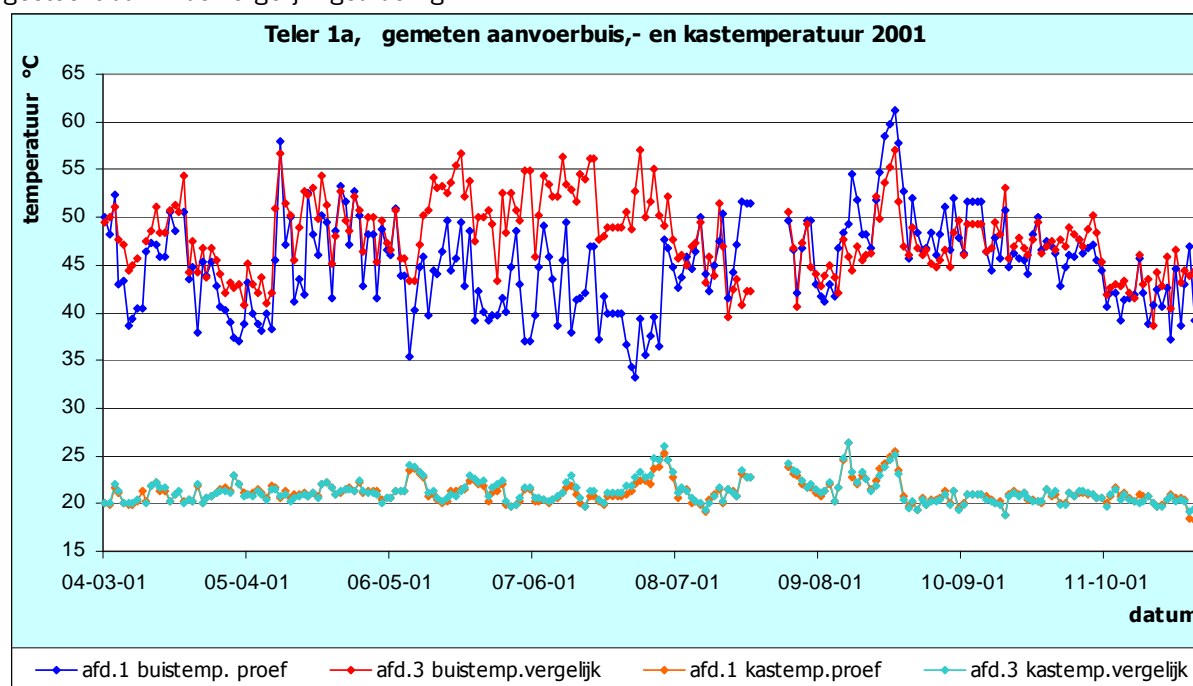
Een voordeel is dat het gemeten temperatuurverschil groter is dan bij de aanvoer- afvoermethode en daardoor minder gevoelig voor verschillen van enkele tienden van graden. Een tweede voordeel is dat de inhoud van het verwarmingssysteem en de omloopduur niet bekend hoeven te zijn. Nadelen zijn dat de warmte-afgifte afhangt van de staat van onderhoud van het verwarmingsnet en dat de totale buis lengte en het kasoppervlakte bekend moeten zijn. De "straling buis" methode is in dit verslag gebruikt voor de berekening van het afgegeven vermogen.

3 Resultaten teler 1

3.1 Eerste teelt

3.1.1 Verloop kas en buistemperatuur

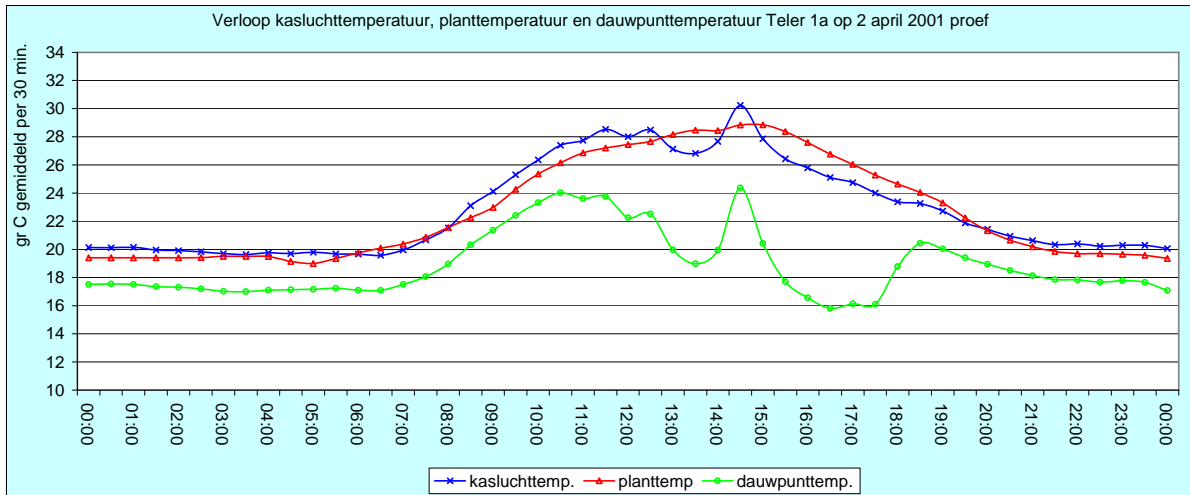
In Figuur 1 is het verloop per etmaal weergegeven van de aanvoerbuistemperatuur en de kasluchttemperatuur. Het verschil in buistemperatuur ten gevolge van het toepassen van de aangepaste minimumbuistemperatuur komt duidelijk tot uiting. In de maanden maart, april en mei zijn de verschillen nog relatief klein of nauwelijks aanwezig. Vanaf half mei tot eind juli is er een groot verschil. De buistemperatuur van de proefafdeling met de aangepaste minimumbuisregeling is dan beduidend lager dan de vergelijkingsafdeling. In de vroege herfst zijn er enkele weken waarin in de proefafdeling meer wordt gestookt dan in de vergelijkingsafdeling.



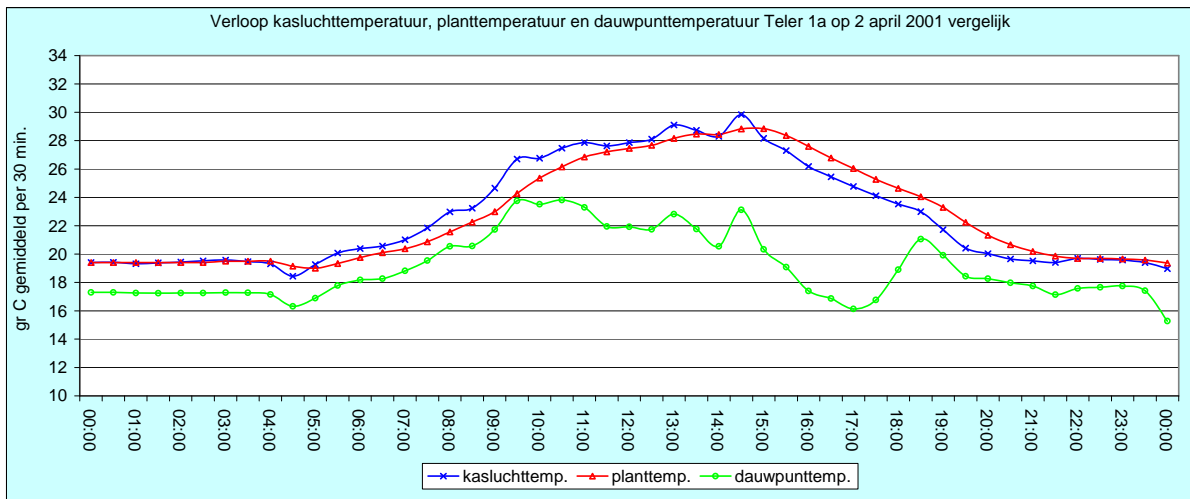
Figuur 1 Verloop kasluchttemperatuur en gemeten temperatuur aanvoerbuis verwarming teler 1, 4 april tot en met 30 oktober 2001

3.1.2 Dagverloop van kaslucht-, plant- en dauwpunttemperatuur

De resultaten van de aangepaste minimumbuisregeling worden nader besproken aan de hand van de gemeten kasluchttemperatuur, (berekende) planttemperatuur, dauwpunttemperatuur, de berekende en gerealiseerde aanvoerbuistemperatuur gedurende enkele etmaalperioden. Voor 2 april wordt dit grafisch weergegeven in Figuur 2 (andere dagen in Bijlage 3). Kenmerkend is dat de planttemperatuur in de morgen onder de ruimtetemperatuur ligt en in de avond boven de ruimtetemperatuur. De dauwpunttemperatuur ligt bijna altijd -veilig- onder de berekende planttemperatuur. Het verloop van de dauwpunttemperatuur in de vergelijkingsafdeling is grilliger en leidt rond 10 uur tot een periode van enkele minuten waarin de dauwpunttemperatuur boven de berekende planttemperatuur ligt. Het verschil tussen (berekende) planttemperatuur en dauwpunttemperatuur is in de morgen kleiner dan in de avond door het najilen van de planttemperatuur op de ruimtetemperatuur.



c



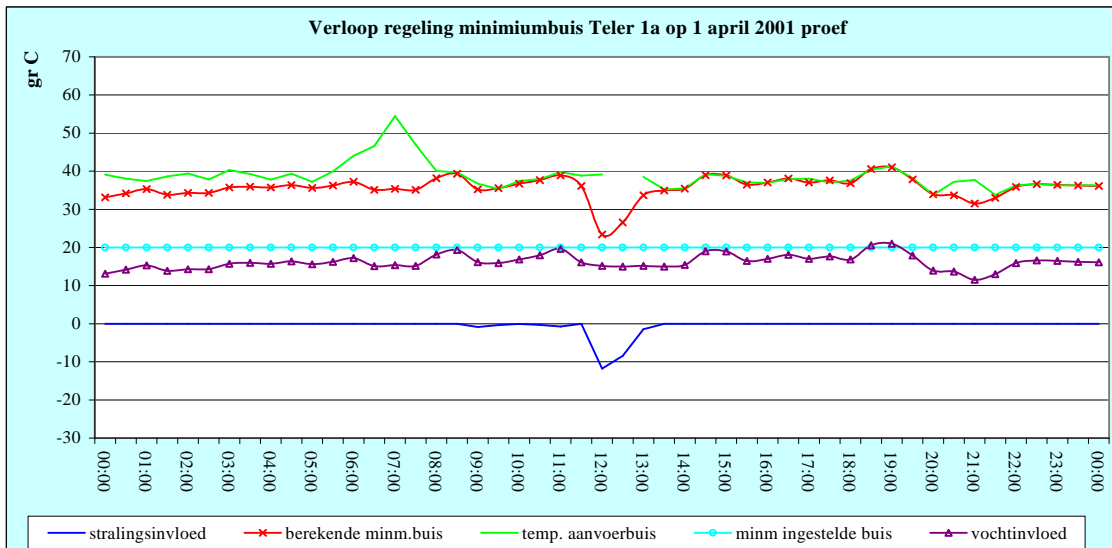
d

Figuur 2 Verloop kasluchttemperatuur, berekende planttemperatuur en dauwpunttemperatuur 2 april 2001

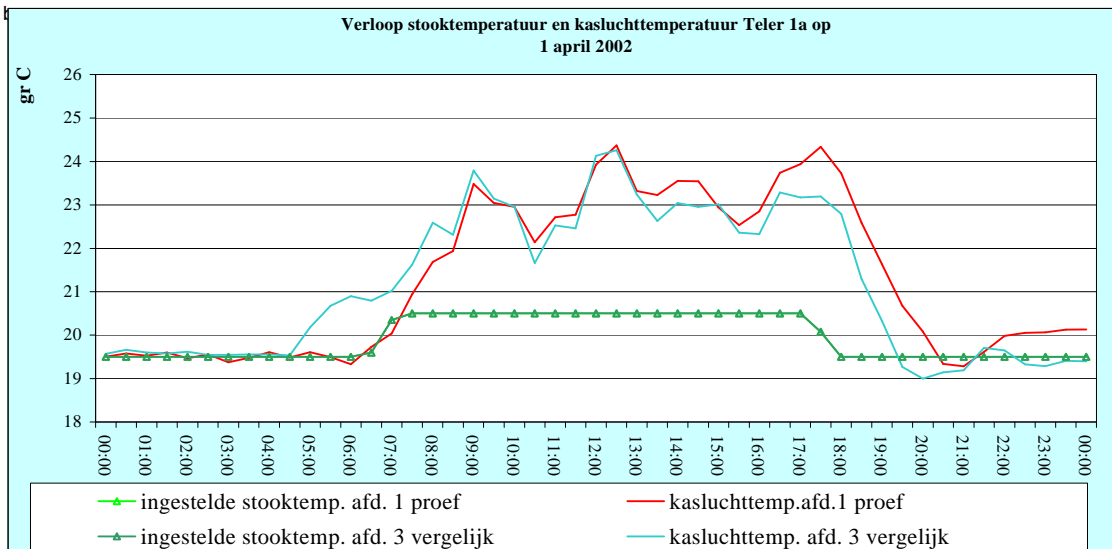
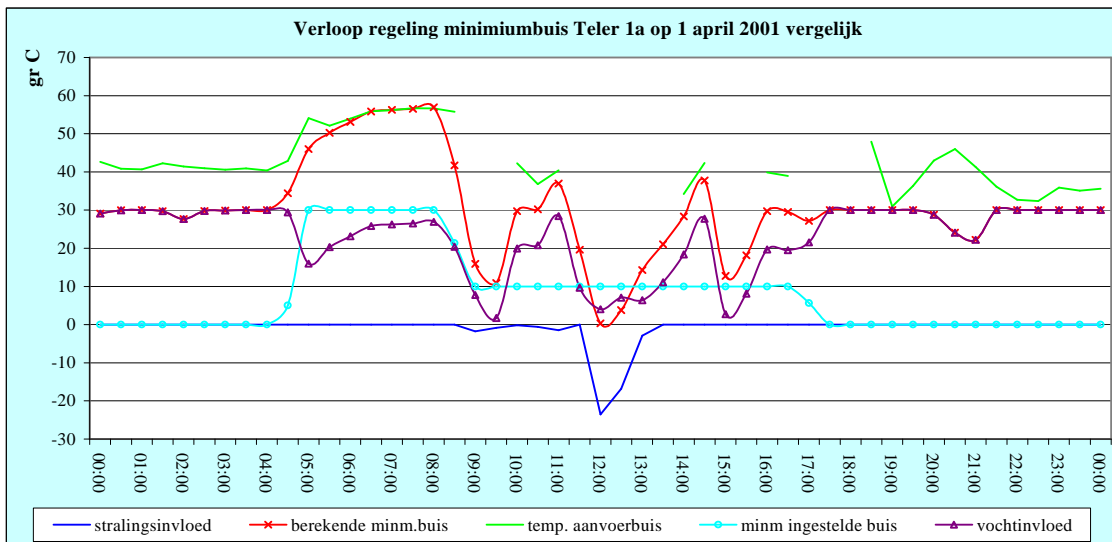
De RV-kas en de RV-plant vertonen een verloop dat sterk verweven is met berekende planttemperatuur en dauwpunttemperatuur (alle data in Bijlage 5). De RV-plant betreft een berekende RV-plant, op basis van de berekende planttemperatuur. De RV-plant stijgt in de ochtenduren in beide afdelingen tot boven de 85%. In de proefafdeling blijft de RV-plant echter onder de 95%, terwijl in de praktijkafdeling de RV-plant af en toe ver boven de 95% stijgt. De RV-plant ligt in de morgen boven en in de avond onder de RV-kas door het najliden van de planttemperatuur op de ruimtetemperatuur.

3.1.3 Dagverloop minimumbuisregeling

De Figuren 3 a en b laten een verschil zien tussen de aangepaste minimumbuisregeling en de praktijk minimumbuisregeling (andere dagen in Bijlage 4). De aangepaste regeling verliep vlakker dan de praktijkregeling. De praktijkregeling laat het effect zien van de verhoogde minimumbuis gedurende de periode 4:30 tot 8:30 uur. In combinatie met de verhoging ten gevolge van de ingestelde vochtinvloed resulteerde dit in een aanvoerbuistemperatuur oplopend tot 55 °C. In de afdeling met de aangepaste minimumbuisregeling liep de buistemperatuur ook op, maar slechts gedurende een korte periode.



a

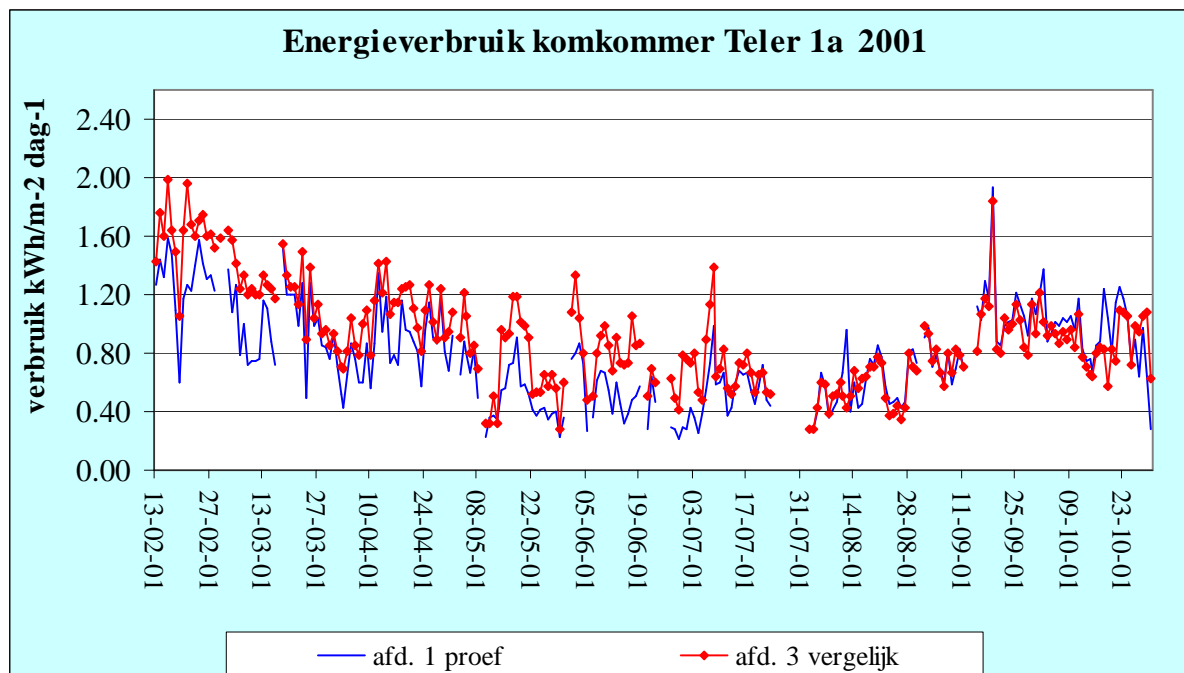


Figuur 3

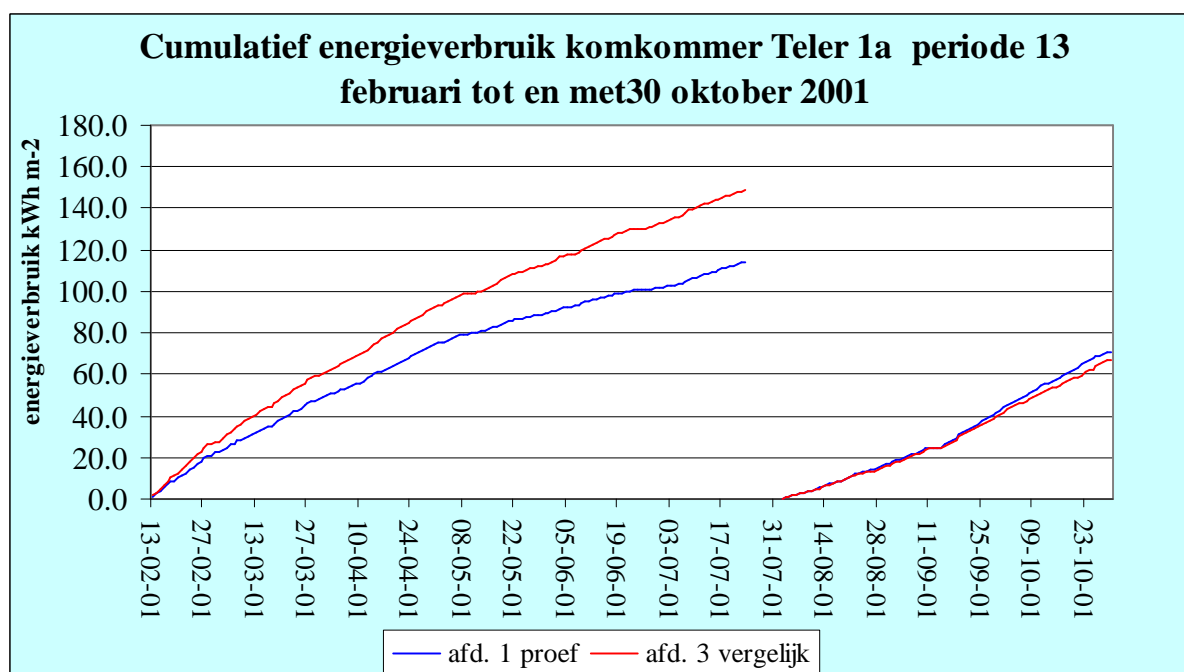
Verloop van de aangepaste minimumbuisregeling en de praktijkregeling op 1 april

3.1.4 Energiebesparing.

De mate van energiebesparing in $\text{kWh}\cdot\text{m}^2\cdot\text{d}^{-1}$ voor de proefafdeling en de vergelijkingsafdeling is weergegeven in Figuur 4 en 5. Hier blijkt dat alleen gedurende de eerste planting in 2001, 13 februari tot en met 23 juli, werd bespaard op energie. Gedurende de tweede planting, 1 augustus tot en met 30 oktober, werd er niet bespaard. In de maanden september en oktober lag het verbruik bij de proefafdeling zelfs hoger dan bij de vergelijkingsafdeling.



Figuur 4 Verloop energieverbruik teler 1, eerste teelt 13 februari tot en met 30 oktober 2001



Figuur 5 Cumulatief verloop energieverbruik teler 1 2001

De verklaring hiervoor is dat de kweker tijdens de tweede teelt in 2001 in alle afdelingen met een lage minimumbuis ging werken en daarmee een zeker risico op nat slaan toe liet. In de proefafdeling werd, in overeenstemming met de aangepaste minimumbuisregeling, af en toe een sterk verhoogde minimumbuis toegepast ter voorkoming van nat slaan.

In Figuur 5 is het energieverbruik van 4 maart tot en met 30 oktober 2001 cumulatief weergegeven. Het totale energieverbruik voor teelt 1a, 1 maart tot en met 23 juli), bedroeg voor de proefafdeling 102 kWh.m² en voor de vergelijkingsafdeling 133 kWh.m². Voor tweede teelt 1b, 1 augustus tot en met 30 oktober 2001, bedroeg dit voor de proefafdeling 63. kWh.m² en voor de vergelijkingsafdeling 60 kWh.m². Voor teelt 1a komt dit op 23.3 % minder energieverbruik bij de proefafdeling en voor teelt 1b op -5.4 %.

Een overzicht van het energieverbruik per maand en totaal over de beide teelten in 2001 staat vermeld in Tabel 5. De procentuele verschillen zijn de laatste drie maanden van teelt 1a groter dan gedurende de eerste drie maanden. De verschillen hangen samen met het gegeven dat in de maanden februari tot en met maart meer moet worden gestookt dan in de maanden mei tot en met juni. Voor de maand februari moet in acht worden genomen dat het om een halve maand gaat. De besparing in de tweede teelt is negatief. Gerekend over beide teelten bedraagt de besparing door het toepassen van de aangepaste minimumbuis 14.3 %. In de Tabel 1 zijn de gegevens ook nog omgerekend naar m³ gasverbruik. Uiteraard komen de percentages besparing overeen met de procentuele besparing berekend voor energie uitgedrukt in kWh.m².

Tabel 5 Teler 1 2001, eerste en tweede teelt, energieverbruik in twee behandelingen

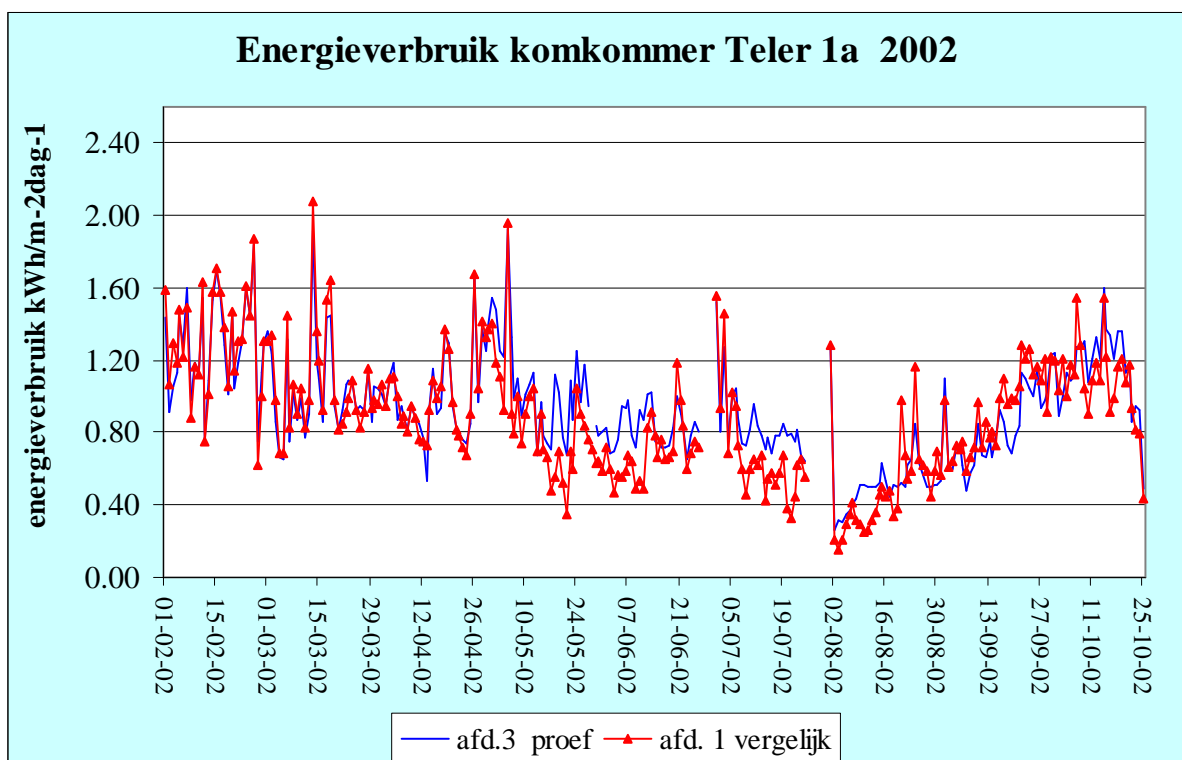
	afd 1 proef kWh.m ²	afd 3 vergelijk kWh.m ²	verschil afd3-afd1 kWh.m ²	afd 1 proef m ³ .m ²	afd 3 vergelijk m ³ .m ²	verschil afd3-afd1 m ³ .m ²	verschil afd3-afd1 %
Feb	20.7	26.0	5.4	2.6	3.2	0.7	21%
Mrt	28.6	34.7	6.2	3.5	4.3	0.8	18%
Apr	25.0	31.2	6.2	3.1	3.9	0.8	20%
Mei	15.1	21.0	6.0	1.9	2.6	0.7	28%
Jun	12.5	19.5	7.0	1.5	2.4	0.9	36%
Jul	12.5	16.4	3.9	1.5	2.0	0.5	24%
aug	16.6	15.7	-0.9	2.0	1.9	-0.1	-5%
sept	26.1	25.0	-1.1	3.2	3.1	-0.1	-5%
okt	28.3	26.6	-1.7	3.5	3.3	-0.2	-6%
som	185.2	216.2	31.0	22.9	26.8	3.8	14.3%

Gasequivalenten geschat op grond van 32 MJ.m³ en een ketelrendement van 90%

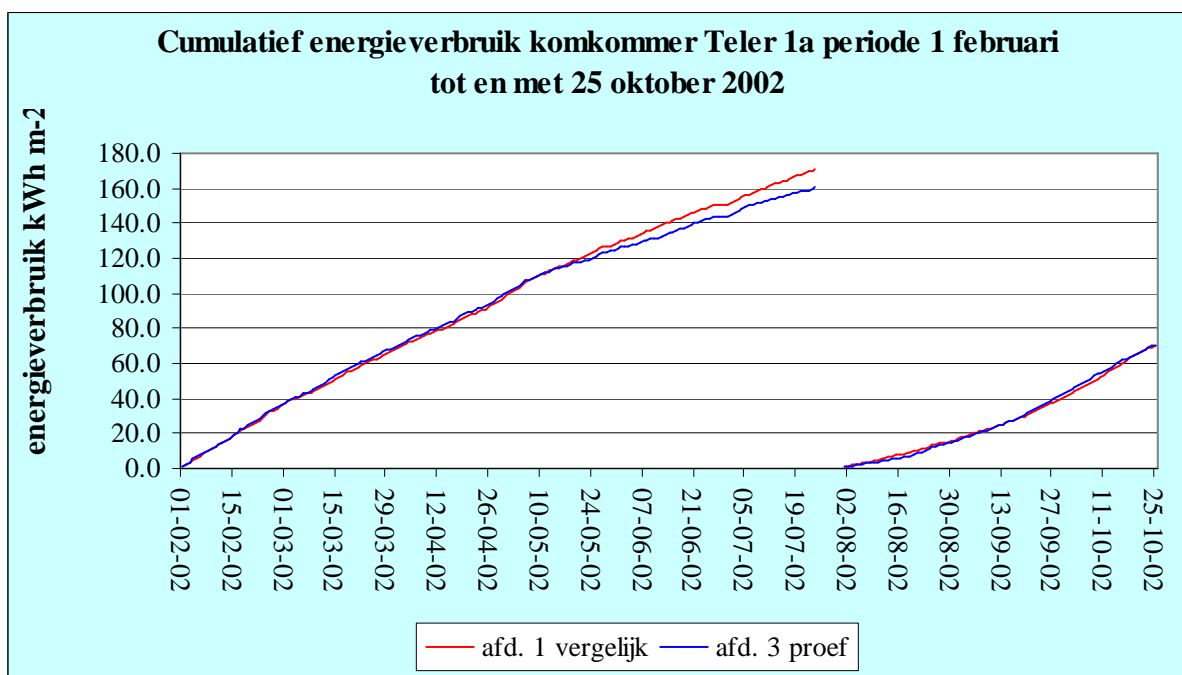
3.2 Tweede teelt

Naar aanleiding van de resultaten van de eerste teelt in 2001 werd in 2002 door teler 1 in alle kasafdelingen veel minder gebruik gemaakt van een minimumbuis. Dit had tot gevolg dat er wel is waar in één afdeling nog met een aangepaste minimumbuis regeling werd gewerkt, maar dat de praktijkregeling niet meer het zelfde was als in 2001. In Figuur 6 en 7 is het verloop van het energieverbruik per dag en cumulatief weergegeven.

Tabel 6 toont verbruiken in kWh.m² en m³ gas equivalenten per maand. Alleen in de maanden mei, juni en juli zijn er verschillen in energiegebruik. Gedurende de eerste periode, teelt 2a, 2 februari tot en met 25 juni 2002, bedroeg de totale besparing 6.5%. De besparing trad op in de maanden mei, juni en juli. De eerste drie maanden werd er bij de aangepaste minimumbuis zelfs meer energieverbruikt en nam de kweker bewust of onbewust het risico op condensatie in de -sterk aangepaste- praktijkregeling.



Figuur 6 Verloop energieverbruik tweede jaar teler 1



Figuur 7 Verloop cumulatief energieverbruik tweede jaar teler 1

De gegevens van de tweede teeltperiode 2b, 1 augustus tot en met 25 oktober, geeft voor de maanden augustus en oktober nog een besparing te zien van ruim 5%, maar de maand september wijkt nogal af met een extra energieverbruik bij de proefafdeling. Over de gehele tweede teelt werd er uiteindelijk 4.5 % energie of gas bespaard (Tabel 6). En hoewel de gerealiseerde buistemperatuur bij de proefafdeling wel is waar duidelijk beneden die van de vergelijkingsafdeling lag, was het aantal uren dat bij de proefafdeling de

verwarming aanstond hoger dan bij de vergelijkingsafdeling. Met als gevolg dat het totaal energieverbruik bij de proefafdeling hoger uitkwam dan bij de vergelijkingsafdeling. De klimaatregeling in Bijlage 1 geeft geen reden waarom het aantal uren verwarming in de proefafdeling hoger zou zijn. Een vergissing bij het instellen is dan ook niet uit te sluiten.

Tabel 6 Teler 1 2002, eerste en tweede teelt, energieverbruik in twee behandelingen

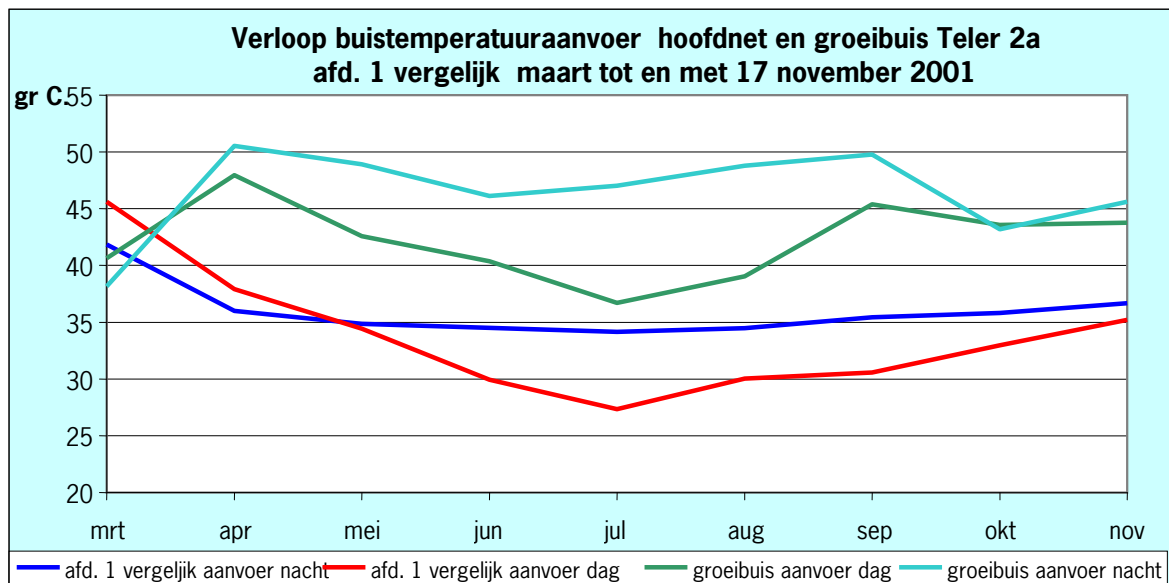
	afd 3 proef kWh.m ⁻²	afd 1 vergelijk kWh.m ⁻²	verschil afd3-afd1 kWh.m ⁻²	afd 3 proef m ³ .m ⁻²	afd 1 vergelijk m ³ .m ⁻²	verschil afd3-afd1 m ³ .m ⁻²	verschil afd3-afd1 %
feb	32.4	31.9	-0.5	4.0	3.9	-0.1	-2%
mrt	29.7	28.7	-0.9	3.7	3.6	-0.1	-3%
apr	27.0	26.7	-0.3	3.3	3.3	0.0	-1%
mei	23.2	27.8	4.7	2.9	3.4	0.6	17%
jun	16.1	19.2	3.1	2.0	2.4	0.4	16%
jul	15.4	19.3	3.9	1.9	2.4	0.5	20%
aug	13.3	14.1	0.8	1.6	1.7	0.1	6%
sept	24.8	22.2	-2.7	3.1	2.7	-0.3	-12%
okt	24.3	25.8	1.6	3.0	3.2	0.2	6%
som	206.1	215.8	9.7	25.5	26.7	1.2	4.5%

Gasequivalenten geschat op grond van 32 MJ.m⁻³ en een ketelrendement van 90%

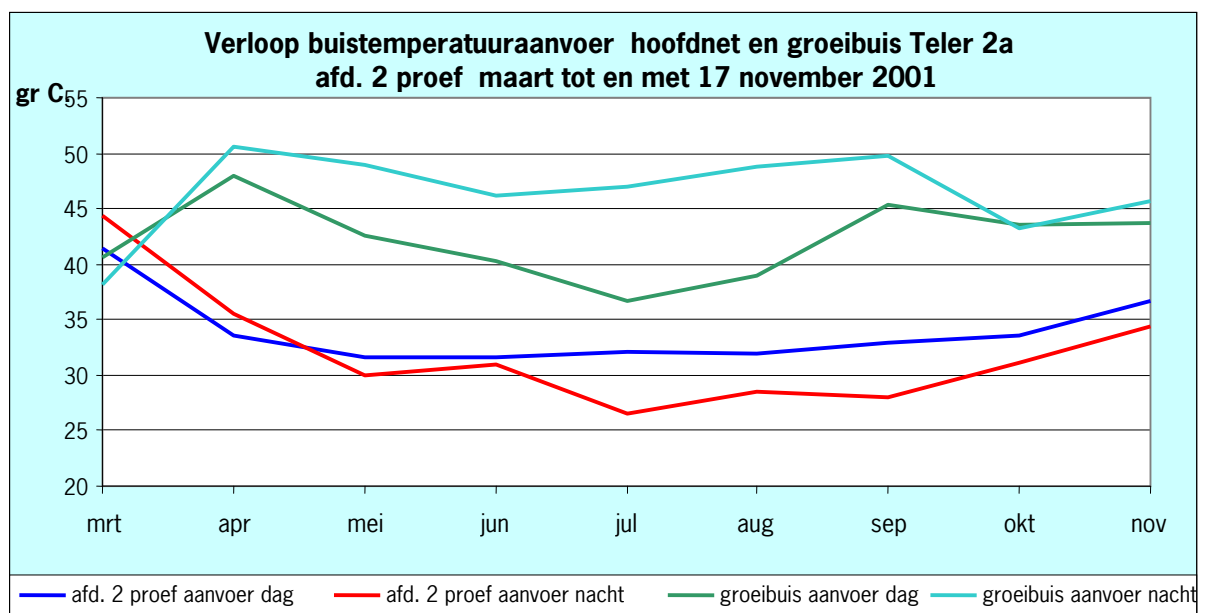
4 Resultaten teler 2

4.1 Eerste teelt

In 2001 was afdeling 2 de proefafdeling en afdeling 1 de vergelijkingsafdeling. In 2002 werd er van afdeling gewisseld. Teler 2 gebruikt de groeibuis standaard als hoofdverwarming. Daarom is zowel in 2001 als 2002 veel gebruik gemaakt van het secundaire net, de groeibuis (Figuur 8a en 8b).



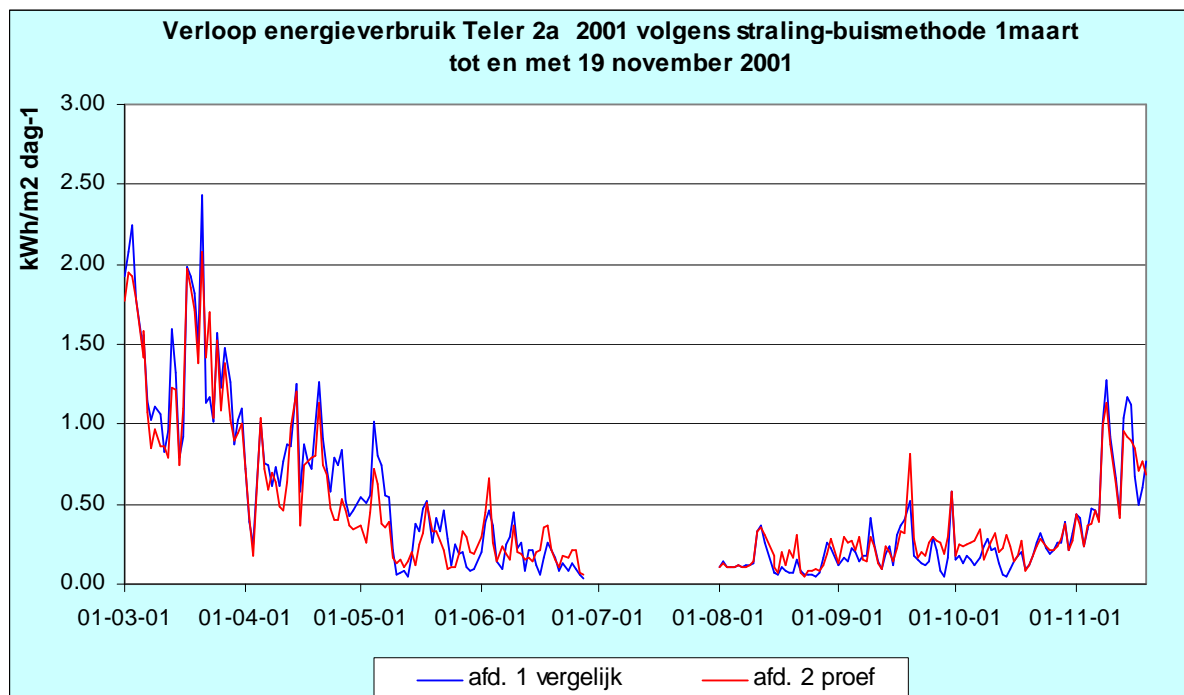
Figuur 8a Verloop buistemperatuur hoofdnet en groeibuis proefafdeling teler 2 eerste teelt, 2001



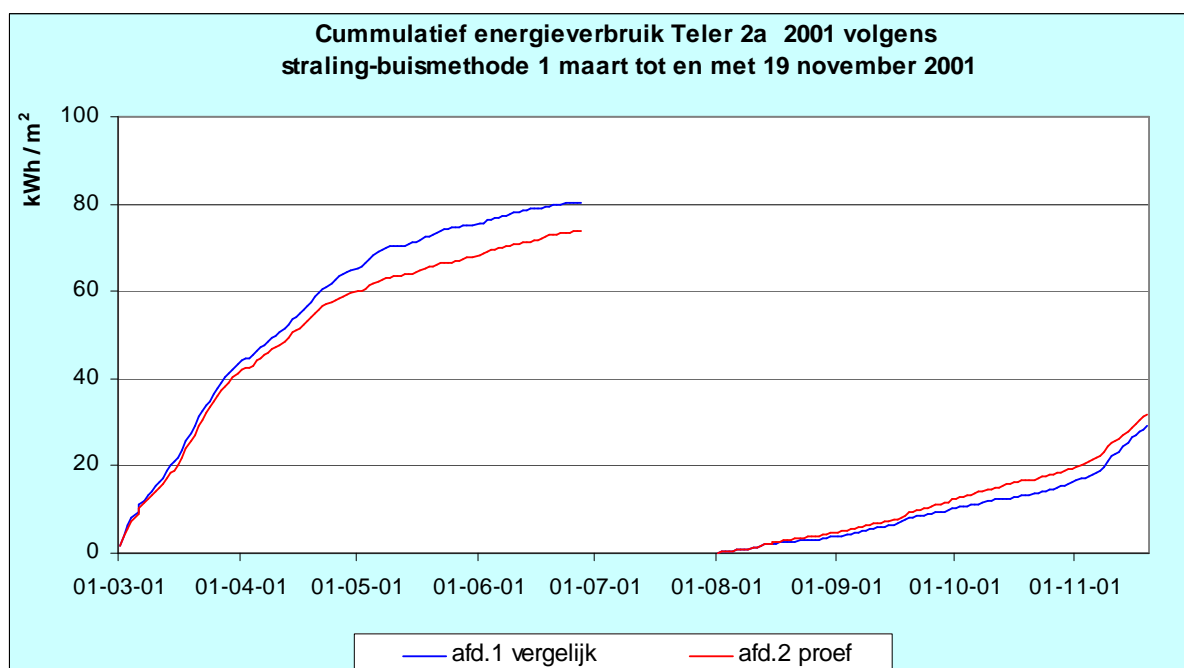
Figuur 8b Verloop buistemperatuur en groeibuis vergelijkingsafdeling teler 2 eerste teelt, 2001

De regeling van de groeibuis omvatte daarbij alle afdelingen. Er kan dus, wat de groeibuis betreft, geen onderscheid worden gemaakt tussen de twee behandelingen in afdeling 1 en 2. De energiebesparing door aangepaste minimumbuisregeling is daardoor relatief klein.

Het energieverbruik wordt, absoluut en cumulatief, getoond in de Figuren 9 en 10. Tabel 7 toont het energieverbruik in kWh.m² en equivalenten gas per maand.



Figuur 9 Verloop energieverbruik eerste teelt teler 2



Figuur 10 Verloop cumulatief energieverbruik eerste teelt teler 2

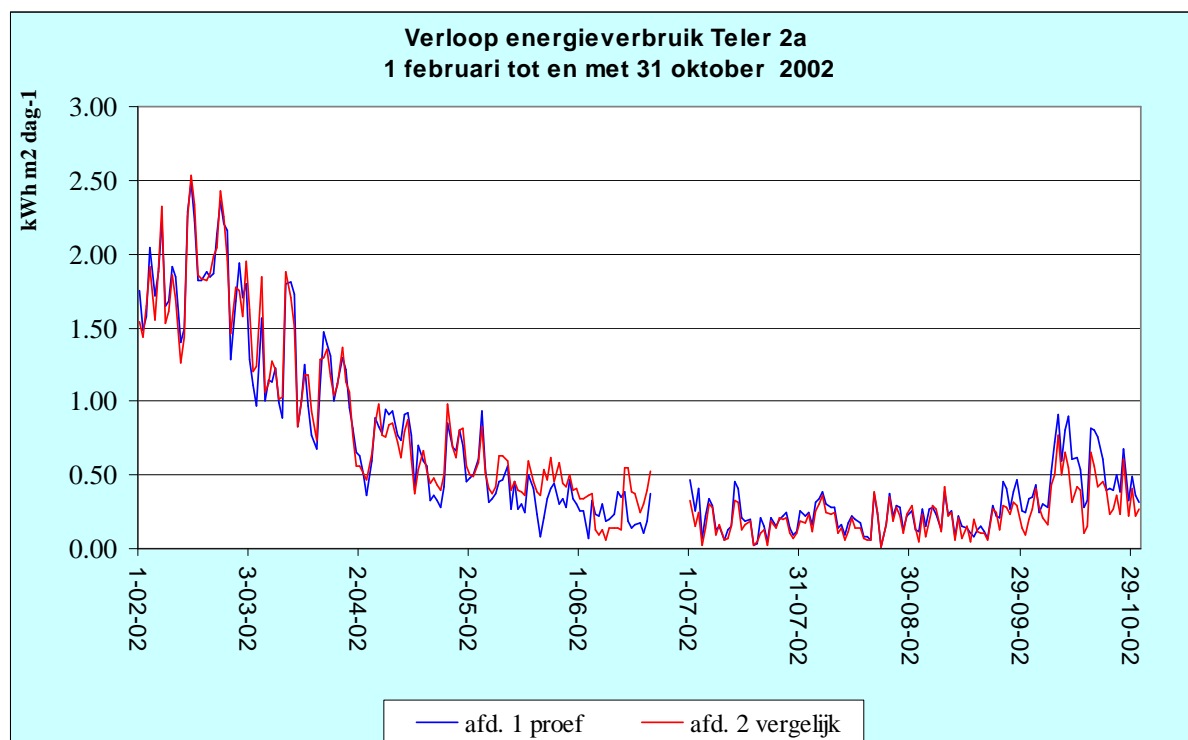
Tabel 7 teler 2 2001, energieverbruik in twee behandelingen

	afd 2 proef kWh.m ⁻²	afd 1 vergelijk kWh.m ⁻²	verschil afd3-afd1 kWh.m ⁻²	afd 1 proef m ³ .m ⁻²	afd 3 vergelijk m ³ .m ⁻²	verschil afd3-afd1 m ³ .m ⁻²	verschil afd3-afd1 %
mrt	40.1	42.2	2.1	5.0	5.2	0.3	5%
apr	18.4	21.4	3.0	2.3	2.7	0.4	14%
mei	8.3	10.4	2.1	1.0	1.3	0.3	20%
jun	6.1	5.2	-0.9	0.8	0.6	-0.1	-16%
aug	4.6	3.8	-0.8	0.6	0.5	-0.1	-20%
sept	7.7	6.5	-1.3	1.0	0.8	-0.2	-19%
okt	7.0	5.6	-1.4	0.9	0.7	-0.2	-25%
nov	12.5	12.9	0.5	1.5	1.6	0.1	4%
som	104.6	108.1	3.5	12.9	13.4	0.4	3.2%

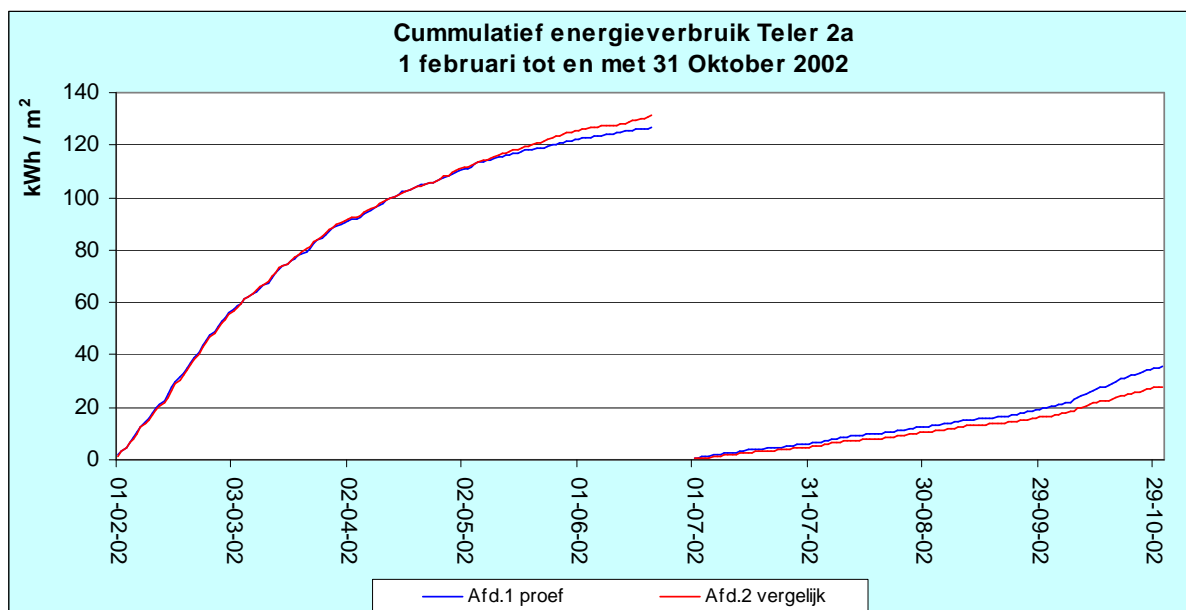
Gasequivalenten geschat op grond van 32 MJ.m⁻³ en een ketelrendement van 90%

4.2 Tweede teelt

Figuur 11 en 12 geven het verloop van het energieverbruik per dag en cumulatief weer. In Tabel 8 wordt het verbruik in kWh.m² en gasequivalenten per maand getoond. Hoewel de procentuele verschillen groot zijn, mag hieraan geen betekenis worden gehecht. De absolute verschillen zijn namelijk klein. De reden is dat de regelingen vanaf juni identiek zijn omdat de teler de vergelijkingregeling naar de proefregeling bijstelde (Bijlage 2).



Figuur 11 Verloop energieverbruik tweede teelt teler 2



Figuur 12 Cumulatief verloop energieverbruik eerste teelt teler 2

Tabel 8 Teler 2 2002, eerste en tweede teelt energieverbruik in twee behandelingen

	afd 1 proef kWh.m ²	afd 3 vergelijk kWh.m ²	verschil afd3-afd1 kWh.m ²	afd 1 proef m ³ .m ²	afd 3 vergelijk M ³ .m ²	verschil afd3-afd1 m ³ .m ²	verschil afd3-afd1 %
feb	52.7	51.9	-0.8	6.5	6.4	-0.1	-2%
mrt	36.5	37.9	1.4	4.5	4.7	0.2	4%
apr	19.9	19.7	-0.2	2.5	2.4	0.0	-1%
mei	11.9	14.8	2.8	1.5	1.8	0.4	19%
jun	5.5	6.1	0.6	0.7	0.7	0.1	9%
jul	6.0	4.7	-1.3	0.7	0.6	-0.2	-28%
aug	6.5	5.8	-0.7	0.8	0.7	-0.1	-12%
sept	6.8	5.5	-1.3	0.8	0.7	-0.2	-23%
okt	15.7	11.4	-4.3	1.9	1.4	-0.5	-38%
som	161.3	157.6	-3.7	20.0	19.5	-0.5	-2.4%

Gasequivalenten geschat op grond van 32 MJ.m³ en een ketelrendement van 90%

5 Discussie en conclusies

5.1 Discussie

De nieuwe regeling bestaat uit het loslaten van een vaste of (bij teler 1 en 2) vochtafhankelijke minimumbuis en het in plaats daarvan aansturen van de minimumbuis op een RV-plant regeling. Een RV-plant regeling staat voor het (soms) toestaan van een hoger dan gebruikelijke RV waarbij de minimumbuis sneller dan gebruikelijk inkomt. Een voorbeeld is de verhoging van 44 naar 60 graden minimumbuis voor een RV-plant van 90 naar 100% (zie ook De Graaf, 2001). Omdat de minimumbuis een directe invloed heeft op de verdamping en dus op de waterbehoefte van het gewas, leidt een gewijzigde minimumbuisstrategie tot een gewijzigde waterbehoefte waar rekening mee moet worden gehouden (De Graaf, 1988; De Graaf, 1991).

De regeling van de minimumbuis op RV-kas leidt op enkele tientallen dagen tot kortdurende situaties waarbij de dauwpunttemperatuur op of boven de berekende planttemperatuur ligt. De regeling op berekende RV-plant blijkt een geschikter instrument om natslaan te voorkomen. Dat komt omdat alleen gestookt wordt als er werkelijk gevaar van natslaan bestaat. Kenmerkend voor kasteelten is dat de planttemperatuur in de morgen lager is dan de ruimtetemperatuur. In deze situatie komt het voor dat gedurende korte tijd meer energie wordt verbruikt door de RV-plant regeling dan in dezelfde tijd bij gebruik van RV-kas regeling. Er is dan werkelijk gevaar voor natslaan dat door de RV-kas regeling wordt onderschat. Meestal wordt echter minder energie verbruikt omdat de RV-kas regeling (en een vaste minimumbuis al helemaal) ook energie afgeeft wanneer er geen gevaar van natslaan is. In de avond is de planttemperatuur hoger dan de ruimtetemperatuur zodat natslaan dan vrijwel onmogelijk is. De berekende planttemperatuur regeling is dan veiliger **en** zuiniger omdat de RV-kas regeling het gevaar op natslaan systematisch overschat.

Opgemerkt wordt dat de RV-plant regeling is gebaseerd op een berekende planttemperatuur. De werkelijke planttemperatuur varieert met de hoogte in de plant, en de massa van het plantdeel (vrucht, blad of stengel). In de praktijk van 2005 blijkt zelfs een gemeten planttemperatuur regeling mogelijk te zijn.

Vooraf in de vroege herfst zijn er enkele weken waarin in de proefafdeling meer wordt gestookt dan in de vergelijkingsafdeling. Dit laat zien dat, als er gevaar van natslaan is, de proefregeling minder risico accepteert dan een op RV-kas geregelde minimumbuis. Dit is ook van belang omdat niet alleen natslaan gevaar op schimmelgroei met zich meebrengt, maar ook een hoge RV-kas kan leiden tot het kiemen van aanwezige schimmelsporen. De regeling van de proefafdeling is dus te allen tijde veiliger en gemiddeld genomen ook zuiniger. Dit geldt in nog sterkere mate voor die perioden waarin een vaste minimumbuis wordt ingezet.

Een voordeel van de nieuwe regeling is dat één instelling volstaat. Er zijn geen verschillende perioden meer nodig omdat de regeling aan de plant is gerelateerd. Het is dan ook geen toeval dat de regeling een rustiger regeling en klimaat tot gevolg heeft. Een en ander is in overeenstemming met de resultaten in proefkassen (Rijsdijk, 1996; Esmeijer, 1998).

De houding van de tuinders is gedurende de teelt veranderd en blijkt van grote invloed op het verloop van de proef. Aanvankelijk wantrouwen de telers het verlaten van de praktijkregeling en het toestaan van hogere luchtvochtigheden. In deze fase werd de proefregeling aangepast in de richting van de praktijkregeling. Na enige tijd bleek dat de proefregeling zuiniger **en** veiliger was (zie bijvoorbeeld de grafieken van 6 april, Bijlage 5). Hierop werd de praktijkregeling aangepast richting proefregeling. Een minder gewenst maar bekend gevolg is dat nooit de werkelijk mogelijke besparing is gemeten. Tenslotte bestond er geen verschil meer tussen de regelingen. Wel blijkt hieruit dat de telers overtuigd zijn van het nut van de nieuwe regeling en hun aanvankelijke bezwaren hebben laten varen (Rijsdijk, 1998). Ook is er een niet gemeten maar absolute energiebesparing bereikt in het voordeel van de tuinders.

Hoe intensief de telers bezig zijn met het klimaat blijkt uit het aantal veranderingen dat in de tijd op de regelingen is doorgevoerd (Bijlagen 1 en 2). Er zijn nadelen verbonden aan het frequent wijzigen van een groot aantal parameters. Naast het werk bestaat de kans dat regelingen elkaar tegenwerken, achterhaald raken en/of het overzicht zoek raakt. Met plantgerelateerde metingen kunnen naar verwachting regelingen worden opgesteld met minder parameters en grotere (langduriger) geldigheid.

Evenals in voorgaand onderzoek bleek dat de in de praktijk aanwezige verwarmingssystemen niet eenduidig zijn aangelegd (De Graaf, 2001). Een eenvoudig protocol voor de bouw van nieuwe kassen zou veel problemen voorkomen. Dit zou niet alleen vergelijkingen vergemakkelijken, maar ook direct het energieverbruik van het bedrijf verlagen en de gelijkheid van het klimaat in een afdeling vergroten. Voor de hand liggende punten zijn; gescheiden en apart regelbare netten voor de gevel en het pad en alle verwarmingsnetten per afdeling instelbaar maken.

In dit verslag is niet verder ingegaan op schermen, kieren, temperatuur integratie en ventilatie. In de Bijlagen 1 en 2 is al te zien dat ventilatie nauw verweven is met vochtafvoer en energieverbruik. In later onderzoek is een duidelijk op de plant gebaseerd recept opgesteld voor een verantwoorde vochtafvoer (Stanghellini e.a., 2003; Houter e.a., 2004).

5.2 Conclusies

Het doel van de beschreven proef is de aangepaste minimum-buisregeling op praktijkbedrijven te beoordelen op energiebesparing en op gevolgen voor de productie.

1. Het loslaten van een vaste of op RV-kas gestuurde minimumbuis en het in plaats daarvan aansturen van de minimumbuis met een RV-plant regeling is energiezuiniger **en** veiliger voor de plant.
2. In de jaren 2001 en 2002 is bij teler 1 14% en 5% energie bespaard en bij teler 2, 3% en -2%.
3. De werkelijke besparingen zijn hoger geweest. De nieuwe regeling is aanvankelijk te voorzichtig toegepast en later, na gebleken succes, werd de oude regeling aangepast in de richting van de nieuwe regeling.

Literatuur

- Boonekamp, G., 2000. Gas besparen met aangepaste minimumbuis. G+F, 31-mrt, 16-17.
- Disco, A., 2002. Juiste schermtechniek maakt het Fusarium in paprika lastig. G+F, 15, 34-35.
- Esmeijer, M.H., 1998. Minimale transpiratie in relatie tot energieverbruik, productie en kwaliteit van glastuinbouwgewassen. PBG, Rapport 154, Naaldwijk, The Netherlands.
- Esmeijer, M.H., Voogt, H., 1998. Minimale transpiratie in relatie tot energieverbruik, productie en kwaliteit van glastuinbouwgewassen. PBG, Rapport 165, Naaldwijk, The Netherlands.
- Graaf, de, R., 1988. Automation of the water supply of glasshouse crops by means of calculating the transpiration and the amount of drainage. Acta Hort., 229, 219-231.
- Graaf, de, R., 1991. Metingen vers gewichttoename komkommer en tomaat. PTG, Naaldwijk, The Netherlands.
- Graaf, de, R., 1991. Hoog CO₂-gehalte remt verdamping. G+F, 4, 70-71.
- Graaf, de, R., Esmeijer, M.H., 1998. Comparing calculated and measured water consumption in a study of the minimal transpiration of cucumbers grown on rockwool. Acta Hort., 458, 103-111.
- Graaf, de, R., 2001. Energiebesparing met een aangepaste minimumbuisregeling. Rapport 341, PPO, Naaldwijk, The Netherlands.
- Houter, B., Gelder, de, A., Rijpsma, E., Roos, M., Paternotte, P., Zwart, de, F., 2004. Energiebesparing door aangepaste vochtregulatie. PPO, Rapport 41616017, Naaldwijk, The Netherlands.
- Hubert, L., 2002. Natslaan kan inwendig vruchtrot veroorzaken. G+F, 10, 22-23.
- Koot, J. Th., 1992. Met klimaatinstellingen inspelen op verdamping. G+F, 30, 28-29.
- Lansbergen, L., 1992. Vocht laat schimmels welig tieren. G+F, 14-8-1992, 20-21.
- Rijsdijk, T., 1996. Inventarisatie gebruik minimum buistemperatuur op tomatenbedrijven. PBG, Rapport 32, Naaldwijk, The Netherlands.
- Rijsdijk, T., 1998. Temperatuur integreren geeft een hoger rendement. G+F, 20-11-1998, 14-15.
- Rijsdijk, T., 2000. Temperatuurintegratie vraagt telers met lef. G+F, 23, 16-06-00, 10-11.
- Stanghellini, C., Blok, Chr., Esmeijer, M., Kempkes, F., 2003. Strategieverkenning verdamping. Verlaagde verdamping als middel om energie te besparen. PPO, Publicatie GT13056, Naaldwijk, The Netherlands.
- Welles, G., 1984. Telen onder vochtiger klimaatsomstandigheden: voeding aanpassen? Tuinderij, 2-aug, 34-36.

Bijlage 1 Regeling bij teler 1

Tabel 1 Instellingen teler 1, 2001

Proefafdeling (Afd.1)									Vergelijk (Afd.3)								
februari	Periode 1		Periode 2		Periode 3		Periode 4		februari	Periode 1		Periode 2		Periode 3		Periode 4	
	6:45	7:59	8:00	10:59	11:00	16:03	16:04	6:44		6:45	7:59	8:00	10:59	11:00	16:03	16:04	6:44
	Basis minimumbuis									Basis minimumbuis							
	30 °C		-		-		-			30 °C		-		-		-	
	Stralingsaanpassing min.buis									Stralingsaanpassing min.buis							
	- 20°C		- 40°C		- 45°C		- 35°C			- 20°C		- 40°C		- 45°C		- 35°C	
	Vochtinvloed min.buis									Vochtinvloed min.buis							
	%RV	°C	%RV	°C	%RV	°C	%RV	°C		%RV	°C	%RV	°C	%RV	°C	%RV	°C
	70	0	77	0	70	0	74	0		72	0	77	0	70	0	74	0
	75	0	82	0	75	0	80	0		77	0	82	0	75	0	80	0
	80	0	85	0	80	0	84	0		80	0	85	0	80	0	84	0
	90	25	90	0	85	0	90	0		90	25	90	0	85	30	90	0
maart	Periode 1		Periode 2		Periode 3				maart	Periode 1		Periode 2		Periode 3			
	5:30	10:59	11:00	16:59	17:00	5:29				5:30	10:59	11:00	16:59	17:00	5:29		
	Basis minimumbuis									Basis minimumbuis							
	30 °C		10 °C		-					30 °C		10 °C		-			
	Stralingsaanpassing min.buis									Stralingsaanpassing min.buis							
	- 20°C		- 40°C		- 45°C					- 20°C		- 40°C		- 45 °C			
	Vochtinvloed min.buis									Vochtinvloed min.buis							
	%RV	°C	%RV	°C	%RV	°C				%RV	°C	%RV	°C	%RV	°C		
	70	0	77	0	70	0				72	0	77	0	70	0		
	82	0	82	0	75	0				82	0	82	0	75	0		
	85	35	85	0	80	0				84	35	85	0	80	0		
	90	40	90	35	85	30				90	40	90	35	85	30		

Tabel 2 Instellingen teler 1, 2001

Proefafdeling (Afd.1)							Vergelijk (Afd.3)							
april - juni							april - juni							
Periode 1		Periode 2		Periode 3			Periode 1		Periode 2		Periode 3			
3:40	8:29	8:30	16:59	17:00	3:39		3:40	8:29	8:30	16:59	17:00	3:39		
Basis minimumbuis							Basis minimumbuis							
20 °C		20 °C		20 °C			30 °C		20 °C		20 °C			
Stralingsaanpassing min.buis							Stralingsaanpassing min.buis							
-		- 20°C		-			- 20°C		- 40°C		- 45°C			
Vochtinvloed min.buis							Vochtinvloed min.buis							
%RV	°C	%RV	°C	%RV	°C		%RV	°C	%RV	°C	%RV	°C		
70		0	70	0	70	0	72		0	77	0	70	0	
80		8	80	8	80	8	82		0	82	8	75	0	
90		24	90	24	90	24	84		20	85	25	80	0	
100		40	100	40	100	40	90		30	90	40	85	40	
juli - aug.							juli - aug.							
Periode 1		Periode 2					Periode 1		Periode 2		Periode 3			
3:28	6:59	7:00	3:27				1:01	7:59	8:00	16:59	17:00	1:00		
Basis minimumbuis							Basis minimumbuis							
50 °C		-					50 °C		-		20 °C			
Stralingsaanpassing min.buis							Stralingsaanpassing min.buis							
-		-					-		-		- 45°C			
Vochtinvloed min.buis							Vochtinvloed min.buis							
%RV	°C	%RV	°C				%RV	°C	%RV	°C	%RV	°C		
70		0	70	0				72		0	77	0	70	0
80		0	80	8				78		0	79	15	78	0
90		0	90	24				85		5	81	20	82	20
100		0	100	40				90		10	85	40	86	30

Tabel 3 Instellingen teler 1, 2001

Proefafdeling (Afd.1)					Vergelijk (Afd.3)							
sep. - okt.	Periode 1		Periode 2		sep. - okt.	Periode 1		Periode 2		Periode 3		
	2:32	7:59	8:00	2:31		3:11	7:59	8:00	16:59	17:00	3:10	
	Basis minimumbuis					Basis minimumbuis						
	50 °C		20 °C			50 °C		-		20 °C		
	Stralingsaanpassing min.buis					Stralingsaanpassing min.buis						
	-20 °C		- 20°C			-20 °C		- 20°C		- 45°C		
	Vochtinvloed min.buis					Vochtinvloed min.buis						
	%RV	°C	%RV	°C		%RV	°C	%RV	°C	%RV	°C	
	70		4	70	4	72		0	77	0	70	0
	80		8	80	8	78		0	79	0	78	0
	90		12	90	12	82		10	83	10	82	20
	100		24	100	24	88		20	88	40	86	30

Tabel 4 Instellingen teller 1, 2002

Proefafdeling (Afd.3)							Vergelijk (Afd.1)						
februari	Periode 1		Periode 2		Periode 3		februari	Periode 1		Periode 2		Periode 3	
	16:03	8:08	8:09	9:59	10:00	16:02		16:03	7:59	8:00	9:59	10:00	16:02
	Basis minimumbuis							Basis minimumbuis					
	-		25 °C		20 °C			-		45 °C		40 °C	
	Stralingsaanpassing min.buis							Stralingsaanpassing min.buis					
	- 20°C		- 20°C		- 45°C			- 20°C		- 20°C		- 20° C	
	Vochtinvloed min.buis							Vochtinvloed min.buis					
	%RV	°C	%RV	°C	%RV	°C		%RV	°C	%RV	°C	%RV	°C
	70	0	77	0	70	0		70	0	77	0	70	0
	75	0	82	0	75	0		75	0	82	0	75	0
	80	0	85	0	80	0		80	0	85	0	80	0
	90	25	90	0	85	0		90	25	90	0	85	0
april	Periode 1		Periode 2		Periode 3		april	Periode 1		Periode 2		Periode 3	
	14:44	5:59	6:00	10:59	11:00	14:43		14:44	5:59	6:00	10:59	11:00	14:43
	Basis minimumbuis							Basis minimumbuis					
	-		25 °C		25 °C			-		45 °C		40 °C	
	Stralingsaanpassing min.buis							Stralingsaanpassing min.buis					
	- 20°C		- 20°C		- 20°C			- 20°C		- 20°C		- 20° C	
	Vochtinvloed min.buis							Vochtinvloed min.buis					
	%RV	°C	%RV	°C	%RV	°C		%RV	°C	%RV	°C	%RV	°C
	70	0	80	0	70	0		70	0	70	0	70	0
	83	3	83	3	83	3		80	10	80	10	80	0
	90	15	90	15	90	15		82	15	82	20	82	5
	95	25	95	25	95	25		84	20	85	30	88	20

Tabel 5 Instellingen teller 1, 2002

Proefafdeling (Afd.3)							Vergelijk (Afd.1)						
juni-okt	Periode 1		Periode 2		Periode 3		juni-okt	Periode 1		Periode 2		Periode 3	
	13:46	0:59	1:00	10:59	11:00	13:45		13:46	0:59	1:00	10:59	11:00	13:45
	Basis minimumbuis		25 °C		25 °C			Basis minimumbuis		50 °C		40 °C	
	25 °C		25 °C		25 °C			-		50 °C		40 °C	
	Stralingsaanpassing min.buis		- 40°C		- 40°C			Stralingsaanpassing min.buis		- 40°C		- 40°C	
	- 20°C		- 40°C		- 40°C			- 20°C		- 40°C		- 40°C	
	Vochtinvloed min.buis		%RV °C		%RV °C			Vochtinvloed min.buis		%RV °C		%RV °C	
	%RV	°C	%RV	°C	%RV	°C		%RV	°C	%RV	°C	%RV	°C
	70	0	80	0	70	0		70	0	70	0	70	0
	83	3	83	3	83	3		80	10	80	10	80	0
	90	15	90	15	90	15		82	15	82	20	82	5
	95	25	95	25	95	25		84	20	85	30	88	20

Bijlage 2 Regeling bij teler 2

Tabel 1 Instellingen teler 2 2001

2001		vergelijk					proef	
		periode 1	periode 2	periode 3	periode 4	periode 5	periode 1	periode 2
26-3-2001	begintijd	4:00	0:00	16:30	0:30		16:30	0:30
	min.buis	35	35	50	30		50	20
	straling 350-450 W/m2	-5	-5	-10	0		-10	0
	stralingsregeling 25 - 75%	-5	-5	-10	0			
	verschil VD 0.0 / -0.5 g/m3	0	5	0	0		0	30
2-4-2001	begintijd	2:00	1:00	0:45	0:34		16:30	-00:27
	min.buis	35	35	42	30		42	20
	straling	-5	-5	-10	0		-10	0
	verschil VD 0.0 / -0.5 g/m3	10	0	0	0		0	30
1-5-2001	begintijd	20:02	-01:00	10:00	-2:30		-02:30	-00:02
	min.buis	20	35	25	40		40	20
	straling 350-450 W/m2	0	-10	-10	-10		-10	0
	verschil VD 0.0 / -0.5 g/m3	0	0	10	0			
	raamstand 10 - 20%	-5	-20	-10	-15		-20	0

Tabel 2 Instellingen teler 2 2001

Teler 2 2001		vergelijk					proef		
		periode 1	periode 2	periode 3	periode 4	periode 5	periode 1	periode 2	
11-6-2001	begintijd	21:16	-01:00	8:41	-02:00		begintijd	-02:30	-00:00
	min.buis	25	35	25	40		min.buis	40	20
	straling 350-450 W/m2	0	-10	-10	-10		straling 350-450 W/m2	-10	0
	verschil VD 0.0 / -0.5 g/m3	0	0	10	0		verschil condens.T 4.0 - 0.0°C	0	20
	raamstand 10 - 20%	-5	-20	-10	-15		raamstand 10 - 20%	-15	0
9-7-2001	begintijd	21:16	-01:00	8:41	-02:00		begintijd	-02:30	-00:00
	min.buis	25	35	25	40		min.buis	40	20
	straling 250-350 W/m2	0	-10	-10	-10		straling 250-350 W/m2	-10	0
	verschil VD 0.0 / -0.5 g/m3	0	0	10	0		verschil condens.T 4.0 - 0.0°C	0	20
	raamstand 10 - 20%	-5	-20	-10	-15		raamstand 10 - 20%	-15	0
13-8-2001	begintijd	23:00	-01:00	7:55	-02:43	20:17	begintijd	-02:30	-00:00
	min.buis	35	35	25	45	20	min.buis	45	20
	straling 250-350 W/m2	0	0	-10	-10	0	straling 250-350 W/m2	-10	0
	verschil VD 0.0 / -0.5 g/m3	0	0	10	0	0	verschil condens.T 4.0 - 0.0°C	0	20
	raamstand 10 - 20%	-15	0	-10	-20	-5	raamstand 10 - 20%	-15	0

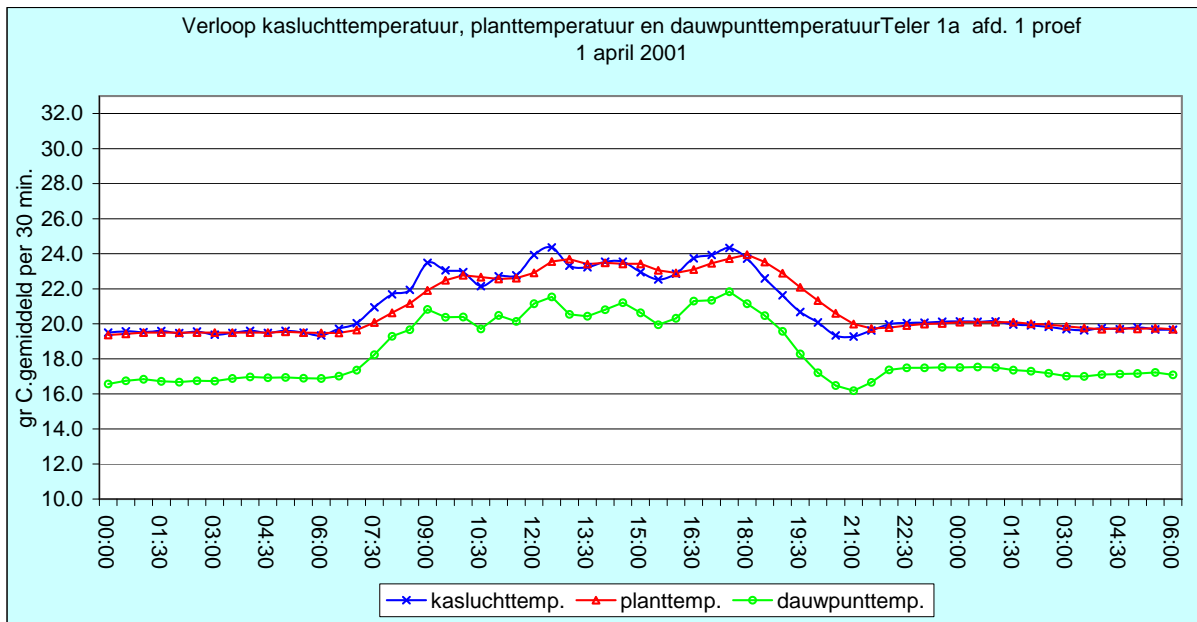
Tabel 3 Instellingen teler 2 2001

Teler 2 2001		vergelijk					proef		
		periode 1	periode 2	periode 3	periode 4	periode 5	periode 1	periode 2	
1-10-2001	begintijd	23:00	-01:00	7:55	-02:43	-00:30	begintijd	-02:30	-00:00
	min.buis	35	35	25	45	20	min.buis	45	20
	straling 250-350 W/m2	0	0	-10	-10	0	straling 250-350 W/m2	-10	0
	verschil VD 0.0 / -0.5 g/m3	0	0	10	0	0	verschil condens.T 4.0 - 0.0°C	0	20
	raamstand 10 - 20%	-15	0	-10	-20	-5	raamstand 10 - 20%	-15	0

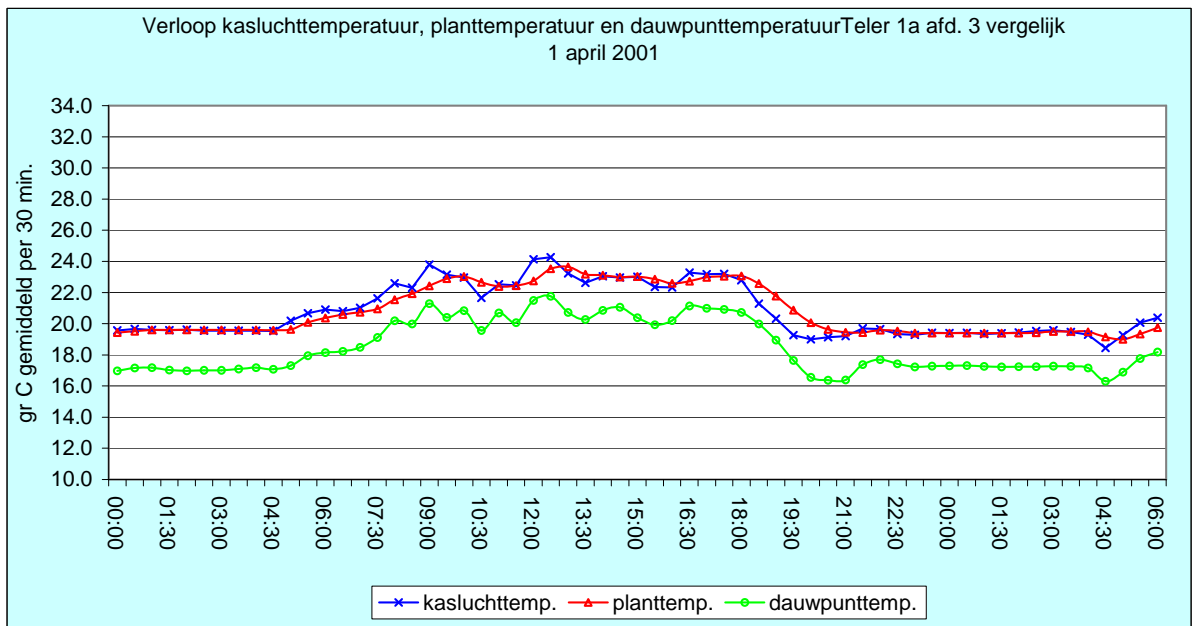
Tabel 4 Instellingen teler 2 2002

Teler 2 2002		vergelijk					proef		
		periode 1	periode 2	periode 3	periode 4	periode 5	periode 1	periode 2	
4-4-2002	begintijd	5:00	7:52	10:25	15:30	00:30	begintijd	16:30	0:30
	min.buis	35	35	35	43	30	min.buis	50	20
	straling 200-300 W/m2	0	-5	-10	-15	0	straling 350-450 W/m2	-10	0
	stralingsregeling 70 - 90%	0	-15	-20	0	0	verschil condens.T 4.0 - 0.0°C	0	30
2-5-2002	begintijd	5:00	7:52	10:25	15:30	-01:03	begintijd	16:30	0:23
	min.buis	35	35	35	35	30	min.buis	20	20
	straling 200-300 W/m2	0	-15	-20	-20	0	straling 200-300 W/m2	0	0
	stralingsregeling 70 - 90%	0	-15	-20	-20	0	verschil condens.T 4.0 - 0.0°C	23	23
13-6-2002	begintijd	0:14	0:26				begintijd	0:22	0:26
	min.buis	20	20				min.buis	20	20
	verschil condens.T 4.0 - 0.0°C	23	23				verschil condens.T 4.0 - 0.0°C	23	23

Bijlage 3 Temperatuurverloop, 2 dagen

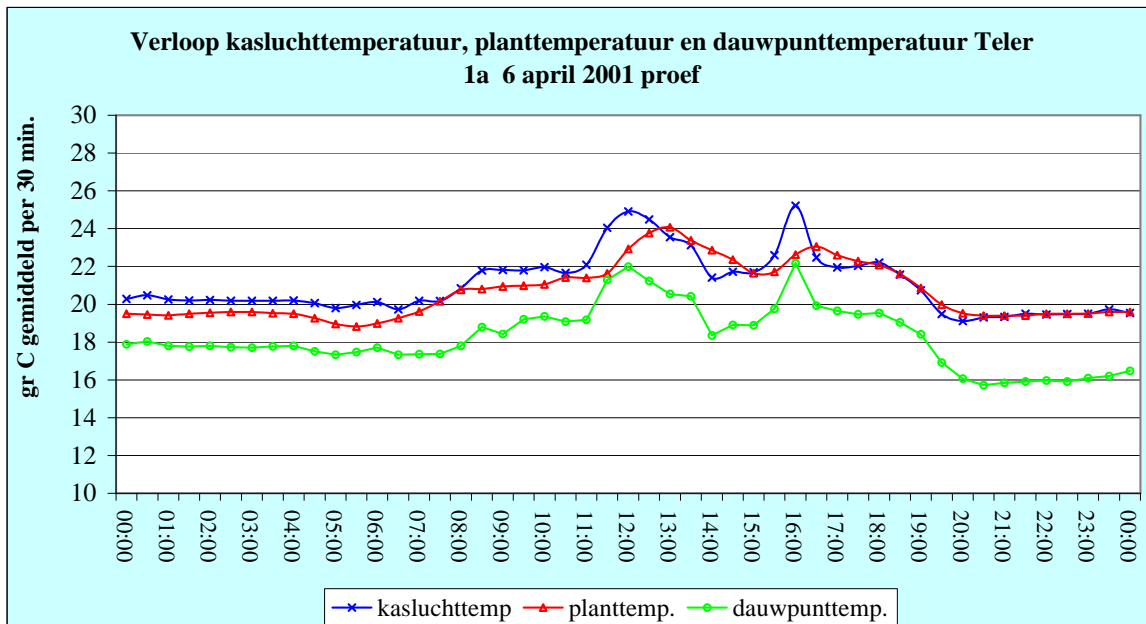


a

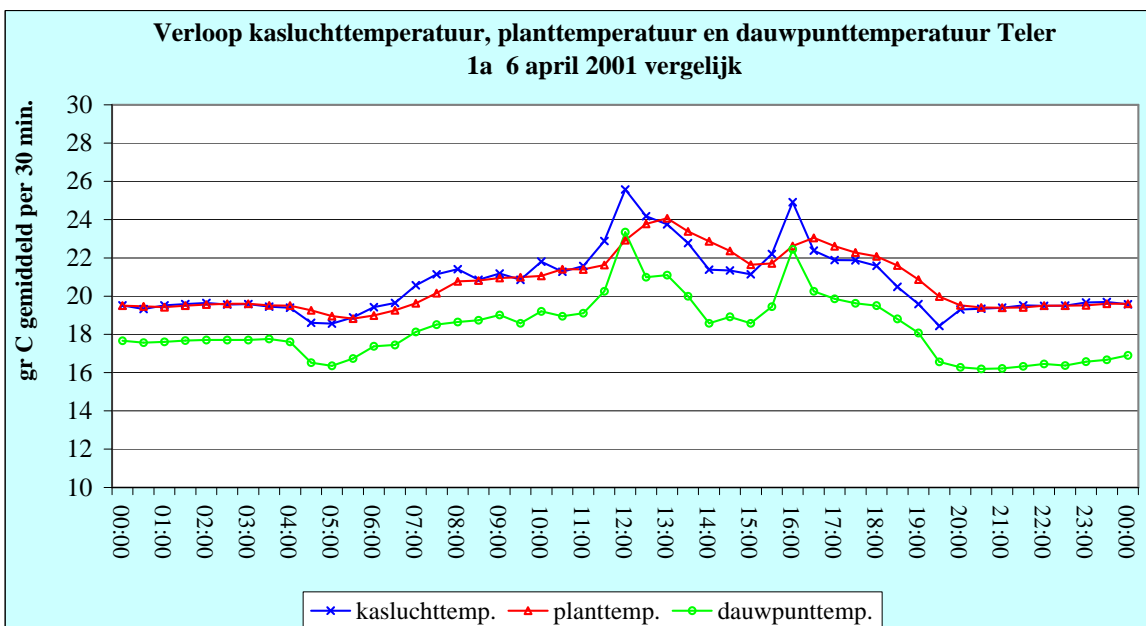


Figuur 1

Verloop kasluchttemperatuur, berekende planttemperatuur en dauwpunttemperatuur 1 april 2001



e

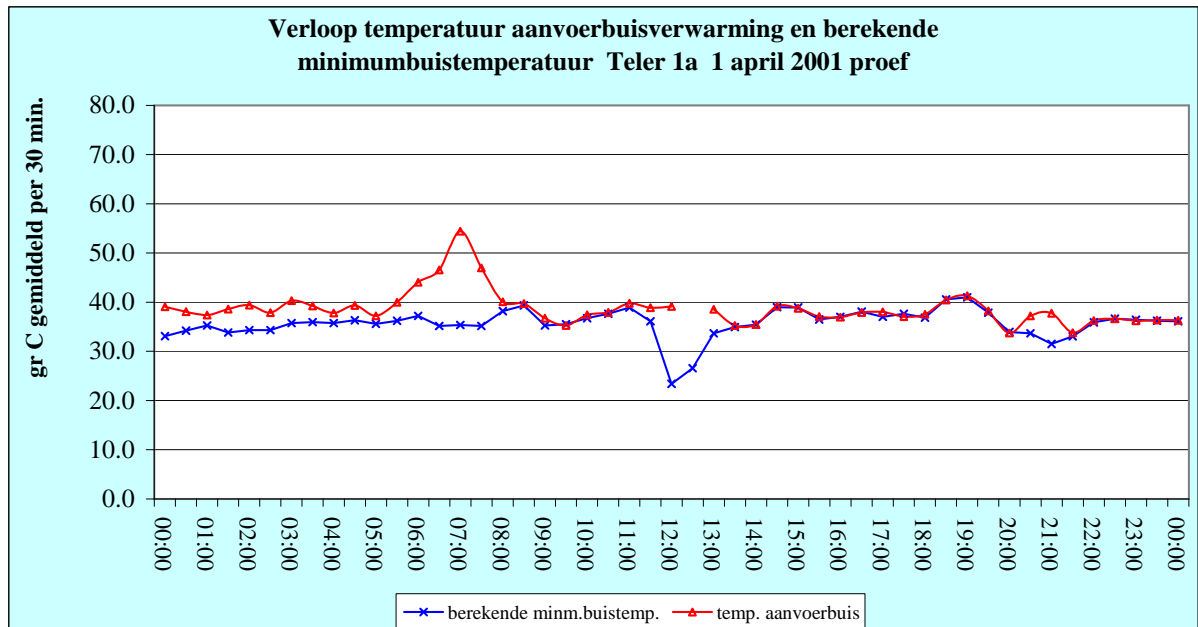


d

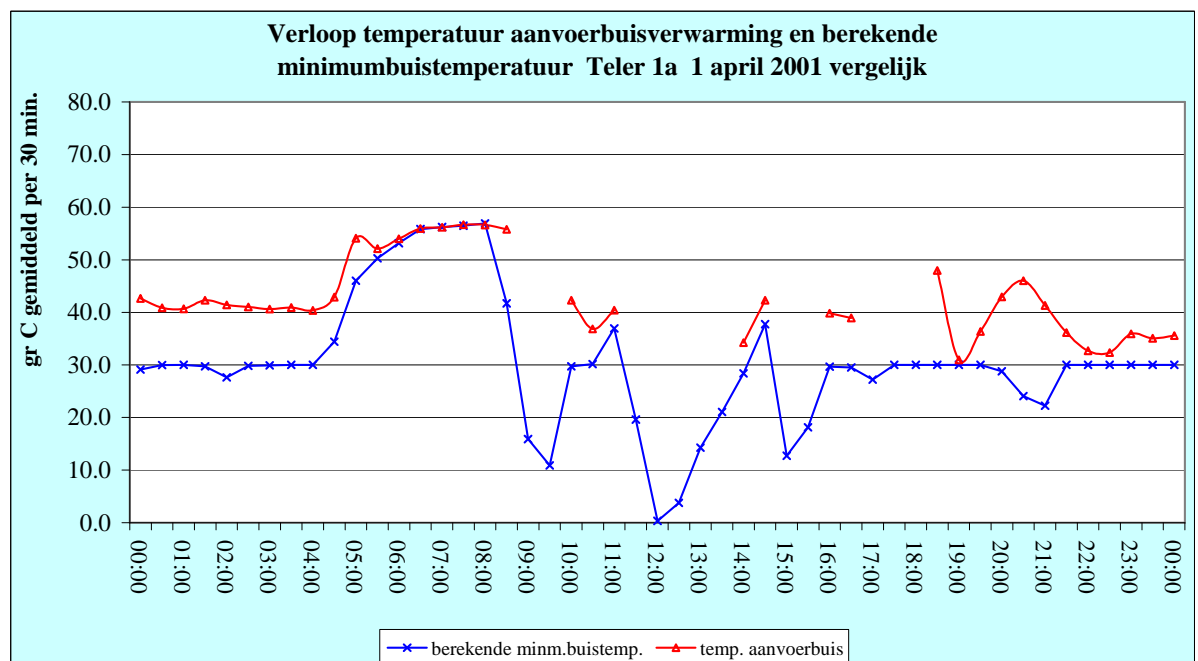
Figuur 2 Verloop kasluchttemperatuur, berekende planttemperatuur en dauwpunttemperatuur teler 1, 6 april 2001

Op 6 april is er in de middag, rond 16.00 uur, in de vergelijkingsafdeling nog een korte tijd sprake van een gevaarlijk hoge (berekende) RV-plant van >95%. Dit is ook zichtbaar als een te klein verschil tussen (berekende) planttemperatuur en dauwpunttemperatuur. Dit lijkt, in tegenstelling tot de piek in de morgen, een incident (zoals een regenbui zou kunnen veroorzaken).

Bijlage 4 Berekende en gemeten buis, 3 dagen

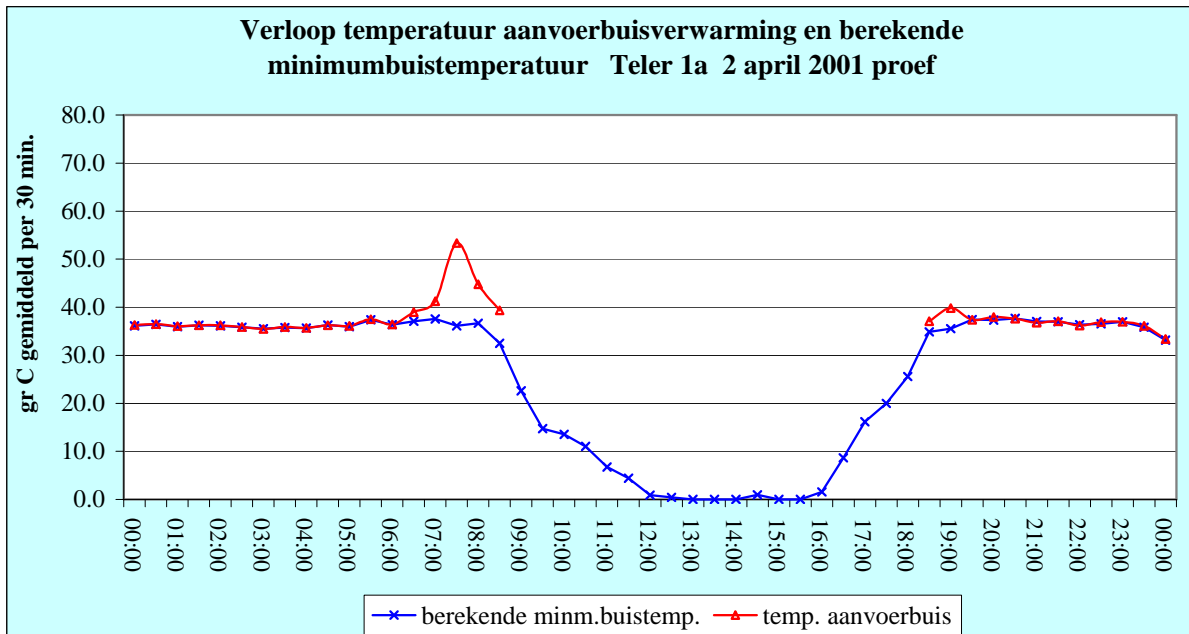


a

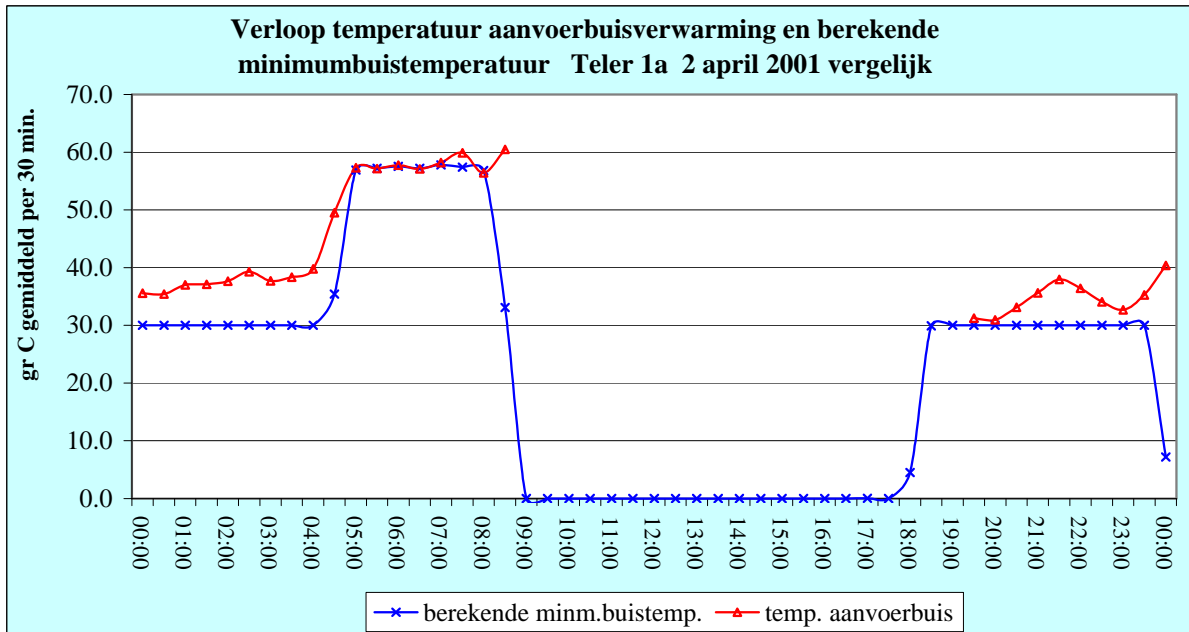


b

Figuur 1 Verloop gemeten temperatuur aanvoerbuis verwarming en berekende minimumbuis temperatuur Teler 1, 1 april 2001



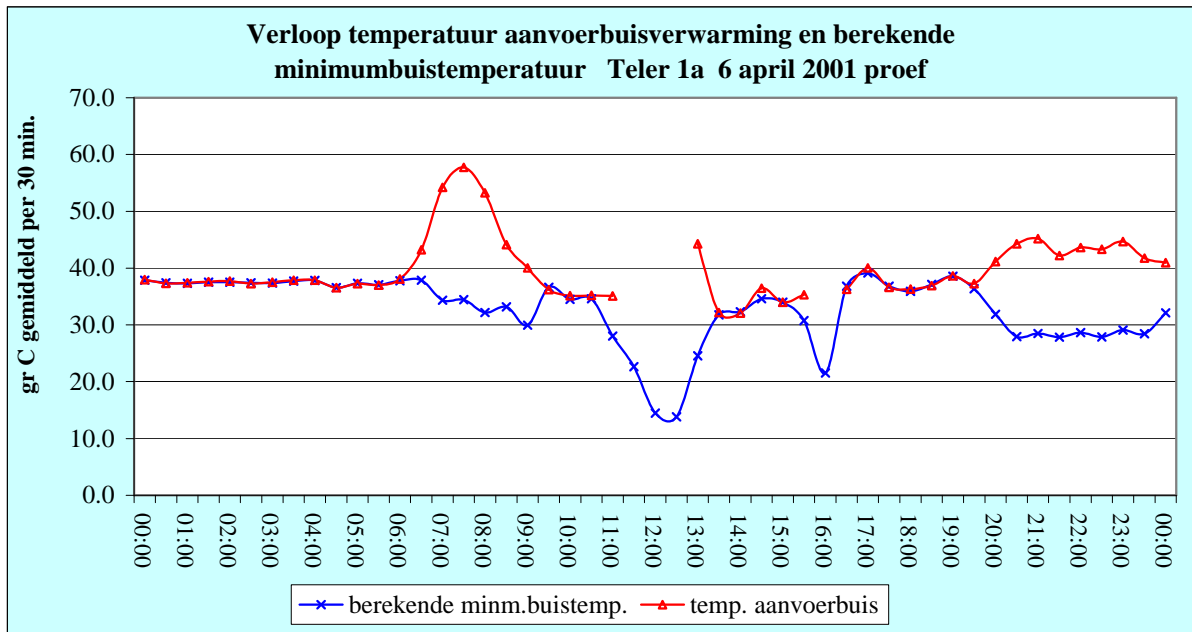
a



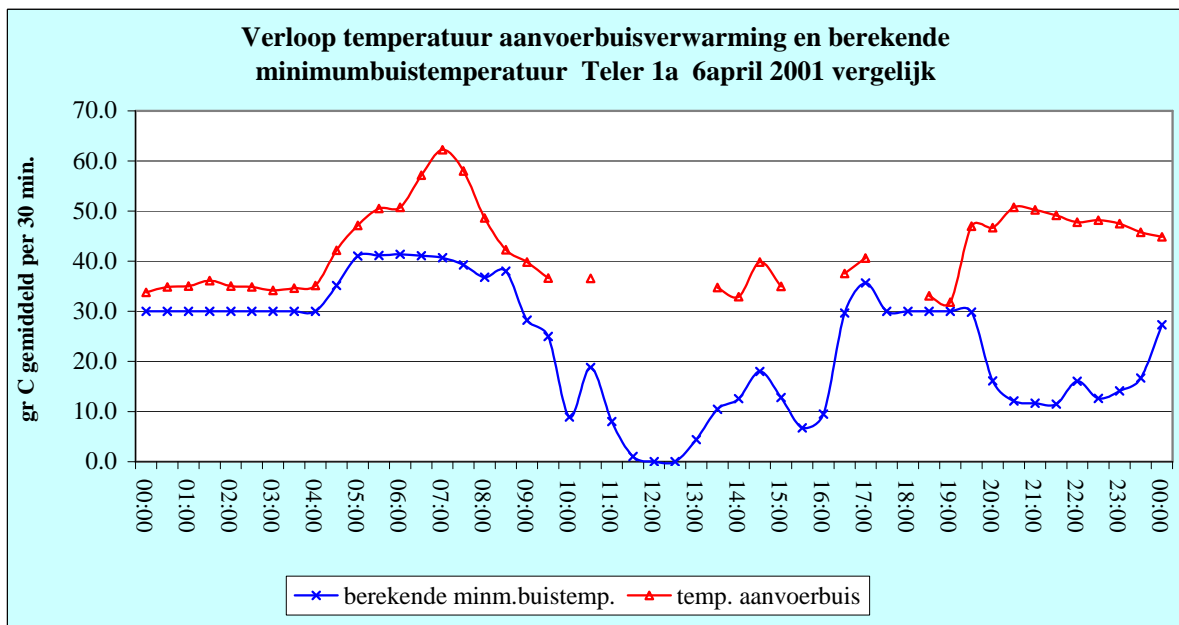
b

Figuur 2

Verloop gemeten temperatuur aanvoerbuis verwarming en berekende minimumbuis temperatuur 2 Teler 1 april 2001



a

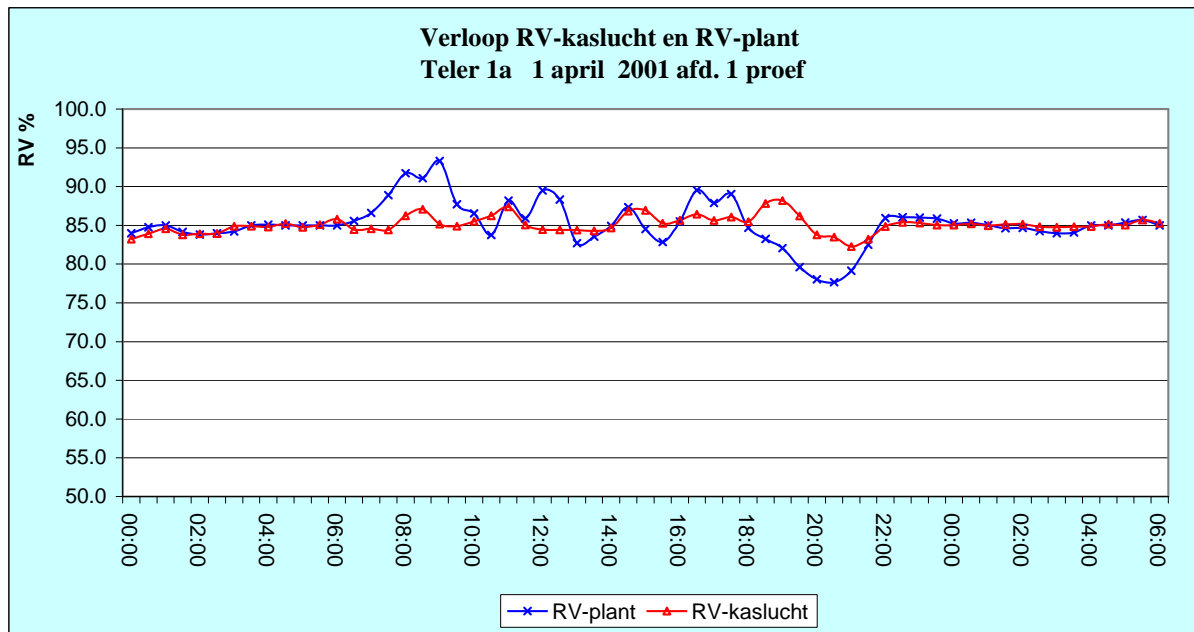


b

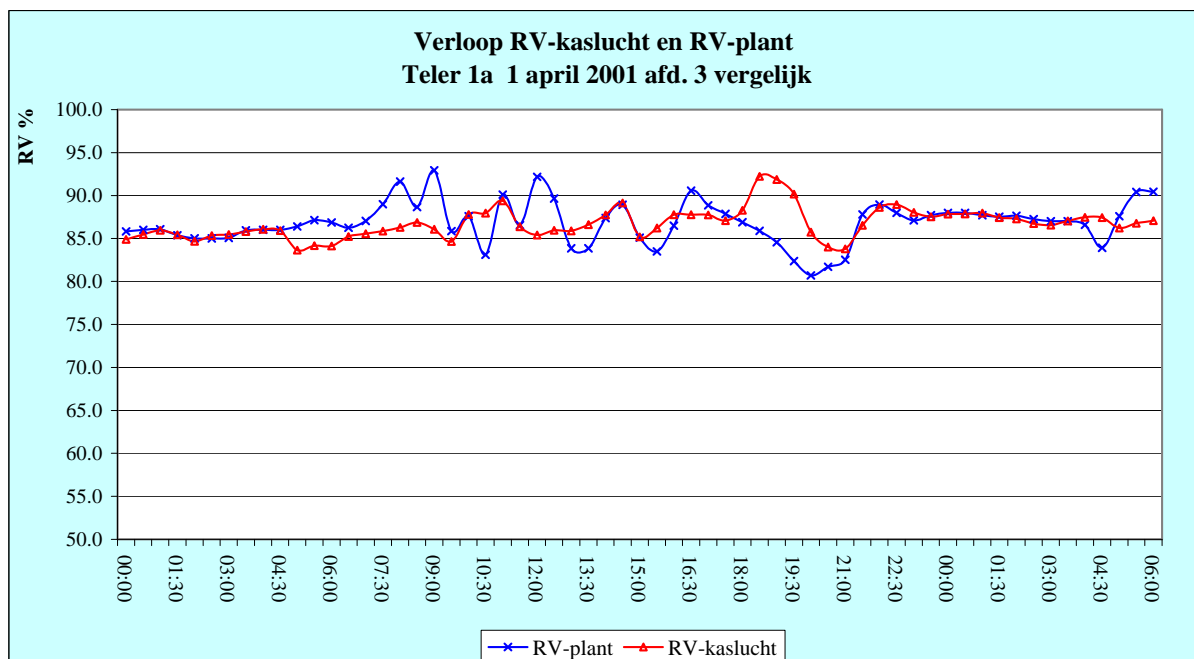
Figuur 3

Verloop gemeten temperatuur aanvoerbus verwarming en berekende minimumbuistemperatuur Teler 1, 6 april 2001

Bijlage 5 Verloop RV-kaslucht en RV-plant, 3 dagen



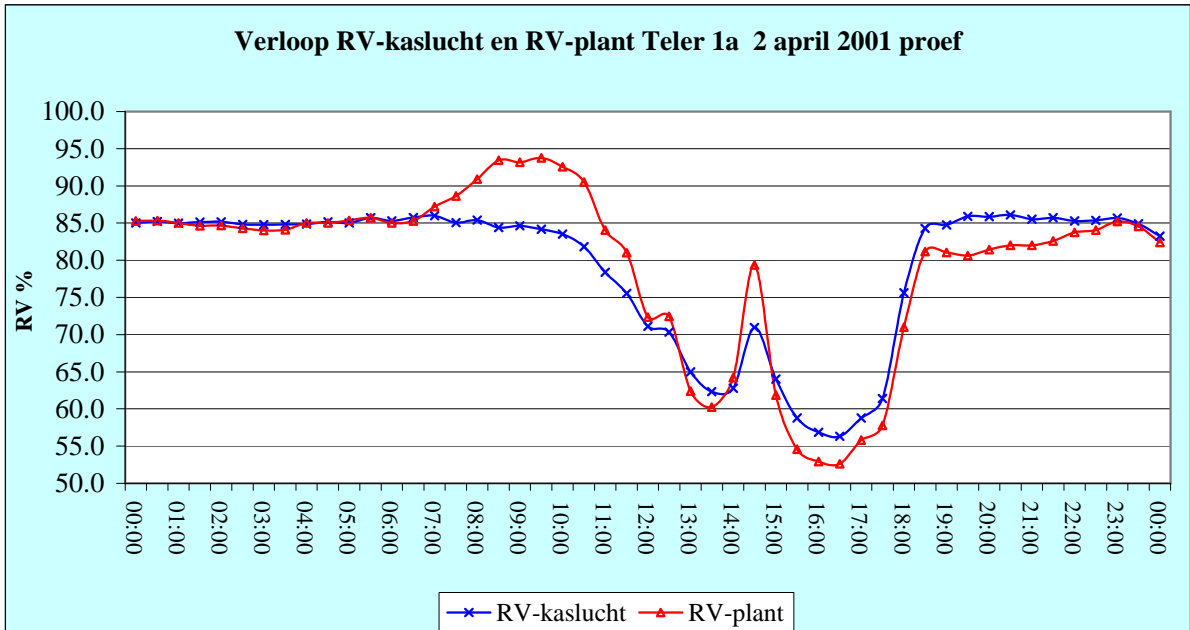
a



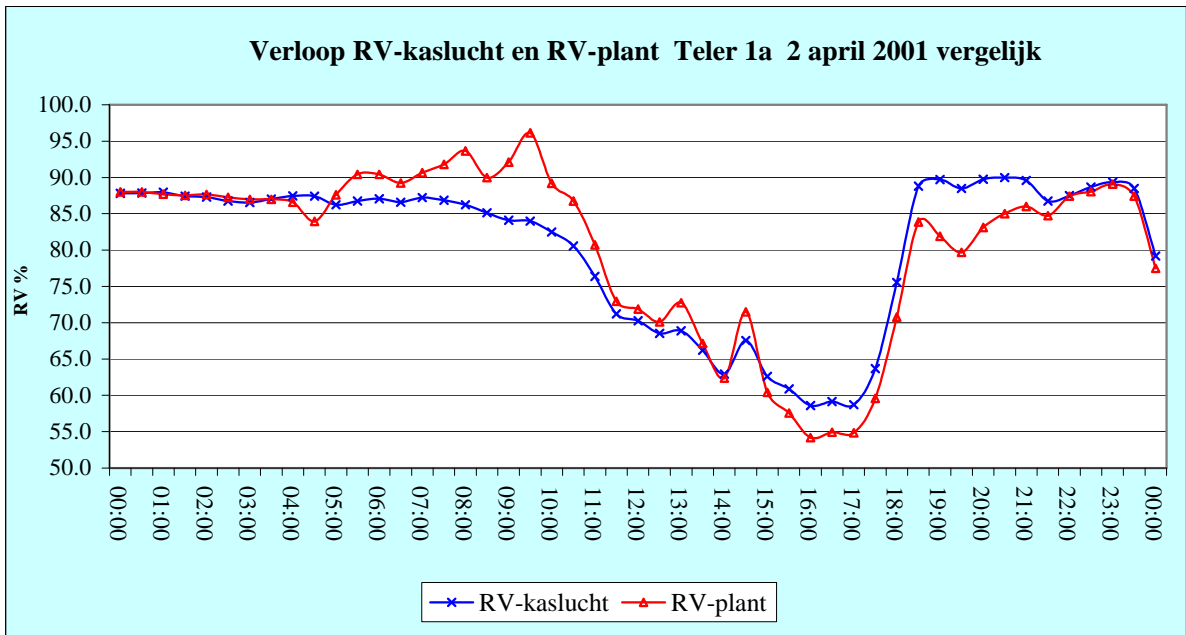
b

Figuur 1

Verloop RV-kaslucht en RV-plant teler 1, 1 april 2001



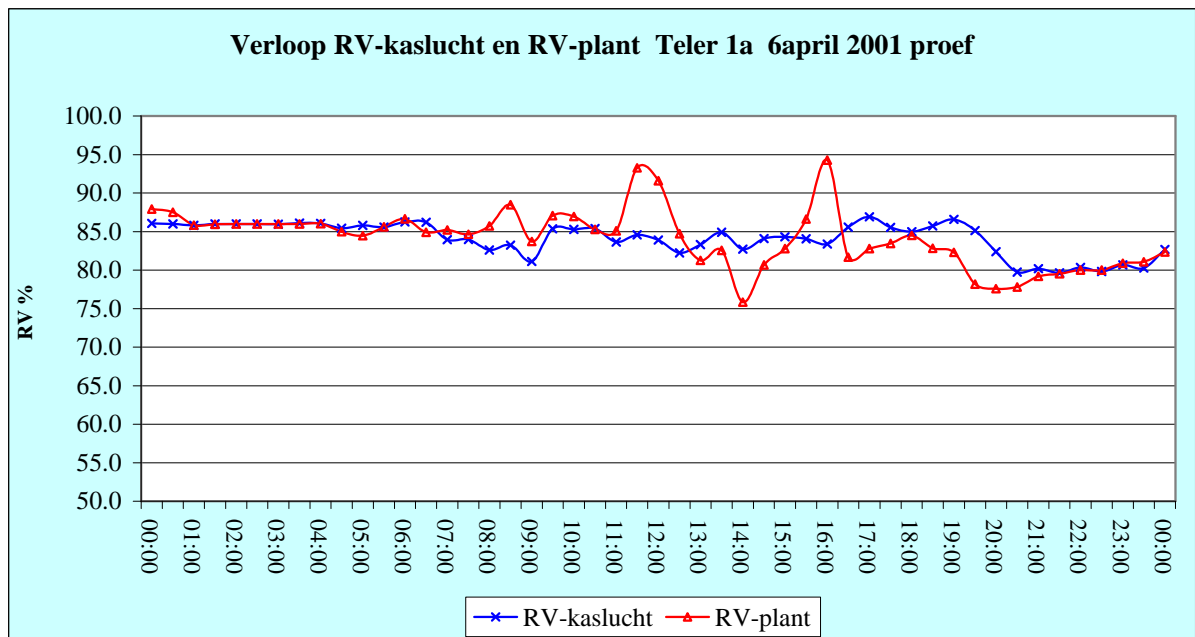
a



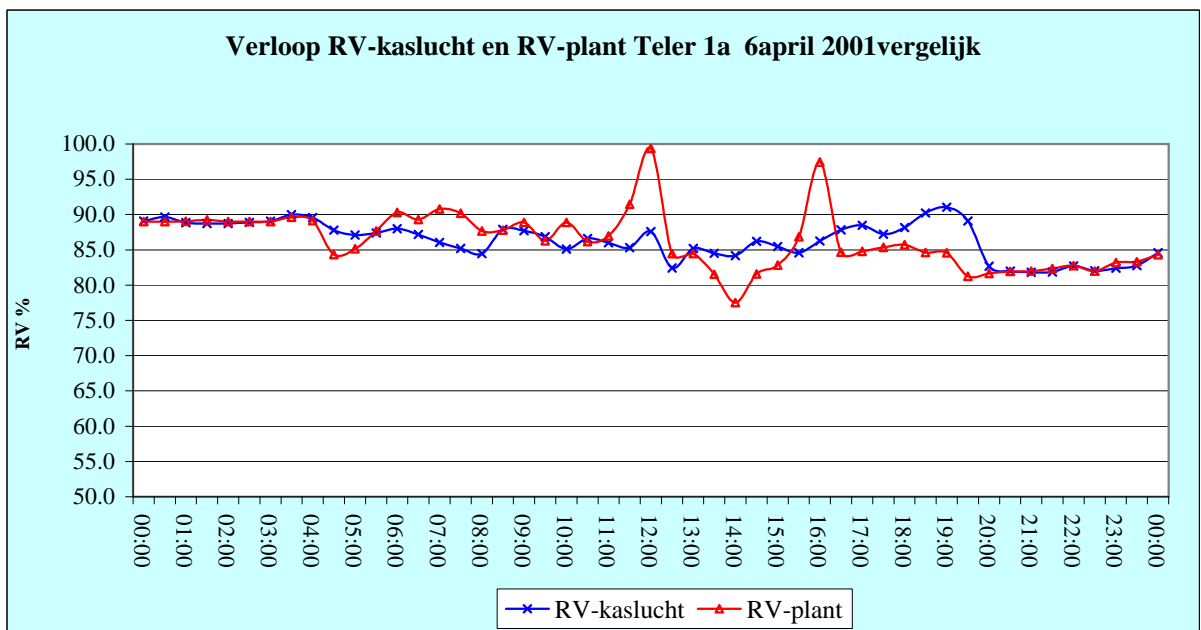
b

Figuur 2

Verloop RV-kaslucht en RV-plant, teler 1, 2 april 2001



a



b

Figuur 3

Verloop RV-kaslucht en RV-plant teler1, 6 april 2001