



Optimalisatie temperatuur bij komkommer

Jan Janse, Bert Houter, Boris Berkhout en Edwin Rijpsma

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Business Unit Glastuinbouw
februari 2004

Project 41704613

© 2004 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, 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.

Financier:

Productschap Tuinbouw
Louis Pasteurlaan 6
Postbus 280
2700 AG Zoetermeer



Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Business Unit Glastuinbouw

Adres : Kruisbroekweg 5, 2671 KT Naaldwijk
: Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk
Tel. : 0174 - 63 67 00
Fax : 0174 - 63 68 35
E-mail : infoglastuinbouw.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.dlo.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	4
1 INLEIDING.....	5
2 MATERIAAL EN METHODE.....	6
2.1 Behandelingen	6
2.2 Werkwijze met model	6
2.3 Overige teeltgegevens.....	7
2.4 Waarnemingen en registratie.....	8
3 RESULTATEN.....	9
3.1 Klimaat.....	9
3.2 Plantbelasting	11
3.3 Productie en kwaliteit	12
4 DISCUSSIE	15
5 CONCLUSIES.....	17
BIJLAGEN 1 - 4	

Samenvatting

Uit ouder onderzoek met komkommers uitgevoerd op het toenmalige Proefstation voor Tuinbouw onder Glas in Naaldwijk, kwam naar voren dat een nachttemperatuur die afhankelijk was van de stralingssom van de dag ervoor, de eindproductie met zo'n 8% verhoogde.

In een komkommeronderzoek in het seizoen 2002-2003 is op het PPO geprobeerd om door de etmaaltemperatuur te variëren, de assimilatievraag beter af te stemmen op het assimilatieaanbod. Hierdoor zou de teelt optimaler kunnen verlopen en de productie kunnen stijgen.

De temperatuur werd vijf maal per week berekend met behulp van het INTKAM gewasmodel voor komkommer van het PRI. Daarbij werden ook gegevens van de waargenomen plantbelasting in meegenomen. Naast een standaardbehandeling met een etmaaltemperatuur van circa 20,5°C, waren er drie behandelingen waarbij de etmaaltemperatuur meer of minder mocht variëren binnen bepaalde temperatuurgrenzen. Zo mocht de etmaaltemperatuur bij de behandeling met het volledige model variëren van 16 tot 24°C. De teelt duurde van half december 2002 tot half mei 2003 en de proef werd in enkelvoud uitgevoerd.

Vanaf de start van de behandeling tot aan het einde van het onderzoek was het verschil in gemiddelde etmaaltemperatuur tussen de controle en de meest extreme behandeling 1,3°C. In deze teeltproef kon er echter geen duidelijk effect van de temperatuurbehandelingen op de productie of kwaliteit worden aangetoond. De controlebehandeling gaf wel de minste kwaliteit. Volgens modelberekeningen door het PRI zou de productiewinst afhankelijk van de temperatuurbehandeling 1 tot 5% hebben moeten bedragen. Tussen de afdelingen zijn er wel verschillen in productie ontstaan, maar deze waren grotendeels toe te schrijven aan verschillen in CO₂-gehalte met name in de tweede helft van de teelt. Het energieverbruik in de modelbehandeling met de grootste bandbreedte nam ten opzichte van de standaard toe met 14%. Dit had mede te maken met de grote hoeveelheid licht in de proefperiode.

De bijdrage van het PRI aan dit onderzoek is beschreven in het in 2004 uitgebrachte rapport 'Temperatuurregeling in komkommer met gebruik van het INTKAM gewasmodel' van Elings en Marcelis.

1 Inleiding

Door veel komkommertelers wordt de stook- en of ventilatietemperatuur in de vroege teelt nog weinig gevarieerd afhankelijk van de instraling of stralingssom. De sterke indruk is dat men hierdoor productie laat liggen, omdat de vraag naar assimilaten dan niet goed afgestemd is op het assimilatenaanbod. Bij een hoge stralingssom of lage plantbelasting zou de nacht- of etmaaltemperatuur duidelijk omhoog kunnen om de geproduceerde assimilaten zo snel mogelijk te transporteren en te verwerken en de ontwikkelingssnelheid te verhogen. Bij weinig instraling of een hoge plantbelasting zou de (nacht)temperatuur omlaag moeten, om de ademhalingsnelheid te verlagen.

In een onderzoek van zo'n 25 jaar geleden uitgevoerd door het toenmalige Proefstation voor Tuinbouw onder Glas in Naaldwijk, werd de nachttemperatuur afhankelijk van de hoeveelheid instraling gevarieerd van 12 tot 23°C bij een dagtemperatuur van 23°C (van Uffelen en Heij, 1977). Dit leidde tot een productieverhoging ten opzichte van de standaard met een nachttemperatuur van 20°C. De vroege productie was 13% hoger en aan het einde van de proef lag het productieniveau nog circa 8% hoger. Het toepassen van een lichtafhankelijke (nacht)temperatuur lijkt dus zeer aantrekkelijk. Er is in die tijd echter weinig aandacht besteed aan deze resultaten, omdat men toen sterk gericht was op het handhaven van lagere nachttemperaturen in verband met de toenmalige hoge energieprijzen. Maar meer dan 95% van de komkommertelers met een vroege stookteelt hebben inmiddels een energiescherm of zelfs tijdelijk een dubbel scherm, waardoor een hogere nachttemperatuur uit energieoogpunt een minder groot bezwaar hoeft te zijn.

Verder hebben de klimaatcomputers nu de mogelijkheid op basis van straling en/of stralingssom klimaatsetpoints aan te passen, iets wat 25 jaar geleden nog niet mogelijk was.

In een kasonderzoek met komkommers op het Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO) is samen met Plant Research International (PRI) onderzocht of het met behulp van een groeimodel mogelijk was om de assimilatenvraag beter af te stemmen op het aanbod. Dit zou tot betere plantbalans, een hogere productie en mogelijk een betere kwaliteit kunnen leiden.

Het doel van het onderzoek was om via aanpassing van de temperatuur de assimilatenvraag bij komkommer beter af te stemmen op het assimilatenaanbod.

In dit verslag wordt het onderzoek in de kassen op het PPO beschreven. In het PRI-rapport 'Temperatuurregeling in komkommer met gebruik van het INTKAM gewasmodel' van Elings en Marcelis (2004), wordt een beschrijving gegeven van een aantal belangrijke gewasfysiologische aspecten die in het model zijn verwerkt en een gewasfysiologische analyse van de waarnemingen in de kasproef op het PPO.

2 Materiaal en methode

2.1 Behandelingen

Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van het INTKAM komkommer gewasmodel ontwikkeld door het Plant Research International (PRI) in Wageningen (Marcelis et al, 2000). Om met dit gewasmodel de proef uit te kunnen voeren, is het model door het PRI aangepast. Voor een beschrijving van een aantal belangrijke gewasfysiologische aspecten die in het model zijn verwerkt én een gewasfysiologische analyse van de proefwaarnemingen, wordt verwezen naar het rapport van het PRI (Elings en Marcelis, 2004).

Het onderzoek is uitgevoerd in vier vergelijkbare kassen op het Praktijkonderzoek Plant & Omgeving in Naaldwijk. Daarin zijn in overleg met het PRI de volgende reeks behandelingen neergelegd:

'Model' (kas 5):	Etmaaltemperatuur volgens model met begrenzing van etmaaltemperaturen tussen 16 en 24°C
'2/3 Model' (kas 3):	Etmaaltemperatuur 2/3 van maximale range volgens model: $\text{etmaaltemperatuur} = 20,5 + 0,66 * (\text{modeltemperatuur} - 20,5)$, etmaaltemperatuur wordt begrensd op 17,5 tot 22,8°C
'1/3 Model' (kas 7):	Etmaaltemperatuur 1/3 van maximale range volgens model: $\text{etmaaltemperatuur} = 20,5 + 0,33 * (\text{modeltemperatuur} - 20,5)$, etmaaltemperatuur wordt begrensd op 19 tot 21,7°C
'Controle' (kas 1):	Controle of standaard (gemiddelde etmaaltemperatuur ca. 20,5°C, wel aanpassing op basis van straling (= "praktijk")

Zodra het model gereed was, is deze in de teeltproef ingezet (24 januari). Om daarvoor ook al enige verschillen tussen de behandelingen aan te leggen, is een extra verhoging van de stooktemperatuur op basis van de hoeveelheid instraling ingesteld. Vanaf 8 januari was de momentane lichtverhoging op de stooktemperatuur per behandeling respectievelijk 2, 1,66, 1,33 en 1°C bij een instraling van 50 tot 150 W/m². Op de stooktemperatuur werd in de nacht een lichtverhoging ingezet op basis van de stralingssom van 100 – 300 J/cm² per behandeling van respectievelijk 1,5, 1, 0,5 en 0°C.

2.2 Werkwijze met model

Voor de modelberekeningen waren gegevens van de plantbelasting nodig. Om de plantbelasting te bepalen, is drie maal per week, namelijk op de oogstdagen maandag, woensdag en vrijdag, het aantal vruchten langer dan 10 cm aan de plant geteld. Deze vruchten trekken veel assimilaten en vormen een belangrijk gedeelte van de assimilatenvraag (=sink) en zijn dus een belangrijke maat voor de plantbelasting. De op maandag, woensdag en vrijdag geoogste vruchten zijn steeds geteld en gewogen.

De gegevens van de plantbelasting en de oogst zijn 's morgens vroeg samen met de geregistreerde klimaatgegevens van de afgelopen dag in het INTKAM komkommer gewasmodel ingevoerd. Dit gebeurde op alle werkdagen. De verwachte instraling voor die dag of op vrijdag voor drie dagen, werd 's morgens vroeg via de klimaatcomputer bij Meteo Consult opgevraagd en eveneens in het gewasmodel ingevoerd. Het gewasmodel berekende daarna de optimale etmaaltemperatuur op basis van de gewenste en gesimuleerde verhouding tussen assimilatenaanbod- en vraag (zie ook PRI-rapport van dit onderzoek door Elings en Marcelis, 2004).

In de output werden de streeftemperaturen voor die betreffende dag of weekend bij de verwachte en meer of minder instraling in stappen van 10% gegeven. Aan de hand van de gewenste en gesimuleerde 'source-

sink' verhouding werd per behandeling de beste etmaaltemperatuur gekozen binnen de toegestane bandbreedte voor de etmaaltemperatuur en in de klimaatcomputer ingesteld. Hierbij werd de dagtemperatuur meestal 1 à 1,5°C hoger ingesteld dan de nachttemperatuur. De klimaatcomputer stuurde de stooktemperatuur dan naar de streefwaarde voor de etmaaltemperatuur. Dreigde de gewenste etmaaltemperatuur niet gerealiseerd te worden, dan werd gedurende de nacht de te hoge of te lage etmaaltemperatuur automatisch gecompenseerd door naar een respectievelijk lagere of hogere temperatuur te sturen. Een dag liep hierbij van 09.00 tot 08.59 uur. Bij de standaardbehandeling werd bij veel instraling overdag nog een lichtverhoging toegepast. De ventilatietemperatuur lag in december en januari op circa 26°C. Vanaf half februari is de ventilatietemperatuur op 1 à 1,5°C boven de stooktemperatuur gezet.

In de kassen is met zuivere CO₂ gedoseerd. Bij meer ventileren werd de streefwaarde verlaagd, omdat er anders teveel zuivere CO₂ naar de buitenlucht zou verdwijnen. Er stond wel een stralingsverhoging van 200 ppm bovenop CO₂-streefwaarde ingesteld.

2.3 Overige teeltgegevens

Kas:	PPO-kas 210, afdeling 1, 3, 5 en 7
Grootte afdeling:	58 m ²
Lichtdoorlatendheid kasdek:	65 à 68%
Herhalingen:	proef in enkelvoud (reeks)
Zaaidatum:	22 november 2002
Plantdatum:	18 december 2003
Einde proef:	16 mei 2003
Ras:	Mystica (Rijk Zwaan)
Plantdichtheid:	1,65 pl/m ² (hoge plantdichtheid in verband met relatief veel geveld)
Substraat:	steenwol
Aantal stamvruchten:	drie: namelijk vrucht op 8 ^e , 12 ^e en laatste blad onder de draad (circa 17 bladeren onder de draad)
Oogstfrequentie:	3 maal per week
Veldgrootte:	10 planten ongeveer in het midden van de kas om randeffecten zoveel mogelijk te voorkomen
Schermb:	tot 10 februari vast PE-folieschermb (anticondens zonder perforatie)
Vloer	betonnen tegels met bevoeiingsmatten
Bevochtiging	vooral in de eerste maanden van de teelt werden de bevoeiingsmatten regelmatig bevochtigd om de luchtvochtigheid te verhogen

2.4 Waarnemingen en registratie

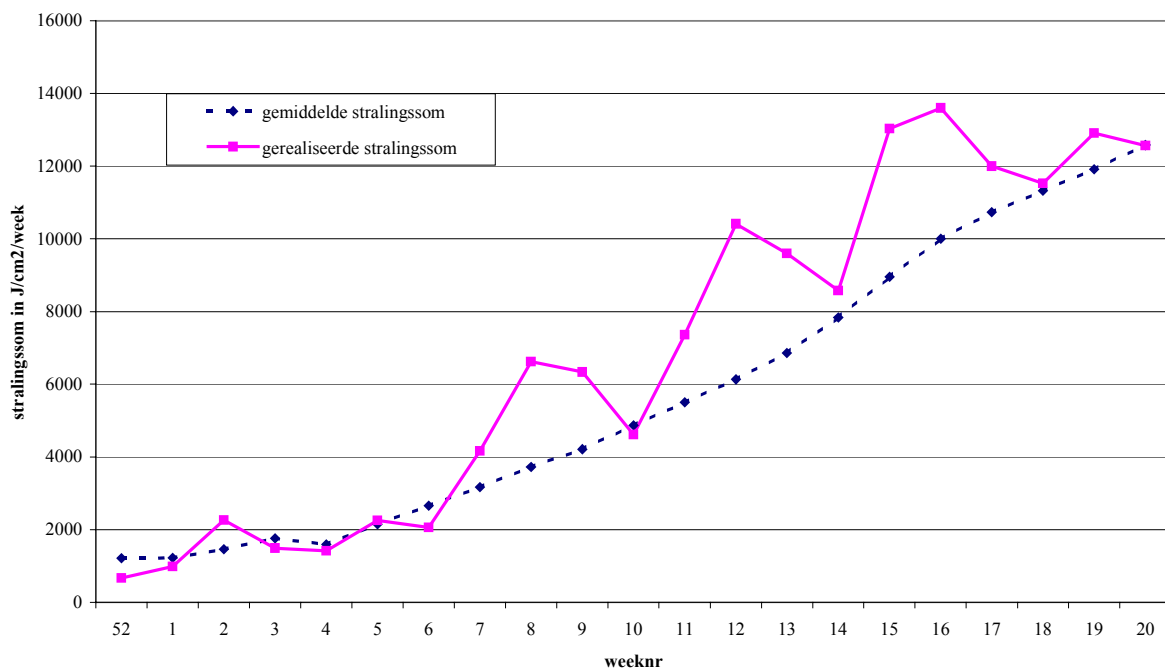
Plantbelasting:	drie maal per week aantal vruchten aan plant tellen die langer zijn dan 10 cm
Productie:	aantal, gewicht klasse 1 en 2
Kwaliteit:	aantal klasse 2 en gewicht stek
Klimaat:	- kasttemperatuur, RV, CO ₂ , ventilatie, buistemperatuur: registratie per 60 minuten - stralingssom per dag

Op basis van de buistemperatuur is met behulp van het model van Nawrocki (1985) het energieverbruik berekend in m³/m².

3 Resultaten

3.1 Klimaat

In figuur 1 wordt de instraling tijdens de proefperiode vergeleken met de gemiddelde instraling over ruim 30 jaar zoals gemeten door het PPO in Naaldwijk.



Figuur 1: Gerealiseerde en gemiddelde stralingsom per week gedurende de proefperiode.

Tijdens de proefperiode ligt de instraling vanaf week 7 in de meeste weken ver boven de gemiddelde instraling over een groot aantal jaren. Over de gehele proefperiode is het verschil zelfs +20%.

Op basis van de verwachte instraling en de plantbelasting zijn met het groeimodel berekende temperaturen ingesteld. In tabel 4 in Bijlage 1 zijn de ingestelde en gerealiseerde temperaturen per week voor de verschillende behandelingen weergegeven. Duidelijke verschillen zijn er pas gemaakt vanaf week 4, toen er gestart is met het model. Zoals in paragraaf 2.1 reeds is aangegeven, was de ingestelde stooktemperatuur in week 2 en 3 afhankelijk van de instraling. Vooral in week 3 heeft dit geresulteerd in verschillen tussen de behandelingen.

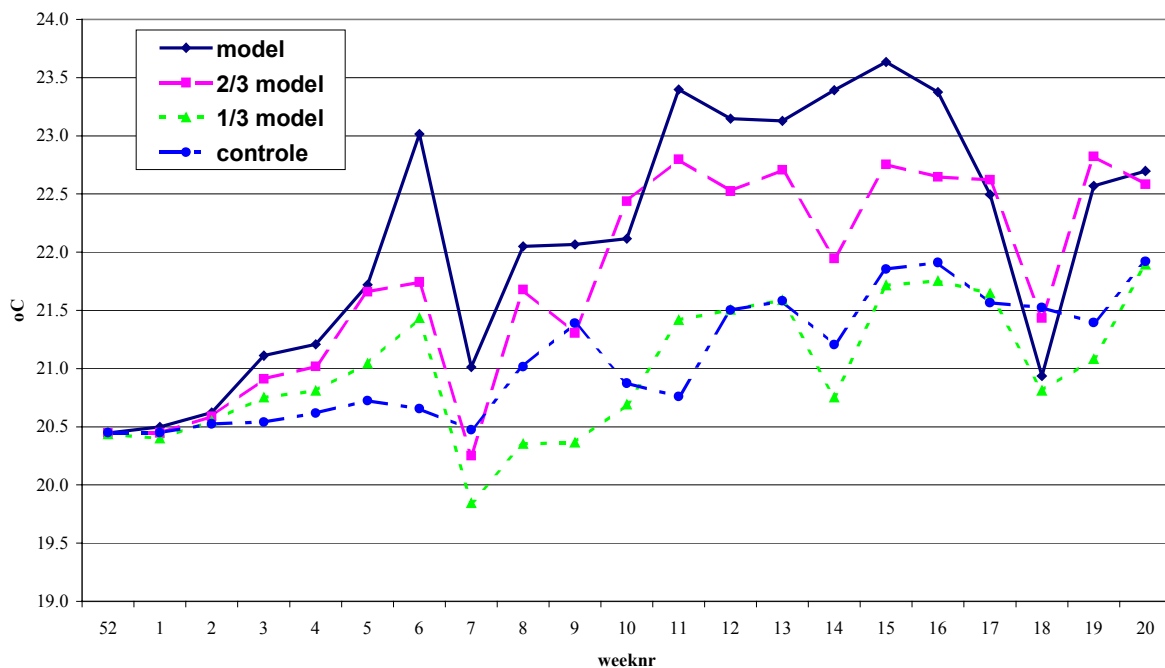
Gemiddeld over een hele week kwam de volgens het groeimodel berekende temperatuur niet zo vaak bij het maximum. Bij de modelbehandeling met de maximumgrens van 24°C, werd deze grens in twee weken benaderd, namelijk in week 15 en 16. De ingestelde temperatuur per week kwam toen uit op 23,8°C. De maximumgrens van 22,8°C bij 2/3 model is zes maal bereikt, namelijk in de weken 10, 11, 13, 15, 16 en 20. Bij 1/3 model is de grens van 21,7°C vijf maal bereikt, namelijk in week 13, 15, 16, 17 en 20.

In het algemeen zijn de ingestelde temperaturen vrij goed gerealiseerd. Dit betekent ook dat de temperatuurcompensatie tijdens de nacht bij een te hoge of te lage gerealiseerde temperatuur goed heeft gefunctioneerd. Gemiddeld vanaf week 4 tot en met het einde van de proef is de gerealiseerde temperatuur bij het volledige model 0,3°C lager dan de ingestelde temperatuur. Bij de andere behandelingen is er

gemiddeld geen of nauwelijks verschil.

In week 7 is er een vrij grote afwijking tussen de ingestelde en gerealiseerde temperatuur. De oorzaak lag grotendeels in het koude weer, terwijl het vaste scherm vlak daarvoor was verwijderd. Omdat de maximumbuis op 70°C stond ingesteld, konden de ingestelde temperaturen toen niet worden gehaald. Door hogere buitentemperaturen en de maximumbuis op 75°C te zetten, kwam dit probleem daarna niet meer voor.

De gerealiseerde kasluchttemperaturen per week voor de vier behandelingen staan grafisch weergegeven in figuur 2.



Figuur 2: De gerealiseerde kasluchttemperatuur per week per temperatuurbehandeling.

Zoals al eerder is aangegeven, zijn de verschillen tussen de behandelingen in de eerste weken na het planten nog gering. Ze stonden immers gelijk ingesteld. Vanaf week 3 is er effect van de verhoging van de stooktemperatuur op momentane straling. Vanaf week 4 worden de temperatuurstellingen berekend via het groeimodel. In het algemeen is bij de modelbehandeling de hoogste temperatuur gerealiseerd, gevolgd door 2/3 model. Bij 1/3 model en de controle is het beeld in de tijd wat wisselend, maar gemiddeld is er weinig verschil in gerealiseerde temperatuur tussen deze beide behandelingen.

Opvallend is de sterke daling in week 7 en week 18 bij vooral de modelbehandelingen. Zoals hiervoor al is aangegeven kwam dit in week 7 door de combinatie van koude weersomstandigheden, verwijderen van het vaste scherm en de ingestelde maximum buistemperatuur. In week 18 was de ingestelde temperatuur, die door het gewasmodel is berekend, ook laag (zie Bijlage 1). Waarschijnlijk heeft de lage berekende temperatuur via het gewasmodel in deze week te maken met een relatief laag stralingsniveau in combinatie met de plantbelasting.

In Bijlagen 3 en 4 zijn de ingestelde, gerealiseerde en volgens het groeimodel berekende temperatuurniveaus per dagnummer vanaf planten weergegeven bij de vier temperatuurbehandelingen. Door aanpassing van de modelberekening werd vanaf de 85^e dag na planten de setpoint, indien deze buiten de vooraf gestelde temperatuurgrenzen lag, ook weergegeven. Mede daarom zijn vanaf die dag ook hoge en soms lage waarden van de volgens het groeimodel berekende temperatuur in de figuren zichtbaar.

Vooraf bij 2/3 model is dit het geval. De setpoint moest echter binnen de vooraf vastgestelde grenzen liggen.

In de volgende tabel is per behandeling een overzicht gegeven van enkele klimaatgegevens, gemiddeld over de proefperiode.

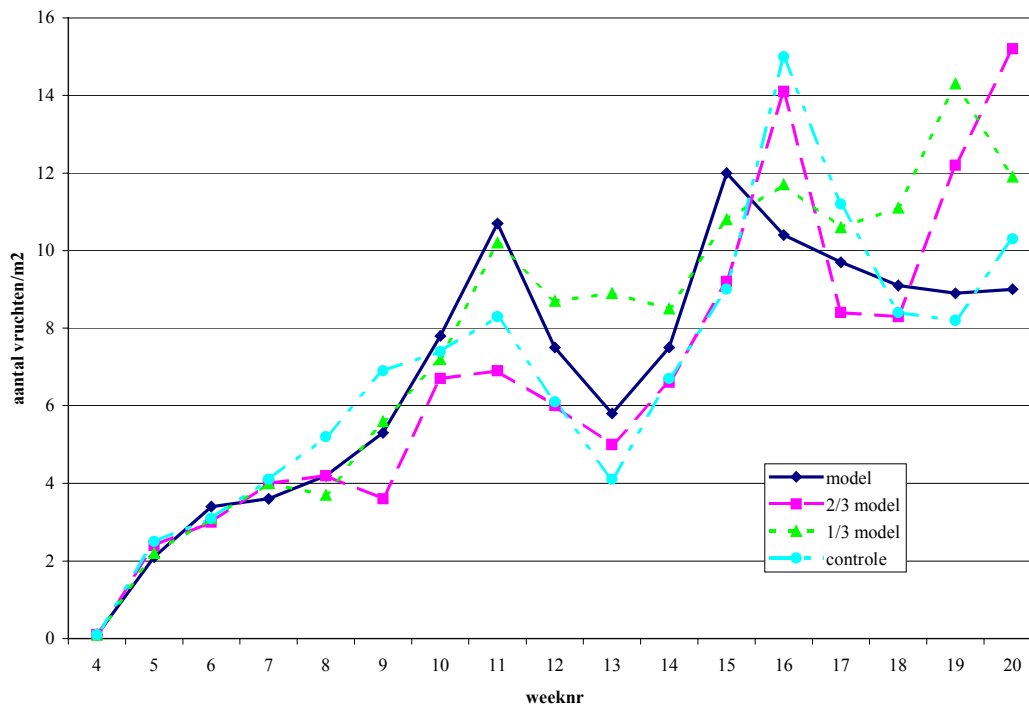
Tabel 1: Gemiddeld gerealiseerd klimaat per behandeling vanaf week 52 tot en met week 20 (einde proef).

Behandeling	Temperatuur (°C)	RV (%)	CO ₂ dag (ppm)	Ventilatie (%)	Buis-temperatuur (°C)	Berekend energieverbruik (m ³ /m ²)
Model	22,1	79,1	761	4,7	47,3	36,5
2/3 Model	21,8	78,4	718	6,0	44,9	33,1
1/3 Model	21,0	79,0	746	5,7	43,1	31,0
Controle	21,1	82,1	722	4,7	43,3	31,3

- Gemiddeld over de gehele proefperiode is er 1°C verschil tussen de controle en het volledige model. Als de periode wordt genomen vanaf week 4, dat is vanaf het moment dat er gewerkt werd met het groeimodel, dan zijn de gerealiseerde temperaturen bij model, 2/3 model, 1/3 model en controle respectievelijk 22,5, 22,1, 21,1 en 21,2°C. De verschillen worden dan iets groter.
- De verschillen in RV zijn gering. De RV bij de controle ligt circa 3% hoger dan bij de andere behandelingen.
- Het CO₂-gehalte is bij 2/3 model en de controle gemiddeld wat lager dan bij model en 1/3 model. Het verschil over de gehele periode ligt rond de 35 ppm op een gemiddeld niveau van 750 ppm. Als echter het CO₂-gehalte in de tweede helft van de proefperiode wordt genomen, dan zijn de verschillen groter (zie figuur 6 in Bijlage 2). Het gemiddelde CO₂-gehalte bij model, 2/3 model, 1/3 model en controle was van week 11 tot en met 20 gemiddeld respectievelijk 799, 712, 782 en 722 ppm. Het verschil tussen enerzijds model en 1/3 model en anderzijds 2/3 model en controle is dus circa 70 ppm. Het dal in CO₂ in week 9 bij 1/3 model in figuur 6 is veroorzaakt door een technische storing, waardoor er minder CO₂ is gedoseerd dan gewenst.
- Gemiddeld is er bij model en controle iets meer geventileerd dan bij 2/3 en 1/3 model. Tot en met week 8 is er bij alle behandelingen sporadisch geventileerd.
- De buistemperatuur was gemiddeld duidelijk het hoogst bij model en in mindere mate bij 2/3 model in vergelijking met 1/3 model en controle.
- De verschillen in buistemperatuur hebben uiteraard geresulteerd in verschillen in energiegebruik. Ten opzichte van de controle steeg het berekende energieverbruik bij de modelbehandeling met 14%, bij 2/3 model was dit 6%. Het berekende energieverbruik bij 1/3 model lag een fractie (1%) onder het energieverbruik in vergelijking met de controle.

3.2 Plantbelasting

In figuur 3 is per vierkante meter de plantbelasting weergegeven in aantal vruchten die een lengte hebben groter dan 10 cm.



Figuur 3: Plantbelasting per week bij de vier klimaatbehandelingen.

De plantbelasting vertoont in het algemeen bij 1/3 model de minste schommelingen en ligt bij deze behandeling vooral vanaf week 10 op een vrij hoog niveau. In week 13 vertonen alle behandelingen, behalve 1/3 model, een flinke dip in de plantbelasting. De gemiddelde plantbelasting is over de gehele periode bij model, 2/3 model, 1/3 model en controle respectievelijk 6,9, 6,8, 7,8 en 6,9 vruchten per m². De plantbelasting is bij 1/3 model dus gemiddeld circa 1 vrucht per m² hoger.

3.3 Productie en kwaliteit

In de volgende twee tabellen is respectievelijk de vroege en totaalproductie gegeven bij de vier behandelingen. Hierbij is de vroege productie genomen tot en met week 12.

Tabel 2: Productie per temperatuurbehandeling tot en met week 12 (21 maart 2003)

Behandeling	Stuks I+II/m ²	Kg I+II/m ²	Gemiddeld vruchtgewicht (g)	% klasse II	Kg stek/m ²
Model	24,9	9,9	384	5,9	0,07
2/3 Model	22,8	8,8	386	2,2	0,10
1/3 Model	23,4	9,4	382	7,7	0,04
Controle	21,1	8,4	382	12,5	0,49
<i>Gemiddeld</i>	<i>23,1</i>	<i>9,1</i>	<i>384</i>	<i>7,1</i>	<i>0,18</i>

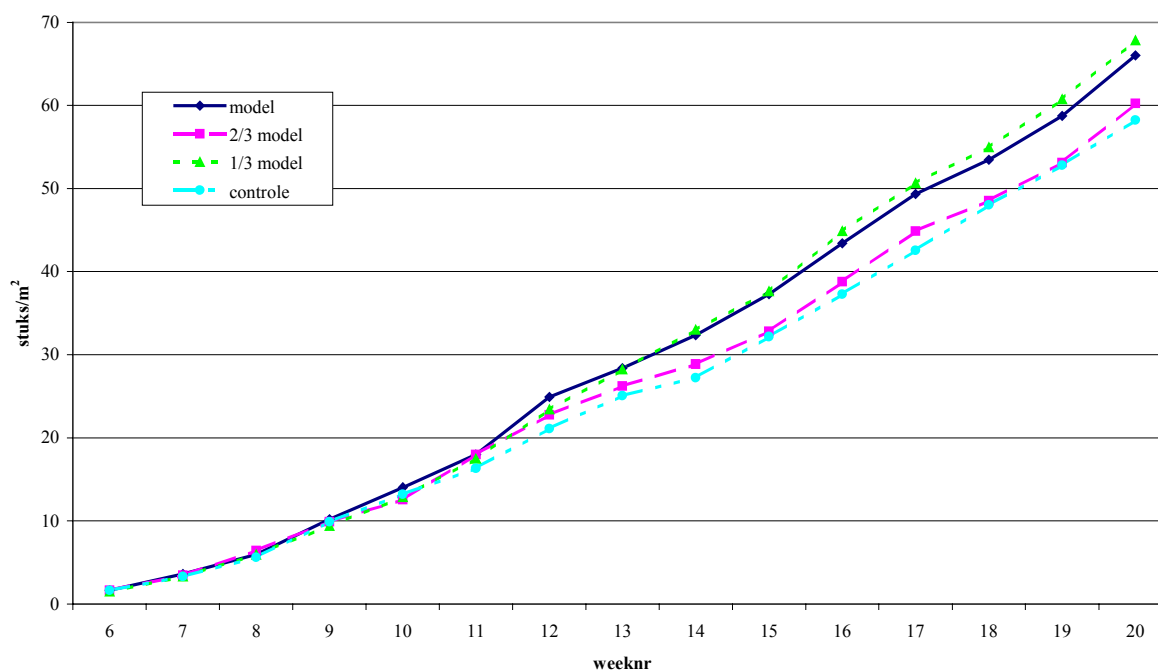
- De controle heeft iets minder stuks gegeven en het model de meeste.
- De controle en 2/3 model liggen qua kilos wat lager dan model en 2/3 model.
- De verschillen in gemiddeld vruchtgewicht zijn gering.
- Het percentage klasse 2 ligt bij de controle het hoogste. Dit geldt ook voor de hoeveelheid stek.

Tabel 3: Productie per temperatuurbehandeling tot en met week 20 (16 mei 2003)

Behandeling	Stuks I+II/m ²	Kg I+II/m ²	Gemiddeld vruchtgewicht (g)	% klasse II	Kg stek/m ²
Model	66,0	28,0	416	7,3	1,3
2/3 Model	60,2	24,6	405	5,5	1,3
1/3 Model	67,8	28,8	410	8,0	1,3
Controle	58,3	24,8	418	11,3	1,6
<i>Gemiddeld</i>	<i>63,1</i>	<i>26,6</i>	<i>412</i>	<i>7,5</i>	<i>1,4</i>

- De productie in zowel stuks als kilos ligt bij model en 1/3 model hoger dan bij 2/3 model en controle. Het verschil is zo'n 14%.
- Bij 2/3 model zijn de vruchten iets lichter in gewicht en bij controle en model wat zwaarder.
- Het percentage klasse II en de hoeveelheid stek zijn bij de controle het hoogst.

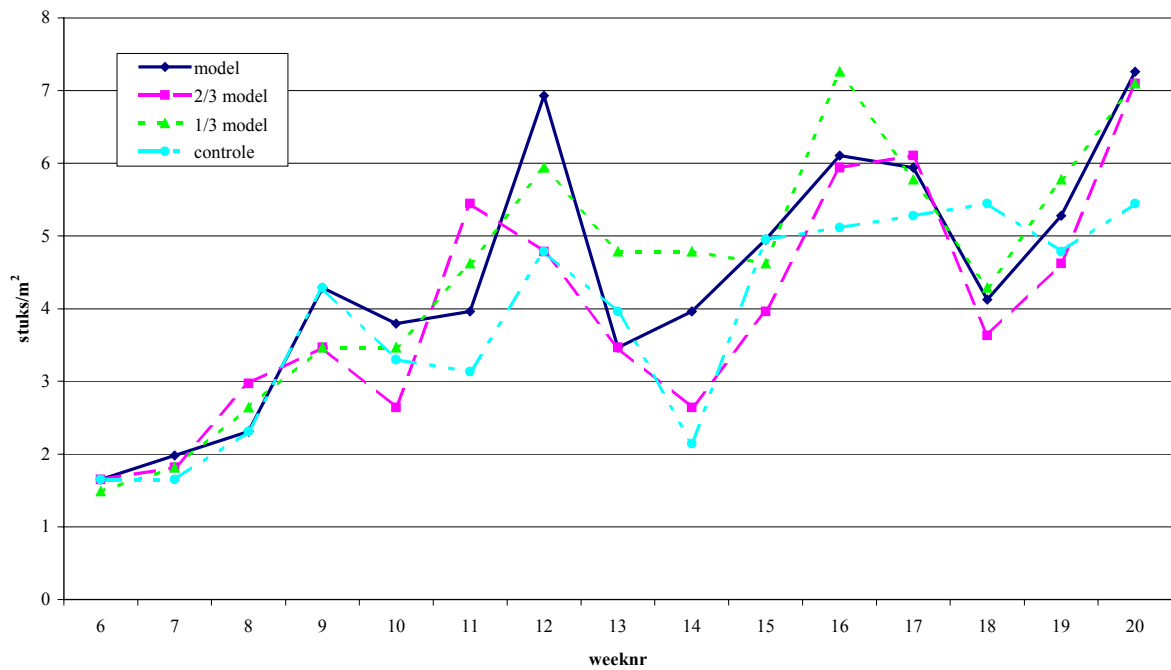
In de volgende figuur is de cumulatieve productie in stuks/m² bij de vier behandelingen weergegeven.



Figuur 4: Cumulatieve productie per week bij de vier temperatuurbehandelingen.

Vanaf circa week 13 ontstaan er qua productie twee groepen, namelijk enerzijds model en 1/3 model met een wat hogere productie en anderzijds 2/3 model en de controle met een wat lagere productie.

In de figuur 5 is de stuksproductie per week weergegeven.



Figuur 5: Productie in stuks per m² per week voor de vier klimaatbehandelingen

Bij de meeste behandelingen ontstonden pieken in de productie in week 12, week 16/17 en week 20. Met name bij 2/3 model en de controle werden er in week 14 erg weinig vruchten geoogst. Mogelijk was de productie bij 2/3 model iets te hoog in week 8, waardoor er later en dan met name in week 10 een terugslag plaatsvond in productie.

4 Discussie

In een onderzoek uitgevoerd door Van Uffelen en Heij (1977) werd de nachttemperatuur afhankelijk van de stralingssom gevarieerd van 12 tot 23°C. De productieverhoging bij deze behandeling kwam uiteindelijk uit op 8% in vergelijking met de controlebehandeling.

Volgens berekeningen door het PRI met het INTKAM gewasmodel voor komkommer, zou de productie afhankelijk van de behandeling in het onderzoek van 2002-2003 1 tot 5% hoger uit moeten komen als de etmaaltemperatuur wordt gevarieerd (Elings en Marcelis, 2004). De berekende effecten zijn echter relatief gering ten opzichte van de invloed van de variabele nachttemperatuur in het onderzoek van 1977, waardoor het moeilijk is om deze productieverhoging in een proef in enkelvoud aan te tonen. De proef had dan in drie- of viervoud uitgevoerd moeten worden. Dit zou duidelijke financiële consequenties gehad hebben.

Stel dat in een teeltproef werkelijk aangetoond kan worden dat er inderdaad 5% productiewinst te behalen is door met het model te werken, dan blijft een nadeel dat voor het handhaven van hogere etmaaltemperaturen meer energie benodigd is. In deze proef was het energieverbruik bij de behandeling met het model 14% hoger dan bij de controle of praktijkbehandeling. Omdat er vrijwel continu meer straling was dan normaal (zie figuur 1) en vrij koud, is dit nadelig geweest voor deze proef. Normaal zouden er ook periodes zijn met minder straling, waarbij naar een lagere etmaaltemperatuur gestuurd zou worden en het energieverbruik zou dalen. Door meer te schermen zou het energieverbruik waarschijnlijk verlaagd kunnen worden. Het aanwezige vaste scherm in de proef is echter op 10 februari verwijderd. Door meer gebruik te maken van de gratis warmte geproduceerd door de zon, zou bijvoorbeeld via meerdaagse temperatuurintegratie het energieverbruik wat kunnen worden gereduceerd. In het lopende onderzoek 'Flexibele meerdaagse temperatuurinstelling op basis van de assimilatenbalans van het gewas' zal door PRI, A&FI en PPO hier verder aan gewerkt worden. Ook zou standaard een momentane lichtverhoging op de ventilatie gezet kunnen worden, wat in de praktijk nu al vaak gebeurt. In deze proef zou men dan echter overdag te hoog uit kunnen komen.

Indien telers gaan werken met aanpassing van de etmaaltemperatuur op basis van het gewasmodel, zal dit wel zoveel mogelijk geautomatiseerd moeten worden. Anders gaat het voor telers te veel tijd kosten. Waarnemingen aan de plantbelasting zullen echter noodzakelijk blijven om het groeimodel van de juiste informatie te voorzien.

Op sommige dagen week de gerealiseerde instraling duidelijk af van de verwachte instraling. Bij sterk wisselend weer blijft het moeilijk om de hoeveelheid instraling goed te voorspellen. Bij een sterke afwijking kan de ingestelde temperatuur te hoog of juist te laag zijn. Daarom lijkt het aantrekkelijk om naast een momentane lichtverhoging op de dag, ook een aanpassing van de nachttemperatuur afhankelijk van de stralingssom van de afgelopen dag te realiseren.

Helaas kon er dus in de teeltproef geen duidelijk effect van de verschillende temperatuurbehandelingen op de productie worden vastgesteld. Er waren wel verschillen, maar deze leken niet het gevolg van de temperatuurbehandelingen. Het leek er sterk op dat deze het gevolg waren van ontstane verschillen in CO₂-gehalten tussen de afdelingen vanaf circa week 12. Het gemeten productieverhaal tussen enerzijds model en 1/3 model en anderzijds 2/3 model en controle kwam globaal uit op 14%. Juist in de twee afdelingen met de hoogste productie was ook het CO₂-gehalte het hoogst. Ondanks gelijke CO₂-instellingen, zijn er verschillende CO₂-waarden in de twee groepen van afdelingen gerealiseerd. Mogelijk is de CO₂-doseercapaciteit in 2 afdelingen gedurende de proef terug gaan lopen, waardoor er verschillen tussen de behandelingen zijn ontstaan. Gemiddeld over de gehele teeltperiode lag het verschil in CO₂-gehalte rond de 35 ppm op een gemiddeld niveau van 750 ppm. Van week 11 tot en met 20 was het gemiddelde CO₂-gehalte op de dag bij model, 2/3 model, 1/3 model en controle gemiddeld respectievelijk 799, 712, 782 en 722 ppm. Het verschil tussen enerzijds model en 1/3 model en anderzijds 2/3 model en controle was dus circa 70 ppm. Omdat het toen een lichte periode was, heeft dit volgens berekeningen van het PRI

duidelijke consequenties gehad voor de productie (Elings en Marcelis, 2004). Over de gehele proefperiode is er tijdens de gehele proefperiode 20% meer instraling geweest dan normaal.

De gerealiseerde productie in de proef is vergeleken met een aantal praktijkbedrijven, waaronder bedrijven met een rassenproef in de stookteelt. De plant- en oogstperiodes waren echter soms niet geheel vergelijkbaar. In de proef is relatief lang doorgedaan met de teelt, namelijk tot half mei. De productie van de eerste teelt varieerde per praktijkbedrijf van 23 tot 26 kg/m². De productie in de proef varieerde per behandeling globaal van 25 tot 29 kg/m². De producties in de proef zijn dus redelijk vergelijkbaar met de producties behaald door praktijkbedrijven maar liggen enkele kilos lager dan die in de KWIN (Van Woerden, 2001) en zoals berekend met het gewasmodel (Elings en Marcelis, 2004). De gegevens van de KWIN hebben echter betrekking op de betere bedrijven.

Opvallend was de schrale stand van het gewas gedurende vrijwel de gehele teelt. Uit modelberekeningen van het PRI blijkt echter dat er pas een duidelijk effect op de productie is te zien als de LAI onder de 2 uit zou komen. Er zijn in de proef echter geen metingen aan de bladoppervlakte verricht.

De plantbelasting vertoont in het algemeen bij 1/3 model de minste schommelingen en ligt bij deze behandeling vooral vanaf week 10 op een vrij hoog niveau. Mogelijk dat de vruchtbeginsels als gevolg van de relatief lage temperatuur in deze afdeling in week 8 tot en met 10, relatief sterk waren geworden, waardoor de plant meer in evenwicht kwam.

De plantbelasting in de standaardafdeling was in week 8 en 9 relatief hoog. Mogelijk heeft dit geleid tot een wat mindere kwaliteit, namelijk meer klasse II en stekvruchten in de weken erna (zie figuur 3).

5 Conclusies

- In de teeltproef waarin de etmaaltemperatuur werd gevarieerd naar aanleiding van berekeningen met het INTKAM gewasmodel voor komkommer, lag de gemiddelde etmaaltemperatuur over de gehele teeltperiode van de meest extreme temperatuurbehandeling maximaal 1°C hoger dan bij de standaard.
- Vanaf de start van de behandeling tot aan het einde van de proef bedroeg het gemiddelde verschil in etmaaltemperatuur tussen deze behandelingen echter 1,3°C.
- Er kon in deze teeltproef geen duidelijk effect van de temperatuurbehandelingen op de productie of kwaliteit worden aangetoond. De controlebehandeling gaf de minste kwaliteit.
- In theorie zou de productiewinst afhankelijk van de temperatuurbehandeling 1 tot 5% moeten bedragen.
- De gevonden productiever verschillen tussen de behandelingen kunnen grotendeels worden toegeschreven aan verschillen in gerealiseerd CO₂gehalte.
- Het energieverbruik nam bij de modelbehandeling, waarbij de temperatuur het meest mocht variëren, toe met 14%. Dit had mede te maken met de grote hoeveelheid licht in de proefperiode.

Literatuur

- Elings, A. en Marcelis, L., 2004. Temperatuurregeling in komkommer, met gebruik van het INTKAM gewasmodel. Rapport PRI.
- Marcelis L.F.M., H.A.G.M. van den Boogaard & E. Meinen, 2000. Control of crop growth and nutrient supply by the combined use of crop models and plant sensors. In: Proc. Int. Conf. Modelling and Control in Agriculture, Horticulture and Post-Harvested Processing. IFAC, pp. 351-356.
- Nawrocki, K.R., 1985. Meting warmteoverdrachtscoëfficiënt voor convectie van verwarmingspijpen in kassen. Rapport IMAG Wageningen, 31 p.
- Uffelen, J.A.M. van en G. Heij, 1977. De nachttemperatuur bij de komkommer. Tuinderij 17: 54-57.
- Woerden, S.C. van , 2001. Kwantitatieve informatie voor de glastuinbouw 2001-2002. Groenten-Snijbloemen-Potplanten. PPO 510.

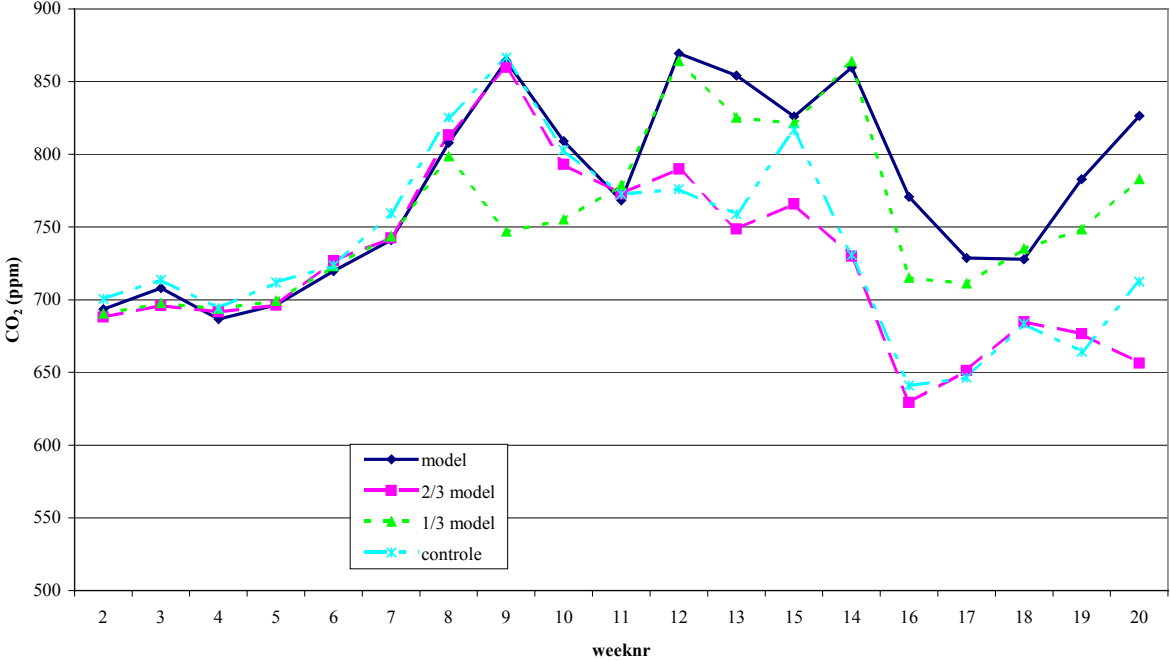
Bijlage 1

Tabel 4: Ingestelde en gerealiseerde temperatuur per behandeling per week.

weeknr	Ingestelde temperatuur (°C)				Gerealiseerde temperatuur (°C)			
	Model	2/3 Model	1/3 Model	Controle	Model	2/3 Model	1/3 Model	Controle
52	20,5	20,5	20,5	20,5	20,4	20,4	20,4	20,4
1	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,4	20,4	20,4
2	20,5 ¹⁾	20,5 ¹⁾	20,5 ¹⁾	20,5 ¹⁾	20,6	20,6	20,6	20,5
3	20,5 ¹⁾	20,5 ¹⁾	20,5 ¹⁾	20,5	21,1	20,9	20,8	20,5
4	21,7	21,3	20,8	20,5	21,2	21,0	20,8	20,6
5	21,5	21,5	20,8	20,5	21,7	21,7	21,0	20,7
6	23,1	21,6	21,2	20,6	23,0	21,7	21,4	20,7
7	22,8	21,2	20,8	20,6	21,0	20,3	19,8	20,5
8	22,5	22,1	20,8	20,6	22,1	21,7	20,4	21,0
9	22,2	21,2	20,4	20,6	22,1	21,3	20,4	21,4
10	22,6	22,8	21,0	20,6	22,1	22,4	20,7	20,9
11	23,5	22,8	21,4	20,5	23,4	22,8	21,4	20,8
12	23,3	22,6	21,6	21,4	23,1	22,5	21,5	21,5
13	22,9	22,8	21,7	21,5	23,1	22,7	21,6	21,6
14	23,7	21,7	20,9	21,2	23,4	21,9	20,8	21,2
15	23,8	22,8	21,7	21,5	23,6	22,8	21,7	21,9
16	23,8	22,8	21,7	21,5	23,4	22,6	21,8	21,9
17	22,4	22,7	21,7	21,4	22,5	22,6	21,6	21,6
18	20,9	21,4	20,4	21,4	20,9	21,4	20,8	21,5
19	22,6	22,1	21,3	21,5	22,6	22,8	21,1	21,4
20	23,1	22,8	22,4	22,8	22,7	22,6	21,9	21,9
<i>Gem. wk 52-20</i>	<i>22,7</i>	<i>22,1</i>	<i>21,2</i>	<i>21,1</i>	<i>22,1</i>	<i>21,8</i>	<i>21,0</i>	<i>21,1</i>
<i>Gem. wk 4-20</i>	<i>22,8</i>	<i>22,2</i>	<i>21,1</i>	<i>21,1</i>	<i>22,5</i>	<i>22,1</i>	<i>21,1</i>	<i>21,2</i>

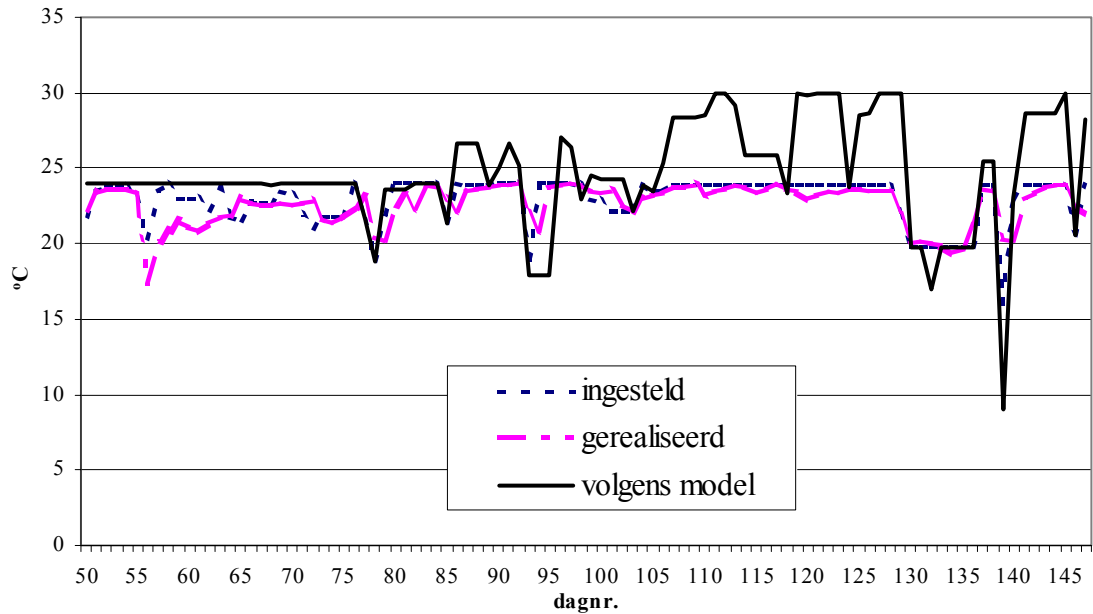
¹⁾ met lichtverhoging op stooktemperatuur

Bijlage 2

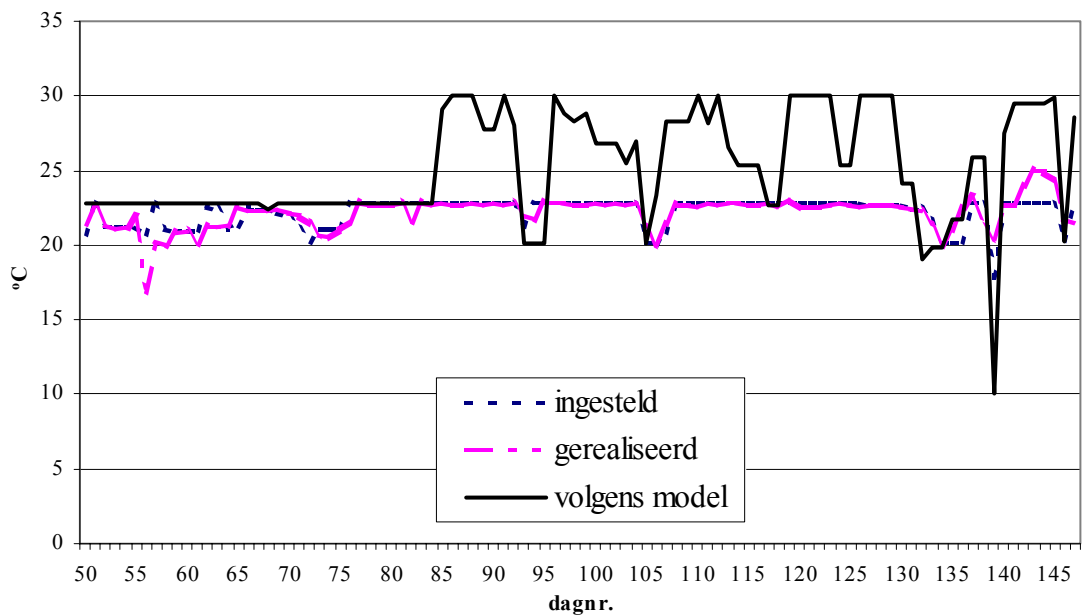


Figuur 6: Gemiddeld CO₂-gehalte overdag bij de 4 behandelingen per week weergegeven.

Bijlage 3

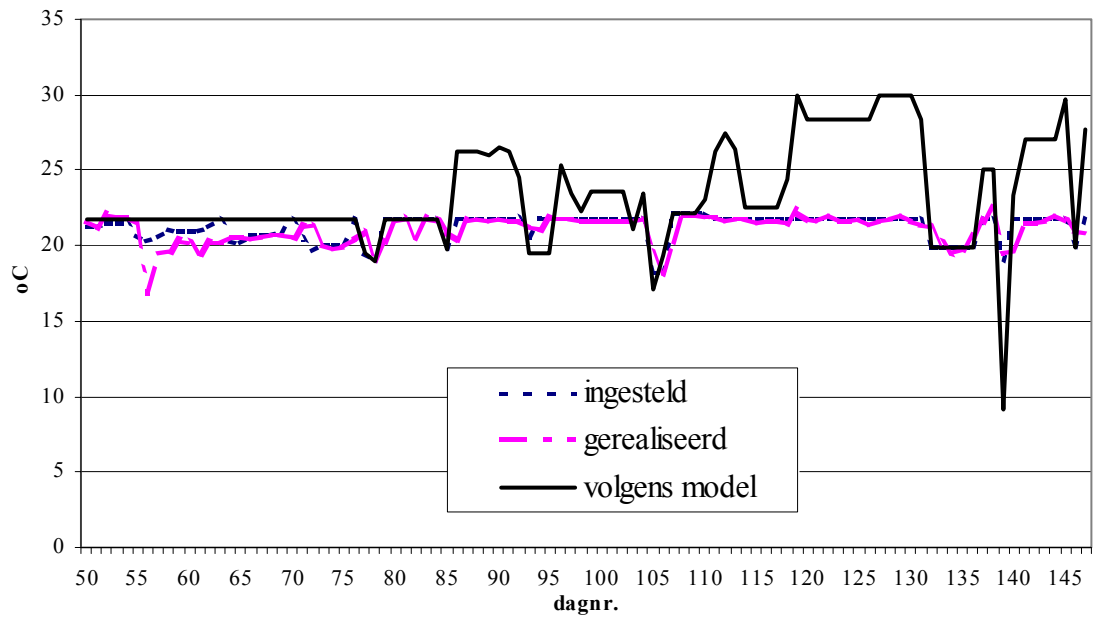


Figuur 7. De ingestelde, gerealiseerde en de volgens het model aangegeven temperatuur per dag (dag van planten is dag 1) bij de model behandeling (grenzen etmaaltemperatuur 16 – 24°C).



Figuur 8. De ingestelde, gerealiseerde en de volgens het model aangegeven temperatuur per dag (dag van planten is dag 1) bij de 2/3 model behandeling (grenzen etmaaltemperatuur 17,5 – 22,8°C).

Bijlage 4



Figuur 9. De ingestelde, gerealiseerde en de volgens het model aangegeven temperatuur per dag (dag van planten is dag 1) bij de 1/3 model behandeling (grenzen etmaaltemperatuur 19 – 21,7°C).