

Paprikateelt in een geconditioneerde kas 2007

Resultaten bij het Improvement Centre

Arie de Gelder, Marcel Raaphorst, Ingrid Kuiper, Frank Breugem & Sjoerd Nieboer





Paprikateelt in een geconditioneerde kas 2007

Resultaten bij het Improvement Centre

Arie de Gelder¹, Marcel Raaphorst¹, Ingrid Kuiper², Frank Breugem³ & Sjoerd Nieboer⁴

- ¹ Wageningen UR Glastuinbouw
- ² LTO Groeiservice
- ³ Glastuinbouwadvies
- ⁴ Improvement Centre

© 2008 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, 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 Wageningen UR Glastuinbouw

Dit project is gefinancierd door



Projectleiding door



Het teeltkundig deel is uitgevoerd bij



De teelt is begeleid door



Projectnummer: 3242022000

PT nummer: 12700

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Tel. : 0317 - 48 56 06
Fax : 010 - 522 51 93
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1 Verwachting vooraf aan de teelt	3
2 Opzet	5
3 Teeltverloop	7
3.1 Gewasontwikkeling	7
3.1.1 Plantmateriaal	7
3.1.2 Lengtegroei	7
3.1.3 Topgroei	7
3.1.4 Bloeihoogte	8
3.1.5 Zetting	8
3.2 Buitenomstandigheden	9
3.3 Techniek	10
3.4 Klimaatregeling	10
3.4.1 Temperatuur	10
3.4.2 Koelen/ontvochtigen	10
3.4.3 Luchten	11
3.4.4 CO ₂	11
3.4.5 Vochtdeficit	12
3.5 Watergift en verdamping	12
3.6 Schermgebruik	12
3.7 Gewasbescherming	12
3.8 Conclusies	13
4 Productie	15
4.1 Padregistratie	15
4.2 Centraal sorteren	17
4.3 Conclusies Productie	19
5 Klimaat	21
5.1 Temperaturen	21
5.2 Licht	22
5.3 CO ₂	24
5.4 Conclusies Klimaat	24
6 Economische analyse	25
6.1 Energie	25
6.1.1 Gebruik van warmte en koude	25
6.1.2 Gascontractcapaciteit	26
6.1.3 Elektriciteitsverbruik	26

	pagina
6.2 CO ₂ -verbruik	26
6.3 Vergelijking conditionering en standaard	27
6.4 Opbrengstverhoging en kosten meerproductie	27
6.5 Investering	28
6.6 Overige baten	29
6.7 Bedrijfseconomisch overzicht	29
6.8 Gevoeligheidsanalyse	29
7 Publiciteit	31
7.1 Schriftelijke communicatie	31
7.2 Presentaties	31
Bijlage I. Opzet	1 p.
Bijlage II. Watergift	2 pp.
Bijlage III. Productie	2 pp.
Bijlage IV. Klimaat	4 pp.
Bijlage V. Doekstanden	1 p.
Bijlage VI. Verhouding geconditioneerde kas / standaard kas	1 p.
Bijlage VII. Verschenen publicaties	2 pp.

Samenvatting

In 2007 is het onderzoek naar geconditioneerd telen van Paprika, dat in 2006 is begonnen met een proef bij Themato, voortgezet bij het Improvement Centre. Dit onderzoek met het ras Ferrari is uitgevoerd in een afdeling waarin het kasklimaat kon worden gestuurd met een koelinstallatie die maximaal 400 W/m² koelvermogen kan leveren (aangeduid als geconditioneerd). De teelt in deze afdeling is vergeleken met de teelt in een gewone afdeling (aangeduid als referentie). Binnen de twee afdelingen is geteeld in twee stengelsystemen: een driestengelsysteem en een tweestengelsysteem op duopot.

In 2007 is gebleken dat een goed gewas geteeld kon worden in de geconditioneerde afdeling. Het verschil in lengte-groei en bladontwikkeling tussen beide afdelingen is vrij klein geweest.

Het CO₂-niveau in de geconditioneerde afdeling was goed te handhaven rond de 900 ppm. In de referentieafdeling is het CO₂-niveau in 2007 gemiddeld over de dag ook nog 775 ppm geweest, wat relatief hoog is. Het grootste verschil in CO₂-niveau werd bereikt in de maand augustus. In de maand april was door onderhoud bij OCAP een periode van 10 dagen geen CO₂ beschikbaar. Dit leidde in de geconditioneerde kas tot een CO₂-niveau van 250 ppm, wat duidelijk nadelig is voor de productie.

Voor de gewasbescherming werden tussen de geconditioneerde afdeling en de referentieafdeling geen verschillen in gebruik van middelen geregistreerd.

In de geconditioneerde kas was de temperatuur goed te handhaven met het beperkte koelvermogen van 400 W/m². Wel was er een grotere temperatuurgradiënt van de mat tot de kop van het gewas. De mattemperatuur in de geconditioneerde afdeling bleef zeker in de middag lager dan in de referentieafdeling, terwijl de koptemperatuur in de geconditioneerde kas juist verder opliep.

In 2007 is in de geconditioneerde afdeling duidelijk meer tegen te hoge instraling geschermd dan in de referentieafdeling. Dit is voor de vruchtkwaliteit gunstig, maar betekent wel dat er potentiële groei wordt ingeleverd.

In de geconditioneerde afdeling werd minder water door de plant opgenomen dan in de referentieafdeling. Dit komt overeen met de resultaten van eerdere jaren.

De geconditioneerde afdeling heeft gemiddeld over de drie- en tweestengelbehandeling een meerproductie gegeven van 1.1 kg/m² netto teeltoppervlak. Dat is een productie stijging van 3 %. Deze productiestijging is in het tweede deel van de teelt gerealiseerd, nadat aanvankelijk een productieachterstand was ontstaan. In de geconditioneerde afdeling kwamen de oogstpieken in de zomer korter na elkaar dan in de referentieafdeling.

De vruchten zijn in de geconditioneerde afdeling iets kleiner in sortering. Het vruchtgewicht in de geconditioneerde afdeling heeft een vergelijkbaar verloop als het vruchtgewicht in de referentieafdeling. De hoeveelheid tweede kwaliteit en de inweegverliezen waren tussen beide afdelingen vergelijkbaar.

De extra groeikracht van een tweestengelsysteem heeft zich in dit experiment niet bewezen.

Met de gegevens vanuit dit onderzoek is een economische analyse opgesteld. Voor de geconditioneerde kas komt daar geen positief rendement uit ten opzichte van een standaard situatie met ketel. De productiestijging moet minstens 12 % zijn om een positief resultaat te hebben ten opzichte van de standaard situatie. Wel blijkt dat bij Paprika een groter deel geconditioneerd zou kunnen worden in vergelijking met een tomatenbedrijf.

1 Verwachting vooraf aan de teelt

In 2006 is een eerste proef uitgevoerd met de teelt van Paprika in een gesloten kas bij Themato. De resultaten waren positief voor de teelt, maar er ontbrak een goede referentie. In 2006 werd een productie gerealiseerd van 32.5 kg/m² aangevoerd product. De proeven met andere stengelsystemen lieten daarbij zien dat een productie van 36 kg/m² tot de mogelijkheden behoort. Het investeringsniveau voor een volledig gesloten kas is echter vrij hoog. Voor de landelijke commissie Paprika was dit aanleiding om een vervolgonderzoek te plannen met een beperkt koelvermogen, waarbij vergelijking tussen een geconditioneerde afdeling en een referentieafdeling mogelijk zou zijn. In 2006 heeft het Improvement Centre een nieuwe onderzoeksfaciliteit gerealiseerd waarin dit type onderzoek mogelijk is.

Op basis van de resultaten van 2006 bij Themato en gelet op de moderne uitrusting van het Improvement Centre is als doelstelling in het projectplan geformuleerd om te gaan voor een productie van 20 % meer kg rode paprika per m² in de geconditioneerde afdeling in vergelijking met de referentieafdeling. Dit moet bereikt worden door een zo krachtig mogelijke groei, maar met bewaking van de kwaliteit door tijdig te schermen tegen te sterke instraling.

De keuze voor een beperkt koelvermogen van 400 W/m² moet de haalbaarheid van de investering in een gesloten kas garanderen. Aan de andere kant geldt dat een beperkt koelvermogen en schermen factoren zijn die de haalbaarheid van de doelstelling van hoge productie een nog grotere uitdaging maken.

Bij een beperkt koelvermogen zal overdag, als de temperatuur te veel oploopt, buitenlucht bijgemengd gaan worden en daarmee het CO₂-niveau in de kas kunnen dalen. Een lager CO₂-gehalte dan 900 ppm is nadelig voor de potentiële productie.

Het frequentere gebruik van het scherm om te veel aan warmtestraling te voorkomen, zal nadelig zijn voor de productie omdat een deel van het licht dat voor de fotosynthese wordt gebruikt op die momenten wordt tegengehouden.

Voor de gewasbescherming wordt bij een volledig gesloten teelt verwacht dat het gebruik van middelen, doordat er geen insecten kunnen invliegen, minder zal zijn. Voor een geconditioneerde kas met beperkt koelvermogen waarbij nog wel buitenlucht wordt aangezogen en de luchtramen open kunnen, zal dit effect minder sterk zijn.

Er is niet met luchtbevochtiging gewerkt, hoewel dit wel als aanbeveling naar aanleiding van het onderzoek bij Themato was geformuleerd. Er is voor gekozen om in 2007 de aandacht te richten op het effect van koelen met een beperkt vermogen in combinatie met groeikracht. Daarmee zijn al voldoende nieuwe elementen aan het onderzoek toegevoegd.

Gegeven de ervaring bij Themato zal de temperatuur in de geconditioneerde afdeling op momenten dat er sprake is van extra groei door hogere CO₂-concentratie hoger gehouden mogen worden dan in de referentieafdeling.

2 Opzet

Uitgangspunt van het onderzoek is dat voor de vergelijking van geconditioneerd telen een referentieafdeling gebruikt kan worden met dezelfde uitrusting. Bij het Improvement Centre zijn voor dit project daarvoor de afdelingen 4 en 9 gebruikt (zie Bijlage I).

Tabel 2-1. Kenmerken van de afdelingen.

	Afdeling 4 Geconditioneerd	Afdeling 9 Referentie
Breedte		28.80 m (3* 9.6 m)
Diepte		35,00 m (7* 5 m)
Netto teeltoppervlak	922	936
Gootbreedte		20 cm
Goothoogte	80 cm	60 cm
Rijafstand		137 cm
Koeling	Slurf 400 mm	n.v.t.
Energiescherm		SLS 10 Ultra plus
Koelvermogen	Tot 400 W/m ²	n.v.t.

Omdat de koeling in de geconditioneerde afdeling niet voldoende is om alle warmte die in de kas komt weg te halen, kan extra ventilatie worden bereikt door buitenlucht bij te mengen in de luchtbehandelingkasten en de luchtramen gelijktijdig op een kleine ventilatieopening te zetten. Hierdoor ontstaat een geforceerde ventilatie als dit gewenst is.

Het beweegbare schermdoek biedt de mogelijkheid om bewust de warmtestraling op de kop van de planten en de vruchten te verminderen. Hierdoor kan verbranding van de vruchten worden voorkomen.

De afdelingen verschillen in netto teeltoppervlak omdat in de geconditioneerde afdeling de luchtbehandelingkasten enige ruimte in beslag nemen. De effectieve ruimte in de afdelingen is bij geconditioneerd 91.4 % en bij de referentie 92,8 % lager dan in een standaardkas. Voor de vergelijkbaarheid van de gegevens wordt bij de productie daarom steeds gekozen voor de productie per netto m².

In elke afdeling zijn 3 tralies met daarin 7 paden. Geteeld is met een V-systeem met 2 gewasrijen. De stengeldichtheid is 7 stengels per m². Vanwege de goede resultaten met het tweestengel systeem in 2006 is gekozen om een driestengelsysteem te vergelijken met een tweestengelsysteem. Daarnaast is op basis van informatie vanuit de praktijk gekozen om één tralie uit te voeren met geënte planten in een driestengelsysteem.

Tabel 2-2. Indeling in de afdelingen.

Afdeling 4 Geconditioneerd	West zijde	Afdeling 9 Referentie
Tralie 3 : Geënt	Midden	Tralie 3 : Geënt
Tralie 2 : 3 stengel	Corridor	Tralie 2 : 3 stengel
Tralie 1 : 2 stengel-duopot	Oostzijde	Tralie 1 : 2 stengel-duopot

De planten van het ras Ferrari zijn gezaaid op 23 oktober 2006 en geplant op 5 december (geënte planten) en 8 december (twee- en driestengelsysteem). De geënte planten groeiden aanvankelijk goed weg, maar al snel bleek dat de vergroeiing van onderstam en ent niet goed plaatsvond, waarbij de onderstam niet uitgroeide en een deel van de planten zelfs doodging. Er zijn toen maatregelen genomen om de planten te laten overleven door een extra steenwolk rond de stengel te plaatsen waarin het op de onderstam geënte ras kon wortelen. Dit is goed geslaagd, maar voor het vervolg van het onderzoek was het materiaal niet meer bruikbaar.

De dagelijkse leiding van de teelt was in handen van Kees Scheffers en voor het doen van waarnemingen was Sjoerd Nieboer verantwoordelijk. Voor de begeleiding van de teelt is Frank Breugem aan het project verbonden geweest. Omdat hij ervaring heeft met de teelt bij Themato lag bij hem de eindbeslissing over de klimaatinstellingen.

De BCO paprika is 8 keer op het Improvement Centre bijeen geweest om de teelt te volgen.

In tegenstelling tot het experiment uit 2006 is er voor gekozen in 2007 niet met een model mee te rekenen om de groei van het gewas te simuleren. De keuzes bij de teeltsturing zijn gedaan op basis van de registraties van zetting en abortie en de kijk op de stand van het gewas.

Voor de CO₂ dosering is als streefwaarde een niveau van 900 ppm ingesteld. De doseercapaciteit van het Improvement Centre is voor het gehele complex 200 kg/ha.uur. De capaciteit per afdeling is afhankelijk van de vraag in de andere afdelingen en niet geregistreerd¹

Van de teelt zijn gangbare klimaat- en teeltgegevens geregistreerd.

Klimaat

Kasttemperatuur, luchtvochtigheid, CO₂-concentratie, buistemperatuur, mattemperatuur, schermstand, raamstand, globale straling.

Watergift en bemesting

Watergift, drain, EC-mat, vochtgehalte mat.

Plantwaarnemingen

Planttemperatuur

Per tralie is van een telveld van 12 stengels wekelijks zetting en abortie, productie en de daaruit te berekenen plantbelasting, geregistreerd evenals plantlengte en bloeihoogte.

De klimaatgegevens konden via KLIMLINK door de begeleidingscommissie worden geraadpleegd.

Er is voor gekozen om steeds rood te oogsten. Voor de gewasopbouw wordt in de paprikateelt in de eerste zetsels soms groen geoogst, dit is in dit experiment niet gedaan.

Bij het oogst zijn de productiegegevens op verschillende momenten geregistreerd.

Per telveld is de oogst in stuks en kg waargenomen.

Via padregistratie is de oogst in kg per pad vastgelegd.

Via de centrale sorteerinstelling is per afdeling de bruto en netto productie vastgelegd en de verdeling van de productie over kwaliteit I en II per maatsortering. Van elke oogstdag is ook het gemiddelde vruchtgewicht vastgelegd.

De teelt is op 15 november 2007 beëindigd.

¹ Er wordt gewerkt aan een regeling van de doseercapaciteit per afdeling.

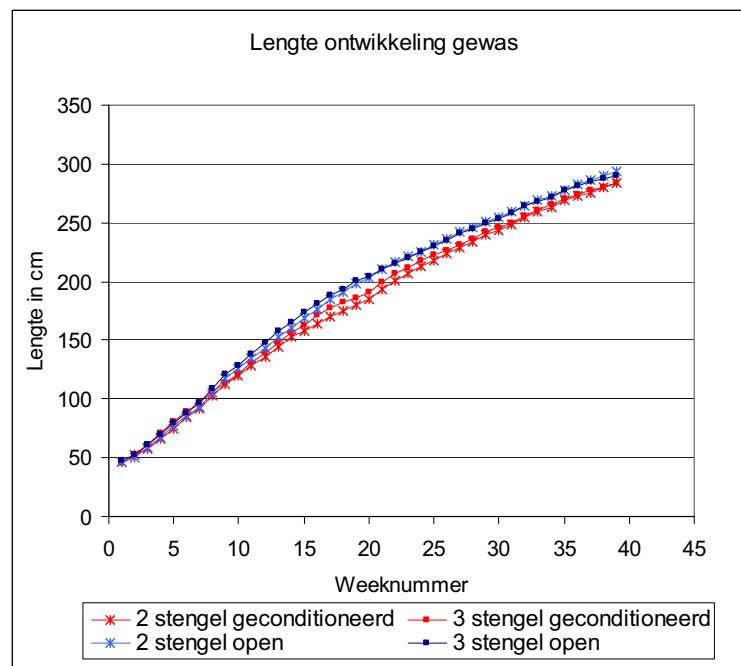
3 Teeltverloop

3.1 Gewasontwikkeling

3.1.1 Plantmateriaal

Het plantmateriaal was erg zwaar. Ook aan de trage kant. Dit viel op te maken uit de bloei van de eerste bloemen.

3.1.2 Lengtegroei



Figuur 3-1. Lengte groei cumulatief per week.

Eén van de doelen voor 2007 was om een beter groeiend gewas te hebben dan in 2006. Een maat voor de groei is de lengtegroei. In de eerste helft van de teelt is meer lengtegroei gemaakt dan gemiddeld in de vorige jaren. Dit veranderde pas vanaf week 23. Uiteraard heeft dit verband met de hogere aangehouden temperaturen in 2007 in het begin van de teelt. De lengtegroei was in de geconditioneerde afdeling iets minder dan in de referentie. Dit speelde vooral tot week 20, daarna was de lengtegroei in de geconditioneerde afdeling juist wat meer.

3.1.3 Topgroei

Naast de lengtegroei is ook de topgroei / bladstrekking en daarmee de volheid van het gewas van belang. In de geconditioneerde afdeling leek het gewas vaak iets schraler om te zien, minder vol. Dit geeft ook wat meer risico op vruchtverbranding. Ten opzichte van 2006 was de bladbedekking echter beter. Het optreden van verbrande vruchten is mede daardoor beperkt gebleven.

3.1.4 Bloeihoogte

Ook de bloeihoogte is een maat voor de groeikracht van de plant. Lagere bloei impliceert een sterkere kop, hogere bloei een zwakkere.

Gemiddeld lag de bloeihoogte in de geconditioneerde afdeling op 3 cm (twee- en driestengelsysteem samen), gemeten vanaf week 7 t/m week 39, in de referentie was deze 2,8 cm. Het patroon in de ontwikkeling van de bloeihoogte per week was vrijwel identiek. Gemiddeld was de kop in de geconditioneerde afdeling volgens deze maatstaf dus iets sterker dan in de referentie.

3.1.5 Zetting

De eerste zetting verliep vrij moeizaam door een zwaar en vol gewas.

In de afdelingen naast de proef stonden belichte tomaten. Om het kunstlicht weg te schermen werd het gevelscherm dicht gedaan. Dit gevelscherm aan de zijkant gaf vrij veel schaduw. Hierdoor was het in de eerste paden van de afdeling te donker, vooral in de ochtend als er zon was. Het scherm had daarom beter vroeger op de dag geopend kunnen worden. Dit is later ook gedaan, toen werden de planten juist weer zwaar van het groeilicht dat binnen kwam. Vanwege de indeling van de behandelingen in de kas heeft het assimilatielicht effect gehad op de behandelingen met een tweestengelsysteem. Omdat de belichting naast beide afdelingen voorkwam, is het effect voor de geconditioneerde afdeling en de referentieafdeling gelijk geweest.

Het donkere weer van het begin van dit jaar heeft ook voor een lastigere zetting gezorgd.

Tot slot waren de planten later in de bloei met het 4e oksel dan in 2006. Al met al werd de eerste zetting geschreven in week 6, dat was 2 weken later dan in 2006.

In de referentie verloopt de zetting gelijk bij het twee- en driestengelsysteem. Wel valt op dat er bij het tweestengelsysteem steeds wat meer vruchten zetten. Dit resulteert uiteindelijk in een hogere totale zetting. In de geconditioneerde afdeling loopt de zetting bij het twee- en driestengelsysteem minder gelijk op. Dit kan een verschil in telvak zijn, aangezien de productie later wel gelijk oploopt.

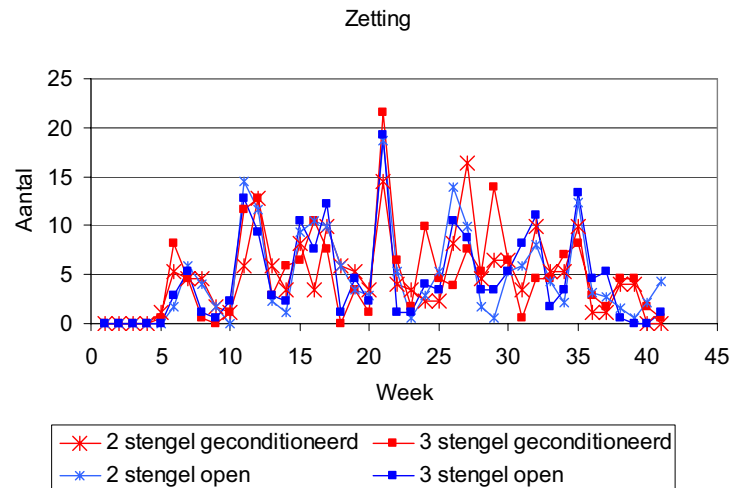
Tot week 20 was de cumulatieve zetting (twee- en driestengelsysteem gemiddeld) vrijwel gelijk respectievelijk 80 en 81 stuks voor de geconditioneerde afdeling en de referentie.

Van week 21 t/m 30 is de zetting in de geconditioneerde afdeling 75 stuks en die van de referentie 62 (twee- en driestengelsysteem gemiddeld). Dit houdt in dat er meer zetting heeft plaatsgevonden gedurende de lichtrijke maanden. Het lijkt er op dat de zettingen elkaar wat sneller opvolgen in de geconditioneerde afdeling.

Vooral rond week 28-29 vindt meer zetting plaats in de geconditioneerde afdeling.

Van week 31-37 is dit beeld andersom, dan zetten in de geconditioneerde afdeling 33 stuks en in de referentie afdeling 43 stuks. De referentieafdeling loopt dus achter in zetting, maar haalt het hier weer ten dele terug.

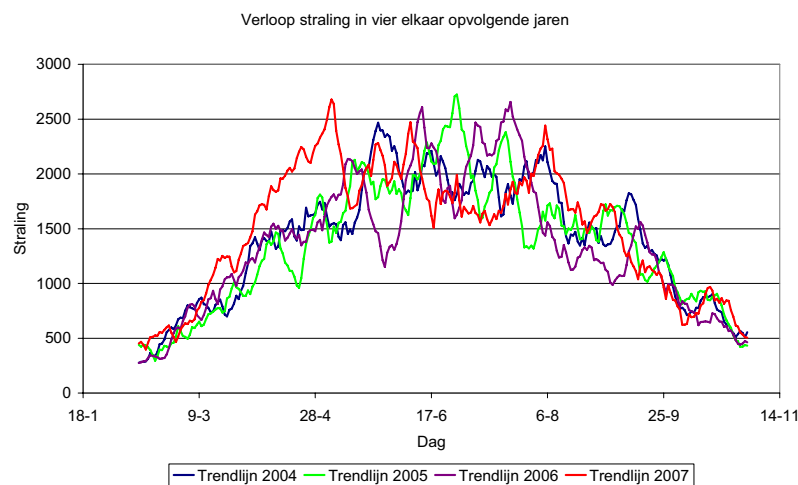
In de weken 38 en 39 (laatste echte zettingweken) zijn er in de geconditioneerde afdeling ruim 8 stuks gezet tegen 1 in de referentieafdeling.



Figuur 3-2. Zetting per week.

Het beeld komt overeen met de ervaringen van 2006. Opvallend is tot slot dat de behandeling 3 stengels in de referentie afdeling structureel lager uitkomt met zetting. Dit kan uiteraard aan de behandeling liggen, maar kan mogelijk ook een afwijking in het telveld zijn.

3.2 Buitenomstandigheden



Figuur 3-3. Stralingsverloop in de afgelopen 4 jaren.

Bij de groei van het gewas is belangrijk om te weten wat de instraling is geweest in de verschillende perioden van het jaar.

In 2007 was het in april zeer zonnig, maar in de maanden juni - juli juist minder licht dan in voorgaande jaren. Terwijl in 2006 juist in mei een heel donkere periode voorkwam, met een bijzonder lichtrijke zomer. Het stralingsverloop beïnvloedt sterk de gewasontwikkeling bij Paprika.

3.3 Techniek

Met het in gebruik nemen van een nieuw systeem is er een kans dat in het begin zaken fout gaan. Dit heeft zeker zijn invloed gehad op het klimaat in de geconditioneerde afdeling, en wellicht ook op het eindresultaat.

- De luchtslangen konden vanaf februari gebruikt worden om te verwarmen en te koelen.
- Een lange tijd vanaf de start heeft het geconditioneerde systeem niet goed geregeld. De gewenste temperaturen werden niet gehaald. Dit gold zowel voor het verwarmen als het koelen. Aangezien in die tijd nog meer verwarmd wordt als gekoeld, werd het in de praktijk dus te koud, vooral in de ochtenden, als veel capaciteit gevraagd werd. Pas wanneer de zon mee ging helpen, kon de gewenste temperatuur gehaald worden. Dit is ten koste gegaan van de gewenste etmaaltemperatuur en heeft geleid tot minder groei en snelheid in het gewas. Daarnaast heeft dit ook de temperatuurverdeling in de afdeling beïnvloed.
- De OCAP levering werkte in april 10 dagen niet of slechts gedeeltelijk vanwege onderhoudswerkzaamheden. OCAP was echter de enige CO₂-bron binnen deze proef. Het niet doseren van CO₂ heeft mogelijk gevolgen gehad voor de zetting rond week 18. Ook in juli kon op een aantal dagen 's middags geen CO₂ gegeven worden. Dit is duidelijk te zien in een sterke daling van het CO₂-gehalte naar 250 ppm.

3.4 Klimaatregeling

3.4.1 Temperatuur

- De dagtemperatuur in de geconditioneerde afdeling is in februari, zodra er met luchtslangen werd verwarmd, verhoogd naar 22°C, omdat het niet lekker warm aanvoelde. De referentie bleef op 21 °C, maar kon verder oplopen op basis van de minimumbuis. Dit verschil in ingestelde dagtemperatuur is eind maart weggehaald, maar vanaf eind april weer ingesteld.
- Door een fout in de techniek werd in het begin van de teelt 's ochtends de ingestelde temperatuur niet gehaald. Dit heeft geduurd tot half mei (week 20). Ook de koeling werkte in die periode nog niet goed. Als gevolg hiervan lag de toptemperatuur op 12 maart al enige uren boven de 29° C.
- Een andere factor die er voor zorgde dat de temperatuur te laag uitkwam, was het terugkoelen naar de nacht. Doordat in de regeling de koellijn is gekoppeld aan de verwarmingstemperatuur, wordt in de avond actief gekoeld en zakt de temperatuur in de geconditioneerde afdeling sneller dan in de referentieafdeling, zeker bij warmere dagen. Maar ook bij koudere dagen liggen in een open afdeling de ramen dicht en zakt de temperatuur op natuurlijke wijze weg. In de geconditioneerde afdeling kan de temperatuur veel sneller dalen. Gevolg: met het mooie weer in april had de etmaaltemperatuur wel wat hoger mogen zijn in de geconditioneerde afdeling. Dit had waarschijnlijk geleid tot meer snelheid en meer lengtegroei.
- Als leerpunt kan worden geconcludeerd dat bij de geconditioneerde afdeling eerder met het opstoken naar de dagtemperatuur kan worden gestart om 's morgens warmte in de kas te brengen, dat een hogere dagtemperatuur kan worden ingesteld en dat aan het einde van de dag de temperaturodaling meer op basis van natuurlijke afkoeling kan worden ingesteld, dan het actief afkoelen. Alleen als een verlaging van de etmaaltemperatuur gewenst is, kan actief in de avond en nacht worden gekoeld.
- Bij de geconditioneerde afdeling komt de gerealiseerde temperatuur dichterbij de ingestelde waarde dan in de referentieafdeling.

3.4.2 Koelen/ontvochtigen

- Het koelen stond in het begin te krap op de stooklijn ingesteld. Hierdoor werd het oplopen van de temperatuur op de dag beperkt. Dit heeft de etmaaltemperatuur verlaagd. De koeltemperatuur is vanaf half februari op +3°C boven de stooklijn ingesteld in plaats van op +2°C.
- Het koelen zorgde ervoor dat de temperatuur in de geconditioneerde afdeling aan het einde van de dag sneller naar beneden ging dan in de referentie. Dit komt omdat de koellijn ingesteld moet worden als een verhoging op de stooklijn en dus gelijk met de stooklijn daalt. Later is de koeltemperatuur verhoogd aan het einde van de dag, zodat er niet te veel actief teruggekoeld werd.

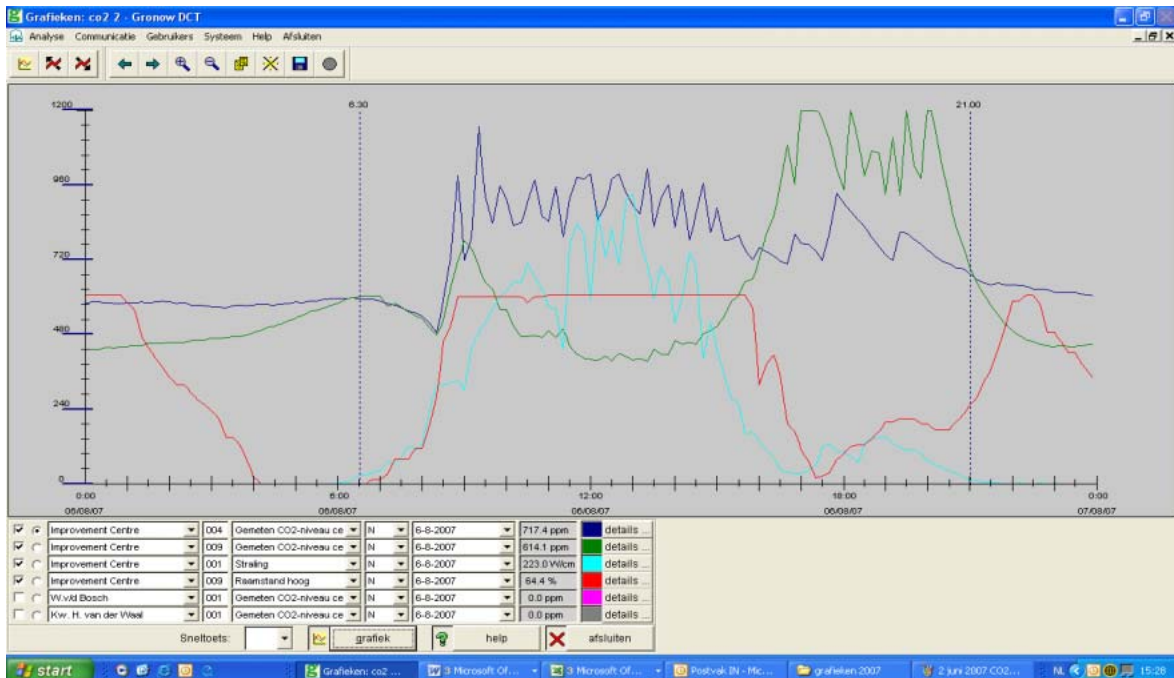
- Bij ontvochtigen wordt gekoeld tot onder het dauwpunt van de lucht en wordt daarna de lucht weer opgewarmd. Hierdoor wordt de temperatuur dus weer teruggebracht tot het niveau van de stooklijn in plaats van de koellijn. Om een met de referentieafdeling vergelijkbare temperatuur te realiseren moet de stooktemperatuur van de geconditioneerde afdeling dan gelijk zijn aan de ventilatietemperatuur van de referentieafdeling. Vanaf eind april is daarom minder ontvochtigd, de temperatuur bleef door het ontvochtigen te laag op de dag. Te koude dagtemperaturen geven een gewas met minder bladstrekking.

3.4.3 Luchten

Bij 28°C mocht er wat gelucht worden in de geconditioneerde afdeling, zolang dit niet ten koste ging van het CO₂-gehalte. Met het inbrengen van buitenlucht door bijmenging via de luchtbehandelingkasten die lucht kunnen aanzuigen via de gevels (vanaf 28 juni), moest er steeds wat gelucht worden.

3.4.4 CO₂

- Vanwege de schralere groei verleden jaar is wel bewust gekozen voor een niveau van 900 ppm.
- Midden op de dag was het gewenste CO₂-gehalte in de geconditioneerde afdeling altijd te realiseren. Dit in tegenstelling tot de referentie, waar het CO₂-gehalte daalde als de ramen geopend werden.
- De CO₂-dosering in de referentieafdeling is waarschijnlijk vrij hoog geweest. Het was niet goed mogelijk om exact te bepalen hoeveel er in ging. Er is uitgegaan van 150 kg / ha / uur, dit is mogelijk meer geweest (200 kg/ha).
- In de geconditioneerde afdeling is dit jaar wat later gestart met doseren dan verleden jaar, zodat de planten eerst zelf het CO₂-gehalte in de afdeling verlaagden. (zie grafiek)



Figuur 3-4. Verloop van de CO₂-concentratie op 6 augustus in de geconditioneerde afdeling (afdeling 4) en de referentieafdeling (afdeling 9).

De grafiek laat zien dat met doseren begonnen is 1,5 uur na zonop -de blauwe en groene lijnen. Zodra er veel gelucht gaat worden (rode lijn) daalt het gehalte in de referentie afdeling - groene lijn - , om weer sterk te stijgen als

de straling afneemt en het lucht dicht gaat. Het CO₂-gehalte in de geconditioneerde afdeling - blauwe lijn - is veel stabiel, continu rond 850-900 ppm. Wel is te zien dat het aantal pieken minder wordt als het donkerder wordt, de installatie slaat minder vaak aan.

3.4.5 Vochtdeficit

Het vochtdeficit in de geconditioneerde afdeling was in de ochtenduren vaak groter dan in de referentieafdeling. Dit kwam mede doordat een hogere temperatuur werd aangehouden.

Met zon, en de ramen in de geconditioneerde afdeling dicht (maart) was het vochtdeficit kleiner dan in de referentie. Dit verschijnsel is ook in eerdere jaren waargenomen. Doordat er echter bij 28°C wat gelucht mocht worden in de geconditioneerde afdeling, en later overgeschakeld is op buitenluchtaanzuiging (hierbij moesten de ramen ook geopend blijven), is gedurende de zomer het vochtdeficit vergelijkbaar met de referentie.

3.5 Watergift en verdamping

De wateropname lag in de geconditioneerde afdeling vaak lager dan in de referentieafdeling. Dit gold vooral met zonnig weer, wanneer veel gelucht werd in de referentie. Bij een gelijke watergift ontstond een hoger drainpercentage in de geconditioneerde afdeling. De geringere wateropname was al bekend vanuit eerdere gesloten kassen, en werd in deze proef bevestigd. Vanaf half april zijn duidelijke verschillen in watergift aangehouden (zie Bijlage II).

- Hierdoor is in de geconditioneerde afdeling uiteindelijk minder water gegeven.
- Het gewas in de geconditioneerde afdeling vertoonde Boriumgebrek in april. De punten van de uitgegroeide bladeren werden geel. In de referentie trad dit verschijnsel in veel mindere mate op. De oorzaak is gelegen in een combinatie van factoren: een vrij laag Boriumcijfer in de mat, minder gewasverdamping in de geconditioneerde afdeling en donker weer in de eerste weken van het jaar. Boriumgebrek kan al in een vroeg stadium optreden en zich pas 8 weken later uiten als de planten op hun zwaarst belast staan, rond de eerste oogst.
- Het matvolume was aan de ruime kant. Daardoor is in het voorjaar minder uitspoeling van bicarbonaat opgetreden wat gevolgen heeft voor de pH van de mat en daarmee voor de opname van Borium.
- Door het meerschermen in de geconditioneerde afdeling is de verdamping in die afdeling lager dan in de referentieafdeling.

3.6 Schermgebruik

Het scherm is een groot deel van het jaar bij een instraling van > 600 Watt dicht gegaan in de geconditioneerde afdeling. Dit om problemen met verbrande vruchten boven in het gewas te voorkomen. Het verschil tussen gewas-temperatuur en kasttemperatuur daalde daardoor. In de referentie is een hogere stralingsdrempel aangehouden, +/- 750 Watt.

Na juli leek de zomer al achter de rug. Op 4 en 5 augustus is echter met warm/scherp weer te weinig geschermd. Scherm stond op 800 Watt. Er zijn toen nog vruchten verbrand.

3.7 Gewasbescherming

De gewasbescherming is in de geconditioneerde afdeling en de referentieafdeling in grote lijnen gelijk geweest. In maart is in de geconditioneerde afdeling extra gespoten tegen trips en rupsen. In juni en juli is in de referentiekas een extra behandeling tegen luis uitgevoerd.

In het gehele gebied van de Overbuurtsepolder, waar het Improvement Centre ligt, is er een hoge thripsdruk geweest.

Op het gebied van gewasbescherming zijn in de geconditioneerde afdeling geen voordelen behaald.

3.8 Conclusies

Het is dit jaar gebleken dat een goed gewas geteeld kon worden in een geconditioneerde afdeling. Het verschil in groei tussen de geconditioneerde afdeling en de referentie afdeling is vrij klein geweest (lengtegroei en bloeihoogte).

- Het gewas was minder stug, had meer lengtegroei en een betere bladbedekking dan het eerste jaar gesloten kas met paprika's (2006).
- Een aantal klimatologische processen in de geconditioneerde afdeling hebben op dezelfde manier plaats gevonden als de afgelopen jaren en zijn duidelijk onderscheidend ten opzichte van een open kas
 - Temperatuur bij slangenverwarming en ontbreken van buiswarmte (hogere instellingen).
 - Vroeg zakken van de temperatuur naar de nacht door de actieve koeling.
 - Hoog CO₂-gehalte makkelijk te handhaven.
 - Vochtdeficit kleiner bij gesloten ramen.
 - Lagere wateropname door het gewas in een geconditioneerde afdeling.

Voor de gewasbescherming zijn er geen voordelen gezien van geconditioneerde telen ten opzichte van de referentie-afdeling.

4 Productie

De productie in de twee afdelingen is op verschillende manieren geregistreerd. Deze registratiemethoden leveren elk een deel van de informatie die nodig is om de gerealiseerde productie per behandeling te vergelijken.

4.1 Padregistratie

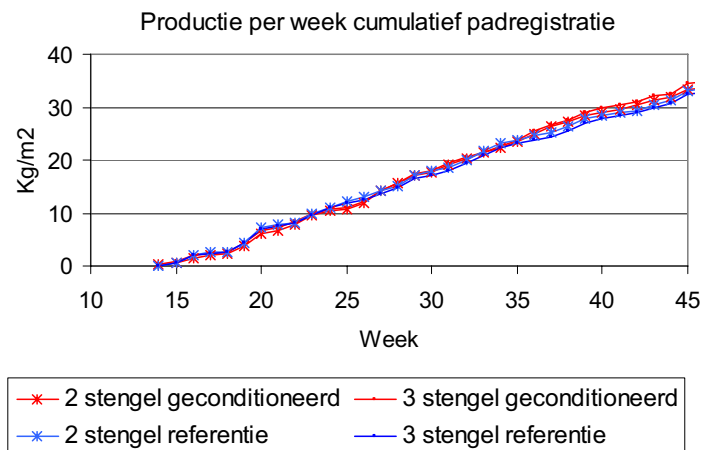
Voor de effecten van de behandelingen kan worden gekeken naar de productiecijfers zoals afkomstig uit de padregistratie. Er zijn vijf paden per afdeling en stengeldichtheid in de vergelijking betrokken. De buitenste paden in elke tralie zijn wel geteld, maar niet in de vergelijking meegenomen. Omdat de paden in de geconditioneerde afdeling een kleiner netto teeltoppervlak hebben, is alle productie berekend per netto m² teeltoppervlak. De productie blijkt voor de geconditioneerde kas gemiddeld 1.1 kg/m² hoger uit te komen dan voor de referentie afdeling.

Voor de systemen met 2 of 3 stengels per plant is de productie gemiddeld over de twee afdelingen gelijk. Maar er is wel een duidelijke interactie tussen de stengels per plant en afdeling.

In de geconditioneerde afdeling heeft het driestengelsysteem een 1 kg hogere productie dan het tweestengel-systeem. In de referentieafdeling is dit een verschil van 0.6 kg in het voordeel van het tweestengelsysteem. De oorzaak hiervan is verder niet onderzocht.

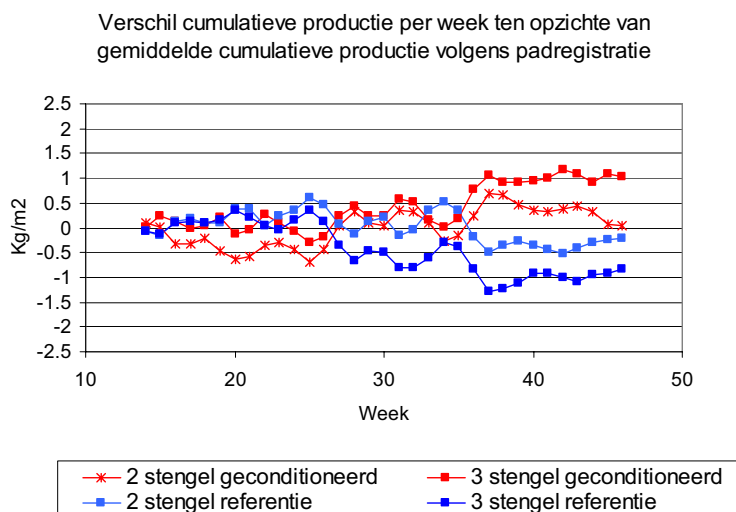
Tabel 4-1. Productie per netto m² volgens de padregistratiegegevens.

	Stengels per plant		Gemiddelde
	2	3	
Geconditioneerd	33,8	34,8	34,3
Referentie	33,5	32,9	33,2
Gemiddelde	33,6	33,8	



Figuur 4-1. Cumulatieve productie.

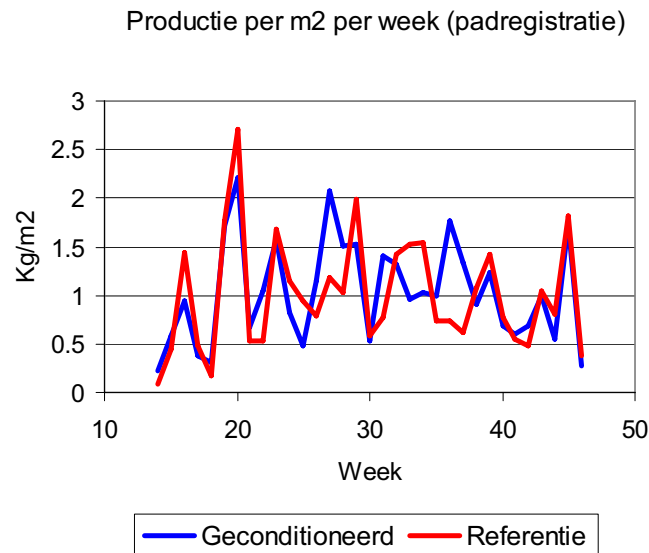
In Figuur 4-2 is het verschil van de cumulatieve productie met het gemiddelde van de vier behandelingen - de 0 lijn - weergegeven. Daaraan is te zien dat het tweestengelsysteem in de conditioneerde afdeling rond week 20-25 het laagste in productie was. Na week 37 is deze behandeling achtergebleven ten opzichte van het driestengelsysteem. Terwijl het tweestengelsysteem in de referentieafdeling steeds hoger was dan het driestengelsysteem. Uit deze figuur is ook goed te zien dat het verschil in productie voor de geconditioneerde afdeling is ontstaan na week 25 en vervolgens na week 34.



Figuur 4-2. *Verschil in cumulatieve productie ten opzicht van het gemiddelde.*

Effect van de extra groeikracht door een tweestengelsysteem bij geconditioneerd telen is in dit experiment niet bevestigd. De geconditioneerde kas leverde wel een extra productie op. De productie was tot week 25 lager in de geconditioneerde kas dan in de referentie. In de periode daarna is er een meerproductie ontstaan die tot aan het einde van de teelt gehandhaafd is.

Uit de padregistratie is ook te zien hoe het productieverloop per week was. Daarbij moet wel opgemerkt worden dat in het begin één keer per week is geoogst, maar al snel overgegaan is op 3 keer in de 2 weken oogsten. Daardoor vallen in de registraties de ene week twee oogsten in die week en de andere week slechts één oogst. De eerste 3 oogst pieken (week 16, 20 en 23) vallen voor de geconditioneerde afdeling en de referentieafdeling gelijk. Daarna komt in de geconditioneerde afdeling een eerdere oogstpiek (week 27 ten opzichte van week 29). In de periode tot het einde van de teelt heeft de geconditioneerde afdeling uiteindelijk één extra oogst en dus zettingspiek extra gehaald ten opzichte van de referentie. Dit komt overeen met de gegevens van 2006 dat de zettingen in de geconditioneerde kas sneller na elkaar kunnen volgen.



Figuur 4-3. Productie verloop per week.

Uit de padregistratie is geen informatie te krijgen over vruchtgewicht of kwaliteit.

4.2 Centraal sorteren

De geoogste paprika's zijn per afdeling (geconditioneerd en referentie) naar een centrale sorteerinstelling gebracht. Daar is de oogst gesorteerd en daarvan zijn de gegevens per oogstdag beschikbaar. De sortering is gedaan op kwaliteit I en II en voor de verschillende maatdiameters. De gegevens zijn weergegeven in kg per klasse.

Uit deze cijfers is te zien dat de geconditioneerde afdeling gemiddeld een iets kleinere sortering opleverde dan de referentieafdeling. Ook het vruchtgewicht is gemiddeld 2 gram lager. Er is bij de sortering geen maat 95 geregistreerd omdat de aantallen daarvoor per keer te klein zijn. Als er een vrucht maat 95 voorkwam is die bij de 85 gevoegd.

Uit de sorteerregistratie is ook een beeld te verkrijgen van het verloop van de sortering in de tijd. Dit is opgenomen in Bijlage III.

Het verloop van het vruchtgewicht voor de hele afdelingen (dus inclusief de geënte planten) is gegeven via de centrale sortering. Hieruit blijkt dat dit in de loop van de teelt langzaam afnam. De geconditioneerde afdeling lag in het begin gelijk met de referentie, zakt in juni er iets onder maar kwam in augustus weer zwaarder uit dan de referentieafdeling en naar september draaide dit weer om. Het is dus niet zo dat de vruchten altijd wat lichter waren. Hetzelfde beeld is waargenomen in de metingen van de vruchtgewichten van de telvelden. Vanwege de kleine aantallen per telveld komen daarin echter soms uitschieters voor.

Productie in kg per afdeling volgens sorteerlijsten niet gesplitst naar 2 stengel, 3 stengel of ent.

Afdeling 4 Geconditioneerd							
Sortering	95	85	75	65	55	Stek	
Klasse I	0	11610	11800	1975	135		
Klasse II	0	515	1335	540	0		60
Totaal	0	12125	13135	2515	135		60

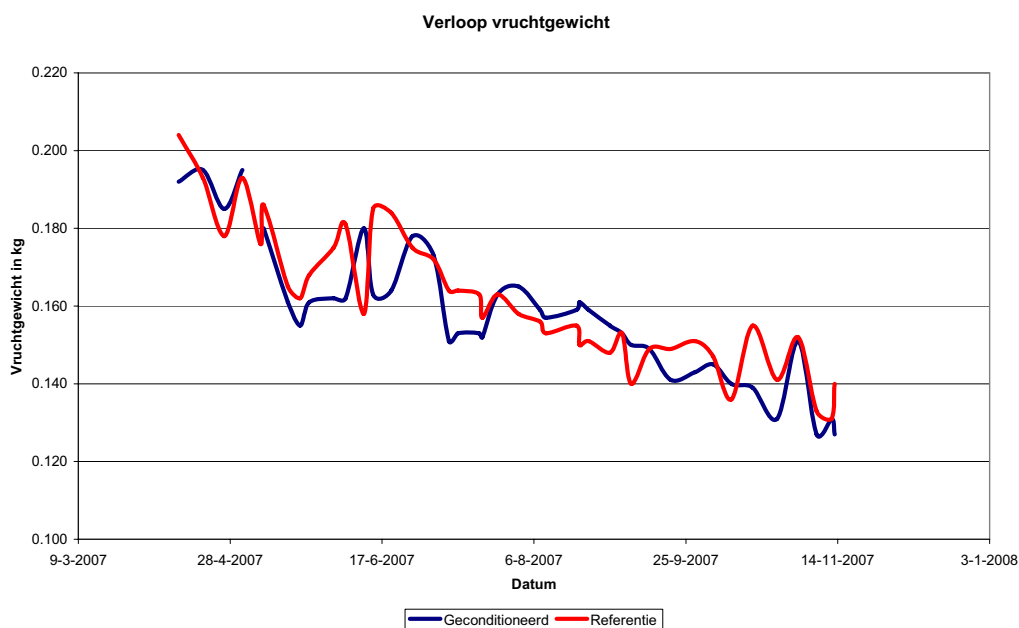
Afdeling 9 Referentie							
Klasse I	0	12590	11320	1715	75		
Klasse II	0	425	1110	430	20		30
Totaal	0	13015	12430	2145	95		30

Verdeling in procenten

Afdeling 4 Geconditioneerd							
Sortering	95	85	75	65	55	Stek	
Klasse I	0.0	41.5	42.2	7.1	0.5		0.0
Klasse II	0.0	1.8	4.8	1.9	0.0		0.2
Totaal	0.0	43.4	47.0	9.0	0.5		0.2

Afdeling 9 Referentie							
Klasse I	0.0	45.4	40.8	6.2	0.3		0.0
Klasse II	0.0	1.5	4.0	1.6	0.1		0.1
Totaal	0.0	47.0	44.8	7.7	0.3		0.1

	Geconditioneerd	Referentie
Bruto aanvoer	28506	28270 Kg
Netto verkoop	27910	27715 Kg
Verlies	2.09	1.96 %
Sortering I	91.2	92.7 %
Sortering II	8.8	7.3 %
Gemiddeld vruchtgewicht	0.157	0.159 Kg



Figuur 4-2. Verloop van het gemiddelde vruchtgewicht.

Het inweegverlies is voor beide afdelingen vrijwel gelijk. In de geconditioneerde afdeling is het percentage tweede kwaliteit 1.5% hoger dan in de referentieafdeling. Van dit geringe verschil is 0.6 % ontstaan aan het einde van de teelt op de een na laatste oogstdag.

De totalen per afdeling geven geen informatie over de effecten van het koelen op de productie omdat in de totaalproductie ook de gegevens van het stuk met geënte planten is meegenomen. Verder is bij de totaalproductie geen rekening gehouden met het netto teeltoppervlak dat tussen de afdelingen verschilde.

4.3 Conclusies Productie

Voor de productie kan worden geconcludeerd dat:

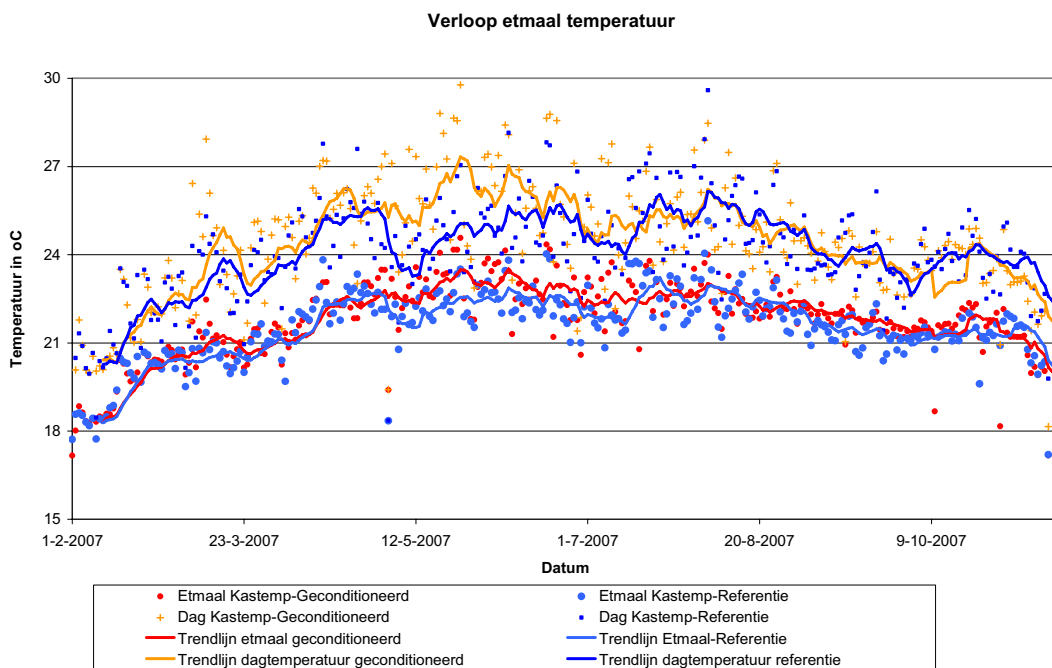
- de geconditioneerde afdeling gemiddeld over de drie- en tweestengelbehandeling een meerproductie heeft gegeven van 1.1 kg/m² netto teeltoppervlak. Dat is een productiestijging van 3 %. Deze productiestijging is in het tweede deel van de teelt gerealiseerd, nadat aanvankelijk een productieachterstand was ontstaan.
- de extra groeikracht van een tweestengelsysteem zich in dit experiment niet heeft bewezen.
- de vruchten over de gehele teelt gemeten in de geconditioneerde kas iets kleiner zijn in sortering.
- het vruchtgewicht in de geconditioneerde afdeling een vergelijkbaar verloop heeft als het vruchtgewicht in de referentie afdeling. De verschillen zijn maar klein en zijn afhankelijk van het moment in de teelt.
- de hoeveelheid tweede kwaliteit en de inweegverliezen vergelijkbaar waren.

5 Klimaat

5.1 Temperaturen

Een experiment in twee afdelingen gedurende een jaar levert een grote hoeveelheid gegevens op over het gerealiseerde klimaat.

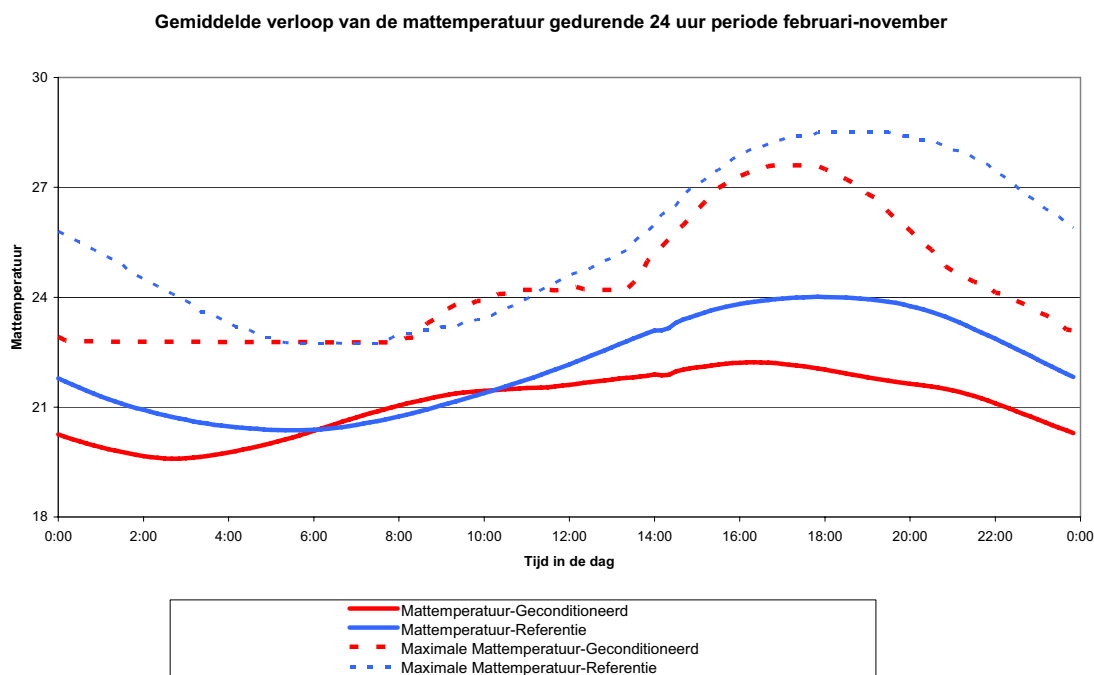
Zowel de gemiddelde etmaaltemperaturen als de gemiddelde temperatuur tussen 10 en 17 uur (dag) zijn voor de periode februari-november (de periode dat de klimaatregeling kon werken met verwarmen en koelen via de luchtslangen) weergegeven in Figuur 5.1. Zoals bij teeltverloop al beschreven is, is in de geconditioneerde afdeling de temperatuur gemiddeld iets hoger geweest dan in de referentieafdeling, 21.7°C ten opzichte van 21.5°C. Vooral in april en mei is de temperatuur tussen 10 en 17 uur gemiddeld hoger geweest.



Figuur 5-1. Verloop gemiddelde etmaal- en dagtemperaturen.

Uit de gemeten planttemperaturen in de periode mei-november blijkt dat deze in de geconditioneerde afdeling gemiddeld over de etmalen in de geconditioneerde kas 0.6°C hoger zijn. Dit verschil is groter dan het verschil in kasttemperatuur. Het verschil in de temperatuur tussen 10 en 17 uur is zelfs 0.7°C. De gemeten planttemperaturen zijn ook hoger dan de gemeten kasttemperaturen. In de geconditioneerde afdeling is de kop van het gewas duidelijk warmer geweest dan in de referentieafdeling. De hogere planttemperaturen in de geconditioneerde afdeling zijn een aanwijzing dat de plant minder heeft verdampt dan in de referentieafdeling.

Als gekeken wordt naar de mattemperaturen dan vertonen deze in de geconditioneerde afdeling een duidelijk ander verloop binnen het etmaal dan in de referentieafdeling. De mattemperatuur in de geconditioneerde afdeling blijft gemiddeld vlakker dan in de referentieafdeling, terwijl ook de maximale temperaturen in de referentieafdeling hoger zijn dan in de geconditioneerde afdeling.



Figuur 5-2. Cyclische gemiddelde van het verloop van de mattemperaturen.

Een combinatie van de gegevens over planttemperatuur, kasttemperatuur en mattemperatuur laat zien dat er in de geconditioneerde afdeling een groter temperatuurgradiënt is geweest van beneden naar boven dan in de referentie-afdeling. In de geconditioneerde afdeling blijft het onderin koeler en wordt het bij de kop warmer dan in de referentie.

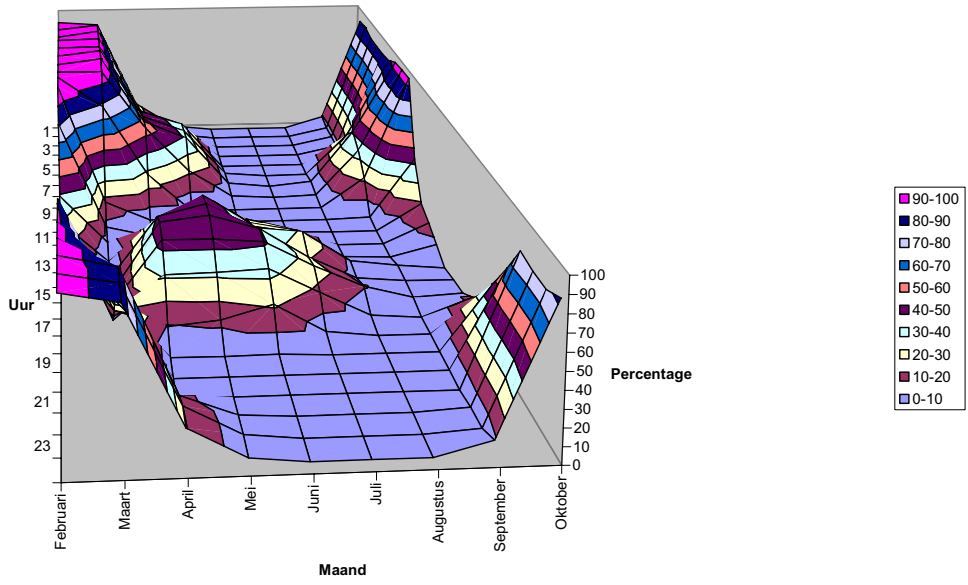
De gevolgen voor de gewasontwikkeling zijn niet bekend. Eerder is wel onderzoek gedaan naar wortelkoeling bij Paprika. Daaruit kwam geen duidelijk effect van een koelere wortel op de groei naar voren.

Zoals bij teeltverloop al is beschreven, is het temperatuurverloop in een etmaal tussen de referentieafdeling en de geconditioneerde afdeling verschillend. De geconditioneerde afdeling is in juli eerder naar een hogere temperatuur gegaan dan de referentieafdeling, maar ook weer eerder afgekoeld als de instraling afneemt (zie Bijlage IV).

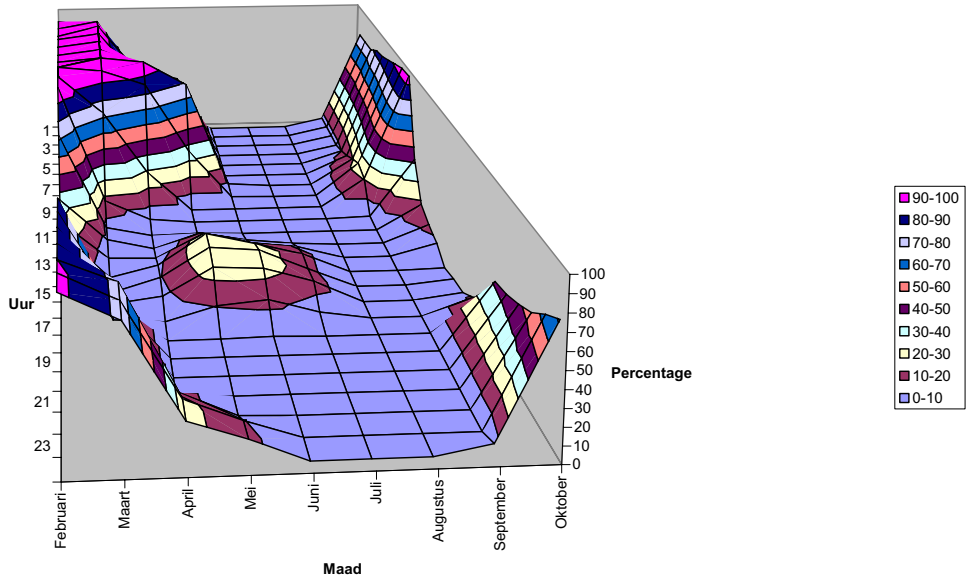
5.2 Licht

Naast temperatuur is de hoeveelheid licht die de plant ontvangt een belangrijke groeifactor. Bij teeltverloop is aangegeven dat het verloop van de instraling in 2007 bijzonder was door de hoge lichtsom in april en de relatief lage instraling in juli. De hoeveelheid licht in de kas is daarnaast beïnvloed door het eerder gebruiken van het energiescherm in de geconditioneerde afdeling. Tussen 10 en 17 uur heeft het schermdoek in de geconditioneerde afdeling in de maanden april tot en met juni 28 % gesloten gelegen en in de referentieafdeling 11 %. Vermindering van de lichthoeveelheid is enerzijds goed om verbranding van vruchten te voorkomen, maar voor de lichtsom die de plant ontvangt is het nadelig en wordt de mogelijke meerproductie verlaagd. In de volgende figuren wordt het verloop van de gemiddelde schermstand over de dag per maand weergegeven. Duidelijk is het frequenter gebruiken van het schermdoek overdag in april en mei. Een overzicht met de doekstanden is weergegeven in Bijlage V.

Gemiddelde stand scherm doek in geconditioneerd afdeling per maand en per uur

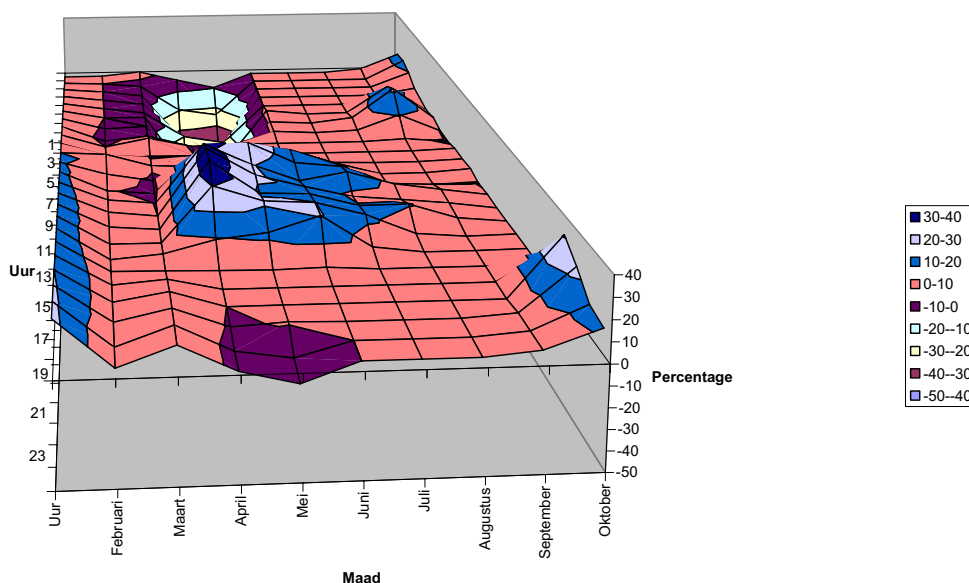


Gemiddelde stand scherm doek in referentie afdeling per maand en per uur



Figuur 5-3. Schermstanden van LS 10 Ultra plus verloop over de dag gemiddeld per maand.

Verschil in schermdoek stand tussen Geconditioneerde en Referentie afdeling per maand en per uur



Figuur 5-4. Verschil in schermstand tussen geconditioneerde afdeling en referentie afdeling.

5.3 CO₂

Het CO₂-niveau in de geconditioneerde afdeling is steeds rond de ingestelde waarde van 900 ppm gerealiseerd. Dit is lager dan in 2006 toen naar 1000 ppm is gestreefd. Hoewel het een klein verschil is in CO₂-realisatie, is uit eerdere onderzoeken gebleken dat dit een negatief effect heeft op de potentiële productie.

Bij teeltverloop is al aangegeven dat in april er een periode is geweest dat de OCAP geen CO₂ leverde. Op die dagen zakte in de geconditioneerde afdeling de CO₂-concentratie tot 200 ppm tegenover 400 ppm in de referentie. Dit lage CO₂-niveau is zeer nadelig voor de groei. Dit heeft er zeker toe bijgedragen dat de geconditioneerde afdeling in het begin een lagere productie heeft gegeven.

Dat de CO₂-concentratie goed te handhaven was in de geconditioneerde afdeling, heeft te maken met de raamstanden die nodig waren om de kas op de gewenste temperatuur te houden. In de geconditioneerde afdeling is gemiddeld slechts 0.7 % geventileerd op de luwe zijde tegenover gemiddeld 17% in de referentieafdeling.

In luchtvochtigheid zijn er gemiddeld geen grote verschillen tussen de referentieafdeling en de geconditioneerde afdeling. Wel is de referentieafdeling in april, mei en juni tussen 10 en 17 uur gemiddeld droger. Dit heeft te maken met de buitenomstandigheden in het voorjaar, waardoor sneller vocht werd afgevoerd uit de kas.

5.4 Conclusies Klimaat

Voor het klimaat kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De temperatuur in de geconditioneerde afdeling was goed te handhaven met het koelvermogen van 400 W/m².
- In de geconditioneerde afdeling is een grotere temperatuurgradiënt gerealiseerd, waarbij de koptemperatuur gemiddeld hoger is geweest dan in de referentieafdeling.
- De mattemperatuur is juist lager geweest in de geconditioneerde afdeling.
- De hoeveelheid licht die is toegelaten in de geconditioneerde afdeling is duidelijk lager geweest dan in de referentieafdeling.
- De CO₂-concentratie is in de geconditioneerde afdeling goed op 900 ppm gehandhaafd.
- De luchtvochtigheid in de geconditioneerde afdeling is gemiddeld lager geweest dan in de referentieafdeling.

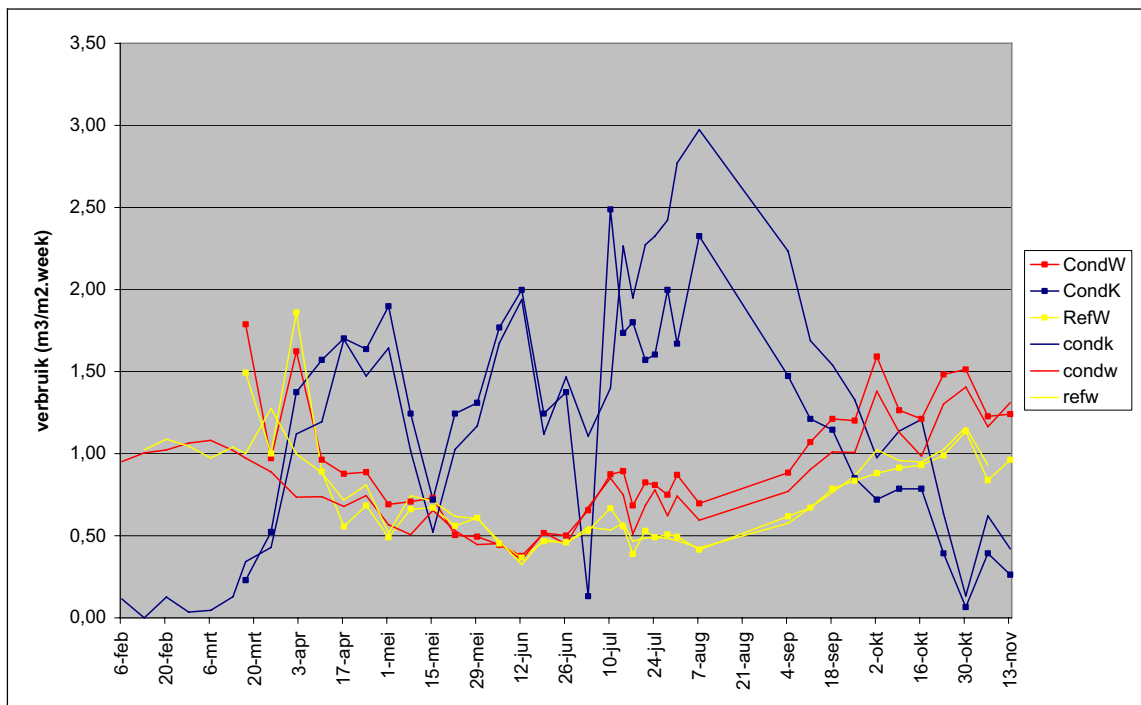
6 Economische analyse

Het bedrijfsresultaat van een paprikateelt in de geconditioneerde kas ten opzichte van een standaard kas wordt vooral bepaald door de energiebesparing, de productieverhoging, de met de productieverhoging gepaard gaande arbeid- en afzetkosten, en de kosten voor afschrijving rente en onderhoud van de extra investeringen. Verder heeft een geconditioneerde kas nog een klein voordeel op het gebied van waterterugwinning, maar dat wordt in de economische berekening verwaarloosd. In dit hoofdstuk worden de punten apart besproken en uiteindelijk samengevat tot een bedrijfseconomische evaluatie.

6.1 Energie

6.1.1 Gebruik van warmte en koude

Het gebruik van warmte en koude is op twee manieren gemeten. Ten eerste is vanaf 17 maart wekelijks de stand van de warmtemeters bijgehouden. Ten tweede is achteraf berekend aan de hand van de historisch opgeslagen gegevens van de klimaatcomputer (vanaf 6 februari) wat het warmte en koudeverbruik is geweest. In afdeling 9 is het warmteverbruik van de buisverwarming berekend aan de hand van uurgemiddelden van de buistemperatuur (gemiddelde van aanvoer en retour) en de kastemperatuur. In afdeling 4 is het verbruik van warmte en koude berekend uit de per uur geregistreerde vermogens van de luchtbehandelingkasten. Per 28 juni is het type geregistreerde gegevens van de luchtbehandelingkasten in de geconditioneerde afdeling gewijzigd. In Figuur 6-1 is te zien dat na 28 juni het berekende verbruik van warmte en koude in de geconditioneerde afdeling niet meer overeenkomt met de registraties van de warmtemeters. De berekening van de verwarming in de referentieafdeling komt wel vrijwel het gehele jaar overeen met de registratie van de warmtemeters.



Figuur 6-1. Verbruik van de warmte (rood in afdeling 4, geel in afdeling 9) en koude (blauw) gemeten met de warmtemeters (met blokjes) en met de klimaatcomputer (zonder blokjes); warmte-eenheden omgerekend naar stookwaarde in m^3 aardgas per week.

Het gerealiseerde warmteverbruik wordt daarom geschat door uit te gaan van de registraties van de warmtemeters en daar waar deze ontbreken (februari/maart) uit te gaan van de gegevens uit de klimaatcomputer. Dit wordt weer gegeven in Tabel 6-1.

Tabel 6-1. *Gebruik van warmte en koude in de referentiekas en de geconditioneerde kas van 6 februari tot 13 november omgerekend naar m³ aardgas per m² kas.*

	Koude geconditioneerd	Warmte geconditioneerd	Warmte referentie
Gemeten periode	43,2	33,0	25,4
Schatting gehele teelt	43,2	43,0	35,4

De geconditioneerde afdeling heeft dus meer warmte gevraagd dan de referentieafdeling. Dit geldt voornamelijk voor de zomerperiode en het najaar. Blijkbaar is voor het actief ontvochtigen (koelen en herverwarmen) van de kas meer warmte nodig dan als de ramen worden geopend om vocht af te voeren. Op zich hoeft dit geen probleem te zijn, want wanneer actief wordt ontvochtigd, is meestal voldoende warmte beschikbaar.

Aan de geconditioneerde afdeling is tussen 6 februari en 13 november 30% meer warmte onttrokken dan toegevoerd. In de niet geregistreerde periode (begin teelt tot 6 februari) is echter wel warmte gebruikt, terwijl geen warmte is onttrokken. Indien rekening wordt gehouden met deze periode zouden de warmtegebruiken in beide kassen $\pm 10 \text{ m}^3/\text{m}^2$ hoger liggen, ofwel $43,0 \text{ m}^3/\text{m}^2$ in de geconditioneerde kas en $35,4 \text{ m}^3/\text{m}^2$ in de referentieafdeling.

6.1.2 Gascontractcapaciteit

Het piekverbruik voor gas bij een geconditioneerde kas is afhankelijk van de uitrusting van het energiecentrum. Bij alleen een elektrische warmtepomp is helemaal geen gas nodig en bij gebruik van een WKK is het piekverbruik meestal gelijk aan het gasverbruik per uur van de WKK.

6.1.3 Elektriciteitsverbruik

Naast het elektriciteitsverbruik voor een warmtepomp heeft een geconditioneerde kas ook elektriciteit nodig voor de ventilatoren in de luchtbehandelingskasten en voor de pompen van en naar de aquifer. De ventilatoren bij het Improvement Centre hebben een opgesteld vermogen van tezamen 16,7 kW. Als deze jaarrond op vollast zouden draaien zou dit $133 \text{ kWh}/\text{m}^2$ vergen. In de praktijk wordt zelden op vollast gedraaid. De stand van de ventilator was meestal 40-60%. Het opgenomen vermogen neemt volgens de installateur met een derde macht af ten opzichte van de ventilatorstand, waarmee het jaarlijkse elektriciteitsverbruik voor de ventilatoren kan worden geschat op $23 \text{ kWh}/\text{m}^2$.

Het elektriciteitsverbruik van de pompen van en naar de aquifer is niet gemeten en wordt geschat op $6 \text{ kWh}/\text{m}^2$.jaar.

6.2 CO₂-verbruik

De CO₂-dosering is niet gemeten. Aangenomen wordt dat het verbruik in de geconditioneerde afdeling niet veel lager is geweest dan in de referentieafdeling. Bij een geconditioneerde kas zonder WKK moet alle CO₂ worden ingekocht. Aangenomen wordt dat dit gaat om $\pm 25 \text{ kg}/\text{m}^2$.jaar.

6.3 Vergelijking conditionering en standaard

Hoeveel energie een kas gebruikt is niet alleen afhankelijk van de mate van conditionering, maar ook aan de manier waarom warmte en/of koude wordt opgewekt. Hiervoor worden hier 4 configuraties beschreven:

1. standaardkas met ketel
2. standaardkas met WKK
3. 50% standaardkas en 50% geconditioneerde kas met WKK en warmtepomp
4. 30% standaardkas en 70% geconditioneerde kas met alleen warmtepomp

De berekeningen van de verhouding tussen standaard en geconditioneerde kassen en de dimensionering van de WKK's en de warmtepompen zijn beschreven in Bijlage VI.

Tabel 6-2. *Vergelijking energieverbruiken.*

	Standaard met ketel	Standaard met WKK	50% geconditioneerd met WKK en WP	70% geconditioneerd met alleen WP
Gasverbruik m ³ /m ²	35	65	22	0
Contractcapaciteit m ³ /ha.uur	110	145	91	0
Elektriciteit kWh/m ²	7	-196	21	127
CO ₂ kg/m ²	9	5	15	40

Uitgaande van een gasprijs van 0,25 €/m³, een contractprijs van 150 €/m³/h, een gemiddelde elektriciteitsprijs van 0,07 €/kWh² en een CO₂-prijs van 0,10 €/kg komen de verbruiken uit bovenstaande tabel op de volgende kosten te staan.

Tabel 6-3. *Vergelijking energiekosten (€/m².jaar).*

	Standaard met ketel	Standaard met WKK	50% geconditioneerd met WKK en WP	70% geconditioneerd met alleen WP
Gasverbruik	8,85	16,20	5,43	0,00
Contractcapaciteit	1,65	2,18	1,37	0,00
Elektriciteit	0,49	-13,69	1,49	8,92
CO ₂	0,90	0,50	1,50	2,50
Totaal	11,89	5,19	9,78	12,92

6.4 Opbrengstverhoging en kosten meerproductie

De productie lag in de geconditioneerde afdeling 1,1 kg/m² hoger dan in de referentieafdeling. Bij een verkoopprijs van 1,40 €/kg zou dit een voordeel van 1,54 €/m² per jaar opleveren. Hiervan moeten de kosten van de extra arbeid en de afzetkosten (respectievelijk 0,20 en 0,09 €/kg) worden afgetrokken, zodat de totale baten neerkomen op 1,25 €/m². Bij de bepaling van de opbrengstverhoging is geen rekening gehouden met het vervroegen van de productiegolven in de geconditioneerde kas, waardoor de productie piekt op de momenten dat de prijs mogelijk hoger ligt.

² Een gasprijs van 0,25 €/m³ en een elektriciteitsprijs van 0,07 €/kWh betekent een sparkspread van 34,45 €/MWh.

6.5 Investering

De investeringskosten voor een geconditioneerde kas worden bepaald door de grootte van de warmtepomp, de WKK, de capaciteit van de bronpompen, de warmtewisselaars en de luchtbehandelingkasten met luchtslangen (LBK). Aangezien de aandacht voor conditionering en aquifers steeds groter wordt, zijn de genoemde prijzen ook volop in ontwikkeling. Voor een investering in een geconditioneerde kas kan aanspraak worden gemaakt op de Energie Investeringsaftrek (EIA). Indien het bedrijf vennootschapsbelasting moet betalen, kan dit neerkomen op ongeveer 13% van de investering. In deze economische vergelijking is geen rekening gehouden met EIA.

De bronpompen en de leidingen van en naar de aquifer, die technisch gezien wel dertig jaar meekunnen, worden echter economisch gezien niet langzamer afgeschreven dan de kas, ofwel in 15 jaar. De grootte van de benodigde bronpompen wordt gebaseerd op het gerealiseerde maximale koelvermogen afgevlakt over 1 week (130 W/m^2). Als het koelwater uit de bron kan worden opgewarmd met 10°C dan is een bronpomp nodig van $110 \text{ m}^3/\text{ha.uur}$. De investeringskosten van een bronpomp kunnen variëren van 1000 tot $3500 \text{ €/m}^3/\text{uur}$. In deze berekening wordt uitgegaan van $1000 \text{ €/m}^3/\text{uur}$, ofwel $\text{€ } 110.000,-$ per hectare.

Voor een warmtepomp wordt gerekend met een investeringsprijs van 660 €/kW_e . Een warmtepomp met een thermisch vermogen van 990 kW_{th} en een COP_w van 4 heeft een elektrisch vermogen van 248 kW_e , en vergt daarmee een investering van $\text{€ } 164.000$ per hectare.

Voor de WKK die de warmtepomp van elektriciteit moet voorzien wordt gerekend met een prijs van 335 €/kW_e . Voor de rookgasreiniger geldt een extra investering van 150 €/kW_e . Een WKK met een elektrisch vermogen van $248 \text{ kW}_e/\text{ha}$ met rookgasreiniger betekent dan $\text{€ } 120.000$ per hectare. Een WKK met een elektrisch vermogen van $500 \text{ kW}_e/\text{ha}$ met rookgasreiniger in de standaardkas vergt een investering van $\text{€ } 243.000$ per hectare.

Voor de kosten van de distributie van warmte en koude in de kas (pompen, luchtbehandelingkasten, luchtslangen) wordt gerekend met een investering van $\text{€ } 100.000,-$ per hectare.

De standaardkassen (zowel met ketel als met WKK) bezitten een ketel. De ketel kost $\pm \text{€ } 50.000,-$ per hectare. Bij een geconditioneerd bedrijf met een WKK zal een grote warmtepomp nodig zijn om ook de warmte van het niet geconditioneerde gedeelte van warmte te voorzien. Dit totale thermische vermogen moet minimaal 970 kW_{th} (\approx stookwaarde van 110 m^3 aardgas per uur) zijn om een ketel overbodig te maken voor de momenten met de grootste koudevraag. In plaats van een grotere WKK en een grotere warmtepomp kan ook een ketel worden geplaatst die alleen wordt ingezet op de koudste dagen. Voor de geconditioneerde kas met een warmtepomp zonder WKK wordt er van uitgegaan dat wel alle warmte door een grote warmtepomp kan worden geleverd. De grootte van de benodigde warmtepompen wordt berekend in Tabel 6.4.

Tabel 6-4. Berekening warmtepompen.

Bedrijf	Thermisch vermogen WKK (kW_{th}/ha)	Bedrijfsuren WKK	Thermisch vermogen WP (kW_{th}/ha)	Bedrijfsuren WP
Standaard met WKK	625	4050	0	0
50% met WP+WKK	152	5000	488	5000
70% met WP	0	0	970	3620

Voor rente is gerekend met gemiddeld 3% per jaar op het geïnvesteerde vermogen. Hierbij is uitgegaan van een rentepercentage voor een lening van 5.5%, terwijl de lening gedurende de afschrijvingstermijn wordt afgelost. De afschrijvingsduur van de bronpompen is 15 jaar. De overige investeringen hebben een afschrijvingstermijn van 10 jaar.

Tabel 6-5. Investeringskosten en afschrijvingskosten energievoorziening per m² kas.

	Investering (€/m ²)	Onderhoud €/m ² .jaar	Rente en afschr. (€/m ² .jaar)	Totaal (€/m ² .jaar)
Totaal standaard met ketel	5,00	0,05	0,48	0,53
Totaal standaard met WKK	29,3	1,80	3,64	5,44
Ketel	5,0	0,05	0,48	0,53
Bronpompen (aquifer)	5,4	0,11	0,52	0,63
LBK, slurven en leidingen	4,9	0,25	0,64	0,89
Warmtepomp	8,0	0,08	1,05	1,13
WKK	5,9	0,37	0,77	1,13
Totaal 50% conditionering WP+WKK	29,3	0,85	3,46	4,31
Bronpompen (aquifer)	7,8	0,16	0,76	0,91
LBK, slurven en leidingen	7,1	0,35	0,92	1,27
Warmtepomp	16,0	0,16	2,08	2,24
Totaal 70% conditionering WP	30,9	0,67	3,76	4,43

6.6 Overige baten

Conditionering biedt nog enkele extra voordelen. In luchtbehandelingskasten is 100 m³ condenswater teruggewonnen, dat als gietwater kan worden benut. Verder wordt aangenomen dat geconditioneerde klimaatomstandigheden gunstig te zijn voor de (biologische) gewasbescherming. Voor dit laatste zijn in dit onderzoek echter geen aanwijzingen gevonden.

6.7 Bedrijfseconomisch overzicht

Als alle kosten en baten worden gesommeerd dan blijkt een geconditioneerde kas niet rendabel te zijn. Een standaard kas met WKK levert wel een positief bedrijfsresultaat ten opzichte van een standaard kas met ketel. Dit wordt weergegeven in onderstaande Tabel.

Tabel 6-6. Invloed op het bedrijfsresultaat ten opzichte van een standaardkas met een ketel. Bedragen in €/m².jaar voor een standaard kas met een WKK en twee typen deels geconditioneerde kassen.

	Standaard kas met WKK	50% Geconditioneerd met WKK en WP	70% Geconditioneerd met WP
Energiekosten	6,70	2,11	0,47
Opbrengst - meerkosten		0,62	0,89
Rente en afschrijving	-3,15	-2,98	-3,27
Onderhoud	-1,75	-0,80	-0,62
Saldo	1,80	-1,06	-2,54

6.8 Gevoeligheidsanalyse

Met een elektriciteitsprijs van 0,07 €/kWh en een gasprijs van 0,25 €/m³ (sparksread van 34,45 €/MWh) kan met een WKK zeer voordelig warmte worden geproduceerd, terwijl een warmtepomp dure elektriciteit moet inkopen.

Hierdoor bespaart een warmtepomp niet op de energiekosten. Indien de elektriciteitsprijs lager zou zijn (0,05 €/kWh, ofwel een sparkspread van 14,45 €/MWh), dan blijkt de WKK niet rendabel te zijn. Geen van de drie alternatieven scoren beter dan de standaard kas met ketel.

Tabel 6-7. Invloed op het bedrijfsresultaat bij een elektriciteitsprijs van 0,05 €/kWh i.p.v. 0,07 €/kWh.

	Standaard kas met WKK	50% Geconditioneerd met WKK en WP	70% Geconditioneerd met WP
Energiekosten	2,65	2,39	1,38
Opbrengst - meerkosten		0,62	0,89
Rente en afschrijving	-3,15	-2,98	-3,27
Onderhoud	-1,75	-0,80	-0,62
Saldo	-2,25	-0,77	-1,63

Indien de gasprijs hoger wordt (0,30 €/m³) bij een gelijkblijvende elektriciteitsprijs van 0,07 €/kWh (sparkspread wordt 27,35 €/MWh) blijken de standaardbedrijven en de 50% geconditioneerde elkaar nauwelijks meer te ontlopen qua bedrijfsresultaat. De 70% geconditioneerde kas met alleen een warmtepomp is erg afhankelijk van de elektriciteitsprijs, maar ook met 0,05 €/kWh wordt deze optie niet rendabel. Het standaardbedrijf met WKK scoort het hoogste resultaat.

Tabel 6-8. Invloed op het bedrijfsresultaat bij een gasprijs van 0,30 €/m³ i.p.v. 0,25 €/m³.

	Standaard kas met WKK	50% Geconditioneerd met WKK en WP	70% Geconditioneerd met WP
Energiekosten	5,23	2,79	0,74
Opbrengst - meerkosten		0,62	0,89
Rente en afschrijving	-3,15	-2,98	-3,27
Onderhoud	-1,75	-0,80	-0,62
Saldo	0,33	-0,37	-2,27

Met een hogere productieverhoging kan conditionering sneller rendabel worden. Bij een productieverhoging van 12% scoort de 50% geconditioneerde kas in ieder geval beter dan de standaardkas met ketel, maar nog niet zo goed als de standaardkas met WKK.

Tabel 6-9. Invloed op het bedrijfsresultaat bij een productieverhoging van 12% (4,4 i.p.v. 1,1 kg/m²).

	Standaard kas met WKK	50% Geconditioneerd met WKK en WP	70% Geconditioneerd met WP
Energiekosten	6,70	2,11	-1,03
Opbrengst - meerkosten		2,47	3,55
Rente en afschrijving	-3,15	-2,98	-3,27
Onderhoud	-1,75	-0,80	-0,62
Saldo	1,80	0,79	-1,37

7 Publiciteit

Het project Paprikateelt in een geconditioneerde kas 2007 wordt gefinancierd door het Productschap Tuinbouw. Mede om deze reden is openheid in de communicatie een vereiste.

7.1 Schriftelijke communicatie

In totaal zijn over het project 18 artikelen verspreid over het jaar verschenen. Een deel van de artikelen is geschreven door de begeleidingsgroep en een ander deel in samenwerking met journalisten van diverse vakbladen.

Er is gekozen om zowel Groeiservice kanalen (groeiflits, gewasnieuwsbrieven en internetsite) als landelijke kanalen (vakbladen) te gebruiken om informatie over het project te communiceren aan de ondernemers. Een overzicht van de verschenen artikelen is weergegeven in Bijlage VII.

7.2 Presentaties

Op 13 april 2007 heeft het Improvement Centre een participantendag georganiseerd. De medeparticipanten van het onderzoek konden tijdens deze middag en avond hun klanten uitnodigen om het gewas in de twee afdelingen te bezichtigen.

Op 18 juni 2007 is een landelijke voorlichtingsbijeenkomst georganiseerd voor paprikatelers bij het Improvement Centre. Vanuit de praktijk was veel vraag naar toelichting over het verloop van de teeltproef. Tijdens de bijeenkomst konden telers het gewas in de twee afdelingen van het Improvement Centre bezichtigen. Daarnaast heeft Frank Breugem een presentatie gehouden met de tussentijdse resultaten. Tijdens deze bijeenkomst waren ongeveer 150 personen aanwezig.

Tijdens de rassenavond Paprika van 11 september jl. werd bij WUR Glastuinbouw een poster gepresenteerd over Paprika in geconditioneerde kas 2007. Er waren ongeveer 100 personen aanwezig tijdens deze rassenavond.

Bijlage I.

Opzet

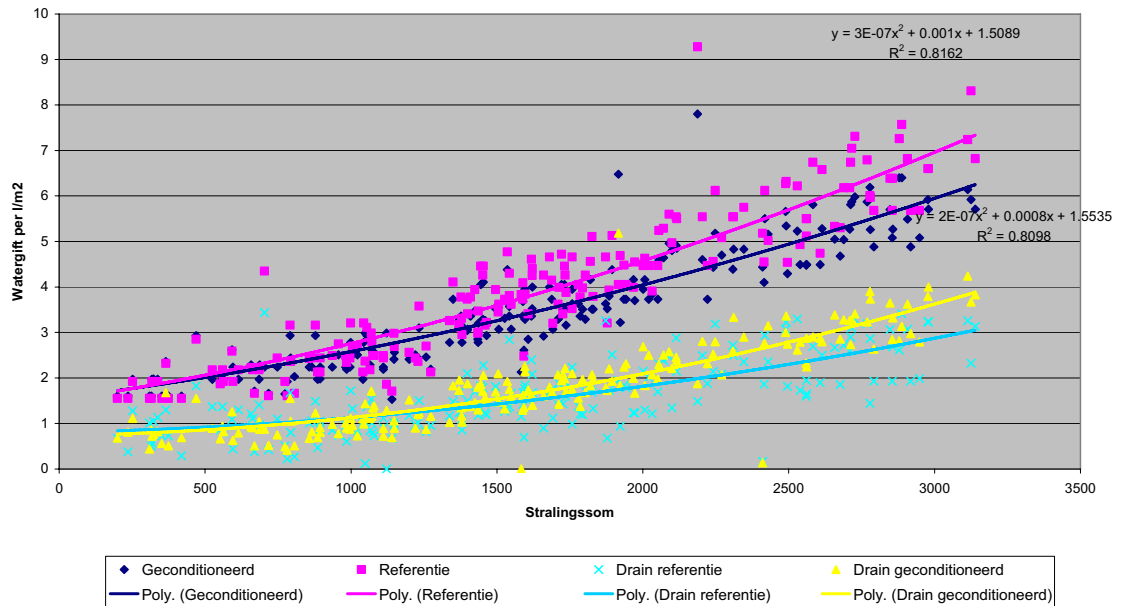


Bron: Website Improvement Centre.

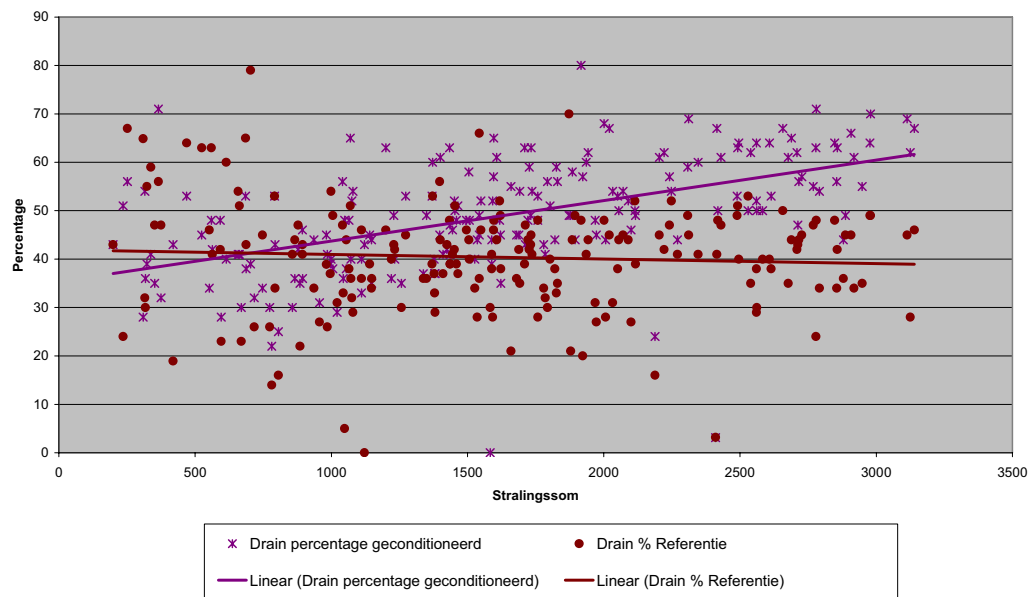
Bijlage II.

Watergift

Watergift per etmaal tegen stralingsom voor de periode half april-oktober 2007



Percentage drain per etmaal

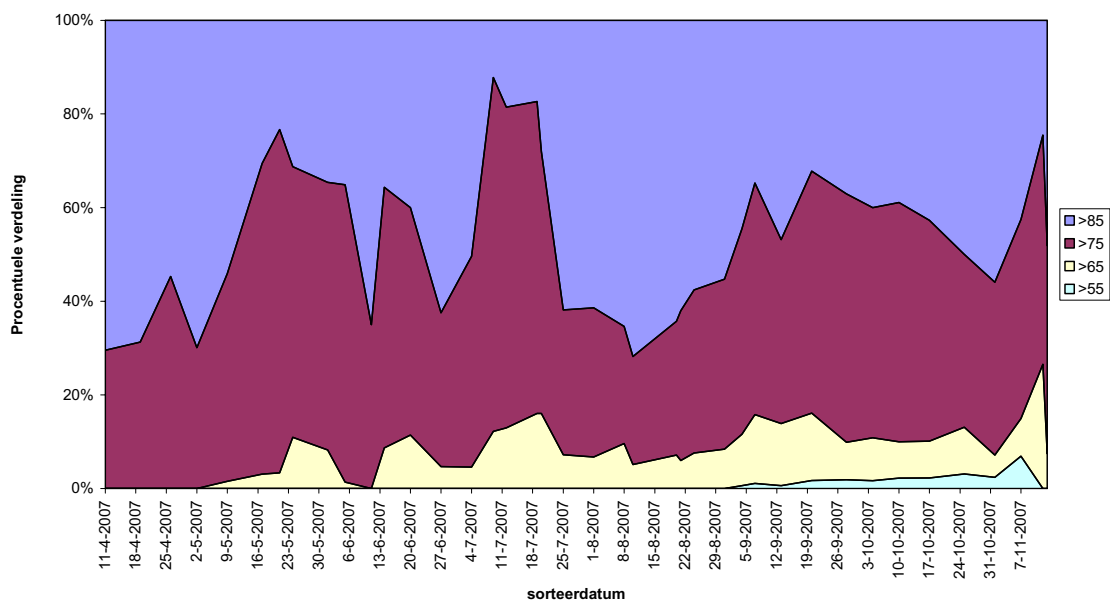


Vochtgehalte gemeten met Watergehalte meter.

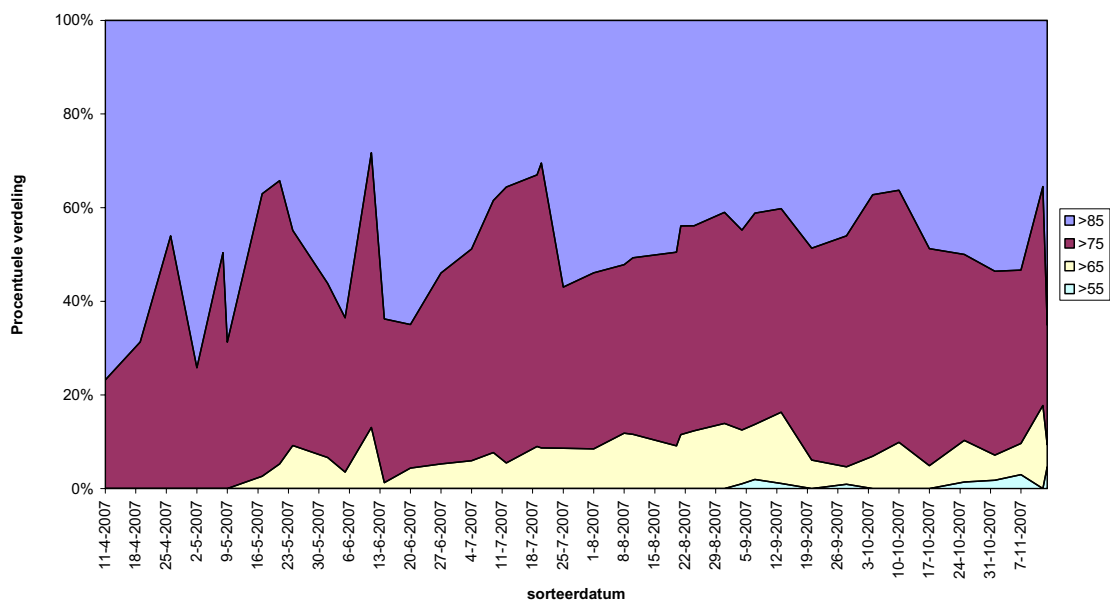
Maand	Vochtgehalte- Geconditoneerd	EC mat- Geconditoneerd	Temperatuurmat- Geconditoneerd	Vochtgehalte- Referentie	EC mat- Referentie	Temperatuurmat- Referentie
2	72,0	3,1	19,7	76,8	3,2	20,1
3	65,1	2,7	21,3	68,2	2,7	21,7
4	51,4	2,7	21,3	65,5	2,5	22,8
5	50,8	2,2	22,1	64,5	2,2	22,9
6	72,2	2,6	21,3	62,7	2,4	22,9
7	70,5	2,9	21,0	61,0	2,8	22,8
8	69,1	3,1	20,8	60,9	2,7	22,8
9	68,0	3,3	21,2	59,8	2,8	22,0
10	68,0	3,2	21,7	60,1	2,6	22,0

Bijlage III. Productie

Geconditioneerd



Referentie afdeling



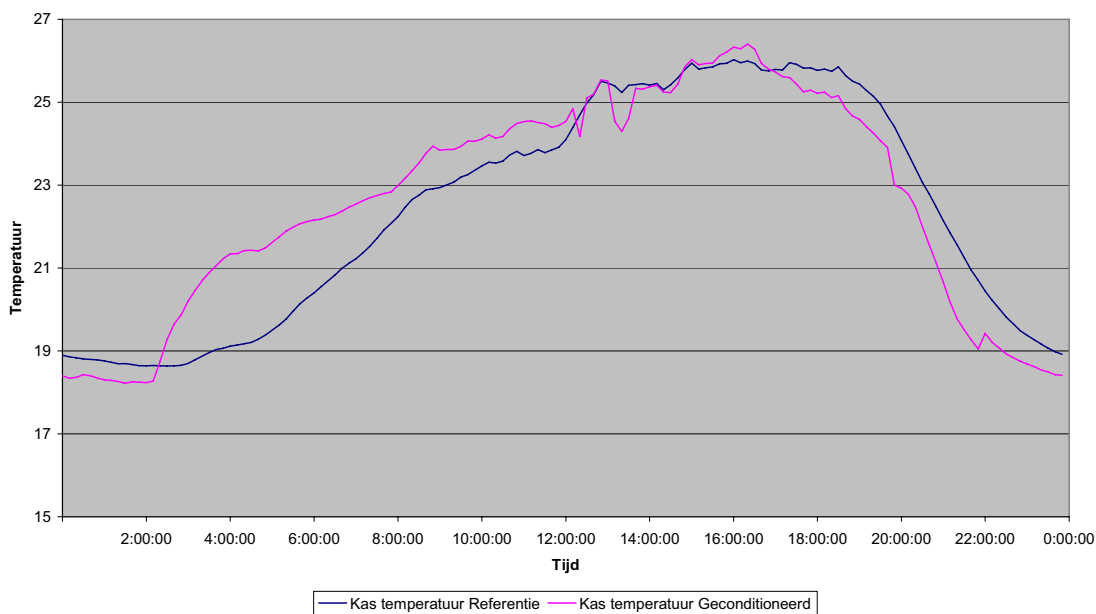
Bijlage IV.

Klimaat

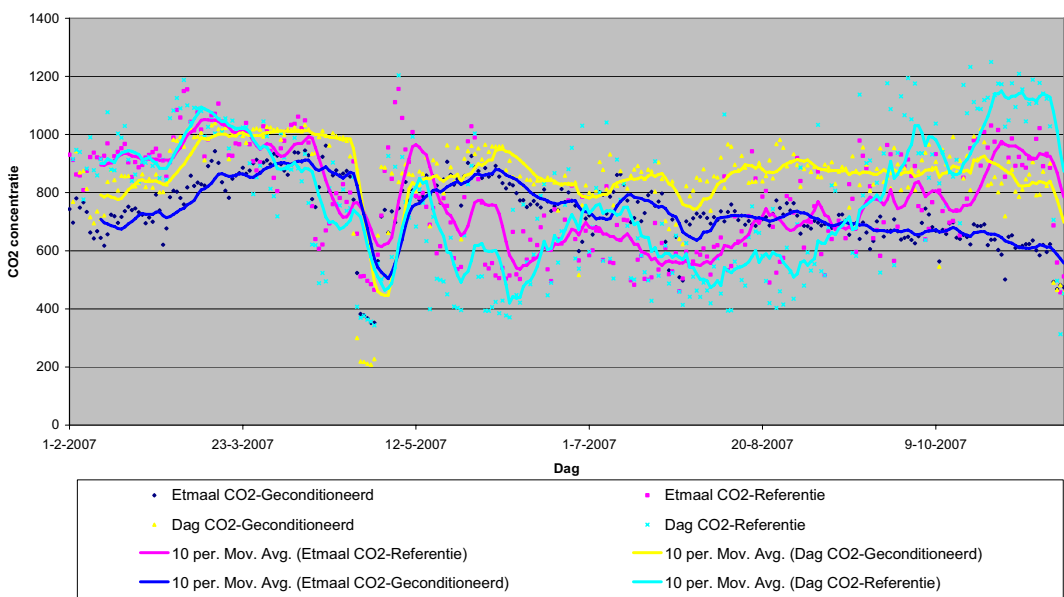
Maand	Temperatuur		Stralingsom buiten	CO2- Geconditioneerd		Kastemp- Geconditioneerd		Planttemperatuur- Geconditioneerd		RV- Geconditioneerd	CO2- Referentie	Kastemp- Referentie	Planttemperatuur- referentie	RV- Referentie
	Buiten	Binnen		Geconditioneerd	Geconditioneerd	Geconditioneerd	Geconditioneerd	Geconditioneerd	Geconditioneerd					
	2	6.5		710	19.4	73.7	912	19.4	73.7		912	19.4		80.3
	3	8.4	520942	847	20.9	75.1	1002	20.6	75.1		1002	20.6		77.5
	4	13.1	911230	781	22.1	77.0	785	22.1	77.0		785	22.1		74.0
	5	13.9	867258	803	22.9	79.8	813	22.1	79.8	25.3	813	22.1	21.9	78.4
	6	17.1	827000	782	22.9	80.4	613	22.4	80.4	22.7	613	22.4	22.1	79.5
	7	17.0	808467	724	22.6	77.7	587	22.4	77.7	22.5	587	22.4	22.1	79.8
	8	17.4	787419	720	22.5	77.3	679	22.4	77.3	22.5	679	22.4	22.2	80.3
	9	14.6	467653	679	21.8	78.3	738	21.4	78.3	21.6	738	21.4	21.0	84.3
	10	10.6	309836	652	21.5	78.9	849	21.3	78.9	21.3	849	21.3	20.9	85.6
	11	9.2		578	18.9	79.9	824	18.8	79.9	19.0	824	18.8	18.5	87.4
Gemiddelde		13.0		736	21.7	77.8	777	21.5	77.8	22.1	777	21.5	21.3	80.3
Dag tussen 10-17	2	7.5		818	21.4	75.2	911	21.4	75.2		911	21.4		79.6
	3	10.1		992	23.7	75.9	1011	23.1	75.9		1011	23.1		73.6
	4	16.3		830	25.3	74.6	700	24.9	74.6		700	24.9		65.4
	5	15.9		853	26.0	77.3	670	24.3	77.3	27.1	670	24.3	24.5	71.9
	6	18.9		850	25.8	75.3	601	25.1	75.3	26.0	601	25.1	25.2	73.8
	7	18.4		816	25.2	72.4	622	25.0	72.4	25.6	622	25.0	25.1	75.4
	8	19.6		882	25.2	68.1	555	25.3	68.1	26.0	555	25.3	25.4	73.4
	9	16.2		872	23.8	70.9	776	23.8	70.9	24.2	776	23.8	23.8	79.0
	10	12.2		878	23.5	73.8	1022	23.9	73.8	23.7	1022	23.9	23.8	82.3
	11	10.0		739	20.7	73.3	956	21.3	73.3	21.0	956	21.3	21.2	83.6
	Gemiddelde		14.8		860	24.3	73.7	772	24.0	73.7	24.8	772	24.0	24.1

Maand	Raamstanden gemiddelden				Doekstanden gemiddelden			
	Luw-geconditioneerd	Wind-Geconditioneerd	Luw-Referentie	Wind-Referentie	Doek-Geconditioneerd etmaal	Doek-Geconditioneerd dag	Doek-Referentie etmaal	Doek-Referentie dag
Februari	0.0	0.0	0.0	0.0	81.7	50.5	80.5	47.7
Maart	0.0	0.0	0.0	0.0	55.5	3.2	53.8	3.4
April	0.6	0.0	15.7	3.0	24.9	27.6	27.2	4.1
Mei	1.2	0.0	18.8	1.5	18.5	36.7	22.6	17.5
Juni	1.0	0.0	40.1	5.7	9.6	29.2	4.3	14.4
Juli	1.1	0.0	39.5	4.8	5.2	17.5	2.3	7.7
Augustus	0.9	0.0	33.5	4.5	1.4	4.0	0.0	0.0
September	0.6	0.0	13.0	0.5	7.9	1.4	5.0	0.0
Oktober	0.4	0.0	4.9	0.0	56.6	8.7	50.6	8.1
November	1.0	0.0	0.8	0.0	73.6	18.7	63.8	16.6
Gemiddelden	0.7	0.0	17.7	2.1	30.8	19.4	28.7	11.2

Verloop kasttemperatuur gemiddeld over een etmaal in juli



Verloop van de CO2 concentratie per etmaal en op de dag (10-17uur)



Bijlage V.

Doekstanden

Uur	Referentie Afdeling								
	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	Oktober
0	93	88	27	13	0	0	0	7	77
1	93	98	44	27	0	0	0	7	77
2	93	100	62	56	0	0	0	7	77
3	96	100	63	58	0	0	0	7	83
4	96	100	65	59	0	0	0	10	84
5	96	100	87	67	0	0	0	14	88
6	97	100	96	79	2	0	0	19	91
7	100	97	86	36	1	0	0	24	95
8	100	73	28	0	0	0	0	20	95
9	99	17	3	0	0	0	0	1	42
10	72	6	0	1	0	0	0	0	18
11	36	7	0	10	5	1	0	0	12
12	30	4	3	19	12	8	0	0	8
13	31	0	8	28	21	13	0	0	1
14	37	0	9	28	26	13	0	0	3
15	53	3	7	25	23	14	0	0	4
16	76	3	1	10	13	5	0	0	11
17	89	18	0	0	1	0	0	0	23
18	89	35	0	0	0	0	0	0	41
19	89	45	0	0	0	0	0	0	44
20	89	65	0	0	0	0	0	0	48
21	90	77	15	1	0	0	0	0	54
22	93	77	23	11	0	0	0	0	64
23	93	77	24	13	0	0	0	6	71

Uur	Geconditioneerde afdeling								
	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	Oktober
0	93	90	23	3	0	0	0	9	90
1	93	96	25	4	0	0	0	7	90
2	93	97	28	7	0	0	0	7	87
3	96	97	35	22	0	0	0	7	87
4	96	97	45	35	0	0	0	10	87
5	96	100	49	37	3	0	0	31	88
6	96	100	52	39	3	0	3	41	93
7	97	97	54	22	2	0	1	34	94
8	100	78	28	0	0	0	0	22	95
9	100	17	3	1	0	0	0	1	43
10	81	7	0	6	6	1	0	0	19
11	39	6	2	28	20	8	0	0	14
12	30	2	26	46	26	20	1	0	8
13	34	0	41	49	32	28	8	4	1
14	40	0	46	50	41	21	6	3	3
15	55	3	44	44	41	25	11	3	4
16	77	4	31	32	34	18	2	0	12
17	89	20	9	12	21	3	0	0	23
18	91	37	1	1	1	0	0	0	42
19	93	51	0	0	0	0	0	0	60
20	93	73	0	0	0	0	0	0	79
21	93	86	14	2	0	0	0	2	77
22	93	87	20	3	0	0	0	2	77
23	93	87	20	3	0	0	0	8	83

Bijlage VI.

Verhouding geconditioneerde kas / standaard kas

Bij gebruik van een elektrische warmtepomp met een COP_w^3 van 4 **zonder** WKK (dus met inkoop van elektra) zou voor iedere geconditioneerde kas $4/3^e * 43,2 \approx 58 \text{ m}^3/\text{m}^2$ aan warmte kunnen worden geleverd. Dat is meer dan de geconditioneerde kas zelf kan gebruiken, zodat $58 - 43 = 15 \text{ m}^3/\text{m}^2$ aan andere kassen moet worden geleverd. In dit geval aan $15/35,4 \approx 42\%$ standaardkas zonder WKK.

Bij gebruik van een elektrische warmtepomp **met** WKK wordt de beschikbare hoeveelheid warmte verhoogd met de warmte afkomstig van de WKK, ofwel $1/3^e * 43,2 / 40\% * 50\% = 16 \text{ m}^3/\text{m}^2$. $(15+16)/35,4 \approx 90\%$ standaardkas zonder WKK.

Als de WKK groter is of meer uren draait om voor meer doeleinden elektriciteit te leveren, dan zijn ook meer afzetmogelijkheden nodig om de warmte aan te kunnen leveren.

Een warmteneutrale kas met warmtepomp zonder WKK heeft dus $1/1,42 \approx 70\%$ geconditioneerd en 30% standaard. Een warmteneutrale kas met warmtepomp en WKK heeft $1/1,9 \approx 50\%$ geconditioneerd en 50% standaard.

Vier cases

Om inzicht te krijgen in de invloed van conditionering op de energiekosten worden vier bedrijfsuitrustingen vergeleken.

1. Standaard kas met ketel

Een standaard paprikabedrijf met een ketel verbruikt jaarlijks $35,4 \text{ m}^3/\text{m}^2$ aardgas voor de verwarming, $7 \text{ kWh}/\text{m}^2$ aan elektriciteit en $9 \text{ kg}/\text{m}^2 \text{ CO}_2$. Het piekverbruik van de ketel is $110 \text{ m}^3/\text{ha.uur}$.

2. Standaard kas met WKK

Een standaard paprikabedrijf heeft een WKK van $500 \text{ kW}_e/\text{ha}$. Het elektrisch rendement van de WKK is 40% en het thermisch rendement is 50%. Het gasverbruik per uur van de WKK is $500 / 40\% * 3,6 / 31 = 145 \text{ m}^3/\text{ha.uur}$. De ketel zal op piekmomenten moeten bijspringen en verbruikt hiervoor $6 \text{ m}^3/\text{m}^2$.jaar. Voor de resterende benodigde warmtebehoefte in de standaardkas zal de WKK $(35,4 - 6) / 50\% = 58,8 \text{ m}^3/\text{m}^2$.jaar nodig hebben. Hiervoor moet de WKK jaarlijks $58,8 * 10000 / 145 = 4050$ uren draaien met een elektriciteitsproductie van $202 \text{ kWh}/\text{m}^2$. CO_2 kan worden gedoseerd via een rookgasreiniger. Als er geen warmtevraag is wordt $5 \text{ kg}/\text{m}^2 \text{ CO}_2$ ingekocht.

3. 50% geconditioneerd met een warmtepomp met WKK

De elektriciteit voor de warmtepomp wordt geproduceerd met een WKK. De overige elektriciteit voor ventilatoren en pompen wordt ingekocht. Stel dat de warmtepomp 5000 uren per jaar mag draaien dan heeft deze een thermisch vermogen nodig van $990 \text{ kW}_{th}/\text{ha}$ geconditioneerde kas (voor warmte) om aan de koudevraag te voldoen. De hiervoor benodigde WKK heeft dan een thermisch vermogen van $310 \text{ kW}_{th}/\text{ha}$ geconditioneerde kas en een elektrisch vermogen van $248 \text{ kW}_e/\text{ha}$ geconditioneerde kas. Het gasverbruik van de WKK is dan $72 \text{ m}^3/\text{ha.uur}$. De warmteproductie per jaar is $76 \text{ m}^3/\text{m}^2$, waarvan 43 wordt gebruikt in de geconditioneerde kas en $33 \text{ m}^3/\text{m}^2$ aan warmte wordt geleverd aan een standaard kas.

4. 70% geconditioneerd met een warmtepomp zonder WKK

Alle warmte wordt voorzien vanuit een warmtepomp. Ook deze draait 5000 uren per jaar en heeft een thermisch vermogen van $990 \text{ kW}_{th}/\text{ha}$ geconditioneerde kas ($115 \text{ m}^3/\text{ha.uur}$) aan warmte. Elektriciteit ($124 \text{ kWh}/\text{m}^2$.jaar voor de warmtepomp en $36 \text{ kWh}/\text{m}^2$.jaar voor overig gebruik) wordt ingekocht. De warmteproductie is $58 \text{ m}^3/\text{m}^2$.uur, waarvan 43 wordt gebruikt en $15 \text{ m}^3/\text{m}^2$ aan warmte wordt geleverd aan een standaard kas.

³ De COP_w is het aantal eenheden warmte dat per eenheid elektriciteit wordt opgewekt met een warmtepomp. Hoe kleiner het verschil is tussen de koelwatertemperatuur en de verwarmingstemperatuur, hoe groter de COP is. Een COP_w van 4 wordt bereikt als dit verschil $\pm 40^\circ\text{C}$ is (bijvoorbeeld 50°C verwarmingswater en 10°C koelwater).

Bijlage VII.

Verschenen publicaties

Naam artikelen	Publicatie medium	Datum
1. Ook in 2007 gesloten teelt bij paprika	Groeiflits/site Groeiservice	Wk 46 17 nov 2006
2. Paprika opnieuw in gesloten kas	Groenten & Fruit	Wk 49 8 dec 2006
3. Eerste jaar paprika telen in gesloten kas afgerond	Gewasnieuwsbrief Paprika	Wk 50 (nr. 5) 16 dec 2006
4. Start van de gesloten teelt in het Improvement Centre	Gewasnieuwsbrief Paprika	Wk 5 (nr. 1) 3 feb 2007
5. Paprika opnieuw getest onder gesloten kasdek	Groenten & Fruit	Wk 8 23 feb 2007
6. Verschil tussen open en gesloten teelt moet nog komen	Gewasnieuwsbrief Paprika	Wk 14 (nr. 2) 7 april 2007
7. Eind mei / begin juni: inloopavond voor gesloten teelt paprika	Groeiflits/site Groeiservice	Wk 15 11 april 2007
8. Problemen met enten in OptimaKas	Groenten & Fruit	Wk 16 20 april 2007
9. Gesloten teelt open op 18 juni	Gewasnieuwsbrief Paprika	Wk 21 (nr. 3) 26 mei 2007
10. Presentatie geconditioneerde teelt Paprika	Groeiflits/site Groeiservice	Wk 25 18 juni 2007
11. Paprika in gesloten kas op achterstand	Groenten & Fruit	Wk 25 22 juni 2007
12. Weinig verschil open en gesloten	Nieuwe Oogst, magazine Tuinbouw	Wk 25 23 juni 2007
13. Gesloten afdeling loopt in op open afdeling	Gewasnieuwsbrief Paprika	Wk 29 (nr. 4) 21 juli 2007
14. Productiepatroon gesloten afdeling loopt voor op open afdeling	Gewasnieuwsbrief Paprika	Wk 39 (nr. 5) 29 sept 2007
15. Productiecijfers van gesloten teelt paprika	Groeiflits/site Groeiservice	Wk 44 1 nov 2007
16. Voortzetting paprikaproef in gesloten kas levert waardevolle informatie op	Onder Glas	Wk 49 7 dec 2007
17. Opnieuw onderzoek naar geconditioneerd telen van paprika's	Gewasnieuwsbrief Paprika	Wk 50 (nr. 6) 15 dec 2007
18. Opbrengst en economie bij geconditioneerd telen	Groenten & Fruit	Wk 9 29 februari 2008

