

Temperatuurverlaging in de ochtend

Fokke Buwalda, Frank Kempkes, Annette Pronk, Anja Dieleman, Jan Janse & Gerrit Heij





Temperatuurverlaging in de ochtend

Fokke Buwalda¹, Frank Kempkes¹, Annette Pronk², Anja Dieleman¹, Jan Janse¹ & Gerrit Heij¹

¹ Wageningen UR Glastuinbouw

² Plant Research International

© 2007 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

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Bornsesteeg 65, 6708 PD Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 01
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
Samenvatting	3
1 Inleiding	7
2 Materiaal en methoden	9
2.1 Literatuurstudie	9
2.2 Interviews	9
2.3 Modelberekeningen	9
2.4 Referentie	9
2.5 Kas en randvoorwaarden	9
2.6 Tomaat	10
2.7 Freesia	11
2.8 Sla	12
3 Simulatieberekeningen	15
3.1 CASE A, schermstrategie	15
3.2 CASE B, voorstook	17
3.3 CASE C, contractcapaciteit	19
4 Resultaten	21
4.1 Literatuuronderzoek	21
4.1.1 Beheersing van productiefactoren	21
4.1.2 Ervaringskennis	21
4.1.3 Effecten van temperatuur op groei en ontwikkeling	21
4.1.4 Productie	22
4.1.5 Ontwikkeling	22
4.1.6 Groei en ontwikkeling staan niet los van elkaar	23
4.1.7 Temperatuurverdeling binnen het etmaal	24
4.1.8 Temperatuurintegratie	25
4.1.9 Natslaan en Botrytis	25
4.1.10 Tomaat	26
4.1.11 Sla	28
4.1.12 Freesia	28
4.2 Resultaten Simulatieberekeningen	29
4.2.1 Tomaat	31
4.2.2 Freesia	34
4.2.3 Sla	37

	pagina
5 Conclusies en aanbevelingen	39
5.1 Literatuuronderzoek	39
5.2 Interviews en simulatiestudie	39
5.3 Algemene conclusies en aanbevelingen	40
6 Literatuur	43
Bijlage I Gedetailleerde beschrijving van de simulatieresultaten	55 pp.
Bijlage II Resultaten interviews	20 pp.

Voorwoord

In het kader van het convenant Glastuinbouw en Milieu (GLAMI) hebben de overheid (Ministeries van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Economische Zaken) en de glastuinbouwsector (LTO Nederland) afspraken gemaakt over energie en CO₂-uitstoot. Als energiedoelen voor 2010 is afgesproken dat het energiegebruik per eenheid product met 65% gereduceerd moet zijn ten opzichte van 1980 en dat het aandeel duurzame energie tot 4% toegenomen moet zijn. De overheid heeft hier aan toegevoegd dat de glastuinbouw haar bijdrage moet leveren aan het terugdringen van de CO₂-uitstoot. De ambitie voor de energietransitie is dat in 2020 de nieuw te bouwen kassen energieneutraal zullen zijn. Tegen deze achtergrond wordt door het Ministerie van LNV en het Productschap Tuinbouw onderzoek gesubsidieerd om de sector te steunen bij het ontwikkelen van meer energiezuinige productie-methoden.

Dit rapport presenteert de resultaten van een onderzoek naar de strategie bij het openen van het energiescherm. Energieschermen verhogen in de eerste plaats de isolatiewaarde van een tuinbouwkas, waardoor het relatief weinig energie kost om een temperatuurverschil tussen de kaslucht en de buitenlucht te handhaven. Daarnaast belemmert een gesloten scherm de lichtinval en het transport van waterdamp. De plotselinge vermindering van de isolatiewaarde bij het openen van het energiescherm kan leiden tot een snelle temperatuurverlaging. Van een systematische toepassing van snelle temperatuurdalingen is bekend dat de gewasgroei kan worden beïnvloed.

De stijging van de energieprijzen en invoering van het CDS-systeem in verband met de liberalisering van de gasmarkt hebben de laatste jaren extra impulsen gegeven aan de ontwikkeling van nieuwe methoden en inzichten op het gebied van kasklimaatregelen. Dit gegeven vormt de aanleiding om de moderne regelstrategieën weer eens opnieuw door te rekenen, nadat dit in het jaar 2000 het project 'Energie in kentallen' uitgebreid was gebeurd.

De huidige studie laat zien dat de sector heeft ingespeeld op de recente veranderingen in die zin dat de moderne regelstrategieën beter bij omstandigheden van vandaag passen dan de strategieën die 6 jaar geleden gangbaar waren. Door de verhoogde lichtgrens voor het openen van het scherm is de kans op kouval verminderd ten opzichte van enkele jaren geleden. De resultaten van simulatieberekeningen geven aan dat nog extra energie bespaard zou kunnen worden door de temperatuurgrens voor het openen van het energiescherm verder te verhogen, zonder dat dit noemenswaardig licht kost of tot extra vochtproblemen zal leiden.

Fokke Buwalda

Samenvatting

Aanleiding

Het schermgebruik neemt nog steeds toe. Niet alleen om het absolute energiegebruik te verminderen, maar ook om piekafnames in het gasgebruik te voorkomen. De strategie bij het openen van het energiescherm heeft hierop grote invloed. Energieschermen verhogen in de eerste plaats de isolatiewaarde van een tuinbouwkas, waardoor het relatief weinig energie kost om een temperatuurverschil tussen de kaslucht en de buitenlucht te handhaven. Daarnaast belemmert een gesloten scherm de lichtinval en het transport van waterdamp. De plotselinge vermindering van de isolatiewaarde bij het openen van het energiescherm kan leiden tot een snelle temperatuurverlaging. De vraag is of dit nadelige gevolgen heeft voor het gewas. De temperatuurverlaging kan deels worden opgevangen door voordat het scherm wordt geopend te gaan verwarmen. Hier is de vraag of dat nodig is en hoeveel energie dat kost.

Opzet

In dit onderzoek is op drie manieren naar de regelstrategie rond het moment van schermopening en de effecten daarvan op gewas en energieverbruik.

- Ten eerste is door middel van interviews voor 3 gewassen (tomaat, Freesia en sla) geïnventariseerd hoe 'vooraanstaande' tuinders van deze 3 gewassen hiermee omgaan.
- Daarnaast is in de literatuur gezocht naar informatie naar de gevolgen van tijdelijke temperatuurdaling op het gewas. Zo is bijvoorbeeld van een systematische toepassing van snelle temperatuurdalingen bekend dat de gewasgroei kan worden beïnvloed.
- Ten slotte is met behulp van een kasklimaatmodel bepaald hoe groot het probleem is, of er nog rek in de regeling is om verdere energiebesparing te bereiken en wat er eventueel aan gedaan kan worden met de klimaatregeling.

Uitkomsten: interviews

In de interviews is op een drietal hoofdpunten doorgevraagd naar de ervaringen, de gevaren en de grenzen van grote en tijdsduur van een eventuele temperatuurverlaging, de toegepaste schermstrategie en de vochthuishouding rondom het schermen.

Temperatuur - vrijwel alle telers (onafhankelijk van het gewas) waren er over eens dat een tijdelijke (1 á 2 uur) temperatuurverlaging van enkele graden (tot circa 2 graden) niet tot problemen hoeft te leiden. Bij één van de tomaten-telers behoorde een temperatuurdip in de ochtend juist bij de teeltstrategie. Bij het doorvragen naar de absolute grenzen, konden de geïnterviewden geen harde getallen noemen. Veelal kwam het neer op een gevoel. Wel was men zich ervan bewust dat de etmaaltemperatuur niet onder de (tijdelijke) temperatuurverlaging mocht leiden. Dit om geen teeltvertraging op te lopen.

Intensivering schermgebruik - in vergelijking met enkele jaren geleden wordt er tegenwoordig in de ochtend beduidend langer doorgeschermd. Waar enkele jaren geleden het credo nog was licht is open, mag het scherm nu veel langer dicht liggen. Op sommige dagen komt het zelfs niet eens open. Deze strategie zorgt er ook voor dat de piekafname kleiner wordt. Alle geïnterviewden hadden de laatste jaren hun contractcapaciteit fors weten te verlagen. Dit was soms het gevolg van de introductie van een scherm (sla) maar ook van het intensiveren schermen (tomaat). De stijging van de energieprijzen en invoering van het CDS-systeem in verband met de liberalisering van de gasmarkt hebben de laatste jaren dan ook zeker extra impulsen gegeven aan de ontwikkeling van nieuwe methoden en inzichten op het gebied van kasklimaatregelen.

Vochtbeheersing - de grootste verschillen kwamen naar voren in de omgang met vocht. Zo zijn er grote verschillen in de beleving van vochtgrenzen. Hier heeft het type gewas zeker invloed op. Bij de Freesia en in mindere mate bij de sla wordt weinig tot niets aan vochtregeling gedaan. De gekozen schermstrategie heeft hier ook zeker invloed op. Immers bij deze gewassen wordt pas bij lage buitentemperaturen geschermd, een weertype wat vaak ook al samenhangt met drogere weersomstandigheden. Daarnaast zijn de mogelijkheden voor vochtbeheersing in de klimaatregeling ook al zo ruim dat de kans op vochtproblemen klein is.

Uitkomsten: literatuur

Uit de literatuurstudie blijkt dat er maar weinig bekend is over de effecten van korte termijn (enkele uren) temperatuurverlaging. Over langere termijn (enkele dagen) temperatuurverlaging is veel meer bekend. Daarnaast heeft de meeste informatie betrekking op tomaat. Van Freesia en sla is maar weinig bekend. Wat er aan informatie bekend is, is meestal wel consistent.

Temperatuur heeft in het algemeen gesproken een groter effect op jonge tomatenplanten dan op vruchtdragende planten en het effect is groter op de groei dan op de ontwikkeling van de plant. Een lagere temperatuur vermindert de bladontwikkeling. Hierdoor kan het langer duren tot het gewas voldoende blad heeft gevormd om vrijwel al het licht op te kunnen vangen, en minder lichtonderschepping betekent meestal ook minder productie. Een vertraagde ontwikkeling bij lage temperatuur komt meestal vooral tot uitdrukking in een verminderd aantal bladeren. De dagtemperatuur heeft een grotere invloed op de groei en ontwikkeling dan de nachttemperatuur. Het gewas kan binnen een bepaalde periode temperatuurachterstanden inhalen door een temperatuurverhoging. Deze effecten zijn allemaal bekend onder de naam temperatuurintegratie waarbij een lange termijn (meerdere dagen) etmaaltemperatuur van belang is.

Naast een compenserend vermogen over de dagen heen bestaat er ook een compenserend vermogen binnen een etmaal. Voor tomaat is in de literatuur informatie gevonden over de effecten van DROP: een actief nagestreefde en systematisch toegepaste temperatuurverlaging van enkele uren die in de teelt van pot- en perkplanten wordt toegepast om het gewas compact te houden. Jonge tomatenplanten blijken het gevoeligst voor een DROP in de eerste uren na zonsopgang. Het effect van een DROP van 2 uur 3°C kon met behulp van een tijdelijke verhoging van de temperatuur (op de zelfde dag) opgeheven worden als de etmaaltemperatuur maar gelijk blijft. Pas bij een (dagelijkse) DROP van 9°C trad groeiachterstand op: de planten waren beduidend korter met kortere internodia en ook de biomassatoename bleef achter. Geen effect op de biomassa van de wortels kon worden vastgesteld en ook werd geen effect op de bladafplitsing gevonden. Dit zijn echter niveaus die als gevolg van schermacties niet voor zullen komen. Om dat te bereiken zal er actief gelucht moeten worden.

Bij sla is geen onderzoek bekend waar specifiek naar het effect van DROP op de biomassaproductie en de gewasontwikkeling is gekeken. Wel is er net als bij tomaat een groter effect van temperatuur op de gewasgroei van jonge sla dan op de groei van sla met een gesloten bladerdek. Sla kan zich als koudetolerant gewas goed aanpassen aan lage temperaturen. Uit verschillende proeven blijkt dat een lage nachttemperatuur gunstig is voor de biomassaproductie, mogelijk omdat hiermee de respiratie (onderhoudsademhaling) verlaagd. Aan de andere kant is de vorming van een gesloten bladerdek afhankelijk van de temperatuursom. Dit betekent dat een verlaging van de teelttemperatuur als methode om stookkosten te verminderen waarschijnlijk productie zal kosten en dus wellicht ongeschikt is voor een jong gewas. Een temperatuurverlaging van 5°C in de nacht bleek geen effect te hebben zolang de gemiddelde nachttemperatuur onveranderd bleef. De optimale temperatuur voor de biomassaproductie is bij geringe lichtintensiteit laag. Uit onderzoek naar schermgebruik bij sla in combinatie met temperatuurintegratie bleek dat deze behandelingen over het algemeen geen negatieve effecten hebben op productie en kwaliteit van sla. In sommige proeven werd melding gemaakt van een iets zwaardere of meer 'welige' krop. Bij extreme combinaties van schermgebruik en temperatuurintegratie werd in enkele gevallen een toename van de afwijking 'glazigheid' gevonden, in andere, vergelijkbare gevallen echter niet.

Over het specifieke effect van DROP of kouval op de biomassaproductie en de gewasontwikkeling van Freesia is niets gevonden in de literatuur. Wel is bekend dat temperatuur een grote invloed heeft op de ontwikkeling van het gewas. Uit recent onderzoek naar temperatuurintegratie en temperatuurintegratie met schermgebruik, blijkt dat temperatuurintegratie goed kan worden toegepast in de Freesia-teelt. De bandbreedte van de temperatuurintegratie was 8°C en 11°C, waarbij de kasttemperatuur respectievelijk varieerde tussen 4 en 12 °C en 3 tot 14°C. De integra-

tie werd zowel per dag als op weekbasis uitgevoerd. Hoe vaak er een kouval is gerealiseerd is en wat eventueel het verloop daarvan was is niet gerapporteerd. De productie van het gewas bij een bandbreedte van 8°C was goed, zelfs iets hoger dan de behandelingen zonder temperatuurintegratie. Bij een bandbreedte van 11°C was de kwaliteit wel iets minder door het optreden van pokken cq Botrytis en een 'zacht' gewas. Ook was bij een bandbreedte van 11°C bij twee van de drie cultivars de productie lager dan bij een bandbreedte van 8°C. Uit de studie komt niet naar voren of dit kwam door de ondergrens van 3°C of de wellicht de bovengrens van 14°C.

Voor alle drie de gewassen geldt dat er geen aanwijzingen zijn dat een temperatuur DROP van enkele graden met een beperkte tijdsduur nadelig zouden zijn voor het gewas mits de etmaaltemperatuur gelijk blijft. De DROP-proeven die zijn uitgevoerd laten pas bij veel grotere temperatuurverschillen als de door de geïnterviewden aangegeven grenzen problemen zien. Daar komt bij dat de meer onregelmatig voorkomende kouval bij het openen van het energiescherm waarschijnlijk minder effect op het gewas zal hebben dan een systematisch toegepaste DROP. Een punt van aandacht dat die men in de praktijk wel ziet is de kans op natslag. Wanneer in de vroege uren van de dag de temperatuur eerst nog daalt als gevolg van kouval, dan zal de temperatuurstijging die nodig is om op dagniveau te komen groter zijn. Met een langer temperatuurstijgingstraject neemt het belang van een goede vochtbeheersing dan ook toe.

Uitkomsten: simulaties

Bij de simulatieberekeningen per gewas een referentiestrategie vastgesteld aan de hand van de resultaten van de interviews. Ten opzichte van de referentie is het effect bestudeerd van meer en minder schermen door het stralingsniveau waarbij het scherm geopend wordt aan te passen en door de buitentemperatuur waarboven het scherm niet meer gebruikt wordt te variëren. Bij een tweede groep berekeningen is gekeken naar gevolgen van het wel of niet voorstoken (moet de kas extra worden opgewarmd om te anticiperen op de toenemende warmtevraag als het scherm open gaat). Het derde blok berekeningen is gevormd door aanpassing van de contractcapaciteit tot 85 en 70% van de referentiecapaciteit. Alle varianten zijn doorgerekend met en zonder open bufferregeling.

Uit de simulatieberekeningen m.b.t. meer of minder schermgebruik blijkt dat de gemiddelde kouval bij enkele varianten tot 20% dieper was dan in de referentie. Dit zijn typisch de varianten waarbij het scherm eerder geopend wordt (bij een lagere licht- of temperatuurgrens). Openen bij een lagere lichtgrens kost 1.5 – 2% extra energie, openen bij een 3°C lagere buitentemperatuur zelfs 5% meer. Ondanks dat is het aantal uren per jaar dat het temperatuursetpoint niet wordt gehaald duidelijk hoger. Hier is een effect van de open bufferregeling te zien: met open buffer scheelt het 5%, zonder zelfs 20%. Het verminderde aantal schermuren bleek relatief weinig invloed te hebben op de totale lichtsom op het gewas en op het aantal uren dat het RV-setpoint werd overschreden. Het tegenovergestelde effect was te zien bij varianten met meer schermuren: ca. 4% energiebesparing, en (in combinatie met een open bufferregeling) een vermindering van het aantal uren dat het temperatuursetpoint niet wordt gehaald. Tegelijk is er stijging van de gemiddelde RV in de kas. Bij een goede vochtregeling blijft deze toename voor het overgrote deel in het gebied waarin de gewastemperatuur ver genoeg boven het dauwpunt blijft. Er is een geringe toename van het aantal uren dat het RV-setpoint wordt overschreden (1.7 resp. 0.4% toename). Het effect op de totale lichtsom op het gewas blijft ruim beneden de 1%. Opmerkelijk genoeg is er geen afname van de gemiddelde diepte van de kouval gevonden. Dit effect is te verklaren als gevolg van het feit dat er minder gevallen van kouval optreden; vooral de meer extreme gevallen blijven over. Gemiddeld blijft deze kouval ruim beneden de drempel waarop zelfs bij een jong gewas meetbare effecten zijn te verwachten.

Conclusies

Sinds de invoering van het CDS-systeem is de omvang van de kouval als gevolg van het openen van het energiescherm afgenomen door meer schermgebruik. De open bufferregeling maakt het mogelijk om met een beperkte aansluitwaarde (tijdelijk) toch aan een hoge warmtevraag te voldoen. De kouval is eerder enigszins verminderd doordat de schermen pas bij een hogere lichtgrens worden geopend in vergelijking met enkele jaren geleden. De resultaten van simulatieberekeningen geven aan dat het effect van het later openen van het scherm op de dagelijkse

lichtsom in de kas is zeer beperkt is. Scenarioberekeningen laten zien dat nog enkele procenten extra energie bespaard zou kunnen worden door de temperatuurgrens voor het openen van het energiescherm verder te verhogen, zonder dat dit noemenswaardig licht kost of tot extra vochtproblemen zal leiden.

Het is niet waarschijnlijk dat kouval directe effecten heeft op groei of ontwikkeling van het gewas. Pas wanneer als gevolg van de kouval de etmaaltemperatuur gaat dalen zijn er gewaskundige reacties te verwachten. Dat is pas het geval indien de contractcapaciteit drastisch wordt verlaagd.

De grenzen voor het toelaten van kouval worden meer bepaald door de vochtregeling. Meer schermen leidt tot een gemiddeld hogere RV, maar met de juiste instellingen van de vochtregeling blijft het daarbij mogelijk om voldoende marge tussen gewastemperatuur en het dauwpunt te handhaven. Het belang van een egale temperatuurverdeling in de kas neemt daardoor wel toe.

1 Inleiding

De periode rond zonsopkomst is gemiddeld het koudste moment van het etmaal. Uit de rapporten: 'Temperatuur-onderzoek bij tomaat' (Dieleman et al., 2005) en 'Schermen in de tomatenteelt: mogelijkheden en beperkingen' (Dieleman en Kempkes, 2005) bleek dat door toepassing van de juiste schermstrategie rond zonsopkomst veel energie bespaard kan worden. Wanneer een energiescherm wordt geopend neemt de isolatiewaarde van de kas af waardoor de kasluchttemperatuur over het algemeen zal dalen. Tuinders zijn daar vaak huiverig voor vanwege de mogelijk ongewenste effecten op het gewas. Het optreden van kouval na het openlopen van het scherm is te verminderen door voorafgaand aan het openen van het scherm eerst te beginnen met stoken. Proefondervindelijk kan het startmoment van dit voorstoken zo worden gekozen dat de toename in warmteafgifte precies samenvalt met de toename in warmtevraag, zodat het meest rustige temperatuurverloop ontstaat. De energie die nodig is voor dit voorstoken kan mede bepalend zijn bij het vaststellen van de contractcapaciteit voor gasafname. De stookstrategie bij het openen van het energiescherm zal daardoor zowel een directe als een indirecte invloed hebben op de energiekosten. Voor het optimaliseren van de regelstrategie op dit moment van de dag zijn de volgende vragen van belang:

- Hoe groot is de kouval na het openen van het energiescherm en welke instellingen zijn hierop van invloed?
- Wat is het effect van het voorstoken op de kouval?
- Wordt de effectiviteit van het voorstoken beperkt door de contractcapaciteit voor gasafname?
- Wat zijn de effecten van kouval op het gewas?
- Is er een schadedrempel aan te wijzen?

In deze studie wordt het vraagstuk vanuit drie invalshoeken benaderd:

1. op basis van een literatuurstudie wordt gekeken naar mogelijke effecten van het toelaten van kouval rond het moment van schermopenen op het gewas;
2. op basis van interviews wordt een beeld verkregen van de gangbare regelstrategie in de praktijk;
3. aan de hand van berekeningen met een kasklimaatmodel wordt bepaald op welke wijze het scherm efficiënt ingezet kan worden en hoeveel energiebesparing hiermee mogelijk is.

De studie is toegespitst op de gewassen tomaat, sla en Freesia, die model staan voor respectievelijk de warm geteelde groentegewassen, koud geteelde groentegewassen en de koud geteelde bloemengewassen. Energieschermen worden in elk van deze teelten toegepast, echter niet op alle bedrijven. In deze studie wordt er van uit gegaan dat in deze teelten geen belichting wordt gebruikt

2 Materiaal en methoden

2.1 Literatuurstudie

Doel van deze studie was het inventariseren van de kennis over (onder)grenzen van de temperatuur in de ochtend voor de gewassen tomaat, Freesia en sla. Hierbij is gekeken naar de temperatuurgrenzen en naar de tijdsduur dat die temperatuur aangehouden kan worden zonder de gewasgroei te beïnvloeden. Verder wordt nagegaan in hoeverre het ontwikkelingsstadium van een gewas hierbij een rol speelt. Ook wordt gekeken naar de kans op natslaan, die bij een afwijkend temperatuurverloop mogelijk zou kunnen toenemen. De informatie is zowel verkregen uit onderzoeksrapporten en vakbladartikelen als uit wetenschappelijke literatuur.

2.2 Interviews

In het voorjaar van 2006 zijn per gewas 2 bedrijven bezocht. Tijdens deze interviews is de nadruk gelegd hoe er vandaag de dag met het scherm rondom het moment van openen wordt omgegaan en hoe er tegen koudeval wordt aangekeken. De resultaten van deze interviews zijn gebruikt om de referentiecasses te actualiseren. Als basis zijn de referentiecasses van het project 'energiekentallen' gebruikt. De resultaten van de interviews zijn in Bijlage2 opgenomen.

2.3 Modelberekeningen

Voor het berekenen van de effecten van verschillende scherminstellingen, stookstrategieën en contractcapaciteiten op energieverbruik, temperatuurverloop, luchtvochtigheid en lichtinval in de kas is het simulatiemodel KASPRO gebruikt.

2.4 Referentie

Voor de drie gewassen zijn de instellingen van één van de geïnterviewde bedrijven als uitgangspunt genomen om tot de typische parameter file voor de simulatieberekeningen voor het betreffende gewas te komen. Als basis zijn voor deze parameterfiles de gegevens uit het project 'energiekentallen' gebruikt. Omdat deze gegevens al enkele jaren geleden zijn verzameld, waren aanpassingen nodig om tot een voor dit moment reële uitgangssituatie te komen. Zo was bijvoorbeeld in het project 'energiekentallen' in de sla-teelt geen scherm aanwezig, terwijl dat nu wel wordt gebruikt. Aan de hand van de verzamelde gegevens is voor ieder gewas bekeken of de daadwerkelijk gerealiseerde gasgebruiken ook met de modelberekeningen overeenkomen.

2.5 Kas en randvoorwaarden

Bij de standaardteelt is uitgegaan van een kas van 4. ha met een goothoogte van 5 meter. De traliemaat is 8 meter (2 kappen van 4 meter) en de pootafstand is 4.5 meter. Voor alle drie de teelten is dit de basis. Het verwarmings-systeem is per teelt aan de specifieke eisen aangepast. Voor de productie van warmte wordt bij tomaat en Freesia alleen gebruik gemaakt van een ketel, terwijl in de sla-teelt heteluchtkachels worden gebruikt. Aangenomen is dat er ten behoeve van CO₂-productie geen warmte wordt vernietigd.

Voor de straling, buitentemperatuur en overige van belang zijnde buitenklimaatfactoren, wordt in de modelberekeningen gebruik gemaakt van het SELJaar, dat representatieve klimaatgegevens voor Nederland bevat.

2.6 Tomaat

Het verwarmingssysteem is een standaard systeem voor de intensieve glasgroenteteelt en bestaat uit vijf 51 mm buizen per kap in het ondernet en half zo veel 28 mm buizen in het secundaire verwarmingsnet. De bovenbuizen fungeren als condensornet, maar ook als secundair verwarmingsnet wanneer een groot verwarmingsvermogen noodzakelijk is. De buistemperaturen zijn begrensd op 70 °C voor zowel het onder- als het bovennet. Het secundaire net wordt pas ingeschakeld voor verwarming als het ondernet een buistemperatuur van 60 °C heeft bereikt. De kas is uitgerust met een rookgas-verdeelsysteem voor de CO₂-dosering waarmee maximaal 180 kg CO₂ per ha per uur kan worden toegediend. De ketel heeft een verwarmingscapaciteit van 110 W/m² (125 m³/ha/uur) en er is een warmteopslag buffer met een waterinhoud van 120 m³/ha. Indien de buffer vol is, wordt de CO₂-dosering gestopt. De kas is voorzien van tweeruits halve luchtramen. Het gewas wordt geplant op 8 december en geruimd op 25 november.

Kasklimaat

In onderstaande Tabel 1 worden de temperatuursetpoints weergegeven. Er wordt met 2 of 3 dagdelen gewerkt. Er wordt met een opstookhelling van 1°C per uur gewerkt.

Tabel 1 Overzicht temperatuursetpoints tomaat.

Datum		Setpointtemperatuur [°C]	
8/12	20	–	18
15/01	17	20	16
01/11	17	–	–
25/11	5	–	–

Datum		Temperatuur bereikt op	
8/12	bij zonsopkomst	–	1 uur na zon onder
15/01	1 uur na zon op	5 uur na zonop	1 uur na zon onder
01/11	dag en nacht	–	–
25/11	dag en nacht	–	–

Van de teeltstart (8 december) staat de ventilatielijn 2 °C boven de stooklijn. Er wordt daardoor weinig warmte afgelucht, zodat op heldere dagen hogere etmaaltemperaturen kunnen worden behaald. Op 15 januari wordt dit terug gebracht tot 1.5 °C en vanaf 15 maart is dit nog 1 °C, wat tot het eind van de teelt zo blijft gehandhaafd. Deze temperaturen zijn dag en nacht gelijk. Op licht kan er tussen de 100 en 300 W/m² globale straling 1 (van teeltstart tot 1 februari) of 2 °C (de rest van het jaar) lichtverhoging op de setpointtemperatuur verwarmen worden gezet.

Er wordt beperkt gebruik gemaakt van een minimum buistemperatuur. In de periode vanaf de start van de teelt tot 1 juni is de minimum buistemperatuur van 1.5 uur voor zonsopgang tot 2 uur na zonsopgang ingesteld op 45 °C en vervolgens de rest van de dag op 38 °C. Na 1 juni wordt respectievelijk 42 °C en 35 °C ingesteld. Tussen de 120 en 150 W/m² globale straling wordt de buistemperatuur opgebouwd.

De vochtregeling geschiedt met de luchtramen; er wordt er pas bijgestookt indien de ruimtetemperatuur door deze ventilatie onder de setpointtemperatuur verwarmen komt.

Er wordt ingegrepen op de luchtvochtigheid wanneer de kaslucht een vochtdeficiet van minder dan 2 g/m³. De regelactie is lineair: 10% raamopening per gram.

Het setpoint voor de CO₂-concentratie in de kas is jaarrond 1000 ppm. De CO₂ wordt gedoseerd met een maximale hoeveelheid van 180 kg/ha/u tussen zonsopkomst en zonsondergang. De resterende ruimte in de buffer wordt over de rest van de CO₂-doseerperiode verdeeld. Er wordt in principe van zonsopkomst tot zonsondergang CO₂ gedo-

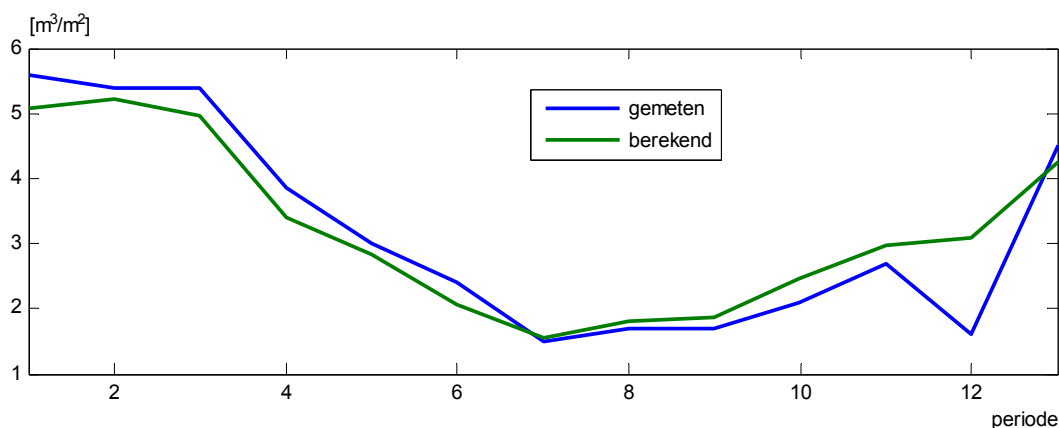
seerd. In de zomerdag wordt er 2 uur later begonnen en 2 uur eerder gestopt om de buffercapaciteit beter te benutten.

Er wordt een transparant beweegbaar scherm type SLS 10 ultra plus gebruikt tussen 15 oktober en 1 mei. Vanaf het eind van de oude teelt (10 november) tot 1 januari, wordt het scherm pas geopend bij een stralingsniveau van boven de 100 W/m^2 . Daarna bij een niveau van 50 W/m^2 . Komt de straling weer onder deze niveaus, dan wordt het scherm weer gesloten. Als tweede voorwaarde is er de buitentemperatuur. Vanaf 10 november gaat het scherm pas dicht bij een buitentemperatuur lager dan 8°C . Vanaf 15 januari bij een buitentemperatuur van 6°C , vanaf 15 februari 4°C , 5 maart 3°C en na 1 mei wordt het scherm tot 15 oktober uitgeschakeld. Vanaf 15 oktober mag het scherm pas weer dicht bij een buitentemperatuur van lager dan 5°C .

Wanneer het vochtdeficiet onder het setpoint komt wordt het scherm op een vochtier van maximaal 3% getrokken. In de gevel is een beweegbaar gevelscherm geplaatst, dat gelijktijdig met het horizontale scherm geopend en gesloten wordt.

Er wordt in de standaardteelt geen temperatuurintegratie toegepast. Verder wordt er ook geen gebruik gemaakt van minimum raamstanden.

Dit alles resulteert in het volgende energieverbruik, zoals in Figuur 1 voor het referentie bedrijf is weergegeven. De teeltwisseling wordt niet goed benaderd; waarschijnlijk wordt de kas al eerder 'koud' gezet.



Figuur 1 Gemeten en berekend gasgebruik op het referentie tomatenbedrijf in teeltseizoen 2005.

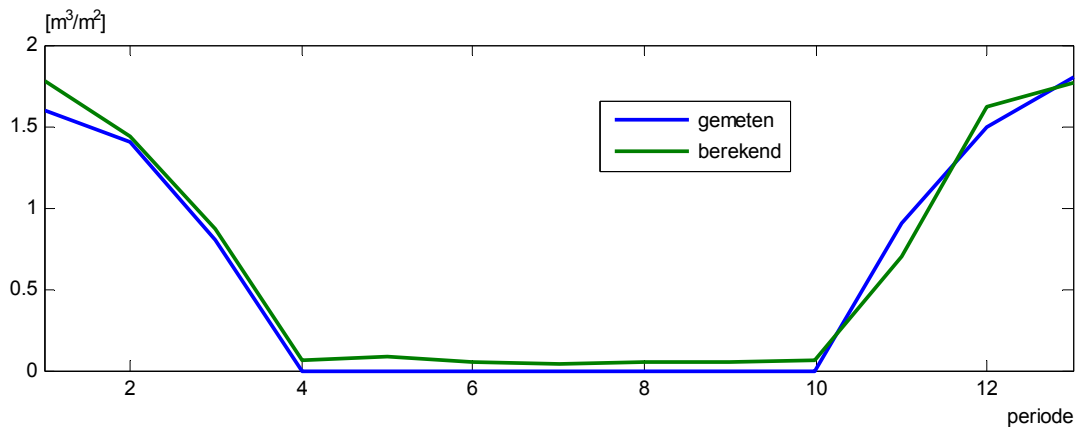
2.7 Freesia

Het gewas Freesia wordt koud geteeld. Daarom zijn er in deze kas drie-ruits halve luchtramen geplaatst. Hoewel er tegenwoordig op veel Freesia-bedrijven belichting voorkomt, is er in de simulaties niet met assimilatiebelichting gerekend. Aan de koeling van de bodem in de zomer wordt geen aandacht besteedt, ook omdat dat geheel buiten het stookseizoen en daarmee buiten de strekking van dit project valt. Er wordt uitgegaan van een modern bedrijf met een ketel met een verwarmingscapaciteit van 100 W/m^2 en warmtebuffer van $60 \text{ m}^3/\text{ha}$. In de periode 1 april – 15 oktober is de ketel geheel uitgeschakeld. Er zijn 2 verwarmingsnetten, een bovennet van $1.5 \times 57 \text{ mm}$ buizen per kap een ondernet $5 \times 38 \text{ mm}$ buizen dat als primair verwarmingsnet fungeert. Het bovennet wordt alleen ingeschakeld wanneer een groot verwarmingsvermogen noodzakelijk is en de buistemperatuur van het ondernet boven de 41°C komt. De buistemperaturen zijn begrensd op 42 en 80°C voor respectievelijk het onder- en bovennet. Het setpoint verwarmen is dag en nacht gelijk. Bij de start van het stookseizoen (10 oktober) is het setpoint 8°C . Vanaf 1 november is dit 9°C , per 5 december 10°C en vanaf 10 februari tot het einde van het stookseizoen weer 8°C .

Jaarrond staat de ventilatielijn 1°C boven de stooklijn. Er wordt ook een lichtverhoging van 2°C ingesteld bij een globale straling in het traject van 200 tot 600 W/m^2 . Tijdens het stookseizoen is de vochtgrens op de raamstand-regeling 89%. Op het vocht wordt ook een minimumbuistemperatuur ingesteld. In een RV-traject van 89 tot 93% loopt de minimum buistemperatuur van het ondernet op van 30°C tot 42°C .

Er wordt CO₂ gedoseerd tot een niveau van 600 ppm met een doseersnelheid van maximaal 90 kg CO₂ per ha per uur. Er zijn 2 schermen, 1 dicht transparant XLS 10 en een semi-transparant XLS 15F scherm voor zonwering in de zomer. Het transparante scherm wordt gesloten bij een buitentemperatuur van kleiner dan 0 °C, het schaduw scherm gaat dicht bij een buitentemperatuur van onder de -2 °C. Op vocht kan het scherm gaan kieren tot maximaal 4%. Er wordt temperatuurintegratie met een bandbreedte van 2 °C toegepast, die binnen 24 gecompenseerd wordt.

Dit alles resulteert in het volgende energiegebruik van het referentiebedrijf zoals te zien in Figuur 2. Het doorlopende verbruik in de simulatie in de zomerperiode is ketelverlies. Dit is niet helemaal realistisch; een teler zou de ketel koud zetten maar dat is in het model niet mogelijk. Deze periode blijft in dit rapport echter buiten beschouwing.



Figuur 2 Gemeten en berekende gasgebruik op het referentie Freesiabedrijf in het teeltseizoen 2005.

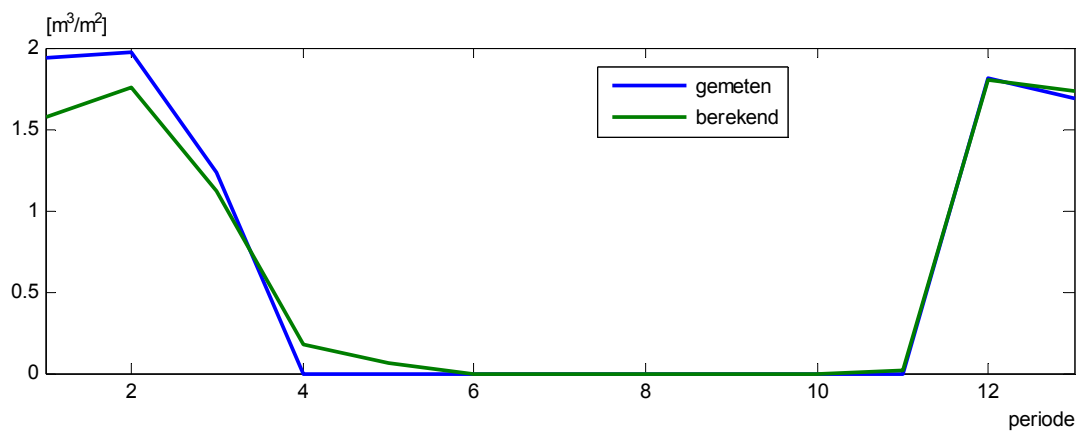
2.8 Sla

Omdat de slateelt een koude teelt is, zijn er drie-ruits halve luchtramen geplaatst. Het slabedrijf wordt verwarmd door middel van heteluchtkachels. Gezamenlijk hebben deze een maximaal vermogen van 65 W/m². Er zijn dan ook geen verwarmingsbuizen aanwezig en ook is er geen warmtebuffer. Het stookseizoen begint pas op 1 november om de bodemtemperatuur ver genoeg naar de gewenste 10 °C te laten dalen en eindigt eind april. Vanaf 1 november is het setpoint verwarmen dag en nacht op 10 °C ingesteld om de plant goed te laten wortelen. Na 1 december wordt het verwarmingssetpoint voor de dag- en nachtperiode op respectievelijk 10 en 8 °C ingesteld. Hiermee, en met de bijdrage van de zon, moet een gewenste etmaaltemperatuur van ca. 9.5 °C worden bereikt. Na 10 maart is het eenvoudiger om deze etmaaltemperatuur te halen en wordt het setpoint verwarmen verlaagd naar 9 °C voor de dag en 6.5 °C voor de nacht. Indien er twee temperatuurniveaus zijn ingesteld, wordt de dagtemperatuur van 7 uur in de morgen tot 2 uur in de middag aangehouden. Om te voorkomen dat warmte snel wordt weg gelucht, is er jaarrond een dode zone (verschil tussen het setpoint ventilatie en het setpoint verwarmen) van 3 °C ingesteld. Er wordt ook gebruik gemaakt van een lichtverhoging van 2 °C, welke in het stralingstraject van 200 tot 300 W/m² (buiten de kas gemeten) van kracht is. De vochtregeling gebeurt via minimum raamstanden. Deze is bij buitentemperaturen > 1 °C 5%. Bij buitentemperaturen onder de 1 °C blijft het raam gesloten. Er wordt geen gebruik gemaakt van temperatuurintegratie. Er is een transparant scherm aanwezig, dat volgens een combinatietabel van buitentemperatuur en globale straling gesloten wordt. De tussenliggende waarden in de tabel worden lineair geïnterpoleerd.

Buitentemperatuur [°C]	Globale straling [W/m ²]
< -3	200
0	20
> 4	5

Na 15 maart wordt het scherm niet meer gebruikt.

Dit alles resulteert in een energiegebruik voor het referentiebedrijf zoals in Figuur 3 is afgebeeld. Het algemene verbruiksniveau en de trends daarin worden goed gesimuleerd. De oorzaak van de relatief grote afwijking in periode 1 blijft onduidelijk zonder vergaande analyse van de bedrijfssituatie en teeltomstandigheden. De momenteel beschikbare informatie is hiervoor te summier.



Figuur 3 Gemeten en berekende gasgebruik op het referentie slabedrijf in teeltseizoen 2005.

3 Simulatieberekeningen

Voor een drietal gewassen (tomaat, Freesia en sla) zijn een aantal cases doorgerekend met het KASPRO model om de effecten van klimaatregelstrategieën op het verloop van het kasklimaat te laten zien. Deze cases kunnen in een drietal groepen (A, B en C) worden onderverdeeld. In de volgende paragrafen staat uitgelegd wat er in deze cases is gevarieerd.

In de referentie wordt bij tomaten en Freesia met een open buffersysteem gewerkt. Dit systeem zorgt dat in de winter de warmtebuffer op temperatuur wordt gehouden. Dit biedt mogelijkheden om bij een 'beperkte' contractcapaciteit op piekmomenten toch aan een grote warmtevraag te kunnen voldoen. Het warm houden van de buffer om pieken in het gasverbruik te voorkomen gaat ten koste van de warmteopslagcapaciteit die nodig is om CO₂ te kunnen doseren bij een beperkte warmtebehoefte. Om te zorgen dat er onder die omstandigheden toch voldoende opslagcapaciteit in de buffertank beschikbaar is, wordt de regeling afhankelijk van de etmaaltemperatuur voor piekscheren dan wel CO₂-dosering ingesteld. Bij tomaten ligt het omslagpunt bij een etmaaltemperatuur van 7 °C en bij Freesia van 3 °C.

3.1 CASE A, schermstrategie

Tomaat

In de referentie wordt het scherm op de volgende stralingsniveau- en buitentemperatuurcriteria geopend en gesloten (zie kolom referentie waarde). Het scherm wordt gesloten indien de momentane waarden van beide variabelen onder het aangegeven niveau komen. Voor het openen geldt het omgekeerde. Voorbeeld: op 1 maart gaat het scherm dicht als de globale straling onder de 50 W/m² daalt en de buitentemperatuur lager is dan 4°C. Het scherm wordt geopend als aan één van de voorwaarden wordt voldaan, dus als op 1 maart de buitentemperatuur boven de 4°C komt of als er meer dan 50 W/m² globale straling is. De -10°C buitentemperatuur in de periode 1 mei tot 15 oktober zorgt er voor dat het scherm niet gebruikt wordt (parkeerstand). Dit wordt gedaan omdat schermen in deze periode vaak meer problemen (onrust in de regeling) oplevert dan energiewinst. In case A1 wordt de buitentemperatuur voorwaarde met 3°C ten opzichte van de referentie verhoogd zodat er intensiever geschermd gaat worden. In case 2 wordt minder geschermd door het hele temperatuur niveau uit de referentietabel met 3°C te verlagen. In beide cases worden de stralingsniveau criteria niet gewijzigd. In Tabel 2 is een overzicht gegeven van de voor case A gebruikte schermsetpoints.

Tabel 2 Scherminstellingen voor tomaten gebruikt in de simulatiestudie in de referentie en case A.

Variabele	Van	Tot	Referentie waarde	Case A1	Case A2
Stralingsniveau	08/12	01/01	100	100	100
	01/01	08/12	50	50	50
Buitentemperatuur	10/11	15/01	8	11	5
	15/01	15/02	6	9	3
	15/02	15/03	4	7	1
	15/03	01/05	3	6	0
	01/05	15/10	-10	-7	-13
	15/10	10/11	5	8	2

Freesia

Er zijn 2 schermen aanwezig. Voor de winter heeft het LS10 doek (scherm 1) de hoogste prioriteit, het 2^e doek (scherm 2) heeft namelijk een open structuur zodat de besparing die hiermee gehaald kan worden beperkt is. Dit 2^e scherm staat dan ook op enige afstand (naloop) ingesteld. In Tabel 3 zijn de in Case A voor Freesia gebruikte schermsetpoints opgenomen.

Tabel 3 Scherminstellingen voor Freesia gebruikt in de simulatiestudie in de referentie en case A.

Variabele	Scherm	van	tot	Referentiewaarde	Case A1	Case A2
Stralingsniveau	1	01/01	31/12	15	15	15
	2	01/01	31/12	zonop / zononder	zonop / zononder	zonop / zononder
Buitentemperatuur	1	01/01	31/12	0	3	-3
	2	01/01	31/12	-2	1	-5

Sla

Het stralingsniveau waarbij het energiescherm wordt geopend is afhankelijk van de buitentemperatuur. In de referentie zijn hierbij de grenswaarden -3°C, 0°C en 4°C waarbij het scherm bij een globale straling van respectievelijk 200, 20 en 5 W/m² wordt geopend (Tabel 4). In case A1 wordt intensiever geschermd door het hele temperatuurniveau ten opzichte van de referentie met 3 °C te verhogen, in case A2 wordt minder geschermd door het hele niveau uit de referentietabel met 3 °C te verlagen.

Tabel 4 Scherminstellingen voor sla gebruikt in de simulatiestudie in de referentie en case A.

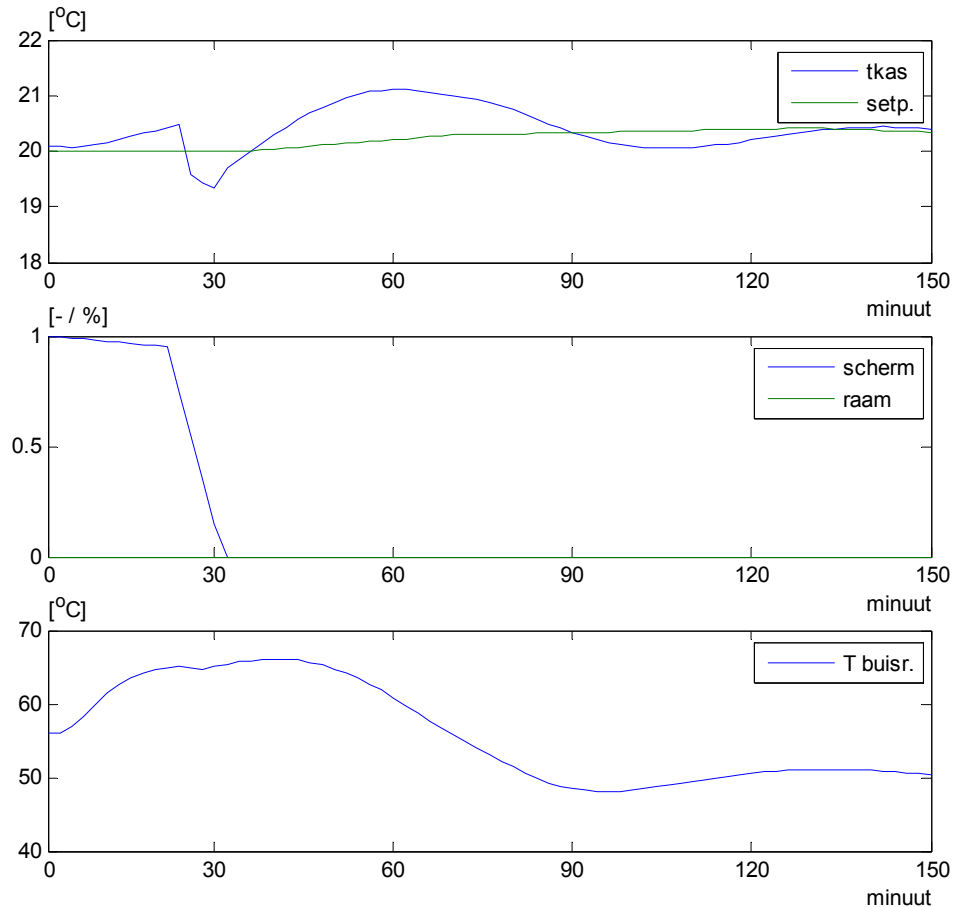
Grenswaarden buitentemperatuur (°C)			Globale straling [W/m2]
Referentie	Case A1	Case A2	
< -3	< 0	< -6	200
0	3	-3	20
> 4	> 7	> 1	5

Samenvattend zullen de volgende cases worden doorgerekend:

- de referentie met standaard schermregeling → **ref** ←
- als 1 maar met temperatuursetpoints waarbij het scherm sluit met 3 °C is verhoogd (zal tot besparing leiden) → **pl3** ←
- als 1 maar met temperatuursetpoints waarbij het scherm sluit met 3 °C is verlaagd (zal tot meerverbruik leiden) → **mi3** ←
- de oude situatie, waar komen we vandaan. In het verleden werd het scherm geopend zodra het licht werd. In dit scenario wordt dit herhaald door het scherm jaarrond te openen zodra de globale-straling een niveau van 5 W/m² heeft bereikt (voor de sla teelt wordt hier een situatie zonder scherm genomen). → **l5** ←

3.2 CASE B, voorstook

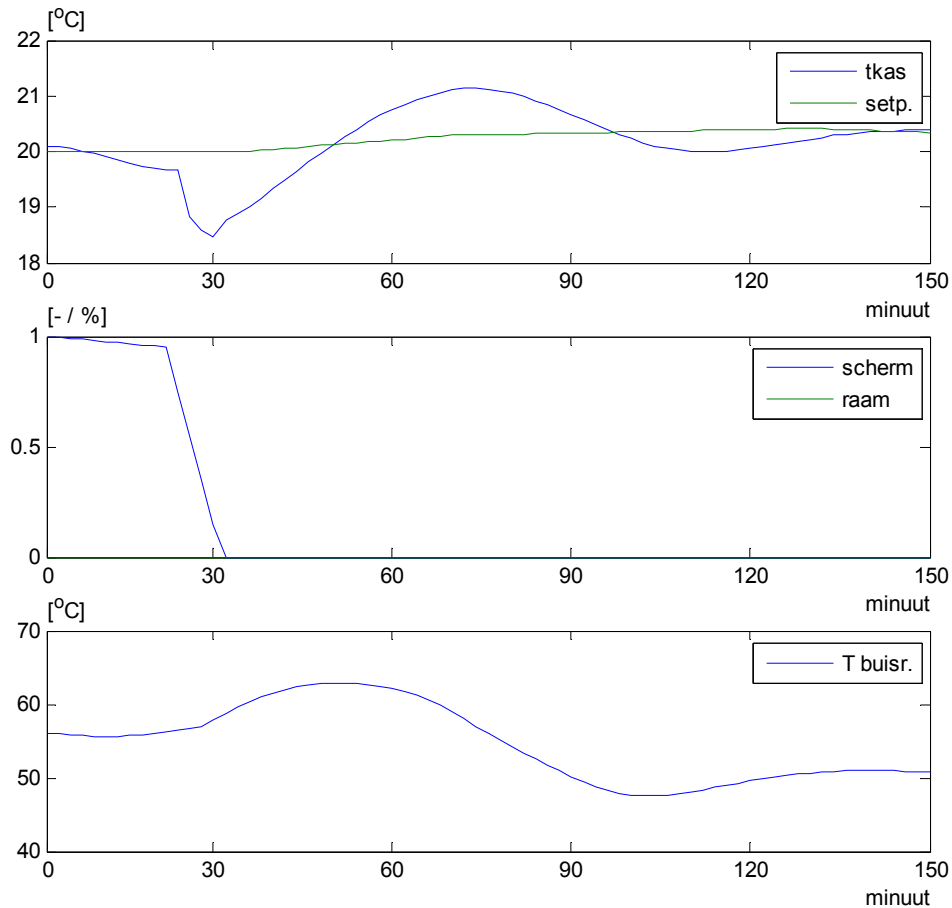
In de referentie wordt er op het moment dat het scherm geopend moet worden, eerst een warmtepuls in het verwarmingsnet gestopt. Deze puls moet ervoor zorgen dat bij het openen van het scherm geen grote kouval ontstaat. In de praktijk wordt deze maatregel veel toegepast. In Figuur 4 is de werking hiervan uitgebeeld.



Figuur 4 Voorbeeld van het verloop van de kasluchttemperatuur (boven) bij het openen van het scherm (midden) onder invloed van een warmtepuls in de verwarmingsbuis (onder).

Op het tijdstip 0 wordt het signaal scherm openen gegeven. Afhankelijk van de warmtevraag op dat moment, wordt de buis temperatuur verhoogd (Figuur 4 onder). De kasluchttemperatuur gaat vervolgens stijgen (Figuur 4 boven). In ca. 25 minuten wordt het scherm stapsgewijs geopend tot een schermstand van 95%. Daarna wordt het scherm in 1 keer helemaal opengestuurd (Figuur 4 midden). Een half uur na het startsignaal is het scherm geheel geopend. Bij het geheel openlopen van het scherm daalt de kasluchttemperatuur met ca. 1.2 $^{\circ}\text{C}$. Door de verhoogde buis temperatuur, in combinatie met de straling die op dat moment meer dan 50 W/m^2 is, bereikt de kasluchttemperatuur al snel weer de gewenste waarde.

Wordt er niet voorgestookt, dan ontstaat de situatie als afgebeeld in Figuur 5.



Figuur 5 Voorbeeld van het verloop van de kasluchttemperatuur (boven) bij het openen van het scherm (midden) wanneer geen warmtepuls wordt gegeven (onder: buisrailtemperatuur).

De temperatuurval is niet echt veel groter dan in de vorige situatie (totaal ca. 1.5 $^{\circ}C$), echter de minimumtemperatuur komt lager uit.

De standaard situatie in case B is dat ter voorkoming van koudeval gebruik wordt gemaakt van voorstoken. De variatie die wordt bestudeerd is wat er gebeurt als de voorstook wordt uitgeschakeld.

De tweede factor in case B is de invloed van het open buffersysteem. Voor de warmtepuls die wordt gegeven voordat het scherm open gaat kan de contractcapaciteit beperkend zijn. Eventueel extra gasverbruik boven de contractcapaciteit is extra duur. Dit is dus een situatie die telers zullen proberen te vermijden. Een open bufferregeling kan voorkomen dat de contractcapaciteit beperkend wordt door de extra benodigde warmte aan de buffer te onttrekken. Omdat in de literatuur het effect van een open bufferregeling op het gasafnamepatroon en het overschrijden van de contractcapaciteit rond het moment van schermopening nog niet bleek te zijn beschreven, is het al of niet beschikbaar zijn van deze optie als invloedsfactor gevarieerd.

In de sla-teelt kan de buistemperatuur niet verhoogd worden omdat er met heteluchtkachels gewerkt wordt. Daarnaast kunnen de kachels niet anders geregeld worden dan aan of uit. De voorstook in de sla-teelt wordt gerealiseerd door op het moment van het signaal 'scherm moet open' voor 20 minuten het setpointverwarmen met 0.5 $^{\circ}C$ te verhogen. Bij gebruik van heteluchtkachels is er geen warmtebuffer, dus voor dit gewas heeft de beschikbaarheid van een open bufferregeling als proeffactor geen betekenis.

Samenvattend zijn voor Case B bij tomaat en Freesia de volgende varianten doorgerekend:

- met voorloop met openbuffersysteem → met voorl mob ←
- met voorloop zonder openbuffersysteem → met voorl zob ←
- zonder voorloop met openbuffersysteem → zonder voorl mob ←
- zonder voorloop zonder openbuffersysteem → zonder voorl zob ←

Voor sla zijn dus slechts twee varianten doorgerekend:

- met voorloop zonder openbuffersysteem → met voorl zob ←
- zonder voorloop zonder openbuffersysteem → zonder voorl zob ←

3.3 CASE C, contractcapaciteit

In de referentiecasses is er een voor de teelt relevante gascontractcapaciteit aangehouden. Om te kunnen vaststellen of deze capaciteit in bepaalde gevallen beperkend kan zijn, zijn ook twee varianten doorgerekend waarbij de contractcapaciteit met 15 of 30% is verlaagd. De contractcapaciteit wordt in case C1 op 85 en in case C2 op 70% van die van de referentie gezet. Bij de slateelt zal dit waarschijnlijk grotere gevolgen hebben dan bij de Freesia en tomaat omdat hier met gaskachels wordt verwarmd en dus geen buffer beschikbaar is. De invloed van het open buffersysteem is daarom voor tomaat en Freesia als tweede factor gevarieerd. In de onderstaande Tabel 5 staan de contractcapaciteiten voor de teelten vermeld.

Tabel 5 Contractcapaciteiten per gewas, zoals gebruikt in de simulatiestudie voor case C.

Teelt	Referentiewaarde	Contractcapaciteit (m ³ /ha/uur)	
		Case C1 (85%)	Case C2 (70%)
Sla	74	63	52
Tomaat	125	106	88
Freesia	70	60	49

Samenvattend zijn voor Case C bij tomaat en Freesia de volgende varianten doorgerekend:

- Verlaagde contractcapaciteit tot 85% van de referentie met een openbuffersysteem. → P 85% mob ←
- Verlaagde contractcapaciteit tot 70% van de referentie met een openbuffersysteem. → P 70% mob ←
- Verlaagde contractcapaciteit tot 85% van de referentie zonder een openbuffersysteem. → P 85% zob ←
- Verlaagde contractcapaciteit tot 70% van de referentie zonder een openbuffersysteem. → P 70% zob ←

Voor sla zijn twee varianten doorgerekend:

- Verlaagde contractcapaciteit tot 85% van de referentie zonder een openbuffersysteem. → P 85% zob ←
- Verlaagde contractcapaciteit tot 70% van de referentie zonder een openbuffersysteem. → P 70% zob ←

4 Resultaten

4.1 Literatuuronderzoek

4.1.1 Beheersing van productiefactoren

De glastuinbouw produceert hoogwaardige producten in intensieve teeltsystemen. De mate van beheersing van de productieomstandigheden (klimaat, plantenvoeding en gewasbescherming) is hoog. De kosten voor deze klimaatbeheersing nemen echter gestaag toe door de stijgende energieprijzen. De sector heeft zich de laatste jaren toegelegd op het ontwikkelen en toepassen van energiebeperkende maatregelen om zo de productiekosten beter te beheersen. Hierbij gaat het om maatregelen op het gebied van technische installaties zoals een energiescherm (Ruijs et al., 2005), warmtebuffer, rookgascondensor, Wk-installatie en kassen met een hoge(re) lichttransmissie, maar ook om aanpassingen in regelstrategieën voor stoken, ventileren, schermen en inzet van de warmtebuffer (Dueck et al., 2004b). Er bestaan verschillende mogelijkheden om het stookgedrag aan te passen. Behalve het beperken van de totale gasafname wordt in verband met de gedifferentieerde tarieven gestreefd naar beperking van de stookkosten door contracten met een zo laag mogelijke afnamecapaciteit af te sluiten. Telers streven ernaar om overschrijding van de contractcapaciteit te voorkomen door de gasafname te spreiden over de dag (piekscheren). Voor zover variaties in stookbehoefte niet kunnen worden opgevangen door gebruik te maken van de warmtebuffer staat de teler hierbij voor de keuze tussen het accepteren van tijdelijke afwijkingen van de streeftemperatuur of het afnemen van gas tegen een hoger tarief. Over de vraag in hoeverre deze tijdelijke temperatuurafwijkingen zonder problemen kunnen worden toegestaan en onder welke omstandigheden mogelijk ongewenste effecten kunnen optreden bestaat in de praktijk veel onzekerheid.

4.1.2 Ervaringskennis

Ervaringskennis speelt een dominante rol in de glastuinbouw (Ruijs et al., 2006). De huidige teeltrecepten zijn grotendeels ontstaan in een periode met vaste gastarieven, die bovendien op een aanzienlijk lager niveau lagen dan de huidige. Vanwege de lagere stookkosten kwam het tijdelijk niet realiseren van het temperatuursetpoint maar zelden voor. Er is daarom relatief weinig ervaring met tijdelijke temperatuurtekorten. Op bedrijven waar met een energiescherm wordt gewerkt is het moment van openen van het scherm een bekend moment waarop temperatuurtekorten kunnen optreden. Het is denkbaar dat het ontwikkelen van energiezuinige en kostenefficiënte klimaatregelstrategieën rond het moment van opening van het scherm momenteel wordt belemmerd door het ontbreken van inzicht in de vraag hoe ver de temperatuur onder die omstandigheden weg mag zakken zonder ongewenste effecten op het gewas.

4.1.3 Effecten van temperatuur op groei en ontwikkeling

Gewasproductie in de tuinbouw wordt bepaald door diverse fysiologische processen. Omdat processen kunnen verschillen in hun afhankelijkheid van temperatuur, kan een temperatuurverandering gevolgen hebben voor de fysiologische balans in het gewas. Om een beeld te krijgen van de effecten van temperatuur op de fysiologie van het gewas is het verhelderend om de processen in te delen in groeiprocessen en ontwikkelingsprocessen.

Groei heeft te maken met de toename van grootte of gewicht van het gewas of onderdelen daarvan, zoals de stengels, bladeren, bloemen of vruchten. Ontwikkeling heeft te maken met het doorlopen van stadia van planten als geheel (bijv. kiemen – juveniel – bloeiend – vruchtdragend, afsterven of ruststadium), of onderdelen daarvan (bijv. voor tomaat en andere vruchtgroenten: knop – bloem – gezet – uitgroei – afrijping – oogst). Ook de celdeling en het afsplitsen van nieuwe organen zoals bladeren of bloemen in de groeipunt worden bij de ontwikkelingsprocessen gerekend. Bij tomaat is bijvoorbeeld de bloeisnelheid een belangrijk ontwikkelingsproces, bij niet-bloeiende potplanten de bladafplitsingsnelheid. Ook de omgekeerde maat, aantal dagen per afgesplitst blad of phyllochron wordt

vaak gebruikt. Een belangrijk punt hierbij is dat het gewas als geheel doorgaans continu doorgaat met groeien, maar dat de afzonderlijke onderdelen op een gegeven moment volgroeid zijn en daarna nauwelijks meer in gewicht of lengte toenemen. Het proces dat bepaalt hoe lang een onderdeel van een plant in staat is om te groeien en wanneer het volgroeid is hoort ook bij ontwikkeling. Hoe groot en zwaar dat onderdeel uiteindelijk wordt, is zodoende afhankelijk van het samenspel tussen de groeiprocessen die zorgen voor strekking en gewichtstoename aan de ene kant, en het ontwikkelingsproces dat de uitgroeiperiode reguleert. De balans tussen groei en ontwikkeling bleek bij potplanten van invloed te zijn op de kwaliteit (sierwaarde). Naarmate er meer groei was per eenheid ontwikkeling investeerden planten meer in zijstelen en bloemen (Buwalda 2005). Een goede afstemming tussen groei en ontwikkeling is dus van belang bij het sturen van de productie voor een optimaal economisch rendement.

4.1.4 Productie

Over het algemeen geldt dat de factor licht meer bepalend is voor de productie dan de temperatuur. Er bestaat een vrij breed gebied waarin temperatuur niet veel invloed heeft op de productie. Bij extreme temperaturen treedt duidelijk groeiremming op, terwijl zeer extreme temperaturen zelfs schade kunnen veroorzaken. Bij de biomassa-productie is er sprake van een minimum temperatuur (T_{min} , Tabel 6) die nodig is om groei te realiseren. De optimale temperatuur (T_{opt}), waarbij maximale groei optreedt, vertoont een nauwe relatie met andere omgevingsparameters zoals CO_2 -concentratie (Jones, 1992) en lichtintensiteit (Atwell et al., 1999). De maximale temperatuur (T_{max}) is de temperatuur waarboven geen toename van de biomassa meer optreedt. Voor de meeste gewassen ligt T_{min} tussen de 0 en 5°C, T_{opt} tussen de 10 en 25 °C en hierboven groeit het gewas doorgaans niet meer (Goudriaan & van Laar, 1994). De invloed van temperatuur en CO_2 op de groei heeft te maken met het feit dat de gewichtstoename eigenlijk het resultaat is van een winst- en verliesrekening. Het netto resultaat wordt bepaald door de aanmaak van assimilaten in de fotosynthese en het verbruik van assimilaten in de ademhaling (respiratie). Hoe hoger de temperatuur, des te meer assimilaten er doorgaans voor de ademhaling nodig zijn. Aan de andere kant, bij meer licht en hogere CO_2 -concentraties is er meer fotosynthese, waardoor de balans van assimilatenaanmaak en -verwerking ook bij hogere temperaturen nog naar de pluskant zal doorslaan. De minimale, optimale en maximale temperatuur voor groei en productie zijn daardoor dus niet echt vastliggende getallen.

Daarnaast kan het temperatuurbereik waarbinnen gewassen goed groeien verschillend zijn; gewassen als tomaat en komkommer worden veel warmer geteeld dan bijvoorbeeld sla of Freesia. Zelfs binnen gewassen (soorten) blijken flinke verschillen in koudegevoeligheid te kunnen bestaan (Zimmer & Preil, 1987; Van der Ploeg et al., 2005).

4.1.5 Ontwikkeling

Een hogere temperatuur zorgt doorgaans voor een snellere ontwikkeling. Vegetatieve gewassen bereiken bij een hogere temperatuur in kortere tijd de generatieve fase, en die fase duurt zelf ook korter. Doordat een ontwikkelingsstap korter duurt bij hogere temperaturen en langer bij lagere, is de optelling van alle gemiddelde etmaaltemperaturen over de periode waarin een ontwikkelingsproces zich afspeelt ongeveer constant. Deze temperatuursom, die wordt uitgedrukt in graaddagen, wordt vaak gebruikt als voorspeller van gewasontwikkeling, reactietijd of uitgroei-duur (Ritchie & NeSmith, 1991). Bij het berekenen van de temperatuursom is er net als bij de biomassa-productie sprake van een minimumtemperatuur waarboven er ontwikkeling opreedt, (T_b , basistemperatuur, Tabel 6.) en een hoge temperatuur T_m waarboven de ontwikkelingssnelheid niet verder toeneemt met de temperatuur of zelfs vertraagt. Meestal wordt daarom voor het berekenen van de temperatuursom de basistemperatuur van de gemiddelde etmaaltemperatuur afgetrokken. Om een voorbeeld te geven: bij een basistemperatuur van 8°C levert een week met temperaturen van gemiddeld 18°C op die manier een temperatuursom van 70 graaddagen op. In de tuinbouw wordt de temperatuursom ook gebruikt bij temperatuurintegratie. In dat geval wordt het verschil tussen de nagestreefde en de gerealiseerde temperatuur gesommeerd, en zo ontstaat een maat voor de totale temperatuurafwijking. Bij deze toepassing worden meestal graaduren als eenheid gebruikt in plaats van graaddagen (1 graaddag = 24 graaduren). Om de temperatuursom zinvol te gebruiken moet aan een aantal voorwaarden worden voldaan (Ritchie & NeSmith, 1991):

Binnen het betreffende gebied moet de ontwikkelingssnelheid ongeveer recht evenredig zijn met de temperatuur.

De gemiddelde temperatuur moet voor het grootste deel van de dag hoger zijn dan de basistemperatuur en lager dan de temperatuur waarboven de ontwikkeling begint te stagneren.

De gemiddelde temperatuur moet redelijk in de buurt liggen van de gebruikelijke teelttemperatuur voor het betreffende gewas.

Een bekend voorbeeld waarbij de maximumtemperatuur een rol speelt is de reactietijd van Chrysant. Bij dit gewas leiden te hoge temperaturen juist weer tot een vertraging van de bloei (Lepage et al., 1984; Larsen & Persson, 1999). Soms blijkt ook dat de temperatuursom berekend over een bepaald deel van de dag een betere voorspellende waarde heeft. Voor sommige gewassen wordt bijvoorbeeld de temperatuursom alleen over de lichtperiode berekend (photothermal time, Atwell et al., (1999). Behalve de temperatuursom kunnen er andere factoren nodig zijn voor het bereiken van een volgend ontwikkelingsstadium. Voorbeelden zijn de behoefte aan een koudeperiode voor het doorbreken van de winterrust of voor het vormen van voortplantingsorganen (vernalisation) (Ritchie & NeSmith, 1991) of de lengte van de lichtperiode die de bloei bij daglengtegevoelige gewassen induceert.

4.1.6 Groei en ontwikkeling staan niet los van elkaar

Een punt dat regelmatig terugkomt in discussies over temperatuurstrategie is verlaging van de nachttemperatuur in verband met het beperken van respiratieverliezen. De achterliggende gedachte is dat het verwarmen van de kas in de nacht het beste beperkt kan worden omdat het wel warmte en assimilaten kost terwijl daar geen fotosynthese tegenover staat. De ervaring leert echter dat metabolische activiteit in de nachtperiode over het algemeen nodig is om de assimilaten die overdag zijn gevormd voldoende te verwerken (o.a. Challa, 1978). Ook moet het temperatuurniveau hoog genoeg blijven om te zorgen voor voldoende ontwikkeling. De ontwikkeling zorgt voor voldoende vraag naar assimilaten. Als het gewas de assimilaten niet kwijt kan omdat de vraag minder is dan het aanbod dan kan dat leiden tot groeiremming.

Er is nog een ander voorbeeld waarbij de temperatuur hoog genoeg moet zijn voor een hoge productie: de bladontwikkeling bij een jong gewas. Bij de start van de teelt heeft het jonge gewas doorgaans te weinig bladoppervlakte om het beschikbare licht efficiënt op te vangen. De bladafsplitsing en bladontwikkeling zijn temperatuurafhankelijke processen. Het tempo van bladafsplitsing en de snelheid van bladstrekking bepalen samen wanneer de Leaf Area Index (LAI in m² bladoppervlak per m² teeltoppervlak) van het gewas hoog genoeg is om het beschikbare licht efficiënt te absorberen. De hoeveelheid licht die het gewas aan het begin van de teelt heeft laten liggen kan later niet meer worden gecompenseerd en dat zal dus gevolgen hebben voor de totaalproductie over het hele teeltseizoen.

Tabel 6 Eenheid en betekenis van de meest voorkomende parameters met betrekking tot temperatuur.

Afkorting	Eenheid	Betekenis
T_{opt}	°C	optimale temperatuur
T_{min} , T_b	°C	minimumtemperatuur voor groei of ontwikkeling
DIF	°C	verschil tussen T_{dag} en T_{nacht}
T_{ad}	°C	gemiddelde temperatuur tijdens de lichtperiode
T_{an}	°C	gemiddelde temperatuur tijdens de donkerperiode
T_{som}	Graad uren/dagen	cumulatieve temperatuur boven T_{min}
DROP	°C	Doelbewust nagestreefde korte periode van temperatuurverlaging, meestal direct na zonsopgang
Kouval	°C	Onbedoelde korte periode van temperatuurverlaging, meestal na opening van het energiescherm

4.1.7 Temperatuurverdeling binnen het etmaal

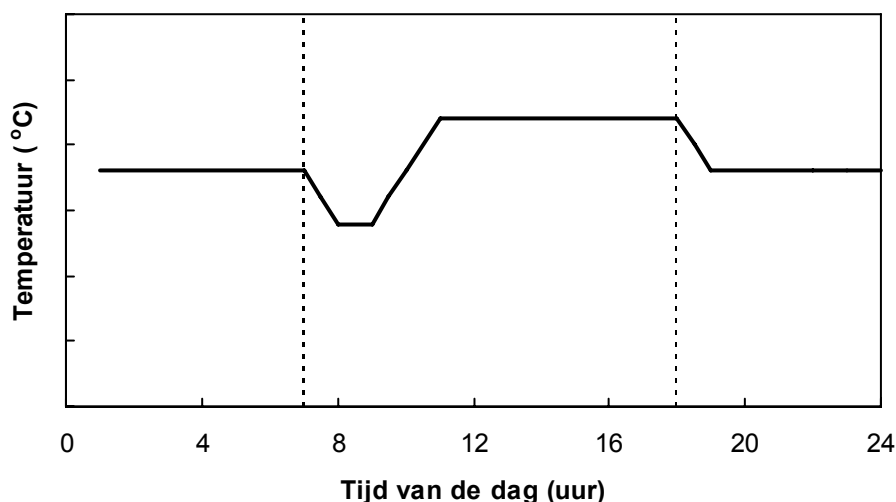
Enkele belangrijke gewasprocessen vinden hoofdzakelijk of uitsluitend overdag plaats. Alleen als het licht is kan er fotosynthese plaatsvinden. Ook de verdamping is sterk lichtafhankelijk, wat weer gevolgen heeft voor de celspanning, de sapstroom en de bijbehorende transportprocessen. Bepaalde hormoonspiegels, zoals die van het strekingshormoon gibberelline, worden beïnvloed door de rood/verrood verhouding van het licht. Deze verhouding is over het algemeen lager rond zonsopkomst en zonsondergang dan tijdens de rest van de dag.

Het blijkt voor veel gewassen uit te maken hoe de temperatuur over het etmaal is verdeeld. Het verschil tussen de gemiddelde dag- en de nachttemperatuur wordt DIF genoemd. DIF is afkomstig van het Engelse woord Difference (verschil). Als de nachttemperatuur hoger is dan de (gerealiseerde) dagtemperatuur dan is er sprake van een negatieve DIF. Bij veel gewassen kan DIF worden gebruikt om bepaalde aspecten van de structuur van een gewas te voorspellen of te sturen (Myster & Moe, 1995). DIF heeft invloed op de lengte van de internodia, de bladoriëntatie (Myster & Moe, 1995) en op de snelheid waarmee het blad zich strekt (Heuvelink & Dorais, 2005). Vooral bij siergewassen is veel onderzoek gedaan naar de invloed van DIF op de compactheid van gewassen (Myster & Moe, 1995). Wanneer het gewas nog geen volledige bladbedekking heeft bereikt, zoals bij de start van een teelt of bij potplanten net na het wijderzetten, dan kan een remming van bladstrekking resulteren in een verminderde productie (Heuvelink, 1989). Is de LAI eenmaal hoog genoeg om vrijwel al het beschikbare licht op te vangen dan blijkt DIF geen effect meer te hebben op de productie. DIF heeft vooral invloed op groei en strekkingsprocessen en veel minder op ontwikkeling. Toch vond Heuvelink (1989) bij jonge tomatenplanten ook een geringe afname van de bladafplitsingsnelheid. Er bestaan sterke aanwijzingen dat bij de DIF-reactie en de rood/verrood-reactie de zelfde fysiologische mechanismen betrokken zijn (Zieslin & Tsujita, 1988; Moe & Heins, 1990; Moe & Mortensen, 1992; Myster & Moe, 1995; Grindal et al., 2000).

Een doelbewust nagestreefde tijdelijke temperatuurverlaging (enkele uren) wordt een temperatuur DROP genoemd (Tabel 6). Een DROP-behandeling kan effecten hebben die vergelijkbaar zijn met die van negatieve DIF (Gertsson, 1992; Grimstad, 1993; Myster & Moe, 1995; Berghage, 1998; Sysoeva et al., 1999). Verondersteld kan worden dat kouval bij het openen van een (energie)scherf effecten heeft die vergelijkbaar zijn met die van DROP. Vanuit deze gedachte zijn door Dieleman et al. (2005) de effecten van DROP bij tomaat bestudeerd. In de productiefase werd bij tomaat geen effect gemeten van een DROP van 2.5°C aan het begin van de dag op lengtegroei, bladafplitsingsnelheid of productie. Wel bleken jonge tomatenplanten iets korter en lichter te blijven als gevolg van een DROP van 5°C aan het begin van de dag, toegepast gedurende 4 weken. Werd de DROP-behandeling verschoven naar andere momenten van de dag, dan was er geen effect. Bij courgette resulteerde een DROP van circa 5°C in een verminderde lengtegroei van het gewas, kortere bladstelen, en een kleiner bladoppervlak. Het effect op bladafplitsingsnelheid bleek rasafhankelijk (Janse en Berkhout, 2003 rapport 41704608).

In een overzicht van praktijkervaringen met negatieve DIF en DROP (Deetman 1992) kwam voor pot- en perkplanten een wisselend beeld naar voren: bij sommige gewassen werkte het om een compactere plant te krijgen, bij andere niet. Bij Kalanchoe was zelfs het omgekeerde effect te zien: strekking van de bloeistengels wordt bij dat gewas juist gestimuleerd door negatieve DIF en DROP.

Temperatuurprofielen binnen het etmaal, zoals negatieve DIF of DROP, lijken dus vooral bij jonge planten tot groei-remming te kunnen leiden, vooral vanwege het remmende effect op de bladstrekking en daarmee de lichtonderschepping. De geconstateerde effecten op groei zijn zelden groter dan een procent of 10. Negatieve DIF en een DROP in de eerste uren van de ochtend kunnen tot een compactere plant leiden, maar niet alle gewassen zijn even gevoelig, volwassen planten lijken minder gevoelig dan jonge, en het effect hangt ook af van de grootte van het aangelegde temperatuurverschil. Wel moet worden opgemerkt dat het hier gaat om effecten van temperatuurprofielen die gedurende langere tijd systematisch worden volgehouden. Van eenmalige, incidentele en onregelmatige afwijkingen die niet groter zijn dan enkele graden is eigenlijk nauwelijks effect te verwachten.



Figuur 6 Schematisch temperatuurverloop van DROP. De gestippelde verticale lijnen geven zonsopgang en zonsondergang aan.

4.1.8 Temperatuurintegratie

Behalve systematische temperatuurpatronen binnen het etmaal zoals DIF en DROP, die telers vaak toepassen om een bepaald gewasbeeld te verkrijgen, kan de kastemperatuur ook incidentele of meer grillige afwijkingen vertonen. Dergelijke afwijkingen kunnen optreden bij toepassing van temperatuurintegratie. Voor dit soort incidentele afwijkingen geldt over het algemeen dat de gemiddelde temperatuur bepalend is voor het teeltresultaat. Ze hebben geen effect op de teelt zolang ze binnen een zekere tijd worden gecompenseerd door afwijkingen in de andere richting (Buwalda, 1996; Buwalda et al., 1999; Van den Berg et al., 2001). Deze temperatuur-integratiecapaciteit maakt het mogelijk om koelere perioden tijdens een teelt te tolereren indien deze in een later stadium gecompenseerd kunnen worden door hogere temperaturen. Het tijdinterval waarop dit compenserend vermogen kan optreden varieert van enkele uren tot meerdere dagen (Buwalda et al., 1999). In kassen die zijn uitgerust met een energiescherm kan een optimaliserende stookregelaar die werkt op basis van temperatuurintegratie in de winter een negatieve DIF berekenen als stooktechnisch optimaal temperatuurprofiel. Het scherm verhoogt de isolatiewaarde van de kas, en bij de geringe bijdrage van zonnewarmte is het in dat seizoen energetisch altijd voordeliger om 's nachts onder een gesloten scherm te stoken en overdag bij open scherm de temperatuur te laten wegzakken (Rijsdijk et al., 1998; Van den Berg et al., 2001). Op dagen met een grotere bijdrage van de zon kan een gewenste etmaaltemperatuur juist energetisch gunstiger gerealiseerd worden door 's nachts onder het scherm de temperatuur weg te laten zakken en overdag de temperatuur op te laten lopen. In de praktijk blijken de dagen dat 's nachts stoken onder een gesloten energiescherm het efficiëntst is vooral in de periode november – februari voor te komen. Bij veel vruchtgroentegewassen is dit ook de periode van teeltwisseling en bladopbouw van het jonge gewas. Dit is bij gewassen die gevoelig zijn voor negatieve DIF ook de tijd dat een remming van de bladstrekking aanleiding kan geven tot enige productievermindering later in de teelt.

4.1.9 Natslaan en Botrytis

De eerste uren in de ochtend is de kans op gewascondensatie relatief groot. Door het licht komt de verdamping op gang waardoor vocht in de kas wordt gebracht, terwijl er vanwege de temperatuur nog niet wordt gelucht. Tegelijk gaat het temperatuursetpoint van de nacht naar de dagtemperatuur, wat doorgaans een netto stijging inhoudt. Meestal zal de stijging van de gewastemperatuur wat achterlopen op die van de kasluchttemperatuur. Wanneer de gewastemperatuur onder de condensatietemperatuur van de kaslucht komt, ontstaat natslag. Gewascondensatie kan de kans op aantasting van het gewas door schimmels vergroten. Voorkomen van natslag is daarom een belangrijk onderdeel van de klimaatregelstrategie. Telers stellen daarom vaak een vochtgrens in op de buis-, scherm- en

raamstand-regeling. Daarnaast is maximering van de snelheid waarmee de kasluchttemperatuur mag stijgen een belangrijk instrument om natslaan te voorkomen. Gaat de temperatuurstijging te snel, dan zullen de luchtramen tijdelijk worden opengestuurd. Wanneer in de vroege uren van de dag de temperatuur eerst nog daalt als gevolg van kouval dan zal de temperatuurstijging die nodig is om op dagniveau te komen groter zijn. Met een langer temperatuurstijgingstraject neemt het belang van een goede vochtbeheersing ook toe.

Aantasting van de stengel bij tomaat door *Botrytis* levert in de Nederlandse glasgroenteteelt de grootste schadepost op wat betreft schimmelaantasting (de Visser et al., in prep). Wonden als gevolg van het bladplukken zijn de belangrijkste plek waar schimmelsporen kunnen kiemen. Of er aantasting ontstaat, hangt niet alleen af van de schimmel maar ook van het gewas: factoren die een snelle heling van plukwonden bevorderen verminderen de kans op infectie. Aantasting door *Botrytis cinerea* hangt sterk samen met het kasklimaat (Dik & Wubben, 2004), zowel het temperatuurverloop als de relatieve luchtvochtigheid zijn belangrijk. De effecten van deze twee factoren zijn doorgaans erg moeilijk van elkaar te scheiden.

4.1.10 Tomaat

Temperatuur heeft een groter effect op jonge tomatenplanten dan op vruchtdragende tomatenplanten (De Koning, 1990; Heuvelink, 1989). Er is zowel een effect op de ontwikkeling als op de biomassaproductie (Heuvelink, 1989). Het effect van temperatuur op de groei is groter dan op de ontwikkeling. Een lagere temperatuur vermindert de bladontwikkeling. Hierdoor kan het langer duren tot het gewas voldoende blad heeft gevormd om vrijwel al het licht op te kunnen vangen, en minder lichtonderschepping betekent meestal ook minder productie. Een vertraagde ontwikkeling bij lage temperatuur komt meestal vooral tot uitdrukking in een verminderd aantal bladeren. De dagtemperatuur heeft een grotere invloed op de groei en ontwikkeling dan de nachttemperatuur (Frantz et al., 2004; Heuvelink, 1989).

De ontwikkeling van een tomatengewas kan goed voorspeld worden met behulp van de temperatuursom (De Koning, 1990; Hurd & Graves, 1984). Tevens kan het gewas binnen een bepaalde periode temperatuurachterstanden inhalen door een temperatuurverhoging (De Koning, 1990). Vastgesteld werd dat een lagere temperatuur (1.5 en 3°C zowel voor dag- als voor nachttemperatuur) gedurende een aantal dagen gecompenseerd kan worden door een verhoogde temperatuur (eveneens 1.5 en 3°C) gedurende hetzelfde aantal dagen. Bij oudere planten had een temperatuurverlaging gedurende enkele dagen gevolgd door een temperatuurverhoging van hetzelfde aantal dagen, geen effect op de groei en ontwikkeling. Bij jonge planten werd groeiremming geconstateerd bij de extreemste behandeling (perioden van 12 dagen 3°C temperatuurverlaging, afgewisseld met 12 daagse perioden van 3°C temperatuurverhoging). Wordt de temperatuur echter sterk verlaagd, tot 13°C gedurende een week, dan kan de groeiremming niet meer gecompenseerd worden door een hogere temperatuur (Kaarsemaker 2003). De achterstand in ontwikkeling kon wel gecompenseerd worden door een hogere temperatuur (Kaarsemaker & Van Rijssel, 2003), maar kennelijk kon de gemiste productie niet volledig worden ingelopen. Tevens werd gevonden dat de invloed van een lagere temperatuur op de groei afnam naarmate het gewas er later in de teelt aan werd blootgesteld. Swinkels et al. (2000) schatten het compenserend vermogen van tomaat op 200 graaduren (ruim 8 graaddagen). Een temperatuurafwijking van 200 graaduren zou kunnen ontstaan door gedurende 4 dagen 2°C van het setpoint af te wijken. Uit de studie van De Koning (1990) blijkt echter dat afwijkingen van 3°C gedurende 12 dagen (864 graaduren) ook nog prima kunnen worden gecompenseerd. Rijsdijk (2000) geeft aan dat een tekort aan warmte goed gecompenseerd kan worden mits de compensatie binnen twee weken plaats vindt.

Naast een compenserend vermogen over de dagen heen bestaat er ook een compenserend vermogen binnen een etmaal (Dieleman et al., 2005). Jonge tomatenplanten blijken het gevoeligste voor een DROP aan het begin van de dag (Dieleman et al., 2005). Een DROP tijdens de nacht heeft geen invloed op de ontwikkeling, de planten worden wel wat korter (Khayat et al., 1985). Grimstad (1993) heeft bij jonge tomatenplanten vastgesteld dat een temperatuurverlaging in de ochtend gedurende 2 uur van 3 of 6°C t.o.v. de gewenste dagtemperatuur geen effect had op de groei of de ontwikkeling, mits de etmaaltemperatuur gelijk bleef. Op die manier kon het effect van een DROP van 2 uur 3°C gedurende 14 dagen worden gecompenseerd met een verhoogde etmaaltemperatuur van 0.4°C, en een DROP van 2 uur 6°C gedurende 7 dagen met een verhoging van de etmaaltemperatuur van 0.8°C. Bij een DROP van 9°C trad al na een week groeiachterstand op: de planten waren beduidend korter met kortere internodia en ook de biomassatoename bleef achter. Geen effect op de biomassa van de wortels kon worden vastgesteld en ook werd geen effect op de bladafsplitsing gevonden. Wel was bij een langdurige DROP van 6 of 9°C de eerste bloei vertraagd

en viel ook de eerste oogst 2 – 3 dagen later. In Tabel 7 is een overzicht gegeven van de resultaten van de verschillende onderzoeken van een temperatuurverlaging (DROP) bij tomatenplanten

Tabel 7 Resultaten van onderzoeken van een temperatuurverlaging (DROP) binnen een dag ten opzichte van de gewenste dag- en nachttemperaturen (respectievelijk Td en Tn), de uitgevoerde compensatie en de effecten op groei en ontwikkeling bij jonge en vruchtdragende tomatenplanten.

Bron	Td (°C)	Tn (°C)	DROP (°C)	Lengte DROP (uren)	Duur behandeling (d)	Compen- satie (°C)	Effect op groei	Effect op ontwikkeling
Jong gewas								
Grimstad (1993)	21	18	-	0	28	0	nee	nee
	21	18	18	2	14	0,4	nee	nee
	21	18	15	2	14	0,8	ja	ja
	21	18	15	2	7	0,8	nee	nee
	21	18	12	2	7	1,2	ja	ja
Gertsson (1992)	17,8	17,8	13,8	3	35	0,81	ja	nee
Johansson &	17,8	17,8	11,8	2,5	35	ja ²	ja	n.b. ¹
Gertsson (1991)	17,8	17,8	11,8	2,5	21	ja ³	nee	n.b.
Bertram (1992)	20	20	15	2,5	42	ja ⁴	nee	n.b.
Runkle & Pearson (1998)	20	20	13	3	10	11	ja	n.b.
Dieleman (2005)	22,9	20,9	17,9	4	28	0,61	ja	nee
Khayat (1985)	18	18	12	25	56	nee	ja	nee
Vruchtdragend								
Dieleman, 2005	19/21,5	16,5/17	14,5	1	58	ja ⁶	nee	nee
	19/21,5	16,5/17	14,5	1	58	ja ⁷	nee	nee

¹ Compensatie zowel tijdens de dag als de nacht.

² n.b. betekent niet bepaald.

³ Compensatie aan einde donkerperiode: temperatuurverhoging van 3 uur 20 °C.

⁴ Compensatie aan einde donkerperiode: temperatuurverhoging van 4 uur 23 °C.

⁵ DROP tijdens gehele nacht: 2 uur 12 °C gevolgd door 2 uur 18 °C

⁶ Compensatie door temperatuur na DROP direct op 21,5 °C te brengen.

⁷ Compensatie gedurende de gehele nacht en middag.

Uit de literatuur komt naar voren dat een DROP gedurende een beperkt aantal dagen geen effect heeft op de groei of ontwikkeling van een jong tomatengewas. Daar waar wel effect optrad bleek het effect sterker naarmate de temperatuur tijdens de DROP verder naar beneden ging en hoe langer de behandeling werd volgehouden. DROP heeft geen effect op een vruchtdragend tomatengewas (Dieleman et al., 2005). Het belangrijkste effect van DROP is op de bladstrekking. Een jong gewas, blootgesteld aan DROP, bereikt minder snel het stadium waarin er genoeg blad is om vrijwel al het beschikbare licht op te vangen. Is dat stadium eenmaal bereikt, dan blijkt DROP meestal geen meetbare invloed meer te hebben. Er is in de literatuur geen informatie te vinden over relatie tussen DROP en Botrytis.

4.1.11 Sla

Net als bij tomaat heeft temperatuur een groter effect op de gewasgroei van jonge sla dan op de gewasgroei van sla met een gesloten bladerdek (Bierhuizen et al., 1973). Het moment waarop het bladerdek zich sluit hangt af van de temperatuursom. Bij een gesloten bladerdek is straling de belangrijkste factor voor de biomassa-productie. De teelt van sla wordt in Nederland bij lage temperaturen uitgevoerd. Uit verschillende proeven blijkt dat een lage nachttemperatuur gunstig is voor de biomassa-productie, mogelijk omdat hiermee de respiratie verlaagd wordt (Verkerk & Spitters, Wiebe & Lorenz, 1977; Caporn et al., 1994). Een temperatuurverlaging van 5°C in de nacht bleek geen effect te hebben zolang de gemiddelde nachttemperatuur onveranderd bleef (Langhans et al., 1981). De optimale temperatuur voor de biomassa-productie (fotosynthese) is bij geringe lichtintensiteit laag (Verkerk & Spitters, 1973, Wiebe & Lorenz, 1982). Sla kan zich als koudetolerant gewas goed aanpassen aan lage temperaturen. Wiebe & Lorenz (1980) hebben aangetoond dat de fotosynthese van slabladeren bij een temperatuur van 2 °C nog goed functioneert. Groeiremming bij lage temperaturen heeft volgens deze onderzoekers meer te maken met de verdeling van assimilaten dan met remming van de fotosynthese zelf. Doordat de bladvorming van een jong gewas afhangt van de gerealiseerde temperatuursom kan temperatuurintegratie goed gebruikt worden om sluiting van het gewas op een voorafgestelde datum te realiseren (Grashoff, 2004). Verder is temperatuurintegratie te gebruiken als methode om stookkosten te verminderen. Onderzoek bij sla waar specifiek naar het effect van DROP op de biomassa-productie en de gewasontwikkeling is gekeken, is niet bekend. Uit onderzoek naar schermgebruik bij sla in combinatie met temperatuurintegratie (Janse et al., 2003) bleek dat deze behandelingen over het algemeen geen negatieve effecten hebben op productie en kwaliteit van sla. In sommige proeven werd melding gemaakt van een iets zwaardere of meer 'welige' krop. Bij extreme combinaties van schermgebruik en temperatuurintegratie werd in enkele gevallen een toename van de afwijking 'glazigheid' gevonden, in andere, vergelijkbare gevallen echter niet. In de proef waarin de glazigheid werd gemeld bleek er geen verband te zijn tussen de kans op glazigheid en het aantal malen dat kouval optrad.

Tabel 8 Proefbehandelingen in het experiment van Janse et al. (2003), aantal dagen waarop kouval optrad, en (indicatief) het voorkomen van glazigheid. Dit was een teelt waarin ook in de referentie 'vrij veel' glazigheid voorkwam; in de daaropvolgende teelt kwam glazigheid bij geen van de behandelingen voor en nam de gebruikswaarde van boven naar onder in de tabel toe.

Behandeling	Kouval (aantal dagen)	Glazigheid
A. Referentie, geen temperatuurintegratie, geen scherm	0	'vrij veel'
B. Geen temperatuurintegratie, wel scherm	43	'meer dan A'
C. Temperatuurintegratie bandbreedte 8°C, 600 graaduren, wel scherm	58	'meer dan B'
D. Temperatuurintegratie bandbreedte 11°C, 1000 graaduren, wel scherm	29	'meer dan C'

4.1.12 Freesia

Freesia heeft koele omstandigheden nodig om het gewas goed in bloei te laten komen. De Freesia is oorspronkelijk afkomstig uit bergachtige gebieden in Zuidelijk Afrika. De mogelijkheid om een periode als bol onder de grond te kunnen overbruggen is een aanpassing die planten in staat stelt om droge, hete zomers te overleven. In de natuur bloeien bolgewassen meestal in het vroege voorjaar wanneer de temperaturen nog laag zijn; de groei vindt voornamelijk na de bloei plaats. In de aanloop naar de droge, hete zomer slaat de plant daarbij zo veel mogelijk energie op in de bol. De beschreven effecten van temperatuur op generatieve of vegetatieve groei van Freesia passen in dit beeld. Het onderzoek naar effecten van temperatuur op de groei en ontwikkeling van Freesia relatief oud (Kho & Baer, 1973; Mansour, 1968). Uit deze literatuur wordt duidelijk dat temperatuur een grote invloed heeft op de ontwikkeling van het gewas. Een kastemperatuur van 14°C resulteert in meer bloeistengels dan een kastemperatuur van 20°C (Kho & Baer, 1973). Uit een overzicht van De Lint (1969) blijkt dat Freesia eerder bloeit bij 13°C dan bij 20°C, terwijl bij blootstelling aan 31°C de bloei compleet kan uitblijven. De biomassa-productie van de knollen neemt toe bij een hogere temperatuur, terwijl enkele weken blootstelling aan 5°C het in bloei komen versnelde. Het proces

van in bloei komen bleek ook afhankelijk van het lichtniveau: hoe meer licht, des te sneller in bloei (De Lint, 1969). De dagtemperatuur heeft een grotere invloed op de ontwikkeling dan de nachttemperatuur, zowel op de ontwikkeling als op de groei (Mansour, 1968).

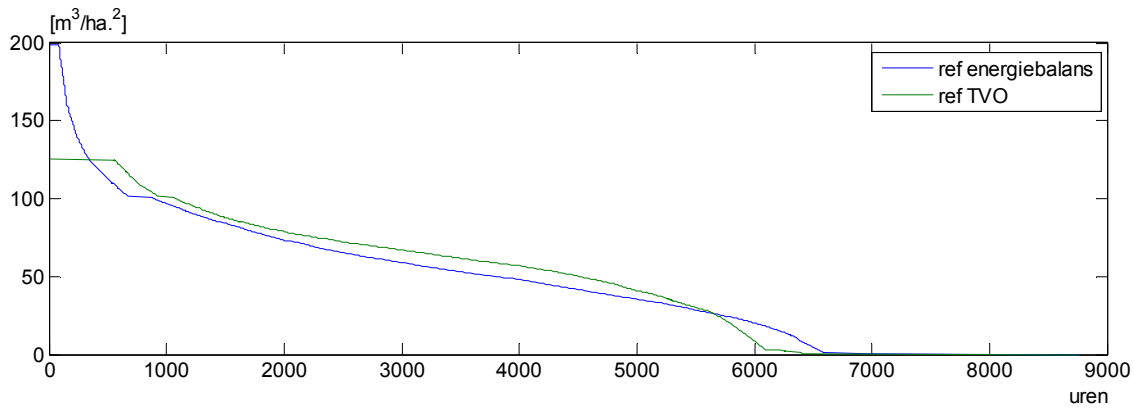
De omstandigheden waarbij de bovengenoemde onderzoeken zijn uitgevoerd verschillen echter van de huidige teeltwijze. In de huidige teelt wordt grondkoeling toegepast om de bloei te initiëren (Berghoef et al., 1986). Ook is het denkbaar dat door veredeling de moderne rassen meer zijn gaan verschillen van de oorspronkelijke wilde soorten. Uit recent onderzoek naar temperatuurintegratie (Grashoff, 2004) en temperatuurintegratie met schermgebruik (Janse et al., 2003) blijkt dat temperatuurintegratie goed kan worden toegepast in de Freesia-teelt. Freesia was, net als sla, een van de proefgewassen in de proef waarvan ook resultaten in table 8 zijn gerapporteerd. De bandbreedte van de temperatuurintegratie was 8°C en 11°C, waarbij de kasttemperatuur respectievelijk varieerde tussen 4 en 12 °C en 3 tot 14°C. De integratie werd zowel per dag als op weekbasis uitgevoerd. De productie van het gewas bij een bandbreedte van 8°C was goed, zelfs iets hoger dan de behandelingen zonder temperatuurintegratie. Echter, de productie met een bandbreedte van 11°C was minder goed en de kwaliteit was iets minder door het optreden van pokken (*Botrytis*) en een 'zacht' gewas. Bij temperatuurintegratie met een bandbreedte van 11°C was de productie bij twee van de drie cultivars lager dan bij een bandbreedte van 8°C. Deze problemen hebben waarschijnlijk met de extreme bandbreedte voor temperatuurintegratie te maken en niet met kouval; uit Tabel 8 lijkt immers dat bij de meest extreme temperatuurintegratie-behandeling relatief weinig kouval optrad. Bij de combinatie die het grootste aantal dagen kouval opleverde is geen negatief effect op productie of kwaliteit gerapporteerd. Hoewel er nog niet zo lang geleden wel onderzoek is uitgevoerd naar effecten van temperatuur en DROP bij siergewassen (Moe & Heins, 2000; Myster & Moe, 1995), is er over het specifieke effect van DROP of kouval op de biomassa-productie en de gewasontwikkeling van Freesia niets gevonden in de literatuur.

4.2 Resultaten Simulatieberekeningen

Als uitgangspunt voor de simulatieberekeningen zijn de gegevens van het in 2000 uitgevoerde project 'energie in kentallen' gebruikt. Vervolgens zijn deze gegevens voor tomaat, sla en Freesia aangepast aan de hand van de interviews die in 2006 bij ondernemers van deze gewassen zijn gehouden (zie Bijlage II). Dit omdat tussen 2000 en nu er behoorlijke verschillen in de bedrijfsvoering zijn ontstaan. Naast deze 'algemene' punten die sectorbreed worden toegepast, zijn heel veel setpoints bedrijfsspecifiek, wat een vergelijking moeilijk maakt. Om een algemene indruk te geven is per gewas een jaarbelastingduurkromme van de uurlijkse gasafname per ha weergegeven. De belangrijkste verschillen met de situatie in 2000 zijn per gewas in het kort hieronder aangegeven:

Tomaat

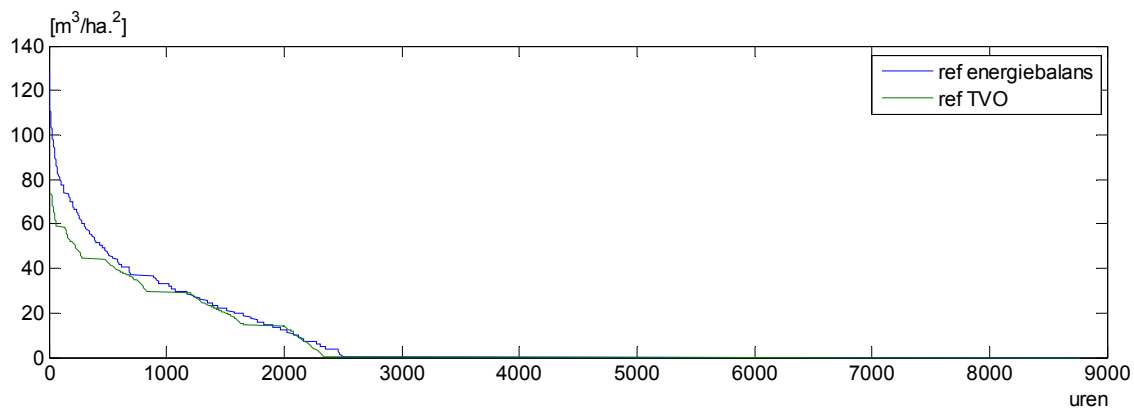
- De contractcapaciteit was destijds 200 m³/ha/uur. In Figuur 7 is ter vergelijking de uurlijkse gasafname van tomaat van de referentiecasse van het project temperatuurverlaging in de ochtend (ref TVO) en energie in kentallen (ref energiebalans) weergegeven, waaruit blijkt dat er door de verlaging van de contractcapaciteit een behoorlijke verandering is opgetreden.
- Met scherm werd in 2000 na 1 januari al geopend bij 5 W/m² globale straling.
- Het vochtsetpoint is tegenwoordig lager ingesteld (vochtdeficiet van 2 gr/m³ jaarrond).
- De minimumbuis temperatuur werd destijds hoger (45 °C) ingesteld en minder snel afgebouwd, zowel in de tijdsduur als op het stralingstraject.
- Een open bufferregeling zorgt er tegenwoordig voor dat er bij een beperkt gasverbruik tijdelijk toch een grote warmteafgifte kan plaatsvinden (piekscheren).



Figuur 7 De uurlijkse gasafname ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{u}$) bij een verlaagde contractcapaciteit in de referentiestrategie van het project 'Temperatuurverlaging in de ochtend' (ref TVO) in vergelijking met de referentie van het project 'Energie in kentallen' (ref energiebalans) voor de tomatenteelt.

Sla

- De contractcapaciteit was in het jaar 2000 $180 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{uur}$. In Figuur 8 is ter vergelijking de uurlijkse gasafname van sla van de referentiecasse van het project temperatuurverlaging in de ochtend (ref TVO) en energie in kentallen (ref energiebalans) weergegeven, waaruit blijkt dat er door de verlaging van de contractcapaciteit een behoorlijke verandering is opgetreden.
- Er was destijds geen scherm aanwezig
- De setpoints voor het verwarmen van de kas werden een groot deel van het seizoen op een wat hogere temperatuur ingesteld (jaarrond dagtemperatuur van 11 en een nachttemperatuur van 7 °C).



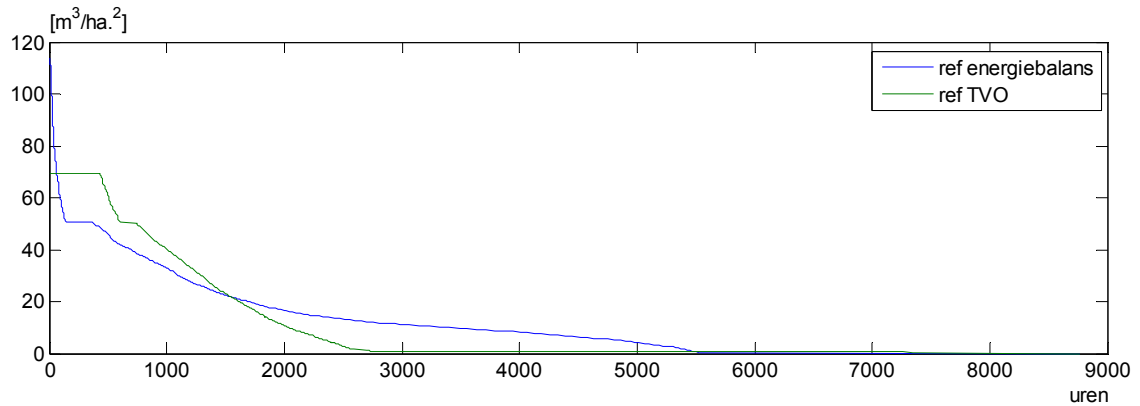
Figuur 8 De uurlijkse gasafname ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{u}^1$) bij een verlaagde contractcapaciteit in de referentiestrategie van het project 'Temperatuurverlaging in de ochtend' (ref TVO) in vergelijking met de referentie van het project 'Energie in kentallen' (ref energiebalans) voor de slateelt.

Freesia

- De contractcapaciteit was in het jaar 2000 $113 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{uur}$. In Figuur 9 is ter vergelijking de uurlijkse gasafname van Freesia van de referentiecasse van het project temperatuurverlaging in de ochtend (ref TVO) en energie in

kentallen (ref energiebalans) weergegeven, waaruit blijkt dat er door de verlaging van de contractcapaciteit een behoorlijke verandering is opgetreden.

- Een open bufferregeling zorgt er tegenwoordig voor dat er bij een beperkt gasverbruik tijdelijk toch een grote warmteafgifte kan plaatsvinden (piekscheren)



Figuur 9 De uurlijkse gasafname ($m^3/ha/u$) bij een verlaagde contractcapaciteit in de referentiestrategie van het project 'Temperatuurverlaging in de ochtend' (ref TVO) in vergelijking met de referentie van het project 'Energie in kentallen' (ref energiebalans) voor de Freesia-teelt.

De verschillen zijn groot, maar er zijn zeker ook punten van overeenkomst. Zowel bij de Freesia- als bij de tomatenteelt, zijn de maximale CO_2 -doseringniveaus van respectievelijk 50 en $100 m^3/ha/uur$ goed te herkennen.

De resultaten van de in dit project doorgerekende cases en varianten zijn in de volgende paragrafen samengevat. Het totaaloverzicht met alle resultaten is in Bijlage I opgenomen.

4.2.1 Tomaat

In Tabel 9 zijn de resultaten van de simulatiestudie tomaat opgenomen. Alle varianten van scherm- en stookinstellingen zijn doorgerekend met en zonder een open buffer (mob en zob). De varianten:

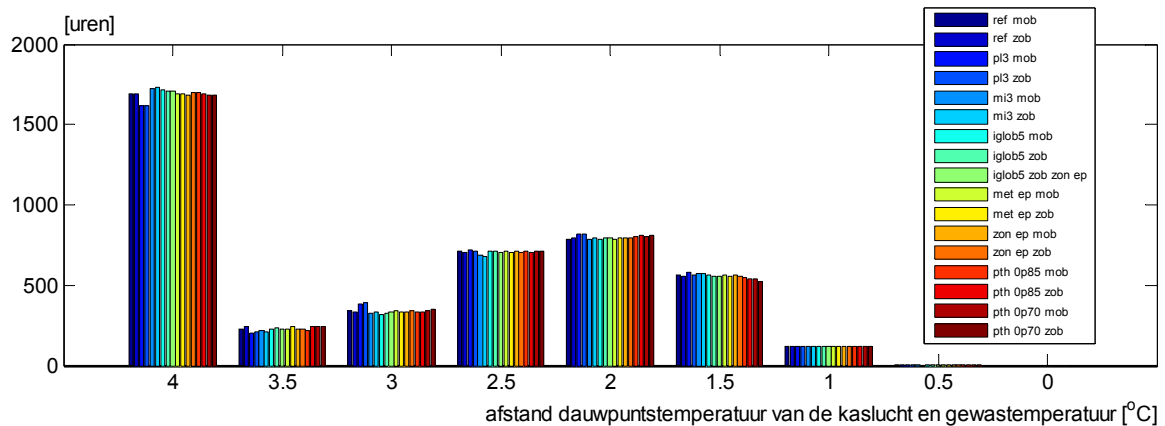
- grenswaarde buitentemperatuur voor scherm openen $3^\circ C$ verhoogd (pl3) of verlaagd (mi3)
- grenswaarde instraling $5 W/m^2$; extra ook zonder voorstoken (zon_ep)
- met of zonder voorstoken (met_ep of zon_ep)
- contractcapaciteit met 15 of 30% verlaagd (pth_Op85 en pth_op70)

Tabel 9 Overzicht resultaten tomaat.

Case	Gasgebruik m ³ /m ²	Schermuren uur	Uren overschrijding setpoint RV uur	Totaal aantal uren onder setpoint (<0.2) uur	Totaal aantal dagen onder setpoint dag	PAR lichtsom op jaarbasis MJ/m ²	PAR lichtsom tijdens alle uren dat het scherm in case met meeste dagschermuren gesloten is geweest MJ/m ²	Aantal dagen dat scherm geopend wordt dag	Gemiddelde koudeval °C
<i>Referentiestrategie (ref), met of zonder open buffer (mob, zob)</i>									
ref_mob	42.2	1488	2080	712	1	1259	12.0	105	0.92
ref_zob	41.9	1488	2061	747	4	1259	12.0	108	0.93
<i>Hogere (pl3) of lagere (mi3) temperatuurgrens voor openen scherm, met of zonder open buffer (mob, zob)</i>									
pl3_mob	40.5	2141	2115	674	0	1258	11.3	95	0.95
pl3_zob	40.3	2141	2089	713	3	1258	11.3	98	0.96
mi3_mob	44.6	771	2073	751	2	1260	13.1	63	1.10
mi3_zob	44.3	772	2060	833	11	1260	13.1	64	1.10
<i>Scherm openen bij 5 W/m² (lglob5), met of zonder (zon_ep) voorstoken, met of zonder open buffer (mob, zob)</i>									
iglob5_mob	43.1	1239	2073	751	1	1262	14.1	115	1.03
iglob5_zob	42.8	1239	2061	853	15	1262	14.1	115	1.07
iglob5_zob_zon_ep	42.7	1239	2061	888	13	1262	14.1	113	1.11
<i>Met met_ep) of zonder (zon_ep) voorstoken, met of zonder open buffer (mob, zob)</i>									
met_ep_mob	42.2	1488	2080	712	1	1259	12.0	105	0.92
met_ep_zob	41.9	1488	2061	747	4	1259	12.0	108	0.93
zon_ep_mob	42.1	1488	2078	746	1	1259	12.0	103	0.99
zon_ep_zob	41.8	1488	2063	775	4	1259	12.0	106	1.00
<i>Contractcapaciteit verlaagd met 15% (pth_Op85) en met 30% (pth_Op70), met of zonder open buffer (mob, zob)</i>									
pth_Op85_mob	42.1	1488	2072	798	8	1259	12.0	107	0.93
pth_Op85_zob	41.8	1488	2064	945	21	1259	12.0	108	0.94
pth_Op70_mob	42.1	1488	2074	1123	30	1259	12.0	105	0.94
pth_Op70_zob	41.4	1489	2073	1410	48	1259	12.0	107	0.97

De resultaten laten zien dat de gemiddelde koude bij enkele varianten tot 20% hoger was dan in de referentie (het gaat dan om gemiddeld 0.2 °C). Dit zijn typisch de varianten waarbij het scherm eerder geopend wordt (bij een lagere licht- of temperatuurgrens). Openen bij een lagere lichtgrens kost 1.5 – 2% extra energie, openen bij een 3°C lagere buitentemperatuur zelfs 5% meer. Ondanks dat is het aantal uren per jaar dat het temperatuursetpoint niet wordt gehaald duidelijk hoger. Hier is een effect van de open bufferregeling te zien: met open buffer scheelt het 5%, zonder zelfs 20%. Het verminderde aantal schermuren bleek relatief er weinig effect op de totale lichtsom op het gewas en op het aantal uren dat het RV-setpoint werd overschreden.

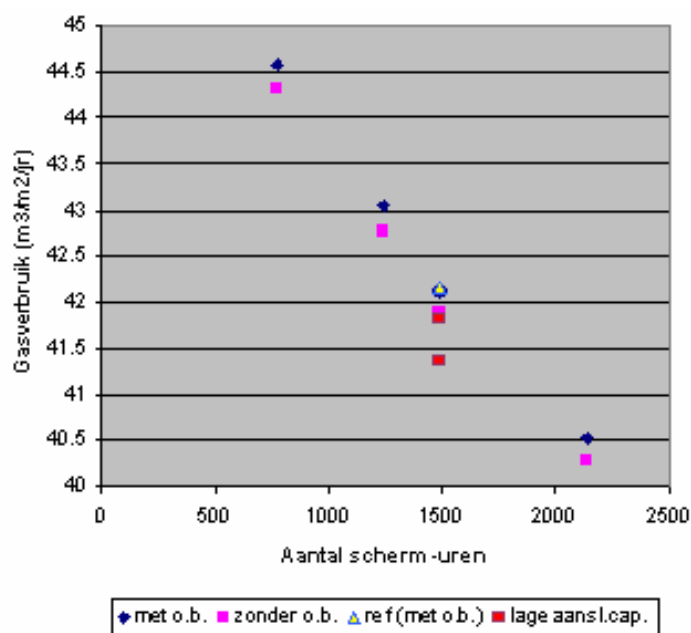
Bij varianten met meer schermuren (pl3-mob en zob) was grotendeels het tegenovergestelde effect te zien: ca. 4% energiebesparing ofwel 1.9 m³/m²/jr, en (in combinatie met een open bufferregeling) een vermindering van het aantal uren dat het temperatuursetpoint niet wordt gehaald. Tegelijk is er een beperkte toename van het aantal uren



Figuur 10 Afstand tussen de dauwpunttemperatuur van de kaslucht en de gewastemperatuur (°C) bij tomaat en het aantal uren per jaar dat deze afstanden in de simulatieberekeningen zijn voorgekomen, per doorgerekende case. In de resterende uren van het jaar waren de afstanden nog groter. In elke groep staan de twee meest linkse paaltjes voor de referentie, resp. met en zonder open buffer.

dat het RV-setpoint wordt overschreden (1.7 resp. 0.4% toename). De cases waarin meer is geschermd leiden vooral tot een toename van het aantal uren dat de gewastemperatuur 1.5 tot 3°C boven het dauwpunt zit (Figuur 10). In een kas met een redelijke temperatuurverdeling is dit gebied nog veilig te noemen. Het effect op de totale lichtsom op het gewas blijft ruim beneden de 1%. Opmerkelijk genoeg is er geen afname van de gemiddelde diepte van de kouval gevonden. Dit effect is te verklaren als gevolg van het feit dat er minder gevallen van kouval optreden; vooral de meer extreme gevallen blijven over. Gemiddeld blijft deze kouval ruim beneden de drempel waarop zelfs bij een jong gewas meetbare effecten zijn te verwachten.

Uit onderstaande grafiek (Figuur 11) blijkt dat van de onderzochte factoren het aantal schermuren verreweg het grootste effect heeft op het energieverbruik (lichtgekleurde driehoekje is de referentie). De open bufferregeling zorgt voor een toename van het energieverbruik met 0.3 m³/m²/jr. Dit komt doordat de gemiddelde temperatuur van de buffer wat hoger is waardoor het warmteverlies wat groter is. Een verlaging van de aansluitcapaciteit met 30% zorgt voor een duidelijk verminderd energieverbruik, maar leidt ook tot een flinke toename van het aantal dagen dat het setpoint niet wordt gehaald.



Figuur 11 Relatie gasverbruik en schermuren per jaar voor tomaat.

4.2.2 Freesia

In Tabel 10 zijn de resultaten van de simulatiestudie Freesia samengevat. Alle varianten van scherm- en stookinstellingen zijn doorgerekend met en zonder een open buffer (mob en zob). De varianten:

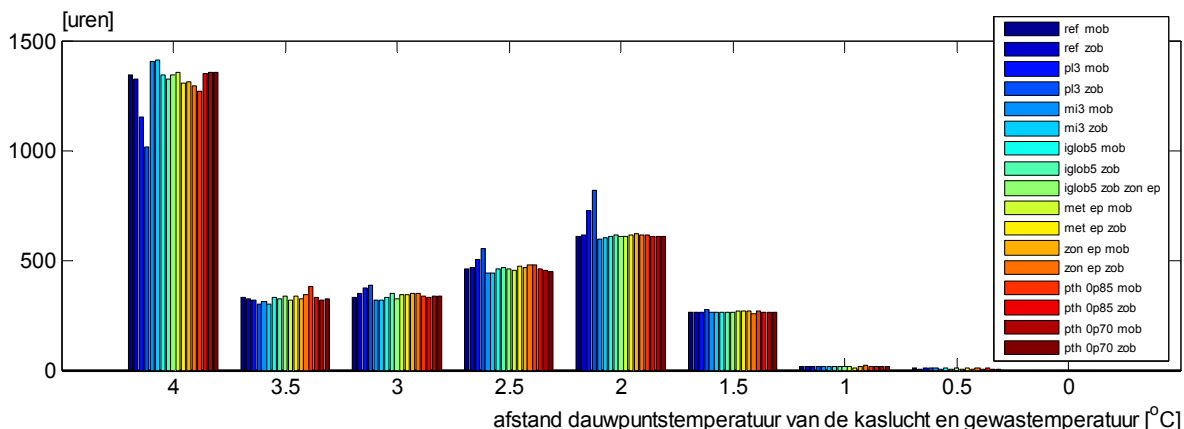
- grenswaarde buitentemperatuur voor scherm openen 3°C verhoogd (pl3) of verlaagd (mi3)
- grenswaarde instraling 5 W/m²; extra ook zonder voorstoken (zon_ep)
- met of zonder voorstoken (met_ep of zon_ep)
- contractcapaciteit met 15 of 30% verlaagd (pth_Op85 en pth_op70)

Tabel 10 Overzicht van de resultaten van de simulatieberekeningen voor Freesia.

Case	Gasgebruik [m ³ /m ²]	Schermuren [-]	Uren overschrijding setpoint RV [-]	Totaal aantal uren onder setpoint (<0.2) [-]	Totaal aantal dagen onder setpoint [-]	PAR lichtsom op jaarbasis [MJ/m ²]	PAR lichtsom tijdens alle uren dat het scherm in case met meeste dagschermuren gesloten is geweest [MJ/m ²]	Aantal dagen dat scherm geopend wordt [-]	Gemiddelde koudeval [°C]
<i>Referentiestrategie (ref), met of zonder open buffer (mob, zob)</i>									
ref_mob	9.0	185	338	307	0	760	0.52	32	1.22
ref_zob	8.9	186	337	327	0	760	0.52	32	1.21
<i>Hogere (pl3) of lagere (mi3) temperatuurgrens voor openen scherm, met of zonder open buffer (mob, zob)</i>									
pl3_mob	7.4	640	336	261	0	760	0.45	56	1.01
pl3_zob	7.3	641	334	232	0	760	0.45	56	0.96
mi3_mob	9.8	25	338	350	1	760	0.55	3	1.26
mi3_zob	9.5	25	337	452	4	760	0.55	3	1.30
<i>Scherf openen bij 5 W/m² (lglob5), met of zonder (zon_ep) voorstoken, met of zonder open buffer (mob, zob)</i>									
iglob5_mob	9.0	183	339	308	0	760	0.53	32	1.24
iglob5_zob	8.9	184	337	353	1	760	0.53	32	1.24
iglob5_zob_zon_ep	8.9	184	337	352	1	760	0.53	32	1.24
<i>Met met_ep) of zonder (zon_ep) voorstoken, met of zonder open buffer (mob, zob)</i>									
met_ep_mob	9.0	185	338	307	0	760	0.52	32	1.22
met_ep_zob	8.9	186	337	327	0	760	0.52	33	1.21
zon_ep_mob	9.0	185	338	305	0	760	0.52	32	1.23
zon_ep_zob	8.9	186	337	352	1	760	0.52	32	1.21
<i>Contractcapaciteit verlaagd met 15% (pth_Op85) en met 30% (pth_Op70), met of zonder open buffer (mob, zob)</i>									
pth_Op85_mob	9.0	186	336	300	0	760	0.52	32	1.21
pth_Op85_zob	8.8	186	336	389	3	760	0.52	33	1.17
pth_Op70_mob	8.9	186	338	375	0	760	0.52	32	1.17
pth_Op70_zob	8.6	186	337	529	6	760	0.52	33	1.19

De gemiddelde koude was bij enkele varianten iets groter dan in de referentie. Dit zijn typisch de varianten waarbij het scherm eerder geopend wordt (bij een lagere licht- of temperatuurgrens). Omdat de koude in de referentie-behandeling vrij bescheiden is in absolute getallen gaat het slechts om 0.3 – 0.4 °C. Ondanks dat is het aantal uren per jaar dat het temperatuursetpoint niet wordt gehaald duidelijk hoger. Hier is een effect van de open bufferregeling te zien: met open buffer is de toename 43 uren, zonder buffer 145 uren. Het verminderde aantal schermuren bleek relatief weinig effect op de totale lichtsom op het gewas en op het aantal uren dat het RV-setpoint werd overschreden.

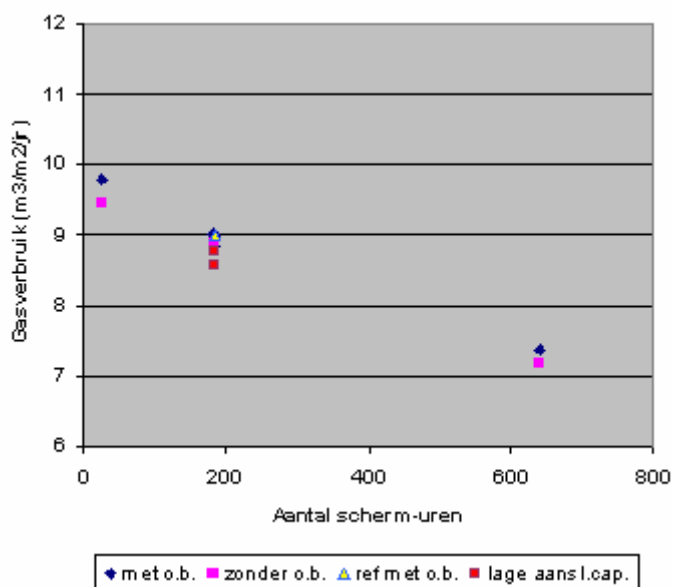
Bij varianten met meer schermuren (pl3-mob en zob) was grotendeels het tegenovergestelde effect te zien: ca. 18-20% energiebesparing (1.6 m³/m²/jr). Bij Freesia leidt dit niet tot een toename van het aantal uren dat het RV-setpoint wordt overschreden. Het effect op de totale lichtsom op het gewas blijft ruim beneden de 1%. Bij Freesia neemt de gemiddelde diepte van de koude af bij verhoging van het temperatuursetpoint voor schermopeningen.



Figuur 12 Afstand tussen de dauwpunttemperatuur van de kaslucht en de gewastemperatuur (°C) bij Freesia en het aantal uren per jaar dat deze afstanden in de simulatieberekeningen zijn voorgekomen, per doorgerekende case. In de resterende uren van het jaar waren de afstanden nog groter. In elke groep staan de twee meest linkse paaltjes voor de referentie, resp. met en zonder open buffer.

De cases waarin meer is geschermd leiden vooral tot een toename van het aantal uren dat de gewastemperatuur 1.5 tot 3°C boven het dauwpunt zit (Figuur 12). In een kas met een redelijke temperatuurverdeling is dit gebied nog veilig te noemen.

Uit onderstaande grafiek (Figuur 13) blijkt dat van de onderzochte factoren het aantal schermuren verreweg het grootste effect heeft op het energieverbruik (lichtgekleurde driehoekje is de referentie). De open bufferregeling zorgt voor een toename van het energieverbruik met 0.3 m³/m²/jr. Dit komt doordat de gemiddelde temperatuur van de buffer wat hoger is waardoor het warmteverlies wat groter is. Een verlaging van de aansluitcapaciteit met 30% zorgt voor een duidelijk verminderd energieverbruik, maar leidt ook tot een flinke toename van het aantal dagen dat het setpoint niet wordt gehaald.



Figuur 13 Gasgebruik en schermuren per jaar voor Freesia.

4.2.3 Sla

In Tabel 11 zijn de resultaten van de simulatiestudie met het gewas sla samengevat. In tegenstelling tot tomaat en Freesia zijn alle varianten van scherm- en stookinstellingen uitsluitend doorgerekend zonder een open buffer (zob), dit in verband met het gebruik van heteluchtkachels in plaats van een systeem met ketel en buffer. De varianten:

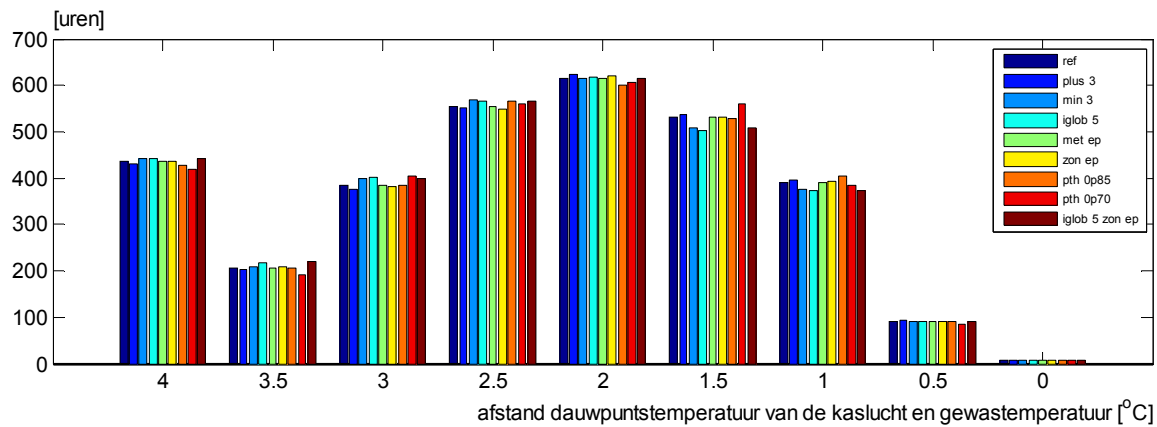
- grenswaarde buitentemperatuur voor scherm openen 3°C verhoogd (pl3) of verlaagd (mi3)
- grenswaarde instraling 5 W/m²; extra ook zonder voorstoken (zon_ep)
- met of zonder voorstoken (met_ep of zon_ep)
- contractcapaciteit met 15 of 30% verlaagd (pth_Op85 en pth_op70)

Tabel 11 Overzicht simulatieresultaten voor sla.

Case	Gasgebruik	Schermuren	Uren overschrijding setpoint RV	Totaal aantal uren onder setpoint (<0.2)	Totaal aantal dagen onder setpoint	PAR lichtsom op jaarbasis	PAR lichtsom tijdens alle uren dat het scherm in case met meeste dagschermuren gesloten is geweest	Aantal dagen dat scherm geopend wordt	Gemiddelde koudeval
	[m ³ /m ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	[MJ/m ²]	[MJ/m ²]	[-]	[°C]
<i>Referentiestrategie (ref)</i>									
Ref	6.7	456	277	449	0.001	1296	6.2	43	1.08
<i>Hogere (pl3) of lagere (mi3) temperatuurgrens voor openen scherm</i>									
pl3	6.6	480	278	446	0	1295	5.5	41	1.09
mi3	6.8	414	277	445	0	1296	6.9	45	1.13
<i>Schermschermen bij 5 W/m² (iglob5) in plaats van 50 W/m², met of zonder (zon_ep) voorstoken</i>									
iglob5	6.8	397	277	455	0	1297	7.2	45	1.16
iglob5_zon_ep	6.8	397	277	455	0	1297	7.2	45	1.06
<i>Met met_ep of zonder (zon_ep) voorstoken</i>									
met_ep	6.7	456	277	449	0	1296	6.2	43	1.08
zon_ep	6.6	456	277	459	0	1296	6.2	43	1.01
<i>Contractcapaciteit verlaagd met 15% (pth_Op85) en met 30% (pth_op70)</i>									
pth_Op85	6.6	456	274	615	0	1296	6.2	43	1.00
pth_op70	6.5	456	269	845	5	1296	6.2	43	1.03

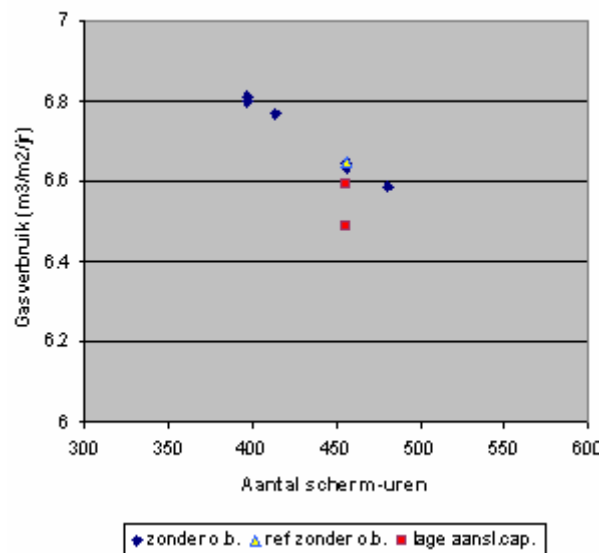
De simulaties hebben bij sla slechts relatief kleine verschillen aan het licht gebracht. Variatie van de temperatuurgrens voor openen van het scherm resulteerde bij sla in geringe verschillen in aantal schermuren. Toch zijn de trends die bij Freesia en tomaat zijn gevonden ook hier aan te wijzen: hogere temperatuurgrens betekent meer schermuren, minder energieverbruik en minder kouval, een lagere temperatuurgrens zorgde voor minder schermuren, meer energieverbruik en meer kouval.

De cases waarin meer is geschermd leiden vooral tot een toename van het aantal uren dat de gewastemperatuur 1.5 tot 3°C boven het dauwpunt zit (Figuur 14). In een kas met een redelijke temperatuurverdeling is dit gebied nog veilig te noemen.



Figuur 14 Afstand tussen de dauwpunttemperatuur van de kaslucht en de gewastemperatuur (°C) bij sla en het aantal uren per jaar dat deze afstanden in de simulatieberekeningen zijn voorgekomen, per doorgerekende case. In de resterende uren van het jaar waren de afstanden nog groter. In elke groep staan de twee meest linkse paaltjes voor de referentie, resp. met en zonder open buffer.

Uit onderstaande grafiek (Figuur 15) blijkt dat van de onderzochte factoren het aantal schermuren wel invloed heeft op het energiegebruik, zij het beperkt.



Figuur 15 Gasgebruik en schermuren per jaar voor sla. Voor sla zijn alleen scenario's zonder open buffer-regeling (o.b.) doorgerekend in verband met het algemene gebruik van heteluchtverwarming in deze teelt.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Literatuuronderzoek

Een systematisch toegepaste tijdelijke temperatuurverlaging (DROP) in de ochtend kan resulteren in wat kortere planten. Jonge planten zijn gevoeliger voor DROP dan een volgroeid gewas. Bij jonge planten kan er ook sprake zijn van groeiremming door minder lichtabsorptie in verband met een verminderde bladstrekking. De grootste gevoeligheid voor DROP treedt op in de eerste uren na zonsopkomst. Het meeste onderzoek naar effecten van DROP zijn uitgevoerd met als doel het aantonen van deze effecten, en flinke temperatuurverlagingen zijn daarom gedurende langere tijd dagelijks toegepast. Kouval als gevolg van het opentrekken van het energiescherm is te vergelijken met DROP, maar met het verschil dat er geen twee dagen precies gelijk zijn. Het lijkt aannemelijk dat een incidenteel of onregelmatig optredende kouval naar verhouding veel minder effect zal hebben dan een systematisch toegepaste DROP. Ook is van temperatuurdalingen kleiner dan 2°C eigenlijk geen effect te verwachten, evenmin als van temperatuurdalingen die buiten de gevoelige periode van de eerste twee of drie uren na zonsopkomst vallen. Voorwaarde is dat de temperatuurdaling in de rest van het etmaal wordt gecompenseerd, zodat er geen effect is op de etmaaltemperatuur.

Bovengenoemde effecten van DROP zijn bij meerdere gewassen beschreven, in ieder geval ook voor tomaat. Voor een jong tomatengewas blijkt dat een DROP groter dan 2.5°C die gedurende meerdere weken achter elkaar optreedt, kan leiden tot enige groeiremming. Vanaf het moment dat de LAI (bladbedekking) hoog genoeg is en in de productiefase zou de gevoeligheid minder kunnen zijn, maar daar zijn geen harde cijfers voor gevonden. Wat betreft kouval bij opening van het energiescherm is het aan te raden om de gemiste temperatuurintegraal te compenseren zodat er geen effect is op de etmaaltemperatuur.

Voor de gewassen sla en Freesia is geen literatuur gevonden die direct betrekking heeft op DROP of kouval. Wat er aan temperatuuffecten bij sla bekend is past in het algemene beeld, en het lijkt daarom redelijk aannemelijk dat sla wat betreft de reactie op DROP geen uitzondering zal zijn. Bij Freesia is niet zozeer de biomassa-productie bepalend als wel het aantal bloeistengels dat wordt gevormd. De trend lijkt hier te zijn dat perioden met koude een stimulerend effect hebben op de vorming van bloeiende takken. Verder geldt in het algemeen dat deze koud geteelde gewassen veel lagere temperaturen verdragen dan een warmtebehoefte gewas als tomaat. Uit de literatuur blijkt dat beide gewassen goed reageren op toepassing van temperatuurintegratie, zowel op etmaal- als op weekbasis. Een bandbreedte van 8°C met een minimale temperatuur van 4°C gaf bij beide gewassen een goed resultaat. In deze proeven was ook sprake van kouval in verband met schermopening, maar dat had kennelijk geen negatieve effecten. Bij temperatuurintegratie met een ruimere bandbreedte van 11°C neemt de kans op kwaliteits- en of ziekteproblemen toe. Voor beide gewassen blijkt dat kouval kan worden getolereerd maar tot welke grenzen precies is niet duidelijk geworden.

5.2 Interviews en simulatiestudie

In vergelijking met de situatie die gold in de tijd dat het onderzoek 'Energiekentallen' werd uitgevoerd hebben zich enkele belangrijke ontwikkelingen voorgedaan wat betreft de technische bedrijfsuitrusting en op het gebied van de regelstrategie rond het moment van schermopening.

- Toepassing van een 'open bufferregeling' heeft op bedrijven die zijn uitgerust met een warmtebuffer de mogelijkheid geopend om bij een beperkte contractcapaciteit tijdelijk toch aan een grote warmtevraag te voldoen.
- Veel meer bedrijven, ook voor koel geteelde gewassen, zijn uitgerust met energieschermen.
- Moderne energieschermen hebben een hoge lichtdoorlatendheid, waardoor het aantal schermuren sterk kon toenemen zonder noemenswaardig lichtverlies.
- Energieschermen worden tegenwoordig pas geopend bij een instralingniveau van 50 W/m² of hoger.

Doordat bij een hoger instralingniveau de bijdrage van de zonnewarmte al flink meetelt is de piek in warmtevraag bij het openen van het scherm veel beperkter dan voorheen. In vrijwel alle gevallen is de open bufferregeling in staat om deze extra warmtevraag op te vangen. Vergelijking met resultaten van simulaties waarbij het scherm al bij 5 W/m^2 wordt geopend laat zien dat de omvang van de tegenwoordige kouval is verminderd ten opzichte van de situatie in het jaar 2000. De kouval bij opening van het scherm is in de moderne situatie beperkt en blijft qua omvang ruim beneden de drempel waarbij fysiologische effecten zijn te verwachten. De resultaten geven aan dat het effect van het later openen van het scherm op de dagelijkse lichtsom in de kas is zeer beperkt is.

Scenarioberekeningen laten zien dat nog enkele procenten extra energie bespaard zou kunnen worden door de temperatuurgrens voor het openen van het energiescherm verder te verhogen, zonder dat dit noemenswaardig licht kost of tot extra vochtproblemen zal leiden.

Met deze bedrijfsuitrusting en instellingen is de contractcapaciteit, met uitzondering van een enkele extreme dag, toereikend om aan de warmtevraag te voldoen. Een verdere verlaging van de contractcapaciteit heeft tot gevolg dat het aantal momenten dat niet aan de warmtevraag kan worden voldaan toeneemt, zonder dat daardoor het jaarverbruik wezenlijk afneemt.

5.3 Algemene conclusies en aanbevelingen

Het gebruik van een energiescherm vergroot de isolatiewaarde van een kas. Hierdoor kost het bij gesloten scherm minder energie om de temperatuur van de kaslucht boven het niveau van de buitenlucht te handhaven. Met de stijging van de energieprijzen van de afgelopen jaren is ook het gebruik van het energiescherm toegenomen. Omdat gemiddeld het koudste moment van het etmaal rond zonsopgang ligt, is een uitgekiende schermstrategie in die periode van belang.

Ten opzichte van referentiestrategieën (zie paragraaf 3.1) die zijn bepaald op grond van interviews met twee telers per gewas, is voor de gewassen tomaat, Freesia en sla berekend dat een verhoging met 3°C van het criterium minimum buitentemperatuur voor openlopen van het scherm kan resulteren in een verdere besparing van het gasverbruik (Tabel 12). Met deze strategie wordt vooral in de koudere ochtenden extra geschermd.

Tabel 12 Effecten van een verhoging van de buitentemperatuurgrens voor openen van het energiescherm met 3°C op het gasverbruik bij tomaat, Freesia en sla.

Gewas	Absoluut ($\text{m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ jr}^{-1}$)	Relatief (%)	Effect schermgebruik (m^3 per 100 u op jaarbasis)
Tomaat	1.7	4	0.30
Freesia	1.6	17.8	0.35
Sla	0.1	1.5	0.24

Bij het gewas Freesia lijkt de percentuele besparing spectaculair, echter het algemene verbruiksniveau bij dit koud geteelde gewas ligt relatief laag. Wel kan worden bevestigd dat de oorspronkelijke doelstelling van deze studie, namelijk 2 – 4% energiebesparing door een effectievere schermstrategie in de ochtend, haalbaar lijkt te zijn.

Op bedrijven die over een warmtebuffer met open bufferregeling beschikken, waaronder het merendeel van de tomaten- en Freesia-bedrijven, geldt dat de extra warmtevraag die optreedt tijdens het open lopen van het scherm kan worden opgevangen door de inzet van warmte uit de buffer. Het maakt hierbij voor het energieverbruik weinig uit of er voorafgaand aan het openen eerst een warmtepuls wordt gegeven of niet. Voor deze teelten kan worden geconcludeerd dat het probleem van het overschrijden van de aansluitcapaciteit van het gascontract rond het openen van het energiescherm tegenwoordig niet meer speelt. Voor sla bleek het probleem van het tijdelijk niet realiseren van het temperatuursetpoint rond het moment van schermopening vrij beperkt te zijn in verband met de lage teelttemperaturen. Zo leidde het weglaten van de warmtepuls bij het openen van het energiescherm tot slechts

een toename van 0.1% op jaarbasis van het aantal uren dat het setpoint niet werd gehaald, en het verlagen van de contractcapaciteit met 15% tot een toename van 1.9% (resp. 5.2 en 7.0% van de tijd in vergelijking met 5.1% voor de standaardstrategie). In beide gevallen was er overigens geen effect op het realiseren van de gewenste etmaaltemperatuur. Geconcludeerd kan worden dat bij de onderzochte gewassen overschrijding van de aansluitcapaciteit in verband met schermopening geen probleem (meer) is.

Voor geen van de onderzochte gewassen zijn in de literatuur aanwijzingen gevonden dat er schade of groeiremming te is verwachten van de kouval van gemiddeld ca 1°C die optreedt tijdens het openen van het energiescherm.

De berekeningen laten verder zien dat de extra afname van het licht als gevolg van de verhoogde temperatuurgrens voor elk van de gewassen verwaarloosbaar is, vooral wanneer een modern, 90% transparant scherm wordt gebruikt dat niet vervuild is.

Intensivering van het schermgebruik bleek te leiden tot een toename van het vochtgehalte van de kaslucht. Uit de simulaties bleek echter dat de standaard maatregelen voor vochtbeheersing afdoende waren om voldoende verschil tussen de gewastemperatuur en de condensatietemperatuur van de kaslucht te handhaven. Wanneer er echter sprake zou zijn van aanzienlijke temperatuurverschillen in de kas dan neemt de kans op gewascondensatie enigszins toe. In dat geval zullen de benodigde extra vochtbeheersingsmaatregelen de energiewinst weer teniet doen. Voor gewassen die gevoelig zijn voor vocht (tomaat, sla) is een homogene temperatuurverdeling in de kas dus een voorwaarde voor energiezuinig schermgebruik.

De algemene conclusies die uit deze studie naar voren komen luiden:

- van de kouval rond het moment van schermopening is waarschijnlijk geen schade of groeiremming te verwachten;
- bij de onderzochte gewassen speelt het probleem van overschrijding van de aansluitcapaciteit van het gascontract niet;
- door verhoging van de temperatuurgrens voor het openen van het scherm met 3°C (en opzichte van de referentiestrategie in deze studie, zie paragraaf 3.1) zou bij Tomaat en Freesia nog bijna 2 m³ gas per m² per jaar kunnen worden bespaard. Bij sla bleek deze verhoging nauwelijks effect te hebben.
- Voorwaarde voor het realiseren van deze besparing is een homogene temperatuurverdeling in de kas.
- Bij toepassing van een schoon, transparant energiedoek is de extra lichtafname ten opzichte van de referentiestrategie te verwaarlozen.

6 Literatuur

- Atwell, B.J., P.E. Kriedemann & C.G.N. Turnbull, 1999.
Ecophysiology in natural and managed communities. Temperature: a driving variable for plant growth and development. // *Plants in action: adaptation in nature, performance in cultivation*. pp. 436-458. MacMillan Education Australia, South Yarra.
- Berghoef, J., J.W.F. Melcherts, J.A.M. Mourits & A.P. Zevenbergen, 1986.
Effect of temperature on initiation and development of Freesia flowers. *Acta-Horticulturae* 177, 636.
- Berry, J.A. & J.K. Raison, 1981.
Responses of macrophytes to temperature. // *Physiological plant ecology I: Responses to the physical environment*, Eds O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond & H. Ziegler. pp. 277-338. Springer, Berlin.
- Bertram, L., 1992.
Stem elongation of *Dendranthema* and tomato plants in relation to day and night temperatures. *Acta Horticulturae* 327, 61-69.
- Bierhuizen, J.F., J.L. Ebbens & N.C.A. Koomen, 1973.
Effects of temperature and radiation on lettuce growing. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 21, 110-116.
- Buwalda, F., 1996.
Mogelijkheden voor energiebesparing door temperatuurintegratie bij siergewassen. Intern verslag 26, Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, 60 pp.
- Caporn, S.J.M., D.W. Hand, T.A. Mansfield & A.R. Wellburn, 1994.
Canopy photosynthesis of CO₂-enriched lettuce (*Lactuca sativa* L.): Response to short-term changes in CO₂, temperature and oxides of nitrogen. *New Phytologist* 126, 45-52.
- De Koning, A.N.M., 1990.
Long-term temperature integration of tomato. Growth and development under alternating temperature regimes. *Scientia Horticulturae* 45, 117-127.
- De Zwart, H.F., V. Mohammadkhani & J.J. Breuer, 2004.
Energiezuinige koudeproductie systemen voor (semi) gesloten kassen. *Agrotechnology & Food Innovation*, Wageningen. 45 p.
- Dieleman, A., E. Raaijmakers & E. Meinen, 2005.
Temperatuuronderzoek bij tomaat: effect van een tijdelijke temperatuurverlaging (DROP) op groei, ontwikkeling en productie. *Plant Research International*, Wageningen. 42 p.
- Dieleman, A. & F. Kempkes, 2005.
Schermen in de tomaten teelt: mogelijkheden en beperkingen. *Plant Research International*, Nota 359, Wageningen, 89p.
- Dik, A.J. & J.P. Wubben, 2004.
Epidemiology of *Botrytis cinerea* diseases in greenhouses. // *Botrytis: biology, pathology and control*, Eds Y. Elad, B. Williamson, P. Tudzunski & N. Delen. pp. 319-333. Kluwer, Dordrecht.
- Dueck, T., A. Elings, F. Kempkes, P. Knies, N.v.d. Braak, N. Garcia, G. Heij, J. Janse, R. Kaarsemaker, P. Korsten, R. Maaswinkel, F.v. Noort, M. Ruijs, C. Reijnders & R. v.d. Meer, 2004a.
Energie in kengetallen: op zoek naar een nieuwe balans: basisdocument. *Plant Research International*, Wageningen. 104, [150] p; p.
- Dueck, T., A. Elings, F. Kempkes, P. Knies, N.v.d. Braak, N. Garcia, G. Heij, J. Janse, R. Kaarsemaker, P. Korsten, R. Maaswinkel, M. Ruijs, C. Reijnders & R. v.d. Meer, 2004b.
Energie in kengetallen: zoek naar een nieuwe balans. *Plant Research International*, Wageningen. 38 p; p.
- Elad, Y., D. Shtienberg, H. Yunis & Y. KMahrer, 1992.
Epidemiology of grey mould, caused by *Botrytis cinerea* in vegetables greenhouses. // *Recent advances in Botrytis research: proceedings of the 10th international Botrytis symposium*, Heraklion, Greece, 5 - 10 April 1992, 1992. Eds K. Verhoeff, N.E. Malathrakis & B. Williamson. pp. 272-276.

- Frantz, J.M., N.N. Cometti & B. Bugbee, 2004.
Night temperature has a minimal effect on respiration and growth in rapidly growing plants. *Annals of Botany* 94, 155-166.
- Gertsson, U.E., 1992.
Influence of temperature on shoot elongation in young tomato plants. *Acta Horticulturae* 327, 71-76.
- Goudriaan, J. & H.H.v. Laar, 1994.
Modelling potential crop growth processes: textbook with exercises. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht. 238 p.
- Grashoff, C., 2004.
Temperatuurintegratie kleine gewassen. Plant Research International, Wageningen. 22 p.
- Grimstad, S.O., 1993.
The effect of a daily low temperature pulse on growth and development of greenhouse cucumber and tomato plants during propagation. *Scientia Horticulturae* 53, 53-62.
- Heuvelink, E., 1989.
Influence of day and night temperature on the growth of young tomato plants. *Scientia Horticulturae* 38, 11-22.
- Heuvelink, E. & M. Dorais, 2005.
Crop growth and yield. // *Tomatoes*, Ed E. Heuvelink. pp. 85-144. Cabi, Wallingford.
- Ho, L.C., 1996.
Tomato. // *Photoassimilate distribution in plants and crops: source-sink relationships*, Eds E. Zamski & A.A. Schaffer. pp. 709-728. Marcel Dekker Inc, New York.
- Hurd, R.G. & C.J. Graves, 1984.
The influence of different temperature patterns having the same integral on the earliness and yield of tomatoes. *Acta Horticulturae* 148, 547-554.
- Janse, J., B. Houter, E. Rijpsma & B. Berkhout, 2004.
Temperatuurintegratie op heteluchtbedrijven met sla en radijs: onderzoek 2003-2004. *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving Business Unit Glastuinbouw, Naaldwijk*. 47 p.
- Janse, J., E. Rijpsma & M. Raaphorst, 2003.
Energiebesparing en vermindering van pieken in gasafname bij gewassen met een lage energiebehoefte, *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving Sector Glastuinbouw*, 44 pp.
- Johansson, M. & U.E. Gertsson, 1991.
Personal communications, in Gertsson 1992.
- Jones, H.G., 1992.
Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology. Cambridge University Press, Cambridge. 428 p.
- Kaarsemaker, R.N.R. & E. Van Rijssel, 2003.
Temperatuurgrenzen bij tomaat : productie en opbrengsteffecten van kortere koudeperiodes bij de teelt van tomaat, temperatuurgrenzen en compensatiemogelijkheden. *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving Sector Glastuinbouw, Naaldwijk*. 31 p.
- Khayat, E., D. Ravad & N. Zieslin, 1985.
The effects of various night-temperature regimes on the vegetative growth and fruit production of tomato plants. *Scientia Horticulturae* 27, 9-13.
- Kho, Y.O. & J. Baer, 1973.
The effect of temperature during growth and flowering on the seed set of tetra ploid freesia. *Euphytica* 22, 35-38.
- Mansour, B.M.M., 1968.
Effects of temperature and light on growth, flowering and corm formation in Freesia. Ph.D. Thesis, Veenman, Wageningen. 76 pp.
- Moe, R. & R.D. Heins, 2000.
Thermo- and photomorphogenesis in plants. // *Advances in Floriculture Research. A review presented to mark 75 years of Floriculture Research at the Agricultural University of Norway*, Ed E. Stromme. pp. 52-64. Agricultural University of Norway, Norway.

- Myster, J. & R. Moe, 1995.
Effect of diurnal temperature alternations on plant morphology in some greenhouse crops - a mini review.
Scientia Horticulturae 62, 205-215.
- Ploeg, A. van der, H.G. Smid & E. Heuvelink, E. 2005.
Cultivar Differences in Temperature Demand of Cut Chrysanthemum. *Acta Horticulturae* 691: 91 - 98.
- Rijdsdijk, A.A., 2000.
Temperatuurgrenzen aan de teelt van tomaat bij minimaliseren van de gasaansluitwaarde. Fase 1: voorstudie temperatuurval en technische oplossingen. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente vestiging Naaldwijk, Naaldwijk. 23 p.
- Ritchie, J.T. & D.S. NeSmith, 1991.
Temperature and crop development. *In* Modeling plant and soil systems, Eds J. Hanks & J.T. Ritchie. pp. 5-30.
American Society of Agronomy, Madison.
- Ruijs, M.N.A., C.E. Reijnders, F.L.K. Kempkes & M.H. Esmeijer, 2005.
Evaluatie van schermgebruik in de praktijk: een kwantitatieve en kwalitatieve analyse. Lei, Den Haag. 94 p.
- Runkle, E.S. & S. Pearson, 1998.
Phytochrome A does not mediate reduced stem extension from cool day-temperature treatments. *Physiologia Plantarum* 104, 596-602.
- Swinkels, G.L.A.M., J.P.G. Huijs & H.F. De Zwart, 2000.
Standaard teelten. IMAG, Wageningen 44 p.
- Wiebe, H.J. & H.P. Lorenz, 1982.
Temperaturführung bei Kopfsalat im Gewächshaus. Auswirkung auf Photosynthese und Wachstum. *Deutscher Gartenbau* 4, 146-148.
- Yunis, H., D. Shtienberg, Y. Elad & Y. Mahrer, 1994.
Qualitative approach for modelling outbreaks of grey mould epidemics in non-heated cucumber greenhouses.
Crop Protection 13, 99-104.
- Zimmer, K. & W. Preil, 1987.
Temperaturtolerante Chrysanthemen-Sorten. *Deutsch. Gartenb.* 33:1938-1941.

Bijlage I

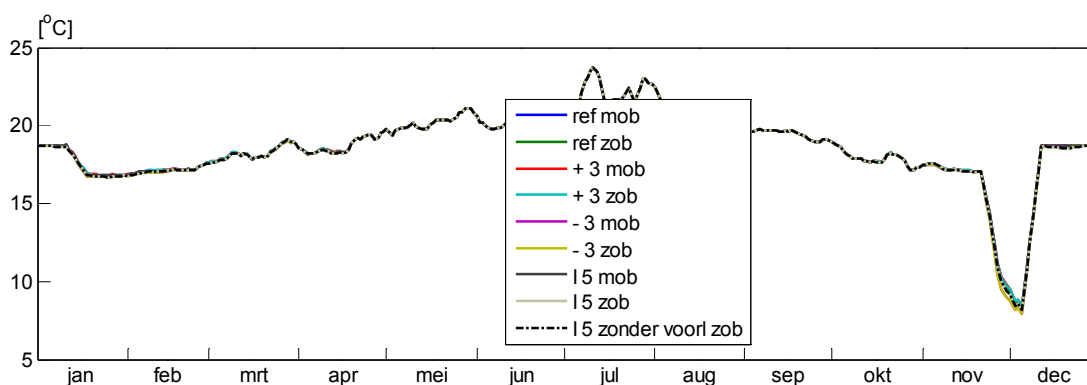
Gedetailleerde beschrijving van de simulatieresultaten

1 Tomaat

De resultaten zullen voornamelijk in grafiek- en tabelvorm worden gepresenteerd. In dit hoofdstuk zullen de resultaten van de berekeningen met een tomatengewas besproken worden. De referentie is gebaseerd op de in paragraaf 2.3 beschreven teelt.

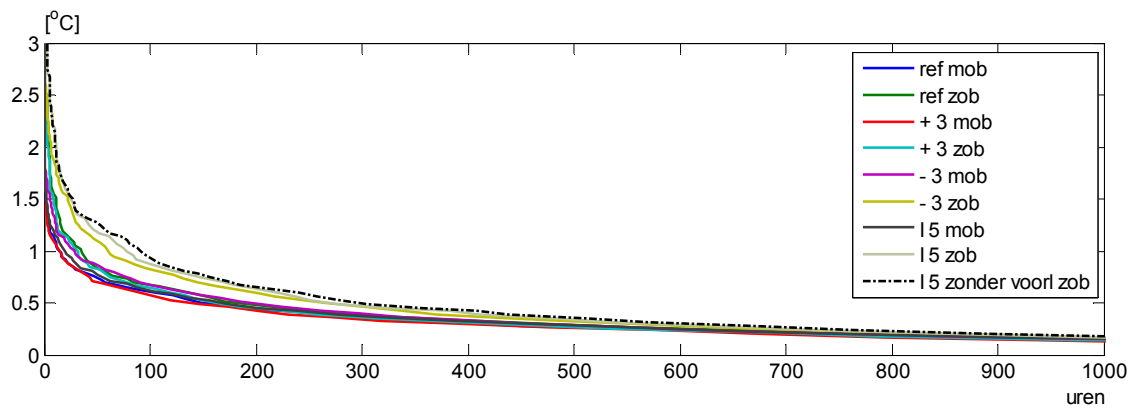
2 CASE A

In Figuur 1 is voor alle 9 varianten van case A jaarrond het verloop van de gerealiseerde etmaaltemperatuur gepresenteerd. De in de legenda gebruikte afkortingen zijn in paragraaf 3.1 beschreven.



Figuur 1 Verloop gerealiseerde etmaaltemperatuur.

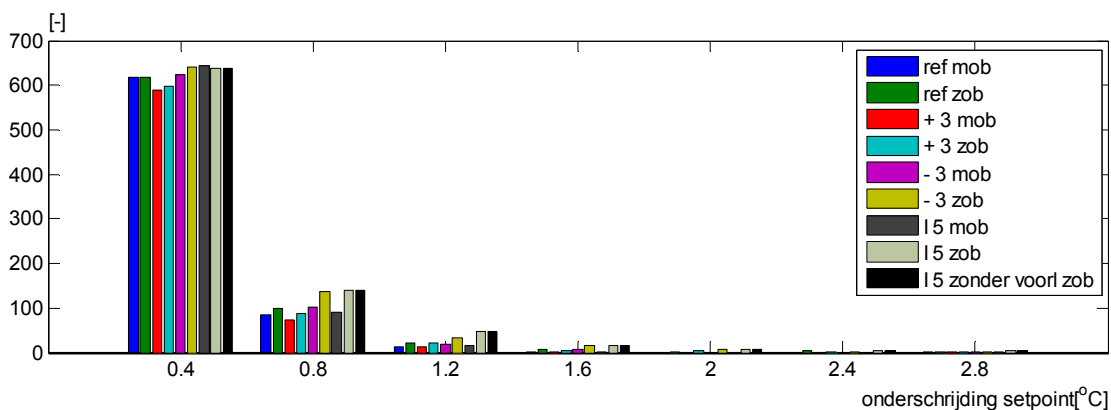
De gevolgen van de deze regelingen op de gerealiseerde etmaaltemperaturen zijn marginaal. Om dat beter inzichtelijk te maken, is in het volgende figuur een jaarbelastingduurkromme van de 1^e 1000 uur weergegeven van het verschil tussen het setpoint verwarming en de gerealiseerde kasluchttemperatuur. Een jaarbelastingduurkromme is een grafische weergave van een op aflopende volgorde gesorteerde variabele. In dit geval is de variabele het temperatuurverschil tussen het setpoint verwarmen en de gerealiseerde kasluchttemperatuur. Een jaar kent 8760 uur. Door de temperatuurverschillen van alle uren op volgorde te sorteren ontstaat een jaarbelastingduurkromme (JBDK).



Figuur 2 Jaarbelasting duurkromme van de overschrijding van het setpoint verwarmen door de kasluchttemperatuur.

Figuur 2 maakt duidelijk dat de cases waar het scherm eerder geopend wordt terwijl er ook geen open buffer systeem aanwezig is duidelijk meer uren met een forse overschrijding van het setpoint verwarmen kent. In dit geval geeft de variant die de oude situatie representeert, waarbij het scherm geopend wordt zodra het licht wordt (l5 zonder voorl. zob) meer uren met een forse overschrijding van het setpoint verwarmen. De capaciteit van het verwarmingssysteem is echter zodanig dat overschrijding met meer dan 0.5 °C minder dan 300 uur per basis voorkomt.

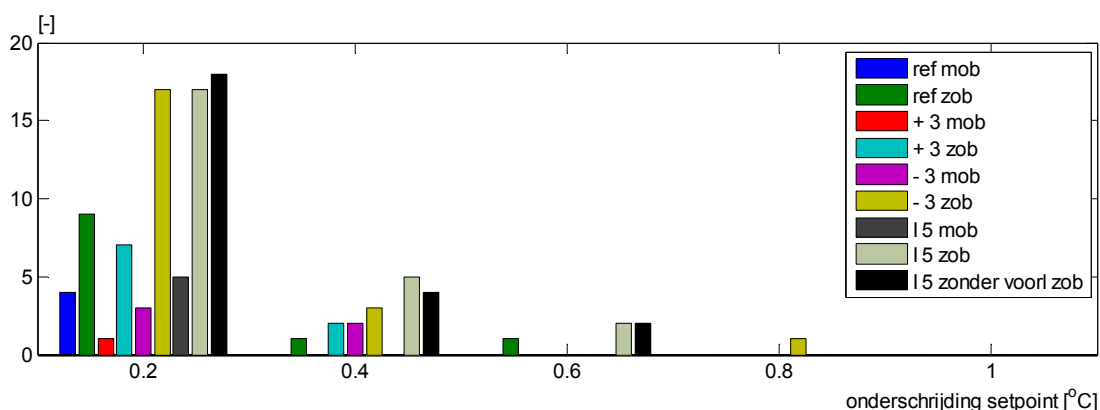
In onderstaand Figuur 3 is een histogram gemaakt van het aantal uren dat de gerealiseerde kasluchttemperatuur onder het setpoint verwarmen blijft. Omdat een regeling zorgt dat de kasluchttemperatuur veel uren rondom het setpoint verwarmen ligt, zijn alleen die uren geteld waarbij de gerealiseerde kasluchttemperatuur meer dan 0.2 onder het setpoint verwarmen blijft. De op de x-as gepresenteerde waarden zijn de klasse middens; bijv. bij 0.4 zijn de uren weergegeven dat de overschrijding van de gerealiseerd kasluchttemperatuur tussen 0.2 en 0.6 °C bedroeg.



Figuur 3 Histogram van de uren met overschrijding de gerealiseerde kasluchttemperatuur van het setpoint verwarmen.

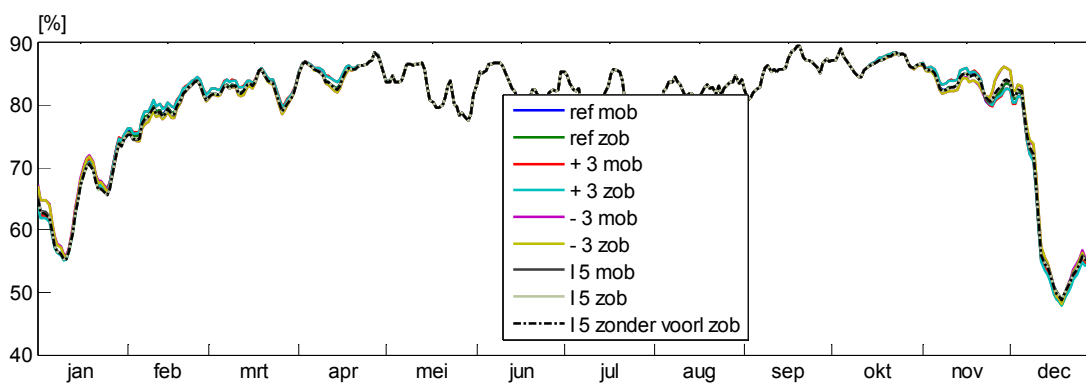
Figuur 3 laat zien dat de varianten zonder open buffer (zob) meestal iets meer uren met een overschrijding hebben. Voor het gewas hoeft een kortstondige overschrijding van het setpoint verwarmen niet problematisch te zijn. Meer belang moet worden gehecht aan de etmaaltemperatuur. In Figuur 4 is een histogram weergegeven van de het

aantal dagen dat de gerealiseerde kasluchttemperatuur op dagbasis onder de etmaaltemperatuur van het setpoint verwarmen heeft gelegen. Hierbij is een minimum van 0.1 °C aangehouden.



Figuur 4 Histogram van de dagen met onderschrijding van de gerealiseerde kasluchttemperatuur ten opzichte van het setpoint verwarmen.

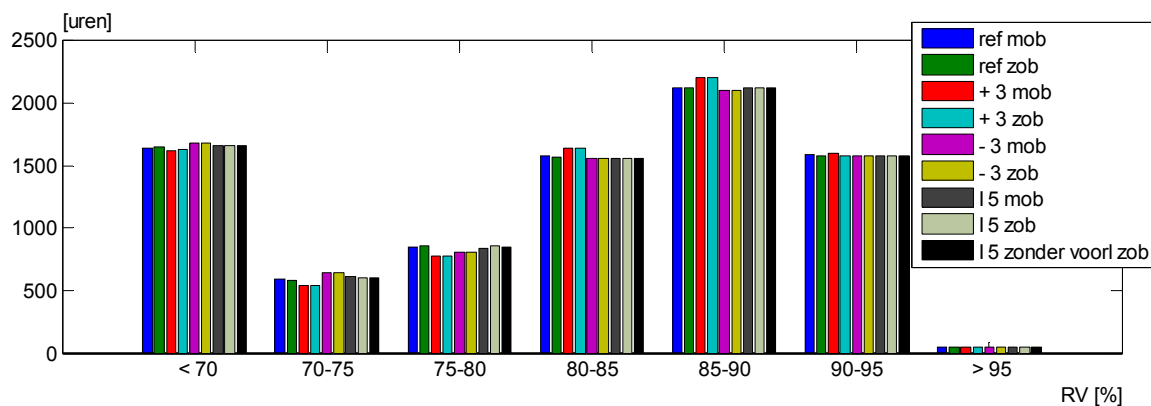
Figuur 4 laat duidelijk zien dat er in de variant '+ 3 mob' geen sprake is van dagen met een duidelijke onderschrijding van het setpoint verwarmen. De onderschrijding in de overige varianten blijft echter beperkt. In CASE C zijn hier meer effecten te verwachten. Het open buffersysteem heeft duidelijk effect op de dagen dat er een onderschrijding van het setpoint voorkomt. Verschillen in temperatuur en schermregeling zullen altijd gevolgen hebben voor de gerealiseerde kaslucht RV. In Figuur 5 is de etmaalgemiddelde kaslucht-RV gegeven.



Figuur 5 Verloop gerealiseerde kaslucht-RV.

Het patroon dat in de periode februari - maart en in november er soms duidelijke verschillen in vochtniveau zijn kan aan de schermregeling worden toegeschreven. Er is duidelijk een relatie met het aantal schermuren in de betreffende periode, zie Figuur 7.

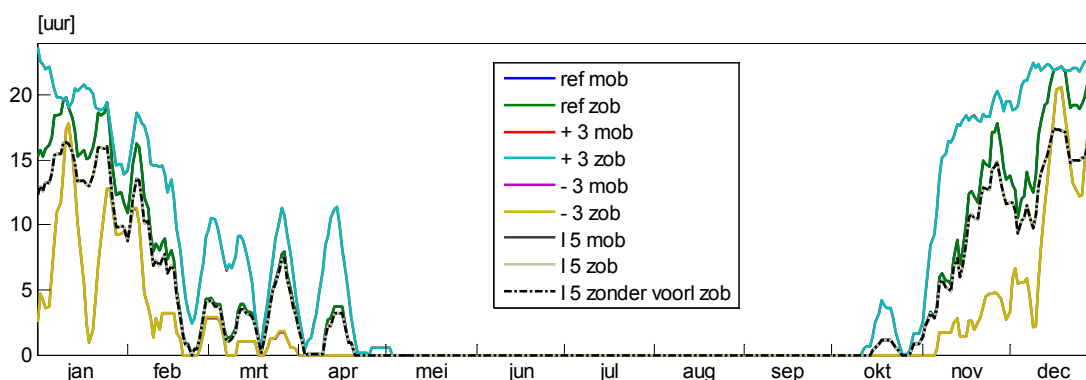
In Figuur 6 is een histogram van de gerealiseerde kaslucht RV gegeven.



Figuur 6 Histogram van de RV.

Dit histogram laat zien dat de case waarbij het scherm pas bij een 3 graad hogere buitentemperatuur geopend wordt, iets hoger in het vocht komen in het gebied 85 –90% RV, maar niet in een vochtklasse hoger. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de vochtregelaar, die rondom de 87% werkt, in het algemeen in staat is het vochniveau nog in de hand te houden.

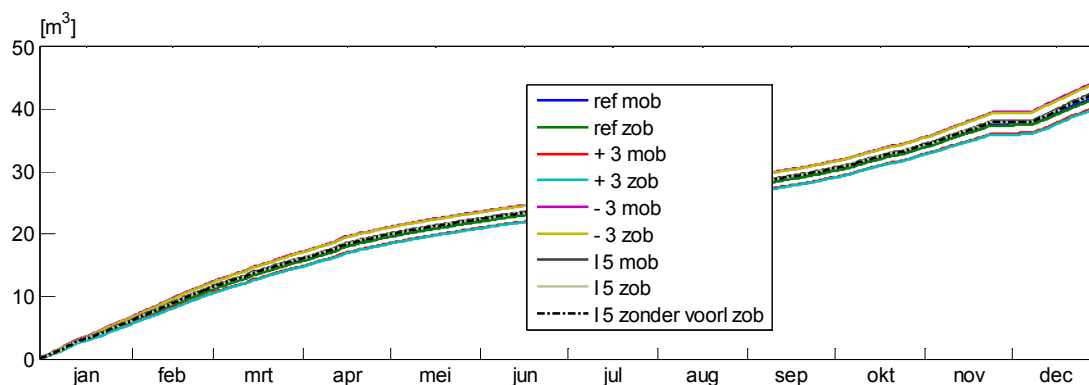
De varianten verschillen voornamelijk in gebruikswijze van het scherm. Dit resulteert ook in een groot verschil in schermuren. In Figuur 7 is het aantal schermuren per dag weergegeven.



Figuur 7 Verloop gerealiseerde schermuren per dag.

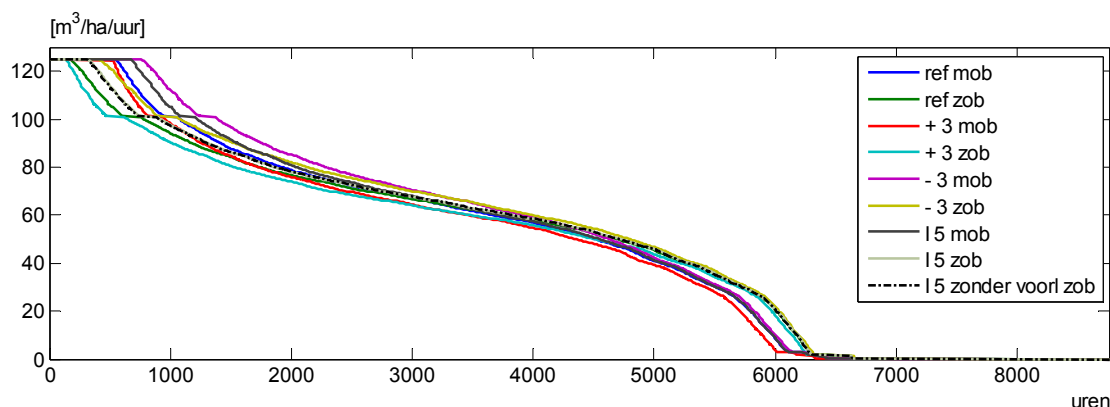
Door de verschillende setpoint instellingen is het schermgedrag totaal anders. Uit het figuur blijkt dat er vooral in het najaar en het gevorderde voorjaar niet of nog slechts sporadisch geschermd wordt in de variant met het verhoogde buitentemperatuur setpoint (+3). Het totale aantal schermuren is 1685 voor de referentie, 2428 voor de cases waar de buitentemperatuurgrens voor schermen met 3 °C is verhoogd, 842 voor de cases waar de buitentemperatuurgrens voor schermen met 3 °C is verlaagd en 1407 voor de variant waar het scherm jaarrond bij een globale straling van 5 W/m² geopend wordt. Omdat er geen verschil in schermregeling is tussen de varianten met of zonder open buffersysteem, maakt dat voor het aantal schermuren niets uit. De lijnen van deze varianten liggen dan ook over elkaar in dit figuur. Al met al forse verschillen, die dan ook inderdaad in het gasgebruik tot uiting komen.

In Figuur 8 is het cumulatieve gasgebruik weergegeven.



Figuur 8 Cumulatief gasgebruik.

Het cumulatieve gebruik laat zien dat de verschillen in het voor en najaar ontstaan. Het meer dan wel minder inzetten van het scherm heeft ook duidelijke gevolgen op het energiegebruik. Deze ligt op 42.2, 40.5, 44.6 en 43.1 m³/m² voor respectievelijk de referentie, de referentie met een verhoging van de buitentemperatuur waarbij het scherm sluit van 3°C, een verlaging van de buitentemperatuur waarbij het scherm sluit van 3 °C (ten opzichte van de referentie) en de variant waar het scherm jaarrond bij een globale straling van 5 W/m² geopend wordt. Dit alles voor de varianten met een open buffersysteem. De varianten zonder een open buffersysteem hebben een energiegebruik dat ca. 0.2 a 0.3 m³/m² lager ligt. De verschillen tussen vergelijkbare case waarbij het enige onderscheid de 'open' buffer is, wordt door 2 punten bepaald. 1) het warmteverlies is bij een warme buffer groter dan bij een koude en de buffer wordt altijd op temperatuurgehouden en 2) op de momenten dat er warmte te weinig voorradig was, is er dus ook minder energie in de kas gestopt. Dat zijn dus de verschillen in de varianten mob en zob als in Figuur 4 getoond. Naast het absolute energiegebruik is ook het afnamepatroon van belang. Daarvoor is in Figuur 9 de JBDK van het gasgebruik gepresenteerd.



Figuur 9 Jaarbelasting duurkromme van het gasgebruik.

In deze jaarbelastingduurkromme wordt getoond dat een open buffersysteem voor meer uren met een maximale gasafname zorgt, maar dat de installatie minder uren in gebruik is. De contractcapaciteit (125 m³/ha/uur) is dan ook duidelijk herkenbaar. Figuur 9 laat ook een duidelijk plateau op een niveau van 100 m³/ha/uur zien. Dit is de maximale CO₂-doseerstand die wordt toegestaan.

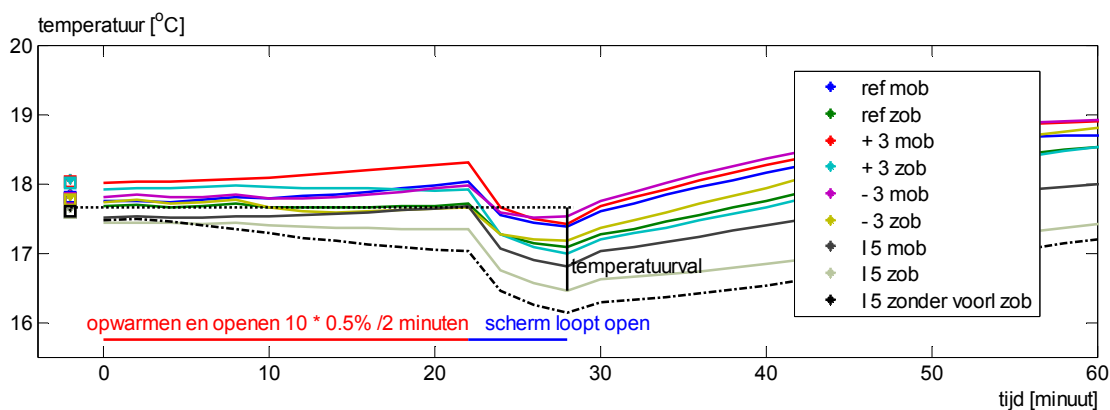
Meer schermen resulteert dus in een besparing op het gasgebruik. Dit kan echter ook een keerzijde hebben. Zoals uit Figuur 5 en Figuur 6 bleek neemt bij een intensivering van het schermgebruik het vochniveau ook toe. Als overdag het scherm gesloten is, ontvangt het gewas minder licht en gaat er wellicht groei verloren. Om hierin inzicht te verschaffen is in Tabel 1 de lichtsom op gewasniveau voor de verschillende varianten op jaarbasis en tijdens de uren dat het scherm in de variant met de meeste schermuren (+ 3) het scherm meer dan 60% gesloten was.

Tabel 1 Lichtsom op gewasniveau bij tomaat voor de verschillende cases op jaarbasis en tijdens de uren dat het scherm in de case met de meeste schermuren het scherm meer dan 60% gesloten was.

Case	Lichtsom op jaarbasis		Lichtsom tijdens schermen	
	PAR op gewas [MJ/m ²]	Globale straling buiten [MJ/m ²]	PAR op gewas [MJ/m ²]	Globale straling buiten [MJ/m ²]
ref_mob	1259	3650.3	12.0	43.6
ref_zob	1259	3650.3	12.0	43.6
pl3_mob	1258	3650.3	11.3	43.6
pl3_zob	1258	3650.3	11.3	43.6
mi3_mob	1260	3650.3	13.1	43.6
mi3_zob	1260	3650.3	13.1	43.6
iglob5_mob	1262	3650.3	14.1	43.6
iglob5_zob	1262	3650.3	14.1	43.6
iglob5_zonder voorl. zob	1262	3650.3	14.1	43.6

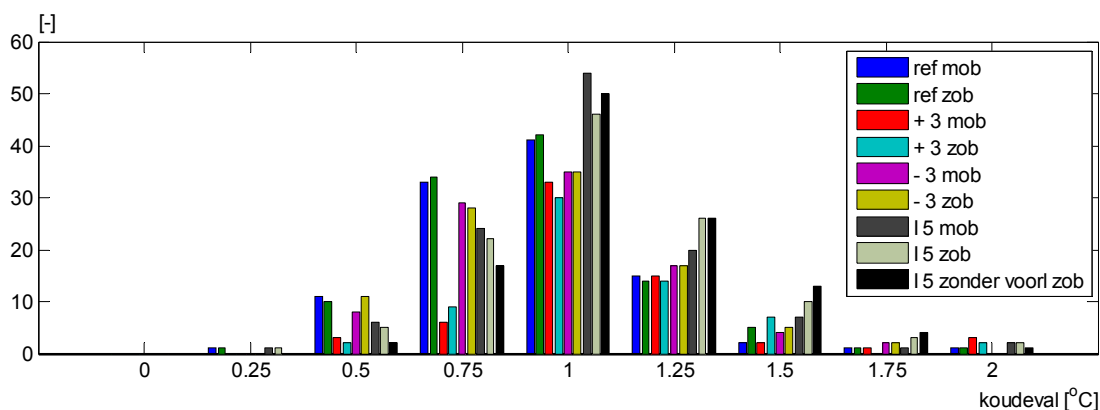
Zoals uit de tabel blijkt, is er tussen de verschillende varianten op jaarbasis slechts een zeer beperkt verschil in de door het gewas ontvangen PAR energie. Het verschil blijft op jaarbasis dan ook binnen een marge van 0.3%. Wordt er echter gekeken naar de schermperiode, dan blijkt dat er wel degelijk forse verschillen voorkomen. Om dit te bepalen, is de energiesom bepaald tijdens de uren dat de case waar het meest geschermd wordt, het scherm meer dan 60% gesloten was. Dit is de case waar het buitentemperatuurcriterium waarbij het scherm gesloten wordt met 3 °C is verhoogd. In deze case worden op jaarbasis 2428 schermuren gemaakt. Tijdens deze 2428 uur, waarvan het overgrote deel overigens in de nacht valt (1868 uur), loopt het verschil in ontvangen PAR-energie op tot ca. 14%. Dit moet in relatie worden gezien met de totale hoeveelheid licht in deze periode. Dan blijft er slechts een verschil van enkele procenten over.

Rondom het openen van het scherm kunnen er forse veranderingen in het klimaat ontstaan. Vooral de temperatuurval is een vaak terugkerend onderwerp. Doordat de schermregelingen verschillend zijn, zijn er ook grote verschillen in het aantal dagen dat het scherm gebruikt is en de temperatuurval die daarbij hoort. In Figuur 10 is van deze varianten een gemiddeld temperatuurverloop en temperatuurval van alle keren dat het scherm is opengegaan weergegeven.



Figuur 10 Gemiddelde temperatuurval (door het jaar) tijdens het openen van het scherm.

Op jaarbasis wordt het scherm in de referentiecasse ca. 105 keer (tijdens de teelt) geopend terwijl dit in de variant '- 3 mob' slechts 64 keer is. Het aantal keren dat een scherm wordt geopend, zegt nog niets over het aantal schermuren. Zo is bij bijvoorbeeld variant '+ 3 mob' het scherm minder vaak opengegaan dan bij de referentie variant. Echter het scherm is een aantal dagen meer volledig dicht blijven liggen dan bij de referentie, wat uiteindelijk wel in meer schermuren resulteert. Wat duidelijk opvalt, is dat de 'I 5 ZOB' en de 'I 5 zonder voorl ZOB' case bij het openen van het scherm niet in staat is de ruimtetemperatuur te verhogen. Dit betekent dat er op deze momenten regelmatig een tekort aan warmte is. Deze 2 cases representeren de situatie zoals deze in het verleden was. De in het figuur weergegeven symbolen op het tijdstip -1 zijn de gemiddelde setpoints van de bijbehorende (zie kleur) varianten. Er zijn dus varianten waar de gerealiseerde kasluchttemperatuur op het moment van openen gemiddeld gesproken onder het setpoint verwarmen ligt. Aan de ander kant komt ook het omgekeerde voor. Dit kan wat gevolgen hebben voor het temperatuurverloop. In een situatie dat de gerealiseerde kasluchttemperatuur boven het setpoint verwarmen ligt, zal de buistemperatuur in principe verlaagd worden (klep loopt dicht), er van uitgaande dat de regeling niet tegelijkertijd een minimum buistemperatuur vraagt. Op het moment dat het scherm opengaat en de kasluchttemperatuur gaat dalen, duurt het langer voordat het systeem hierop kan reageren, immers de buizen liggen 'koud'. Dit kan de temperatuurval beïnvloeden. In Figuur 11 is een frequentieverdeling van de koudeval gegeven. Hiervoor is de temperatuurdaling genomen die wordt bereikt tussen het moment van het signaal scherm moet open tot 15 minuten nadat het scherm open is.

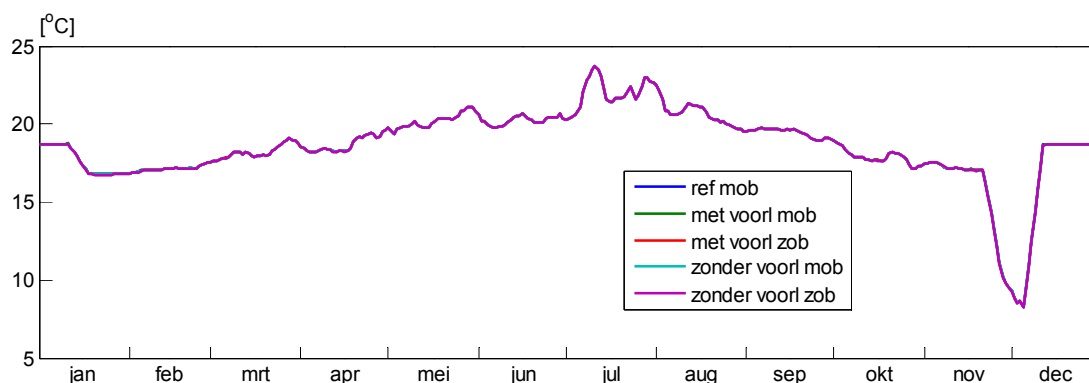


Figuur 11 Histogram van de koudeval.

Het figuur laat zien dat bij varianten waarbij het scherm minder gebruikt of vroeger geopend wordt, de koudeval vaak wat groter is. Daarnaast is in een situatie zonder open buffersysteem (ZOB) de koudeval gemiddeld gesproken weer iets groter dan bij een open buffersysteem (MOB). Bij de toegepaste openingsstrategie, zal de temperatuurval de meeste dagen ca. 1 °C bedragen.

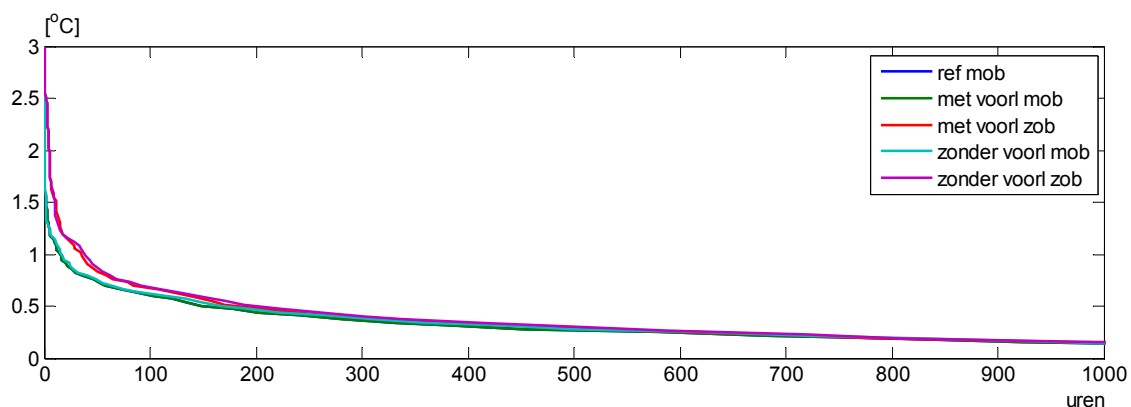
3 CASE B

In Figuur 12 is voor de 4 varianten van case B (en de referentie) jaarrond het verloop van de gerealiseerde etmaaltemperatuur gepresenteerd. De in de legenda gebruikte afkortingen zijn in paragraaf 3.2 beschreven.



Figuur 12 Verloop gerealiseerde etmaaltemperatuur.

De gevolgen van de deze regelingen op de gerealiseerde etmaaltemperaturen zijn vrijwel nihil. Om dat beter inzichtelijk te maken, is in het volgende figuur een jaarbelastingduurkromme van de 1^e 1000 uur weergegeven van het verschil tussen het setpoint verwarmen en de gerealiseerde kasluchttemperatuur.

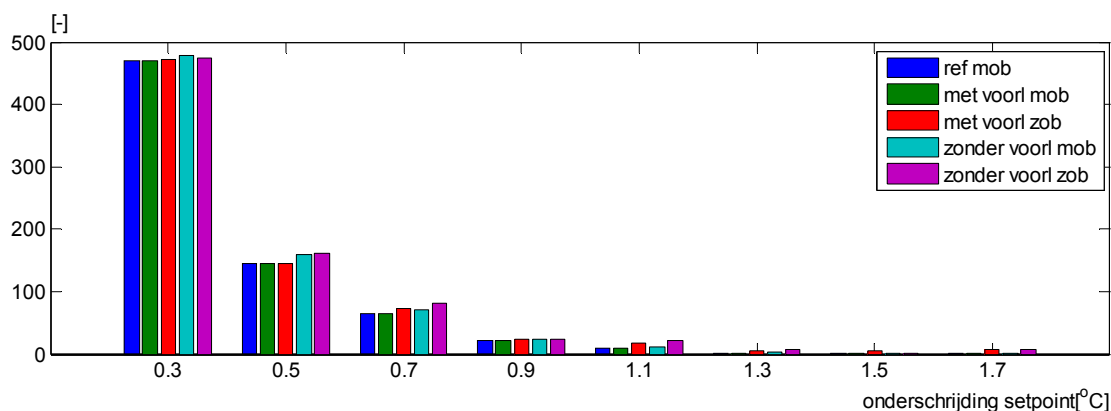


Figuur 13 Jaarbelasting duurkromme van de onderschrijding van de kasluchttemperatuur van het setpoint verwarmen.

Figuur 13 maakt duidelijk dat de case waar geen voorloop wordt toegepast, duidelijk meer uren met een onderschrijding van het setpoint verwarmen kent. Vergelijken met case A (Figuur 2) is de omvang zowel in het aantal uren

als in grootte van het temperatuurverschil duidelijk kleiner. Daarnaast is het effect van het wel of niet aanwezig zijn van een openbuffer groter dan van het wel of niet toepassen van een voorloopregeling.

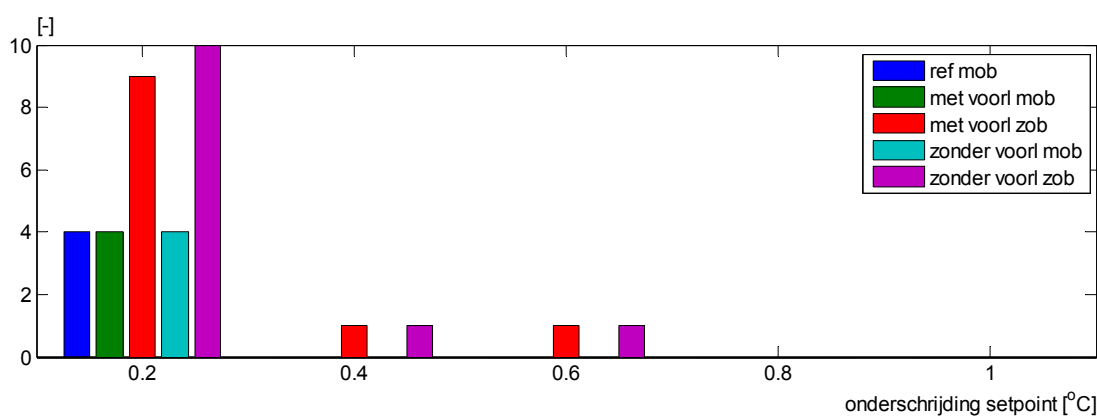
In Figuur 14 is een histogram gemaakt van het aantal uren dat de gerealiseerde kasluchttemperatuur onder het setpoint verwarmen blijft. Omdat een regeling zorgt dat de kasluchttemperatuur veel uren rondom het setpoint verwarmen ligt, zijn alleen die uren geteld waarbij de gerealiseerde kasluchttemperatuur meer dan 0.2 onder het setpoint verwarmen blijft. De op de x-as gepresenteerde waarden zijn de klasse middens dus de uren dat de onderschrijding van de gerealiseerde kasluchttemperatuur tussen 0.2 en 0.4 °C bedraagt, zijn bij 0.3 weergegeven.



Figuur 14 Histogram van de uren met onderschrijding de gerealiseerde kasluchttemperatuur van het setpoint verwarmen.

Figuur 14 laat zien dat de varianten zonder open buffer (zob) iets meer uren met een onderschrijding hebben. Ook de varianten zonder voorloop hebben een fractioneel hoger aantal uren een onderschrijding van het setpoint verwarmen. Dat deze verschillen zo klein zijn, of anders gezegd dat de gevolgen van het wel of niet toepassen van een voorloopregeling zo gering zijn, kan ook het gevolg zijn van de in de referentie toegepaste openingsstrategie. Als deze rustig zijn werk doet, zal het effect van aanvullende maatregelen ook gering zijn.

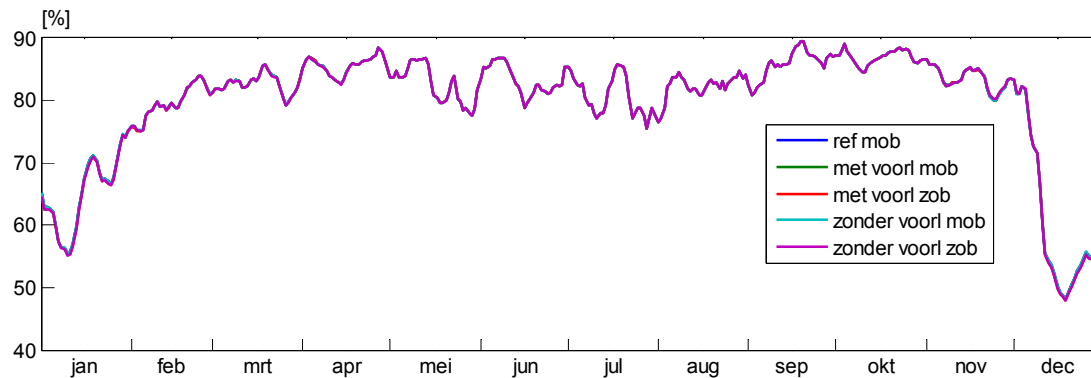
In Figuur 15 is een histogram weergegeven van de het aantal dagen dat de gerealiseerde kasluchttemperatuur op dagbasis onder de etmaaltemperatuur van het setpoint verwarmen heeft gelegen. Hierbij is een minimum van 0.1 °C aangehouden.



Figuur 15 Histogram van de dagen met onderschrijding van de gerealiseerde kasluchttemperatuur ten opzichte van het setpoint verwarmen.

Figuur 15 laat zien dat er in vergelijking met case A (Figuur 4) er vrijwel nooit sprake is van een te lage etmaaltemperatuur. Daarnaast is het effect van het wel of niet gebruiken van een open buffersysteem veel groter dan van het wel of niet toepassen van een voorloop. Hier kan ook de conclusie getrokken worden dat de verwarmingscapaciteit, of beter gezegd de contractcapaciteit voor deze case (net) voldoende is.

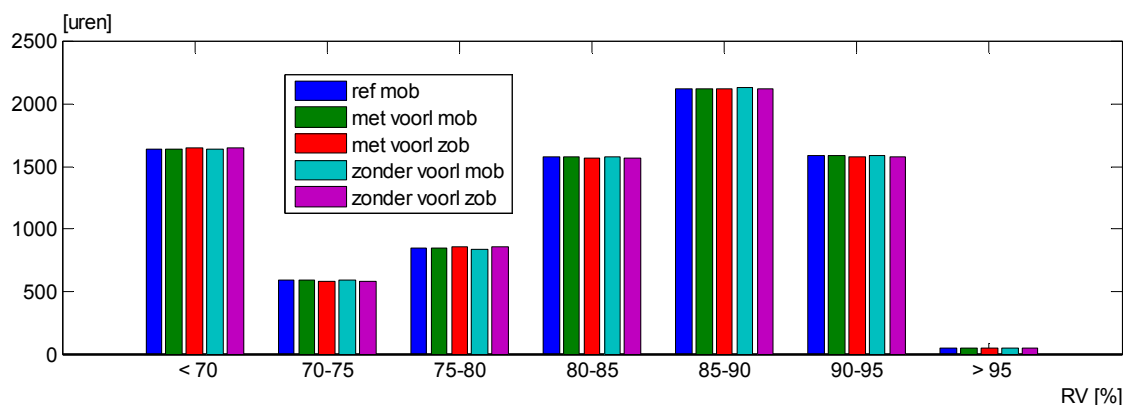
Verschillen in temperatuur en schermregeling zullen altijd gevolgen hebben voor de gerealiseerde kaslucht RV. In Figuur 16 is de etmaalgemiddelde kaslucht RV gegeven.



Figuur 16 Verloop gerealiseerde kaslucht RV.

Omdat er slechts marginale verschillen zijn in de gerealiseerde kasluchttemperatuur, is het ook te verwachten dat er marginale verschillen in RV zijn, wat uit Figuur 16 blijkt.

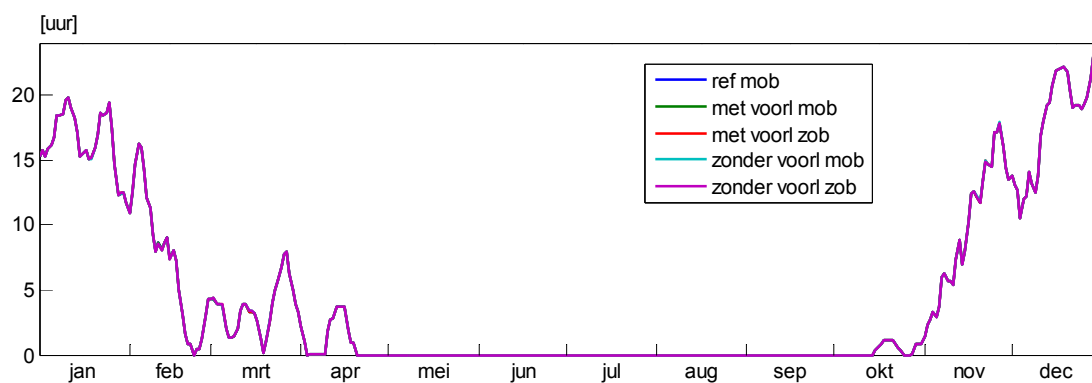
In Figuur 17 is een histogram van de gerealiseerde kaslucht RV gegeven.



Figuur 17 Histogram van de RV.

Dit histogram laat zien dat er hoegenaamd geen verschillen zijn tussen de varianten.

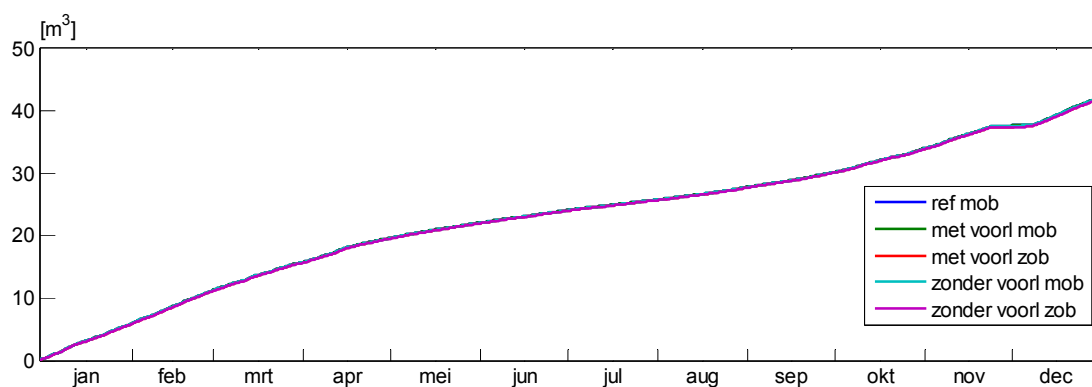
De varianten verschillen niet in schermstrategie, zodat er geen verschil in schermuren ontstaat, wat uit Figuur 18 ook blijkt.



Figuur 18 Verloop gerealiseerde schermuren per dag.

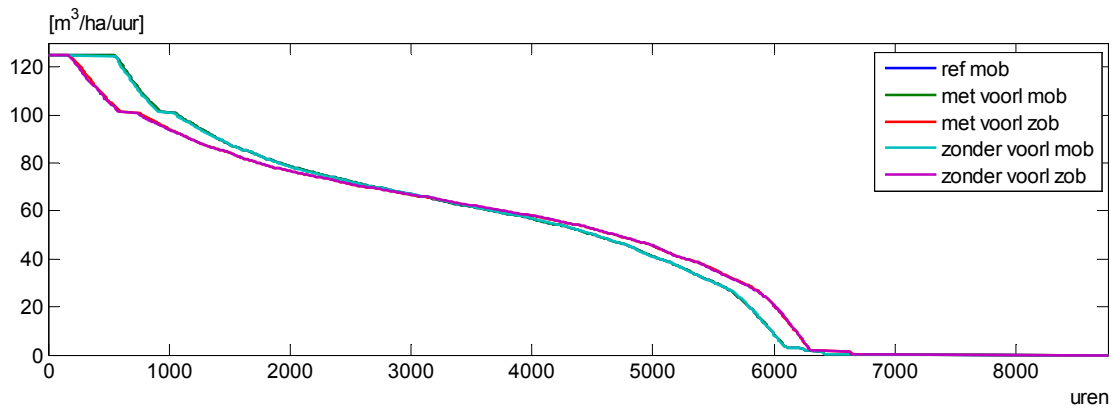
Het totale aantal schermuren is in alle gepresenteerde varianten 1685 uur.

In Figuur 19 is het cumulatieve gasgebruik weergegeven.



Figuur 19 Cumulatief gasgebruik.

Het cumulatieve gebruik laat zien dat er slechts marginale verschillen ontstaan. Het energiegebruik ligt op 42.2, 42.2, 41.9, 42.1 en 41.8 m^3/m^2 voor respectievelijk de referentie met open buffer, met voorloop met openbuffer, met voorloop zonder openbuffer, zonder voorloop met open buffer en zonder voorloop zonder open buffer. Dat de eerste 2 (de referentie met open buffer en met voorloop met openbuffer) een gelijk energiegebruik kennen is logisch omdat dit 2 gelijke varianten zijn met verschillende benamingen. Het toepassen van het open buffersysteem kost net als in case A ca. 0.3 m^3/m^2 . Het toepassen van een voorlooptregeling kost minder dan 0.1 m^3/m^2 op jaarbasis. In Figuur 20 de JBDK van het gasgebruik gepresenteerd.

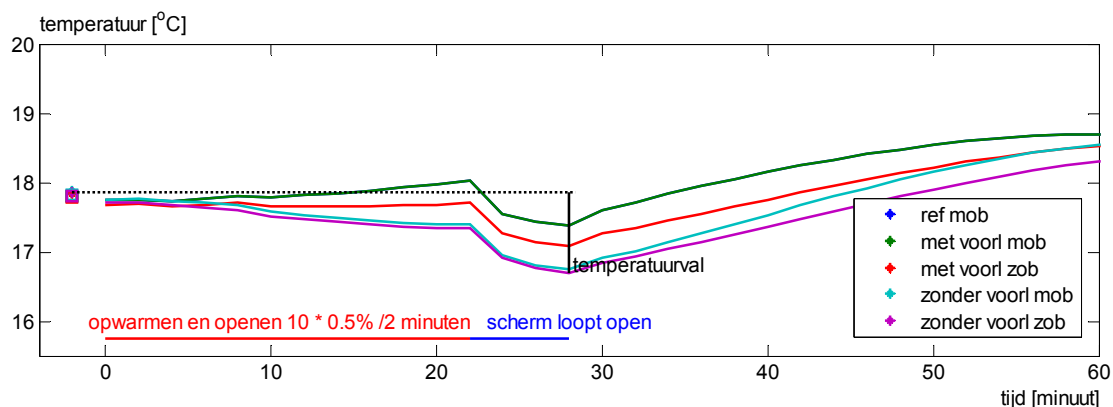


Figuur 20 Jaarbelasting duerkromme van het gasgebruik.

In deze jaarbelastingduerkromme wordt getoond dat een open buffersysteem voor meer uren met een maximale gasafname zorgt, maar dat de installatie minder uren in gebruik is. De contractcapaciteit ($125 \text{ m}^3/\text{ha/uur}$) is dan ook duidelijk herkenbaar. Figuur 20 laat ook een duidelijk plateau op een niveau van $100 \text{ m}^3/\text{ha/uur}$ zien. Dit is de maximale CO_2 -doseerstand die wordt toegestaan. Er is geen invloed van het wel of niet gebruiken van de voorloop op de buistemperatuur bij het openen van het scherm zichtbaar.

Omdat het aantal schermuren van deze varianten gelijk is, zullen er geen verschillen voorkomen in de PAR lichtsom die het gewas heeft onderschept.

Rondom het openen van het scherm kunnen er forse veranderingen in het klimaat ontstaan. Vooral de temperatuurval is een vaak terugkerend onderwerp. Doordat de buistemperatuurregelingen rondom het moment van scherm openen verschillend zijn, kunnen er forse verschillen ontstaan in het verloop van de kasluchttemperatuur rondom het moment van scherm openen. In Figuur 21 is van deze varianten een gemiddeld temperatuurverloop en temperatuurval van alle keren dat het scherm is opengegaan weergegeven.

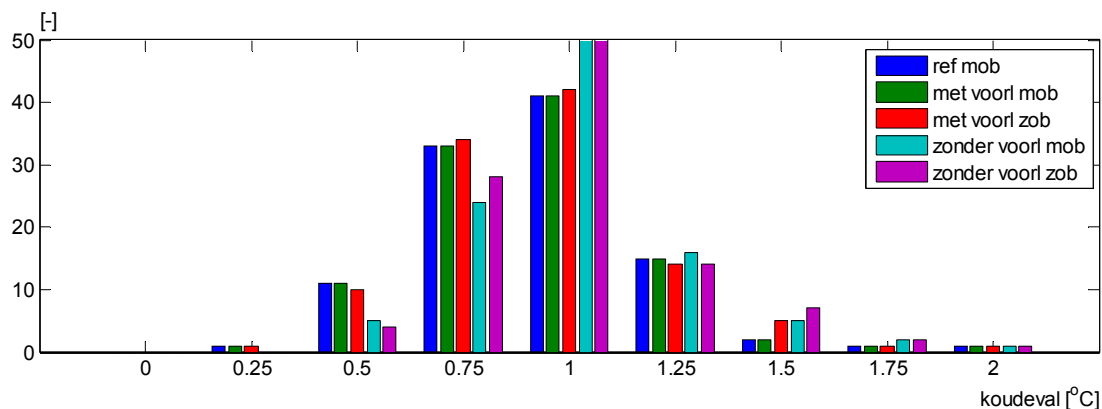


Figuur 21 Gemiddelde temperatuurval (door het jaar) tijdens het openen van het scherm.

Op jaarbasis wordt het scherm in alle varianten ca. 125 keer geopend, waarvan 105 keer tijdens de teelt. Het gemiddelde temperatuurverloop is duidelijk afhankelijk van de regeling. Er zijn 2 effecten duidelijk zichtbaar. Ten eerste wordt de kasluchttemperatuur als gevolg van de voorloop gemiddeld gesproken tijdens de opwarmfase op temperatuur gehouden. Het open buffersysteem heeft ook een duidelijk effect. Op een aantal dagen moet de buffer als warmtebron dienen (de contractcapaciteit voorziet op dat moment in te weinig gas om voldoende warmte te

produceren). Is deze niet aanwezig, dan gaat de gemiddelde temperatuur tijdens de opwarm- en kier- fase al onder-uit. Vergelijk hiervoor de rode met de groene lijn. Een aantal dagen is er dus een duidelijk warmtekort als er geen open buffersysteem aanwezig is. Wordt er vervolgens ook geen voorstook actie ondernomen, dan loopt de kastemperatuur gemiddeld gesproken tijdens de opwarm- en kierfase al terug.

In Figuur 22 is een frequentieverdeling van de koudeval gegeven. Hiervoor is de temperatuurdaling genomen die wordt bereikt tussen het moment van het signaal scherm moet open tot 15 minuten nadat het scherm open is

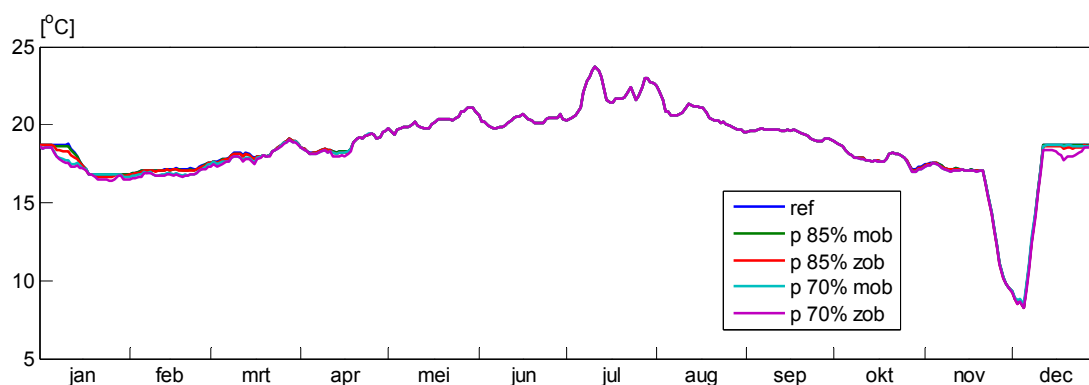


Figuur 22 Histogram van de koudeval.

Het figuur laat zien dat bij varianten waarbij er geen voorloop is de koudeval vaker wat groter is. Bij de toegepaste openingsstrategie, zal de temperatuurval de meeste dagen ca. 1 °C bedragen.

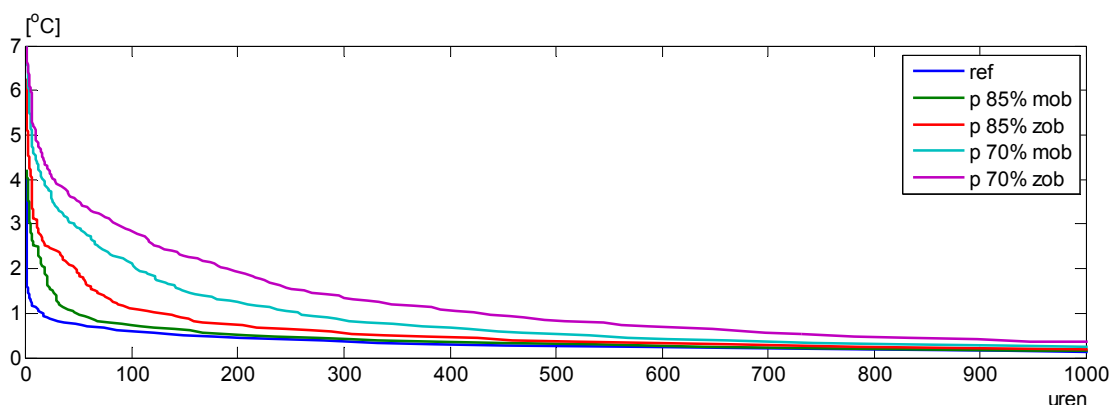
4 CASE C

In Figuur 23 is voor de 4 varianten van case C en de referentie jaarrond het verloop van de gerealiseerde etmaaltemperatuur gepresenteerd. De in de legenda gebruikte afkortingen zijn in paragraaf 3.3 beschreven.



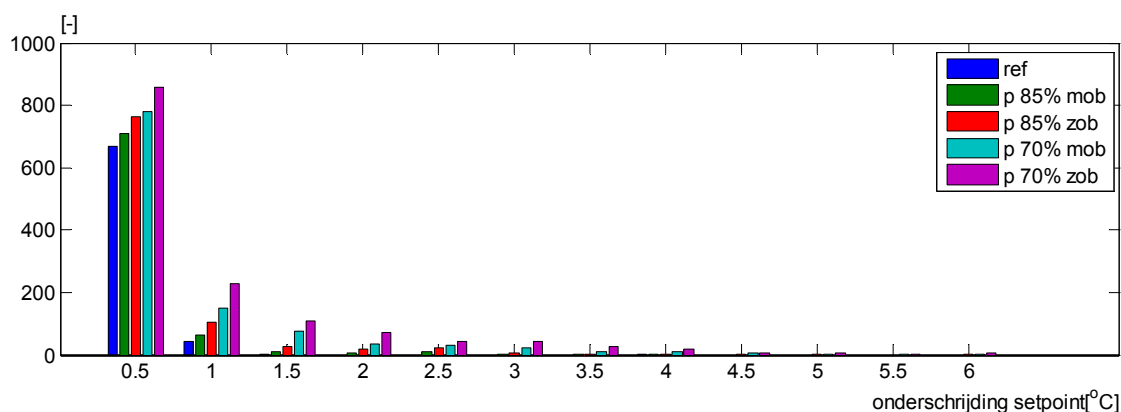
Figuur 23 Verloop gerealiseerde etmaaltemperatuur.

De gevolgen van de deze regelingen op de gerealiseerde etmaaltemperaturen zijn soms fors. Vooral de variant met een contractcapaciteit van 70% komt in de winterperiode regelmatig fors tekort. In Figuur 24 is meer in detail het aantal uren overschrijding van het setpoint verwarmen gegeven. Zeker in vergelijking met case B (Figuur 13) is hier sprake van vele honderden uren overschrijding van het setpoint verwarmen met meerdere graden. Zeker bij de variant met 70% van de contractcapaciteit is dit het geval. Daarbij komt nog eens dat het wel of niet toepassen van een open buffersysteem een kleiner effect heeft. Dit komt doordat door de afname in capaciteit in een koudere periode als de buffer één keer leeg is, kan deze ook weer moeilijker gevuld worden. Eén koude dag is nog te overbruggen maar bij een koude periode is het buffer effect snel opgeheven.



Figuur 24 Jaarbelasting duerkromme van de overschrijding van de kasluchttemperatuur van het setpoint verwarmen.

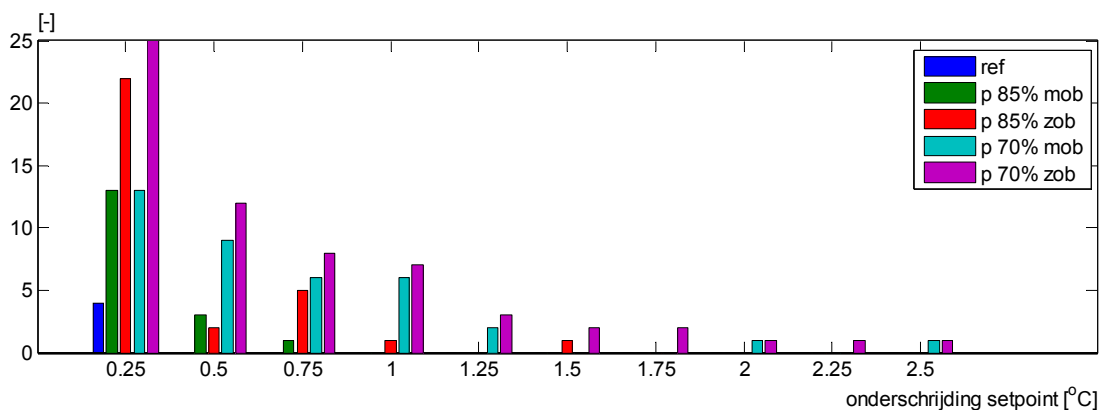
In Figuur 25 is een histogram gemaakt van het aantal uren dat de gerealiseerde kasluchttemperatuur onder het setpoint verwarmen blijft. Omdat een regeling zorgt dat de kasluchttemperatuur veel uren rondom het setpoint verwarmen ligt, zijn alleen die uren geteld waarbij de gerealiseerde kasluchttemperatuur meer dan 0.2 onder het setpoint verwarmen blijft. De op de x-as gepresenteerde waarden zijn de klasse middens dus de uren dat de overschrijding van de gerealiseerde kasluchttemperatuur tussen 0.25 en 0.75 °C bedraagt, zijn bij 0.5 weer-gegeven.



Figuur 25 Histogram van de uren met overschrijding de gerealiseerde kasluchttemperatuur van het setpoint verwarmen.

Figuur 25 laat zien dat de varianten met een contractcapaciteit van 70% van de referentie veel meer uren een grote overschrijding van het setpoint verwarmen hebben. Het openbuffer systeem heeft bij de varianten met 85% aansluit-

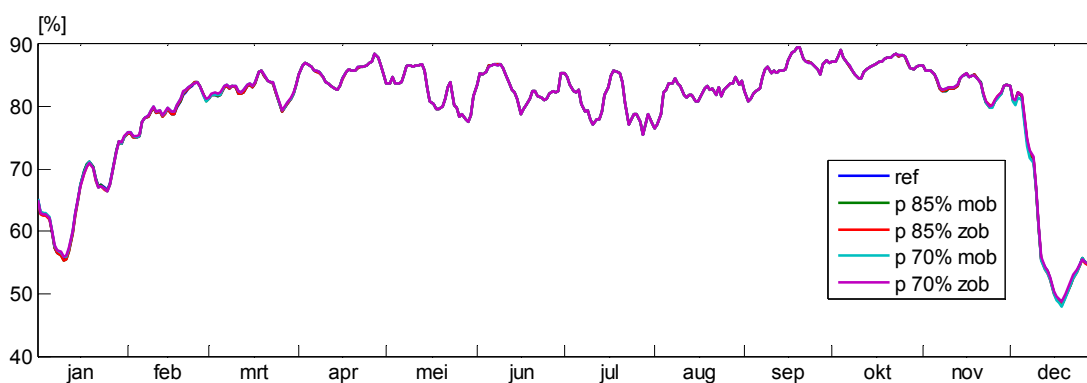
capaciteit meer effect dan bij 70%. Dit is te zien aan de kleinere verschillen tussen de groene en rode balken dan bij de lichtblauwe en paarse balken. Voor het gewas hoeft een kortstondige onderschrijding van het setpoint verwarmen niet problematisch te zijn. Meer belang moet worden gehecht aan de etmaaltemperatuur. In Figuur 26 is een histogram weergegeven van de het aantal dagen dat de gerealiseerde kasluchttemperatuur op dagbasis onder de etmaaltemperatuur van het setpoint verwarmen heeft gelegen. Hierbij is een minimum van 0.1 °C aangehouden.



Figuur 26 Histogram van de dagen met onderschrijding van de gerealiseerde kasluchttemperatuur ten opzichte van het setpoint verwarmen.

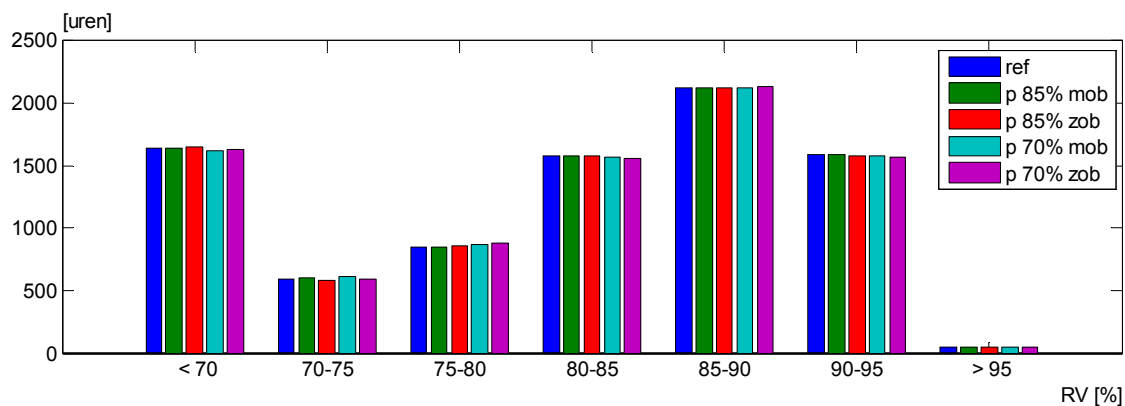
Figuur 26 laat duidelijk zien dat er veel meer koude dagen zijn dan bij case A en B (respectievelijk Figuur 4 en Figuur 15). Het open buffersysteem heeft duidelijk effect op het aantal dagen dat er een onderschrijding van het setpoint voorkomt.

Hoewel de regelingen in deze 4 varianten gelijk zijn, zullen er door de verschillen in gerealiseerde kasluchttemperatuur ook verschillen in de gerealiseerde kaslucht RV ontstaan. In Figuur 27 is de etmaalgemiddelde kaslucht-RV gegeven.



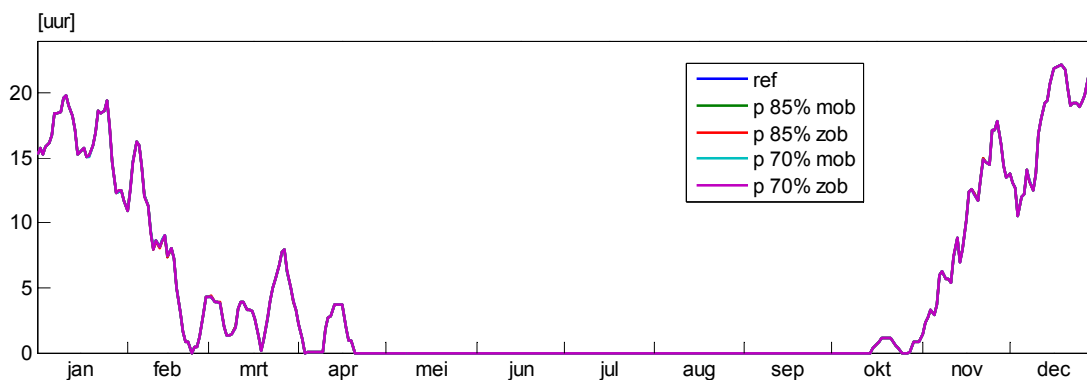
Figuur 27 Verloop gerealiseerde kaslucht-RV.

De verschillen in vochtniveau zijn slechts marginaal. Dit blijkt ook uit Figuur 28 waar de gerealiseerde kaslucht RV in een histogram is weergegeven.



Figuur 28 Histogram van de RV.

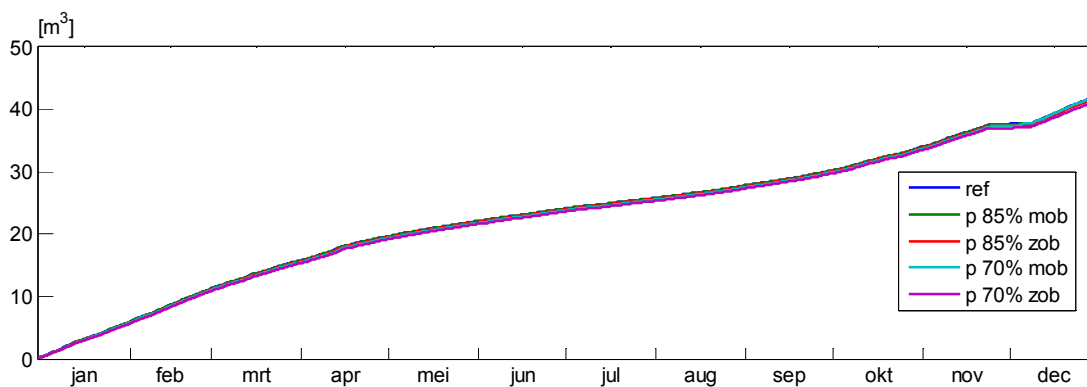
De varianten verschillen niet in gebruikswijze van het scherm, wat uit Figuur 29 ook blijkt.



Figuur 29 Verloop gerealiseerde schermuren per dag.

Het totale aantal schermuren is in al deze varianten 1685.

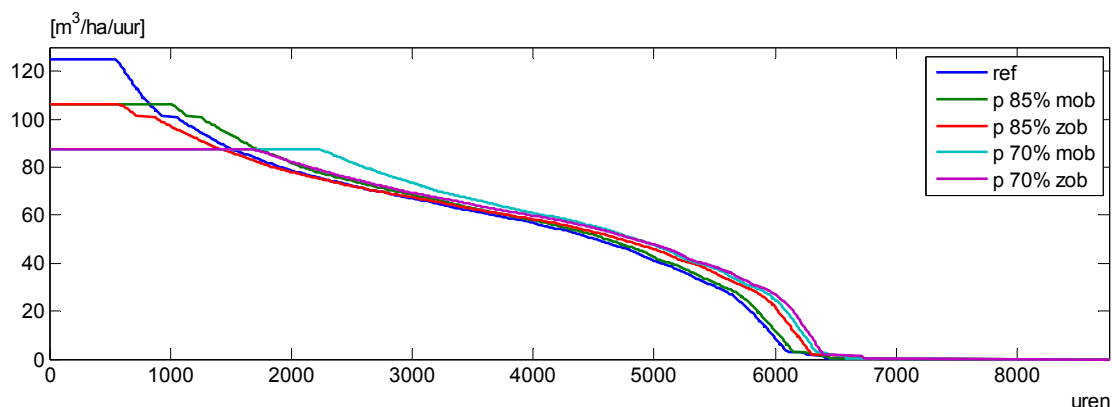
In Figuur 8 is het cumulatieve gasgebruik weergegeven. Uiteindelijk zijn de verschillen in gasgebruik gering. De dagen dat er een capaciteitsstekort is zijn beperkt, van enkele dagen voor de referentie tot ca. 60 dagen voor de variant met 70% van de contractcapaciteit zonder een open buffersysteem. Op deze dagen is er meestal slechts een kleine vermindering van het gasgebruik. Dit zijn de dagen waar de etmaal temperatuur slechts enkele tienden °C onder het setpoint verwarmen ligt, Figuur 26. Op de dagen met een grote onderschrijding van het setpoint verwarmen kan het verbruik dus met maximaal 30% ten opzichte van de referentie teruglopen.



Figuur 30 Cumulatief gasgebruik.

De gasverbruikcijfers liggen op 42.2, 42.1, 41.8, 42.1 en 41.4 m³/m² voor respectievelijk de referentie, de variant met 85% met een open buffersysteem, 85% zonder open buffersysteem, 70% met open buffersysteem en 70% zonder open buffersysteem. In tegenstelling tot case A en B waar het verschil tussen wel of geen open buffersysteem altijd ca. 0.2 á 0.3 °C was, geeft de variant met 70% contractcapaciteit een groter verschil. Dit is het gevolg van een te kleine capaciteit. Anders gezegd, bij een contractcapaciteit van 70% is er zovaak een warmte-tekort dat het absolute gasgebruik gaat afnemen.

In werkelijkheid zal een ondernemer op deze dagen aanvullende maatregelen nemen. Omdat dit modelberekeningen zijn, waarbij de keus is gemaakt met één standaard regeling te werken, wordt het scherm (indien aan de voorwaarden is voldaan) gewoon geopend. Bij een zo groot tekort aan warmte zal een ondernemer het scherm op deze dagen zeker (langer) dicht laten liggen. Naast het absolute energiegebruik is ook het afnamepatroon van belang. Daarvoor is in Figuur 31 de JBDK van het gasgebruik gepresenteerd.

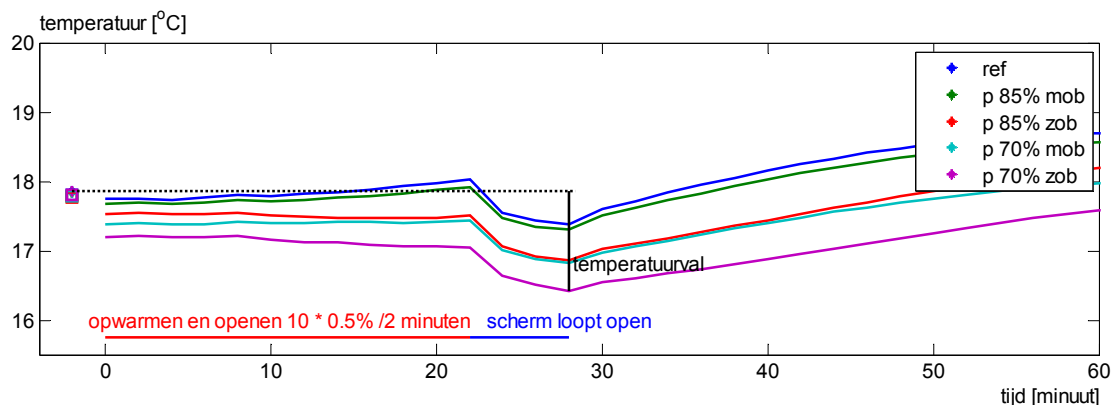


Figuur 31 Jaarbelasting duerkromme van het gasgebruik.

In deze jaarbelastingduerkromme wordt getoond dat bij een afname van de contractcapaciteit er meer uren met een maximale gasafname zijn. Ook een open buffersysteem laat dit effect zien.

Rondom het openen van het scherm kunnen er forse veranderingen in het klimaat ontstaan. Doordat er momenten zijn dat er niet aan de warmtevrage voldaan kan worden, kan er op deze dagen ook een grotere temperatuurval

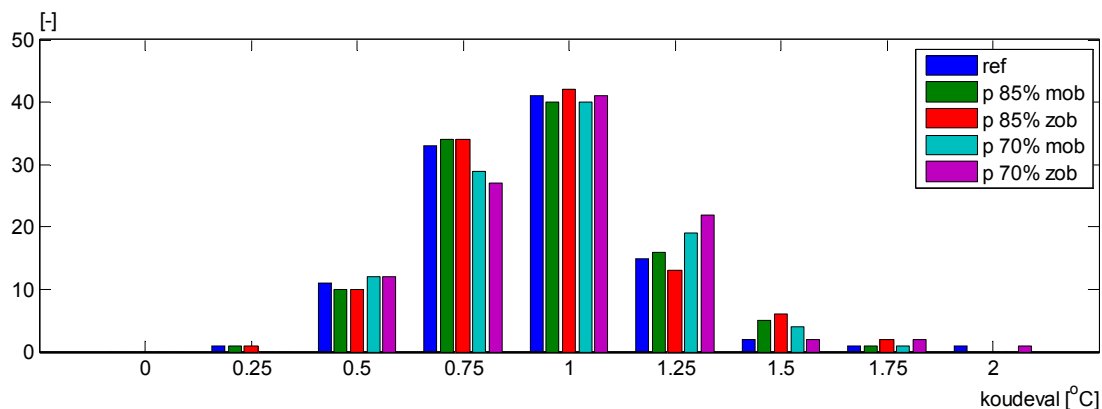
voorkomen. In Figuur 32 is van deze varianten een gemiddeld temperatuurverloop en de temperatuurval van alle keren dat het scherm is opengegaan weergegeven.



Figuur 32 Gemiddelde temperatuurval (door het jaar) tijdens het openen van het scherm.

De in Figuur 32 weergegeven symbolen op het tijdstip -1 zijn de gemiddelde setpoints van de bijbehorende (zie kleur) varianten. De gerealiseerde kasluchttemperatuur op het moment van openen ligt gemiddeld op of onder het setpoint verwarmen. De varianten met een contractcapaciteit van 70% en de 85% zonder open buffersysteem zijn op het moment van scherm openen gemiddeld gesproken kouder dan de referentie. Dit betekent dat deze cases op dat moment gemiddeld gesproken warmte tekort komen. Rondom het moment van scherm openen en is vaak het koudste moment van de dag en dus ook het moment met de grootste warmtevraag. Alle varianten uitgezonderd de 85% met een open buffersysteem komen gemiddeld gesproken zoveel warmte tekort dat de ruimtetemperatuur vaak nog daalt i.p.v. stijgt.

In Figuur 33 is een frequentieverdeling van de koudeval gegeven. Hiervoor is de temperatuurdaling genomen die wordt bereikt tussen het moment van het signaal scherm moet open tot 15 minuten nadat het scherm open is



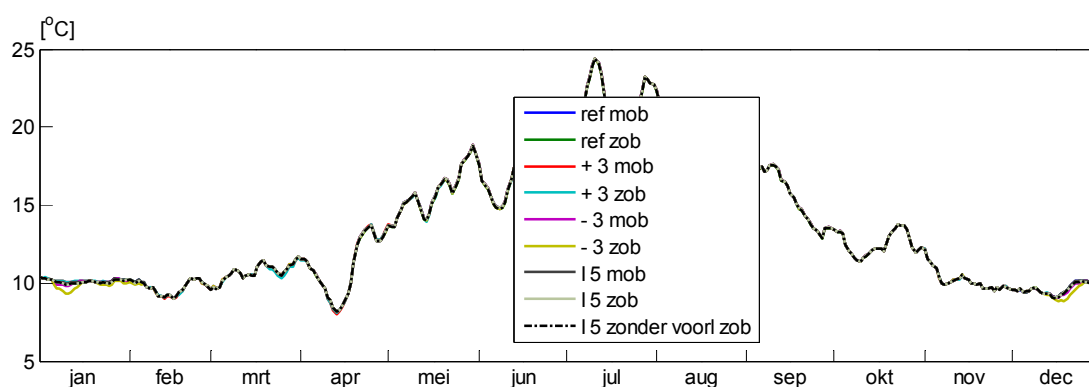
Figuur 33 Histogram van de intensiteit van de koudeval.

5 Freesia

De resultaten zullen voornamelijk in grafiek- en tabelvorm worden gepresenteerd. In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de berekeningen met een Freesiagewas besproken worden. De referentie is gebaseerd op de in paragraaf beschreven teelt.

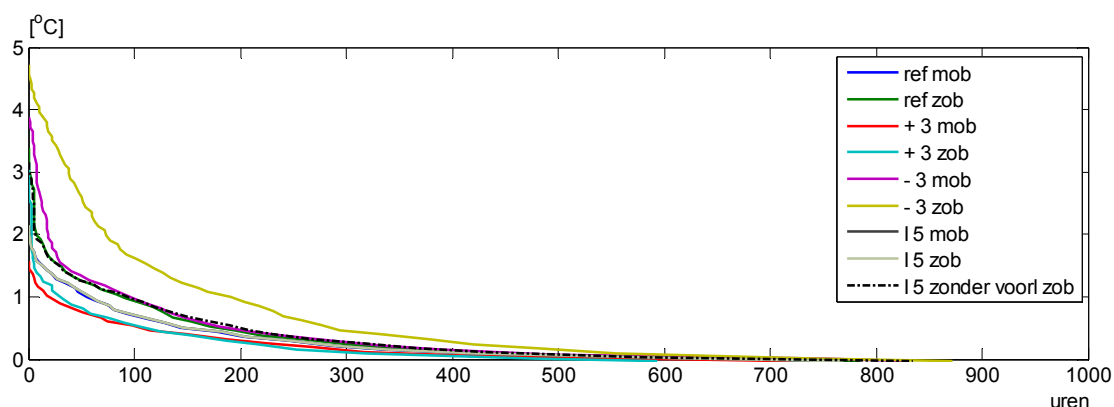
6 CASE A

In Figuur 34 is voor alle 9 varianten van case A jaarrond het verloop van de gerealiseerde etmaaltemperatuur gepresenteerd. De in de legenda gebruikte afkortingen zijn in paragraaf 3.1 beschreven.



Figuur 34 Verloop gerealiseerde etmaaltemperatuur.

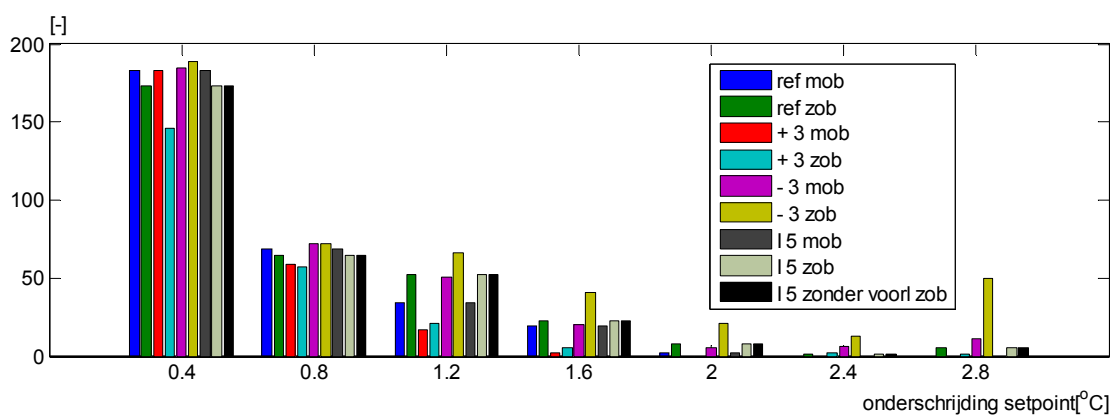
De gevolgen van de deze regelingen op de gerealiseerde etmaaltemperaturen zijn over het algemeen klein. Slechts een enkele periode (medio januari en december) zijn er duidelijke verschillen waar te nemen. Om dat beter inzichtelijk te maken, is in het volgende figuur een jaarbelastingduurkromme van de 1^e 1000 uur weergegeven van het verschil tussen het setpoint verwarmen en de gerealiseerde kasluchttemperatuur.



Figuur 35 Jaarbelasting duurkromme van de onderschrijding van de kasluchttemperatuur van het setpoint verwarmen.

Figuur 35 maakt duidelijk dat de case waar het scherm eerder geopend wordt terwijl er ook nog eens geen open buffer systeem is duidelijk meer uren met een forse onderschrijding van het setpoint verwarmen kent. In tegenstelling tot de case bij tomaat, levert de variant die de oude situatie waarbij het scherm geopend wordt zodra het licht wordt (I 5 zob) een kleiner verschil op. Dit moet gezocht worden in de referentie case waar het scherm bij Freesia standaard jaarrond bij 15 W/m^2 aan globale straling al geopend en gesloten wordt terwijl dit bij tomaat een groot deel van het schermseizoen op een hoger niveau ligt. De capaciteit van het verwarmingssysteem is echter zodanig dat minder dan 200 uur op jaarbasis de onderschrijding meer dan $1 \text{ }^\circ\text{C}$ bedraagt.

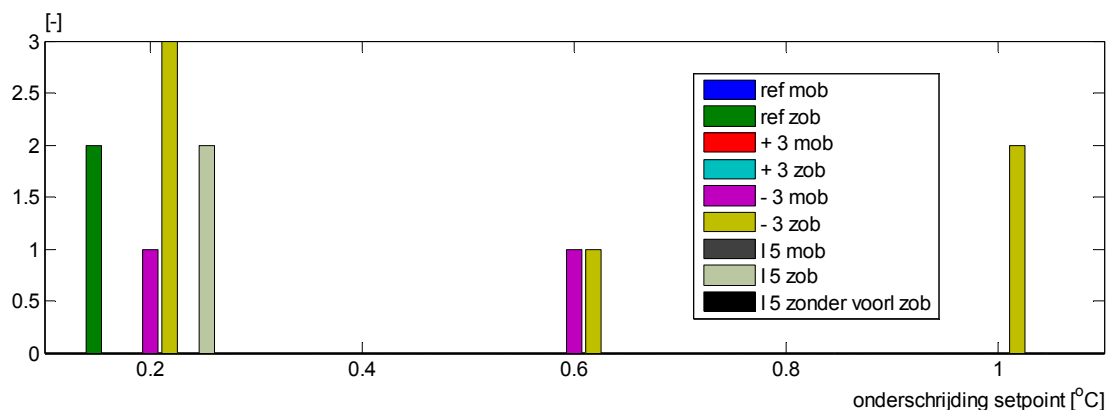
In Figuur 36 is een histogram gemaakt van het aantal uren dat de gerealiseerde kasluchttemperatuur onder het setpoint verwarmen blijft. Omdat een regeling zorgt dat de kasluchttemperatuur veel uren rondom het setpoint verwarmen ligt, zijn alleen die uren geteld waarbij de gerealiseerde kasluchttemperatuur meer dan 0.2 onder het setpoint verwarmen blijft. De op de x-as gepresenteerde waarden zijn de klasse middens dus de uren dat de onderschrijding van de gerealiseerde kasluchttemperatuur tussen 0.2 en $0.6 \text{ }^\circ\text{C}$ bedraagt, zijn bij 0.4 weergegeven.



Figuur 36 Histogram van de uren met onderschrijding de gerealiseerde kasluchttemperatuur van het setpoint verwarmen.

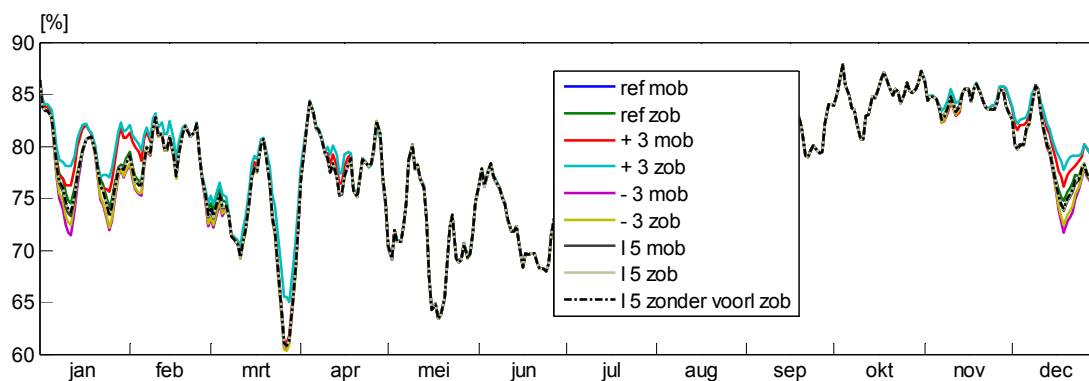
Figuur 36 laat zien dat alleen bij de variant '- 3' de afwezigheid van een open buffer duidelijk invloed heeft op het aantal uren met een onderschrijding. Dit betekent dat de regeling van het scherm en de warmtevoorziening in de overige varianten ervoor zorgen dat de er niet vaak behoefte is aan de aanvullende warmte uit de warmtebuffer op momenten met een grote warmtevraag.

Voor het gewas hoeft een kortstondige onderschrijding van het setpoint verwarmen niet problematisch te zijn. Meer belang moet worden gehecht aan de etmaaltemperatuur. In Figuur 37 is een histogram weergegeven van de het aantal dagen dat de gerealiseerde kasluchttemperatuur op dagbasis onder de etmaaltemperatuur van het setpoint verwarmen heeft gelegen. Hierbij is een minimum van $0.1 \text{ }^\circ\text{C}$ aangehouden.



Figuur 37 Histogram van de dagen met overschrijding van de gerealiseerde kasluchttemperatuur ten opzichte van het setpoint verwarmen.

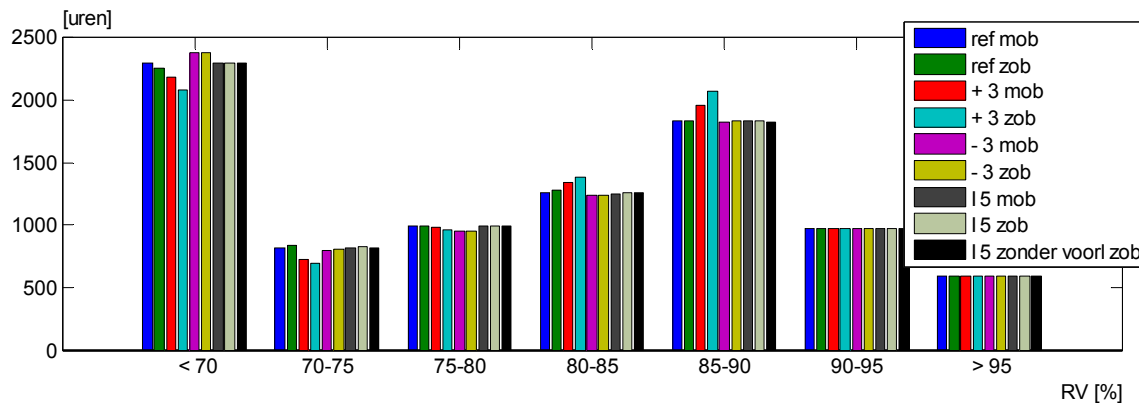
Figuur 37 laat duidelijk zien dat er in de varianten '- 3 mob/zob' sprake is van dagen met een duidelijke overschrijding van het setpoint verwarmen. De overschrijding blijft echter beperkt. Het open buffersysteem heeft bij deze variant (- 3) een duidelijk effect op de dagen dat er een overschrijding van het setpoint voorkomt. Verschillen in temperatuur en schermregeling zullen altijd gevolgen hebben voor de gerealiseerde kaslucht-RV. In Figuur 38 is de etmaalgemiddelde kaslucht RV gegeven.



Figuur 38 Verloop gerealiseerde kaslucht-RV.

Het patroon dat in de periode december - maart er soms duidelijke verschillen in vochniveau zijn kan aan de schermregeling worden toegeschreven. Er is duidelijk een relatie met het aantal schermuren in de betreffende periode, zie Figuur 40.

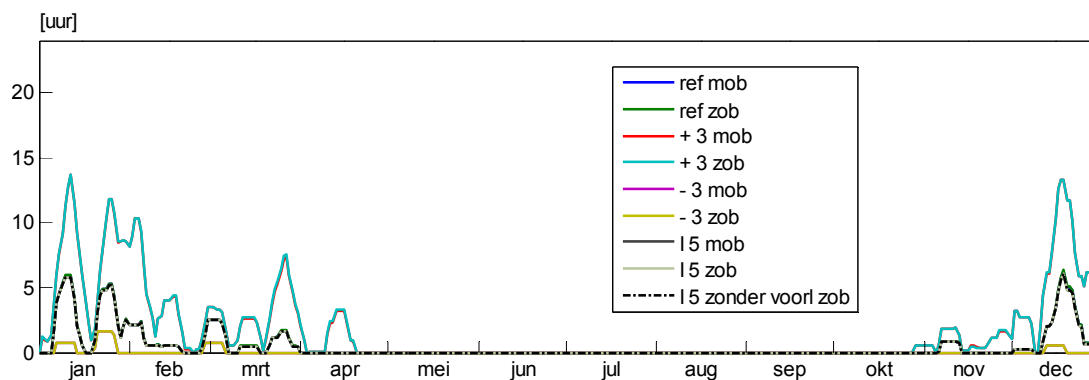
In Figuur 39 is een histogram van de gerealiseerde kaslucht RV gegeven.



Figuur 39 Histogram van de RV.

Dit histogram laat zien dat de case waarbij het scherm pas bij een 3 graad hogere buitentemperatuur geopend wordt, iets hoger in het vocht komen in het gebied 85 –90% RV, maar niet in een vochtklasse hoger. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de vochtregelaar in staat is het vochniveau nog in de hand te houden.

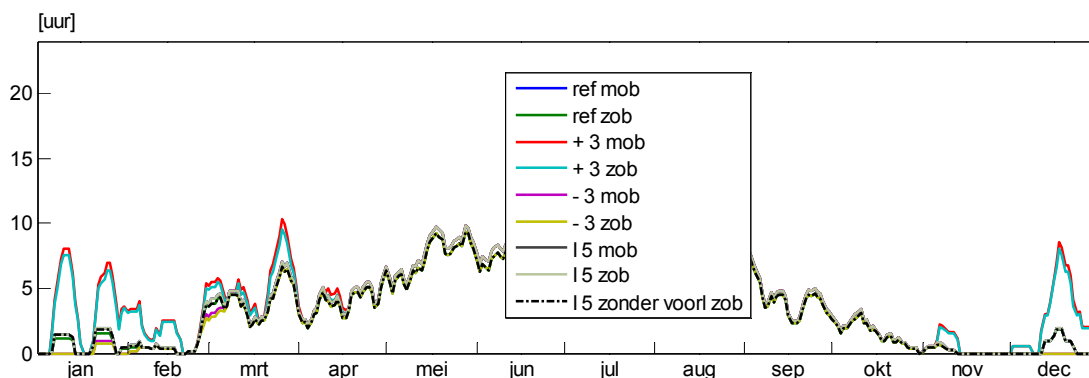
De varianten verschillen voornamelijk in gebruikswijze van het scherm. Dit resulteert ook in een groot verschil in schermuren. In Figuur 40 is het aantal schermuren per dag weergegeven.



Figuur 40 Verloop gerealiseerde schermuren per dag van het energiescherm.

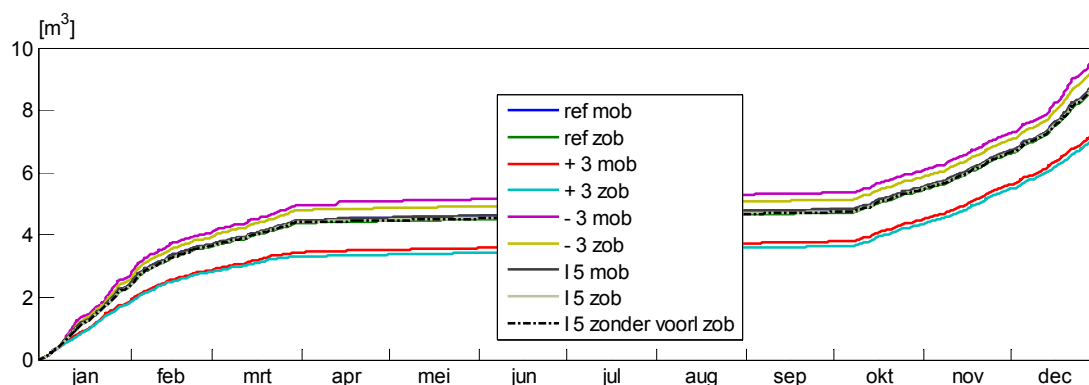
Door de verschillende setpoint instellingen is het schermgedrag anders. Uit dit figuur blijkt dat er vooral in het na- en het gevorderde voorjaar niet of nog slechts sporadisch geschermd wordt in de variant met het verlaagde buitentemperatuursetpoint (-3). Het totale aantal schermuren is 186, 642, 25 en 184 uur voor respectievelijk de referentie, de cases waar de buitentemperatuur waarbij het scherm gesloten wordt met 3 °C is verhoogd en met 3 °C is verlaagd en de variant waar het scherm jaarrond bij een globale straling van 5 W/m² geopend wordt. Bij de varianten '- 3' wordt er zo weinig geschermd dat er bijna sprake is van geen schermgebruik. Omdat er geen verschil in schermregeling is tussen de varianten met of zonder open buffersysteem, maakt dat voor het aantal schermuren niets uit. De lijnen van deze varianten liggen dan ook over elkaar in dit figuur. Naast het energiescherm, is er ook een zonweringscherm. Indien de buitentemperatuur 2 °C onder het niveau waarop het energiescherm daalt en er is geen globale straling, dan wordt ook het zonweringscherm gesloten. Ondanks de open structuur van dit scherm zal het toch nog enige extra energie besparen. Dit zonweringscherm wordt weer gesloten indien de globale straling boven een niveau van 300 W/m² komt. In Figuur 41 zijn de schermuren per dag van dit scherm gegeven. Op jaarbasis is dit scherm 46, 280, 7 en 46 uur meer dan 80% gesloten, terwijl het energie scherm ook gesloten was voor

respectievelijk de referentie, de cases waar de buitentemperatuur waarbij het scherm gesloten wordt met 3 °C is verhoogd en met 3 °C is verlaagd en de variant waar het scherm jaarrond bij een globale straling van 5 W/m² geopend wordt. In totaal is dit scherm op jaarbasis ca. 1020 uur gesloten voor de zonwering.



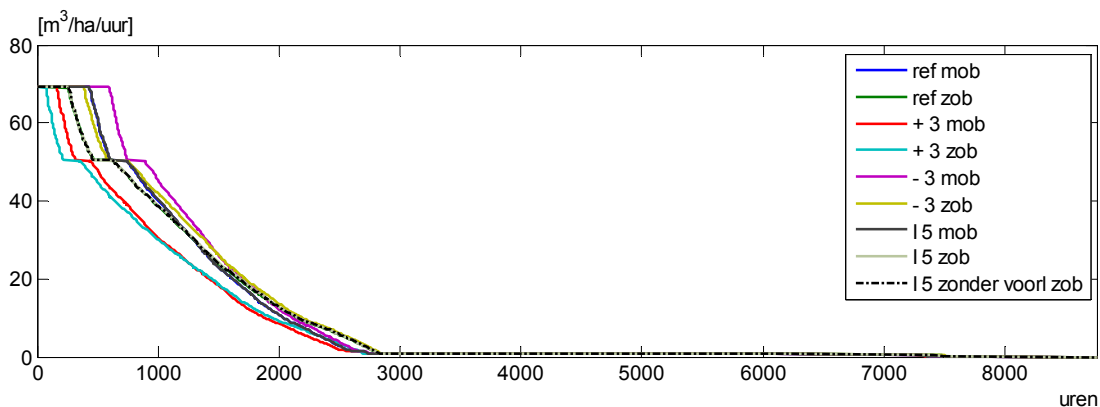
Figuur 41 Verloop gerealiseerde schermuren per dag van het zonweringscherm.

Al met al zijn er dus zeer forse verschillen in het schermgebruik, die dan ook zeker in het gasgebruik tot uiting komen zoals uit Figuur 42 waar het cumulatieve gasgebruik is weergegeven blijkt.



Figuur 42 Cumulatief gasgebruik.

Het cumulatieve gebruik laat zien dat de verschillen in het voor en najaar ontstaan. Het meer dan wel minder inzetten van het scherm heeft ook duidelijke gevolgen op het energiegebruik. Deze liggen op 9.0, 7.4, 9.8 en 9.0 m³/m² voor respectievelijk de referentie, de referentie met een verhoging van de buitentemperatuur waarbij het scherm sluit van 3°C, een verlaging van de buitentemperatuur waarbij het scherm sluit van 3 °C (ten opzichte van de referentie) en de variant waar het scherm jaarrond bij een globale straling van 5 W/m² geopend wordt. Dit alles voor de varianten met een open buffersysteem. De varianten zonder een open buffersysteem hebben een energiegebruik dat ca. 0.2 a 0.3 m³/m² lager ligt. Naast het absolute energiegebruik is ook het afnamepatroon van belang. Daarvoor is in Figuur 43 de JBDK van het gasgebruik gepresenteerd.



Figuur 43 Jaarbelasting duerkromme van het gasgebruik.

In deze jaarbelastingduerkromme wordt getoond dat een open buffersysteem voor meer uren met een maximale gasafname zorgt, maar dat de installatie minder uren in gebruik is. De contractcapaciteit ($70 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{uur}$) is dan ook duidelijk herkenbaar. Figuur 43 laat ook een duidelijk plateau op een niveau van $50 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{uur}$ zien. Dit is de maximale CO_2 -doseerstand die wordt toegestaan.

Meer schermen resulteert dus in een besparing op het gasgebruik. Dit kan echter ook een keerzijde hebben. Zoals als uit Figuur 38 en Figuur 39 bleek neemt bij een intensivering van het schermgebruik het vochniveau ook toe. Als overdag het scherm gesloten is, ontvangt het gewas minder licht en gaat er wellicht groei verloren. Om hierin inzicht te verschaffen is in Tabel 2 de lichtsom op gewasniveau voor de verschillende varianten op jaarbasis en tijdens de uren dat het scherm in de variant met de meeste schermuren (+ 3) het scherm meer dan 60% gesloten was.

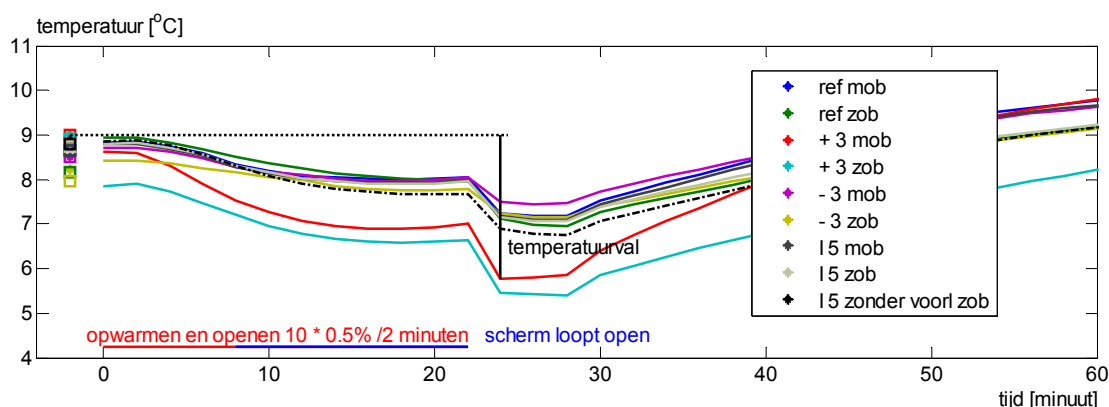
Tabel 2 Lichtsom op gewasniveau bij Freesia voor de verschillende cases op jaarbasis en tijdens de uren dat het scherm in de case met de meeste schermuren het scherm meer dan 60% gesloten was.

Case	Lichtsom op jaarbasis		Lichtsom tijdens schermen	
	PAR op gewas [MJ/m ²]	Globale straling buiten [MJ/m ²]	PAR op gewas [MJ/m ²]	Globale straling buiten [MJ/m ²]
ref_mob	760.4	3650.3	0.52	2.1
ref_zob	760.4	3650.3	0.52	2.1
pl3_mob	760.3	3650.3	0.45	2.1
pl3_zob	760.3	3650.3	0.45	2.1
mi3_mob	760.4	3650.3	0.55	2.1
mi3_zob	760.5	3650.3	0.55	2.1
iglob5_mob	760.4	3650.3	0.55	2.1
iglob5_zob	760.4	3650.3	0.53	2.1
iglob5_zonder voorl. zob	760.4	3650.3	0.53	2.1

Zoals uit de tabel blijkt, is er tussen de verschillende varianten op jaarbasis slechts een zeer beperkt verschil in de door het gewas ontvangen PAR energie. Het verschil blijft op jaarbasis dan ook binnen een marge van 0.3%. Wordt er echter gekeken naar de schermperiode, dan blijkt dat er wel degelijk forse verschillen voorkomen. Om dit te bepalen, is de energiesom bepaald tijdens de uren dat de case waar het meest geschermd wordt, het scherm meer dan 60% gesloten was. Dit is de case waar het buitentemperatuurcriterium waarbij het scherm gesloten wordt met 3°C is verhoogd. In deze case worden op jaarbasis 642 schermuren van het energiescherm en 280 schermuren van het zonweringscherm gemaakt. Tijdens deze 642 uur, waarvan het overgrote deel overigens in de nacht valt (567 uur), loopt het verschil in ontvangen PAR-energie op tot ca. 20%. Dit moet in relatie worden gezien met de totale hoeveelheid licht in deze periode. Dan blijft er slechts een verschil van enkele procenten over. Bij vergelijking van

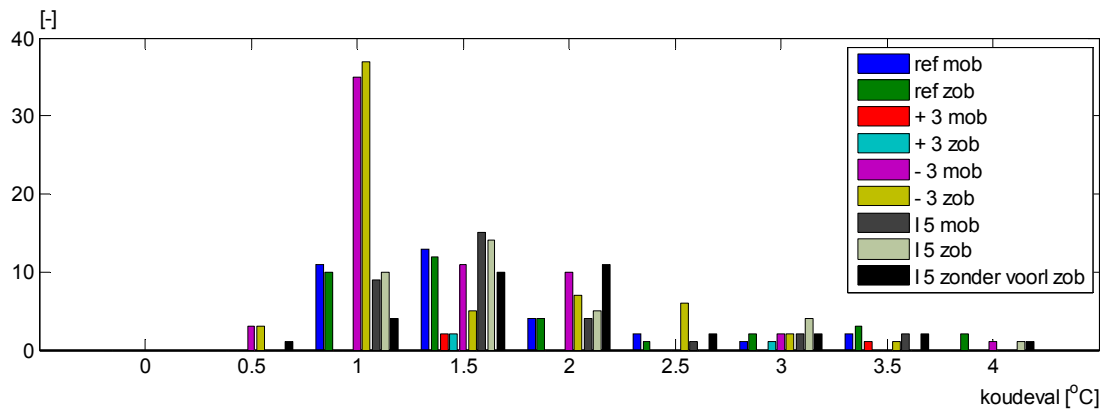
Tabel 1 met Tabel 2 valt op hoeveel PAR energie door het zonweringscherm wordt weggeschermd. Dit is bijna één derde.

Rondom het openen van het scherm kunnen er forse veranderingen in het klimaat ontstaan. Vooral de temperatuurval is een vaak terugkerend onderwerp. Doordat de schermregelingen verschillend zijn, zijn er ook grote verschillen in het aantal dagen dat het scherm gebruikt is en de temperatuurval die daarbij hoort. In Figuur 44 is van deze varianten een gemiddeld temperatuurverloop en temperatuurval van alle keren dat het scherm is opengegaan weergegeven.



Figuur 44 Gemiddelde temperatuurval (door het jaar) tijdens het openen van het scherm.

Op jaarbasis wordt het scherm in de referentiecasse ca. 35 keer geopend terwijl dit in de variant '+ 3 mob' slechts 5 keer is. Doordat het scherm slechts sporadisch gebruikt wordt (alleen bij echte vorst), wordt de gemiddelde kouval ook gelijk erg groot. Bij de varianten waar het scherm tientallen dagen gebruikt wordt treedt dus een dempend effect op. De in Figuur 44 weergegeven gemiddelde koudeval is dus een enigszins vertekend beeld. De weergegeven symbolen op het tijdstip -1 zijn de gemiddelde setpoints van de bijbehorende (zie kleur) varianten. Er zijn dus varianten waar de gerealiseerde kasluchttemperatuur op het moment van openen gemiddeld gesproken onder het setpoint verwarmen ligt. Aan de ander kant komt ook het omgekeerde voor. Dit kan wat gevolgen hebben voor het temperatuurverloop. In een situatie dat de gerealiseerde kasluchttemperatuur boven het setpoint verwarmen ligt, zal de buistemperatuur in principe verlaagd worden (klep loopt dicht), er van uitgaande dat de regeling niet tegelijkertijd een minimum buistemperatuur vraagt. Op het moment dat het scherm opengaat en de kasluchttemperatuur gaat dalen, duurt het langer voordat het systeem hierop kan reageren, immers de buizen liggen 'koud'. Dit kan de temperatuurval beïnvloeden. Van de groep varianten waar het scherm bij een globale straling van 5 W/m² wordt geopend (l 5) blijkt dat de voorlooptregeling een behoorlijke invloed heeft op de temperatuurval. In de volgende paragraaf zal verder over de voorlooptregeling worden ingegaan. In Figuur 45 is een frequentieverdeling van de koudeval gegeven. Hiervoor is de temperatuurdaling genomen die wordt bereikt tussen het moment van het signaal scherm moet open tot 15 minuten nadat het scherm open is.

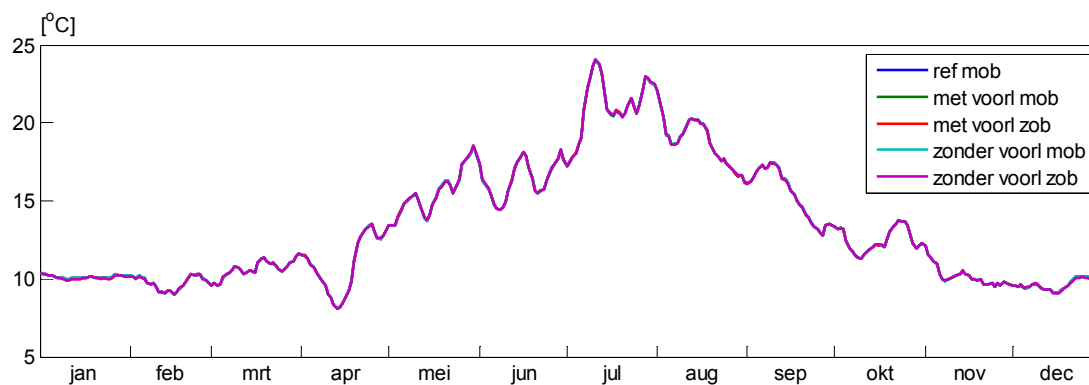


Figuur 45 Histogram van de koudeval.

Het figuur laat zien dat bij varianten waarbij het scherm minder gebruikt of vroeger geopend wordt, de koudeval vaak wat groter is. Daarnaast is in een situatie zonder open buffersysteem (ZOB) de koudeval gemiddeld gesproken weer iets groter dan bij een open buffersysteem (MOB). Bij de toegepaste openingsstrategie, zal de temperatuurval de meeste dagen ca. 1 á 1.5 °C bedragen.

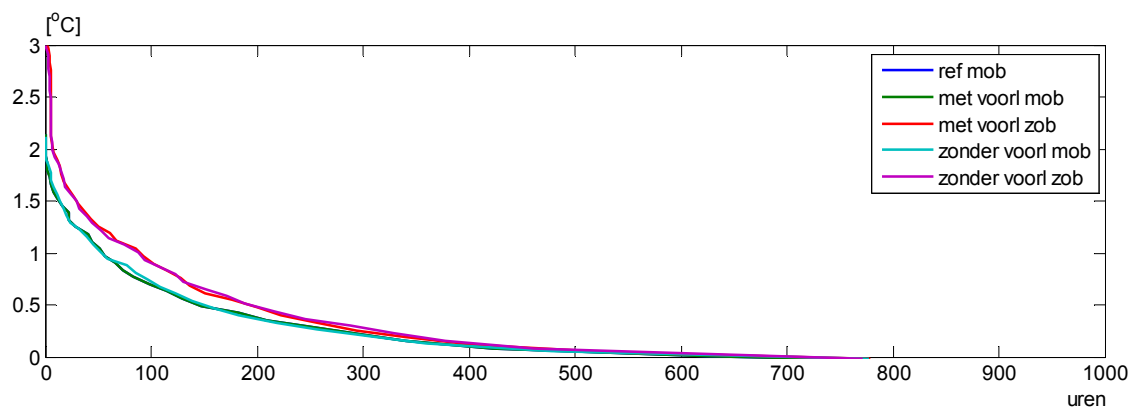
7 CASE B

In Figuur 46 is voor de 4 varianten van case B (en de referentie) jaarrond het verloop van de gerealiseerde etmaaltemperatuur gepresenteerd. De in de legenda gebruikte afkortingen zijn in paragraaf 3.2 beschreven.



Figuur 46 Verloop gerealiseerde etmaaltemperatuur.

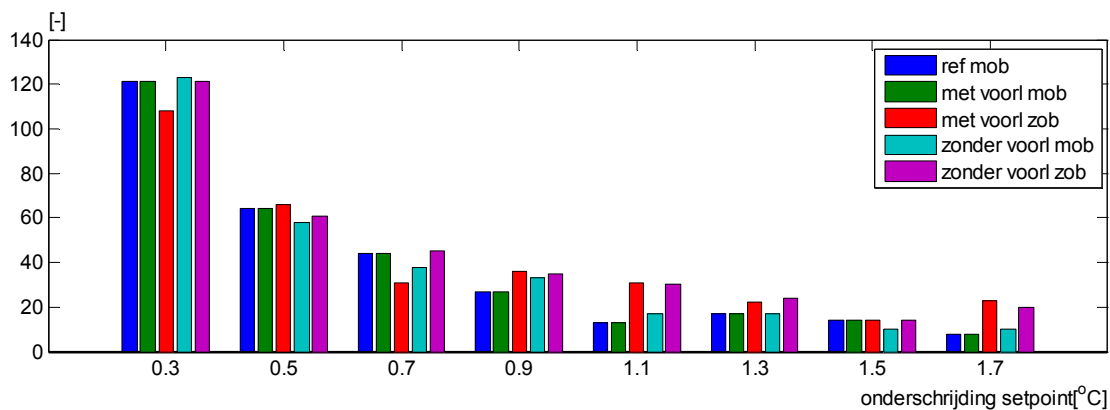
De gevolgen van de deze regelingen op de gerealiseerde etmaaltemperaturen zijn vrijwel nihil. Om dat beter inzichtelijk te maken, is in het volgende figuur een jaarbelastingduurkromme van de 1^e 1000 uur weergegeven van het verschil tussen het setpoint verwarmen en de gerealiseerde kasluchttemperatuur.



Figuur 47 Jaarbelasting duerkromme van de onderschrijding van de kasluchttemperatuur van het setpoint verwarmen.

Figuur 47 maakt duidelijk dat de case waar geen voorloop wordt toegepast, duidelijk meer uren met een onderschrijding van het setpoint verwarmen kent. Vergeleken met case A (Figuur 35) is de omvang zowel in het aantal uren als in grootte van het temperatuurverschil duidelijk kleiner. Daarnaast is het effect van het wel of niet aanwezig zijn van een openbuffer groter dan van het wel of niet toepassen van een voorloopregeling.

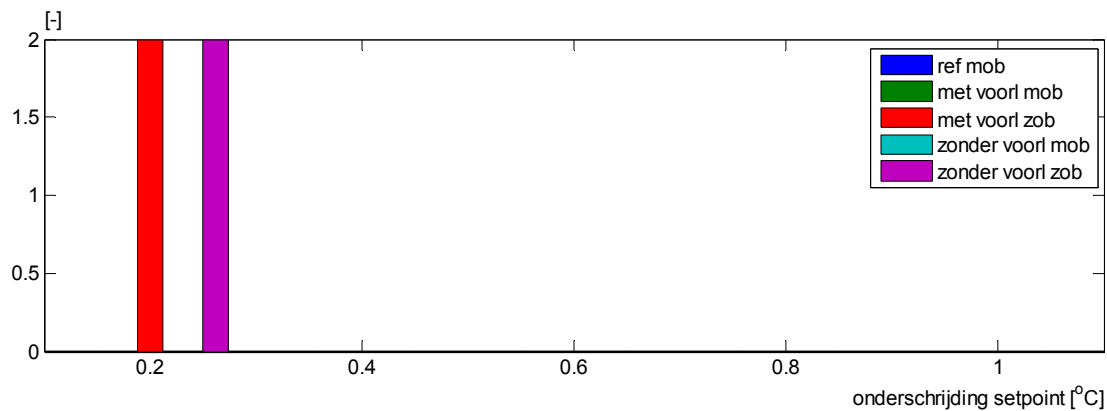
In Figuur 48 is een histogram gemaakt van het aantal uren dat de gerealiseerde kasluchttemperatuur onder het setpoint verwarmen blijft. Omdat een regeling zorgt dat de kasluchttemperatuur veel uren rondom het setpoint verwarmen ligt, zijn alleen die uren geteld waarbij de gerealiseerde kasluchttemperatuur meer dan 0.2 onder het setpoint verwarmen blijft. De op de x-as gepresenteerde waarden zijn de klasse middens dus de uren dat de onderschrijding van de gerealiseerde kasluchttemperatuur tussen 0.2 en 0.4 °C bedraagt, zijn bij 0.3 weergegeven.



Figuur 48 Histogram van de uren met onderschrijding de gerealiseerde kasluchttemperatuur van het setpoint verwarmen.

Figuur 48 laat zien dat de varianten zonder open buffer (zob) duidelijk meer uren met een onderschrijding hebben. Ook de varianten zonder voorloop hebben een fractioneel hoger aantal uren een onderschrijding van het setpoint verwarmen. Dat deze verschillen zo klein zijn, of anders gezegd dat de gevolgen van het wel of niet toepassen van een voorloopregeling zo gering zijn, kan ook het gevolg zijn van de in de referentie toegepaste openingsstrategie. Als deze rustig zijn werk doet, zal het effect van aanvullende maatregelen ook gering zijn.

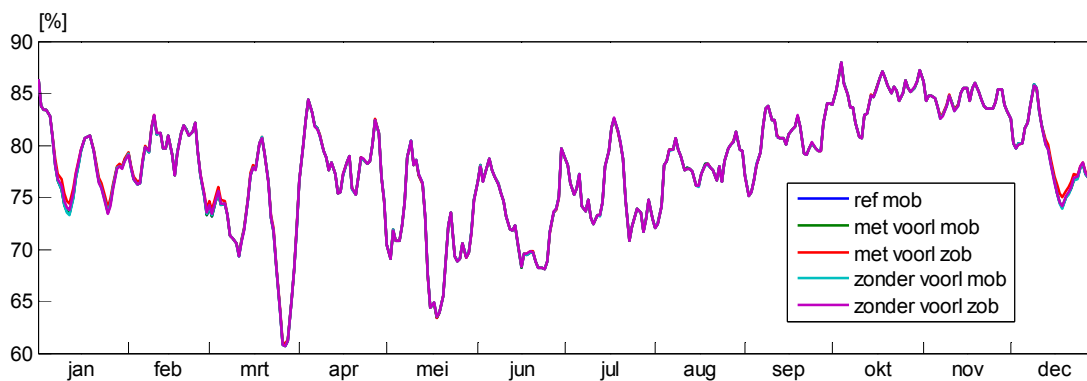
In Figuur 49 is een histogram weergegeven van de het aantal dagen dat de gerealiseerde kasluchttemperatuur op dagbasis onder de etmaaltemperatuur van het setpoint verwarmen heeft gelegen. Hierbij is een minimum van 0.1 °C aangehouden.



Figuur 49 Histogram van de dagen met onderschrijding van de gerealiseerde kasluchttemperatuur ten opzichte van het setpoint verwarmen.

Figuur 49 laat zien dat er in vergelijking met case A (Figuur 37) er vrijwel nooit sprake is van een te lage etmaaltemperatuur. Daarnaast is het effect van het wel of niet gebruiken van een open buffersysteem veel groter dan van het wel of niet toepassen van een voorloop. Hier kan ook de conclusie getrokken worden dat de verwarmingscapaciteit, of beter gezegd de contractcapaciteit voor deze case (net) voldoende is.

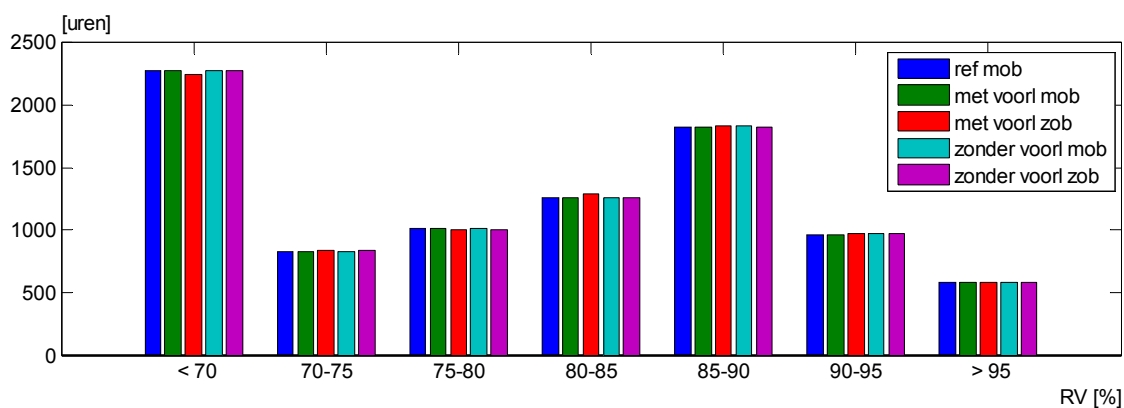
Verschillen in temperatuur en schermregeling zullen altijd gevolgen hebben voor de gerealiseerde kaslucht-RV. In Figuur 50 is de etmaalgemiddelde kaslucht RV gegeven.



Figuur 50 Verloop gerealiseerde kaslucht-RV.

Omdat er slechts marginale verschillen zijn in de gerealiseerde kasluchttemperatuur, is het ook te verwachten dat er marginale verschillen in RV zijn, wat uit Figuur 50 blijkt.

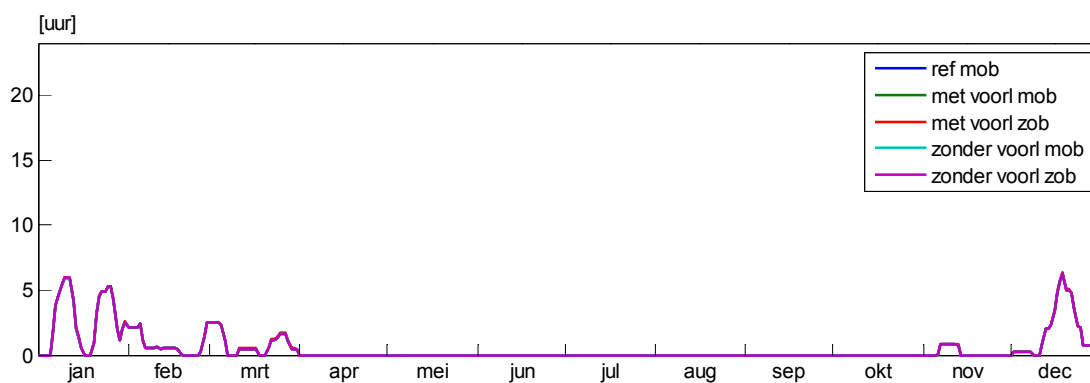
In Figuur 51 is een histogram van de gerealiseerde kaslucht RV gegeven.



Figuur 51 Histogram van de RV.

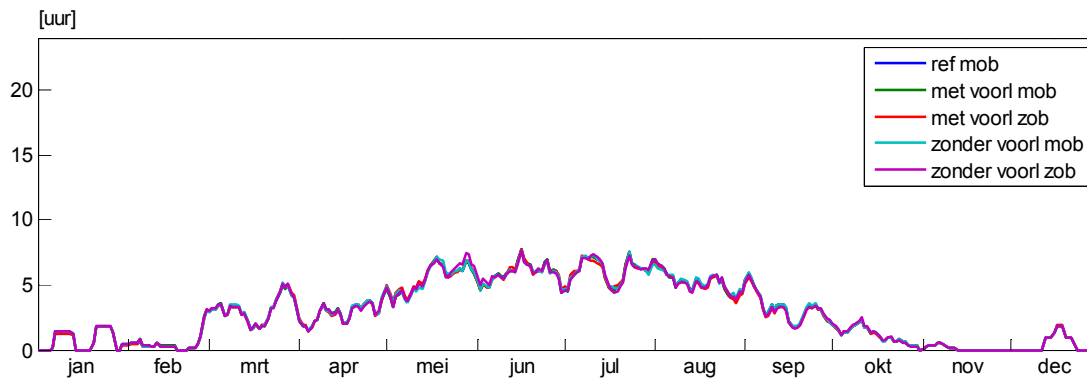
Dit histogram laat zien dat er hoegenaamd geen verschillen zijn tussen de varianten.

De varianten verschillen niet in schermstrategie, zodat er geen verschil in schermuren ontstaat, wat uit Figuur 52 ook blijkt.



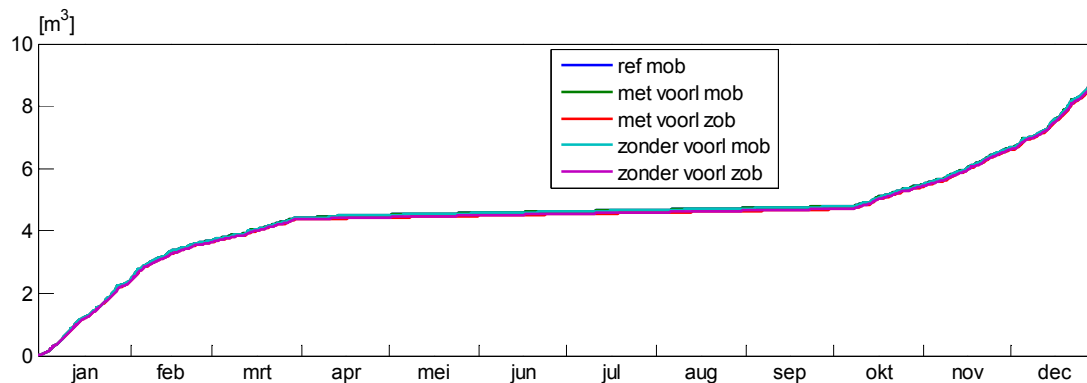
Figuur 52 Verloop gerealiseerde schermuren per dag.

Het totale aantal schermuren is in alle gepresenteerde varianten 185 uur voor het energiescherm en 46 uur voor het zonweringscherm. Dit zijn alleen de uren dat het energiescherm meer dan 80% gesloten is geweest. De overige uren zijn voor zonwering (Figuur 53).



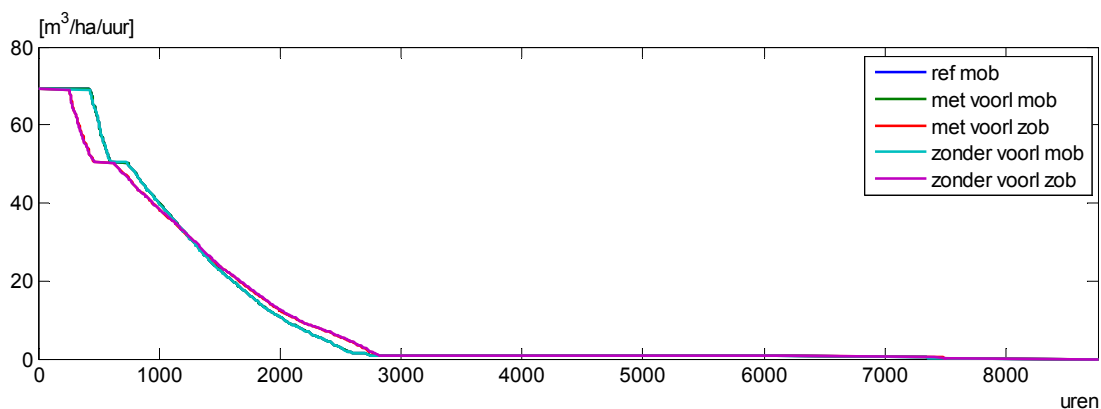
Figuur 53 Verloop gerealiseerde schermuren per dag van het zonweringscherm.

In Figuur 54 is het cumulatieve gasgebruik weergegeven.



Figuur 54 Cumulatief gasgebruik.

Het cumulatieve gebruik laat zien dat er slechts marginale verschillen ontstaan. Het energiegebruik ligt op 9.9, 9.0, 8.8, 9.0 en 8.8 m^3/m^2 voor respectievelijk de referentie met open buffer, met voorloop met openbuffer, met voorloop zonder openbuffer, zonder voorloop met open buffer en zonder voorloop zonder open buffer. Dat de eerste 2 (de referentie met open buffer en met voorloop met openbuffer) een gelijk energiegebruik kennen is logisch omdat dit 2 gelijke varianten zijn met verschillende benamingen. Het toepassen van het open buffersysteem kost net als in case A ca. 0.2 m^3/m^2 . Het toepassen van een voorloopregeling kost minder dan 0.1 m^3/m^2 op jaarbasis. In Figuur 55 de JBDK van het gasgebruik gepresenteerd.

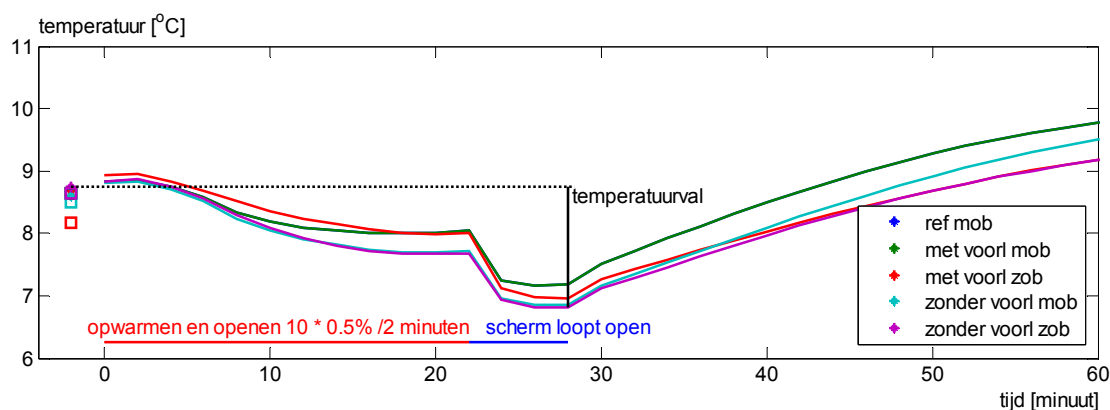


Figuur 55 Jaarbelasting duerkromme van het gasgebruik.

In deze jaarbelastingduerkromme wordt getoond dat een open buffersysteem voor meer uren met een maximale gasafname zorgt, maar dat de installatie minder uren in gebruik is. De contractcapaciteit ($70 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{uur}$) is dan ook duidelijk herkenbaar. Figuur 55 laat ook een duidelijk plateau op een niveau van $50 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{uur}$ zien. Dit is de maximale CO_2 -doseerstand die wordt toegestaan. Er is geen invloed van het wel of niet gebruiken van de voorloop op de buistemperatuur bij het openen van het scherm zichtbaar. Na uur 2800 ontstaat er een stabiele horizontale lijn. Deze representeert het ketelverlies. Gedurende de zomermaanden wordt er niet gestookt maar wordt de ketel wel op temperatuur gehouden.

Omdat het aantal schermuren van deze varianten gelijk is, zullen er geen verschillen voorkomen in de PAR lichtsom die het gewas heeft onderschept.

Rondom het openen van het scherm kunnen er forse veranderingen in het klimaat ontstaan. Vooral de temperatuurval is een vaak terugkerend onderwerp. Doordat de buistemperatuurregelingen rondom het moment van scherm openen verschillend zijn, kunnen er forse verschillen ontstaan in het verloop van de kasluchttemperatuur rondom het moment van scherm openen. In Figuur 56 is van deze varianten een gemiddeld temperatuurverloop en temperatuurval van alle keren dat het scherm is opengegaan weergegeven.

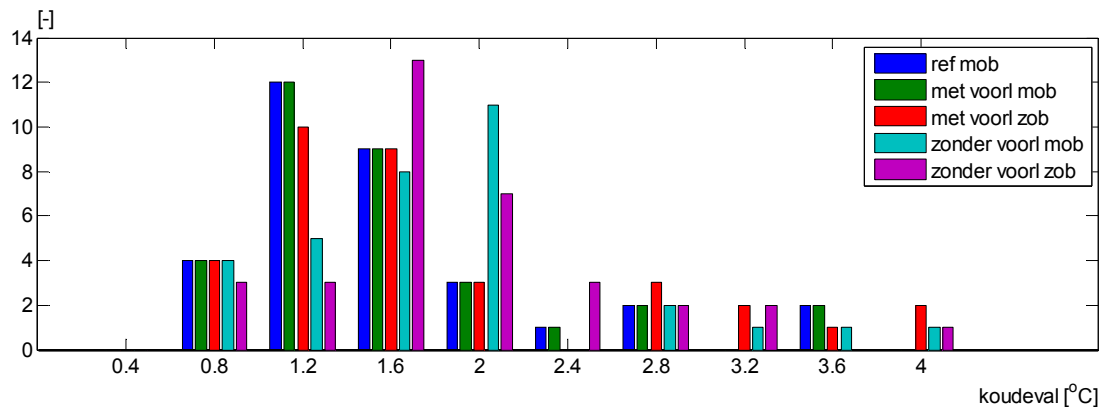


Figuur 56 Gemiddelde temperatuurval (door het jaar) tijdens het openen van het scherm.

Hoewel van deze varianten de schermstrategieën exact gelijk zijn, het scherm gaat dus in alle varianten op het zelfde tijdstip open, is het setpoint verwarmen in deze varianten niet exact gelijk. Dit komt omdat er bij de Freesia standaard met temperatuurintegratie gewerkt wordt waardoor het setpoint verwarmen kan verschillen tussen de

varianten. Het gemiddelde temperatuurverloop is afhankelijk van de regeling. De kasluchttemperatuur wordt als gevolg van de voorloop tijdens de opwarmfase gemiddeld gesproken beter op temperatuur gehouden. Het open buffersysteem heeft slechts een gering effect.

In Figuur 57 is een frequentieverdeling van de koudeval gegeven. Hiervoor is de temperatuurdaling genomen die wordt bereikt tussen het moment van het signaal scherm moet open tot 15 minuten nadat het scherm open is

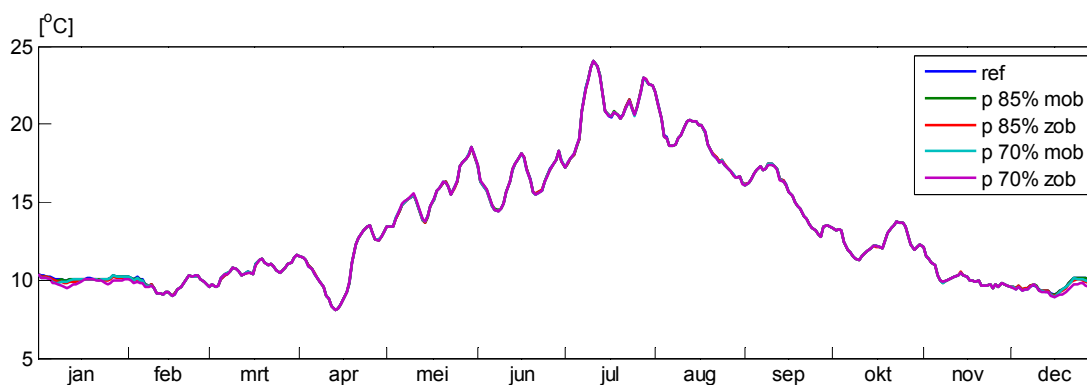


Figuur 57 Histogram van de koudeval.

Het figuur laat zien dat bij varianten waarbij er geen voorloop is de koudeval vaker wat groter is. De meeste dagen zal de koudeval ca. 1.5 °C bedragen.

8 CASE C

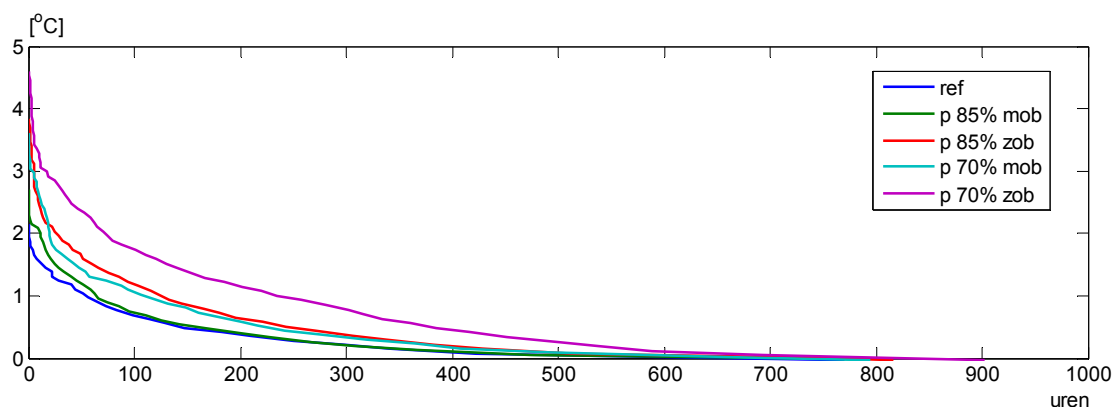
In Figuur 58 is voor de 4 varianten van case C en de referentie jaarrond het verloop van de gerealiseerde etmaaltemperatuur gepresenteerd. De in de legenda gebruikte afkortingen zijn in paragraaf 3.3 beschreven.



Figuur 58 Verloop gerealiseerde etmaaltemperatuur.

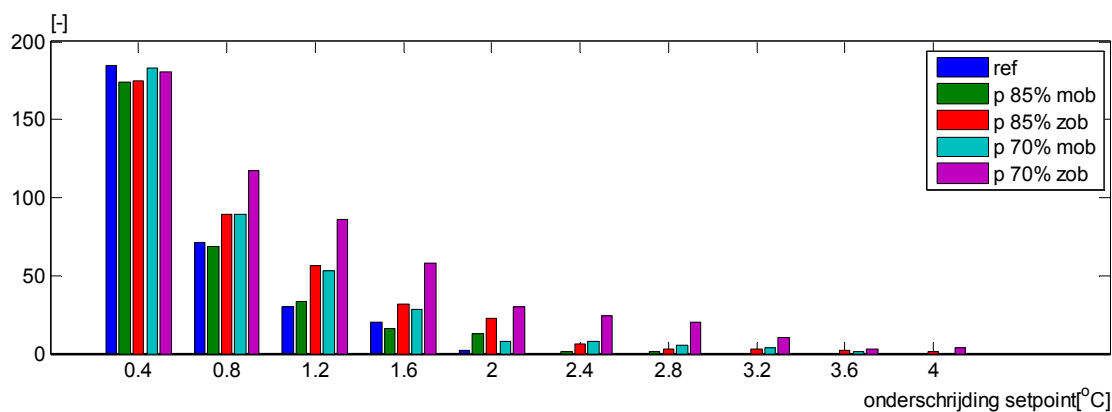
De gevolgen van de deze regelingen op de gerealiseerde etmaaltemperaturen zijn soms behoorlijk. Vooral de variant met een contractcapaciteit van 70% komt in de winterperiode een aantal dagen fors tekort. In Figuur 59 is meer in detail het aantal uren overschrijding van het setpoint verwarmen gegeven. Zeker in vergelijking met case B (Figuur 47)

is hier sprake van vele honderden uren overschrijding van het setpoint verwarmen met meerdere graden. Vooral bij de variant met 70% van de contractcapaciteit is dit het geval. Daarbij komt nog eens dat het wel of niet toepassen van een open buffersysteem een behoorlijk effect heeft.



Figuur 59 Jaarbelasting duerkromme van de overschrijding van de kasluchttemperatuur van het setpoint verwarmen.

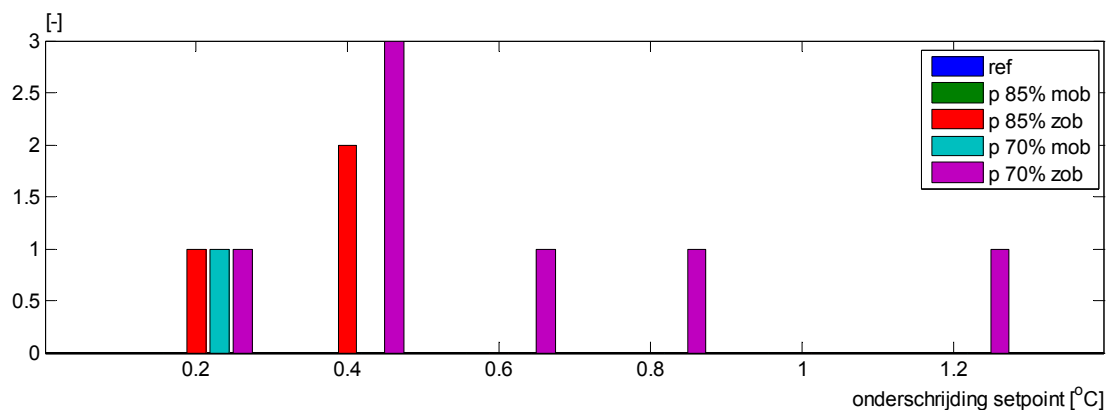
In Figuur 60 is een histogram gemaakt van het aantal uren dat de gerealiseerde kasluchttemperatuur onder het setpoint verwarmen blijft. Omdat een regeling zorgt dat de kasluchttemperatuur veel uren rondom het setpoint verwarmen ligt, zijn alleen die uren geteld waarbij de gerealiseerde kasluchttemperatuur meer dan 0.2 onder het setpoint verwarmen blijft. De op de x-as gepresenteerde waarden zijn de klasse middens dus de uren dat de overschrijding van de gerealiseerde kasluchttemperatuur tussen 0.2 en 0.6 °C bedraagt, zijn bij 0.4 weergegeven.



Figuur 60 Histogram van de uren met overschrijding de gerealiseerde kasluchttemperatuur van het setpoint verwarmen.

Figuur 60 laat zien dat de varianten met een contractcapaciteit van 70% van de referentie veel meer uren een grote overschrijding van het setpoint verwarmen hebben. Het openbuffer systeem heeft bij de varianten met 85% aansluitcapaciteit wat meer (nivellerend) effect dan bij 70%. Dit is te zien aan de kleinere verschillen tussen de groene en rode balken dan bij de lichtblauwe en paarse balken. Voor het gewas hoeft een kortstondige overschrijding van het setpoint verwarmen niet problematisch te zijn. Meer belang moet worden gehecht aan de etmaaltemperatuur. In Figuur 61 is een histogram weergegeven van de het aantal dagen dat de gerealiseerde kasluchttemperatuur op

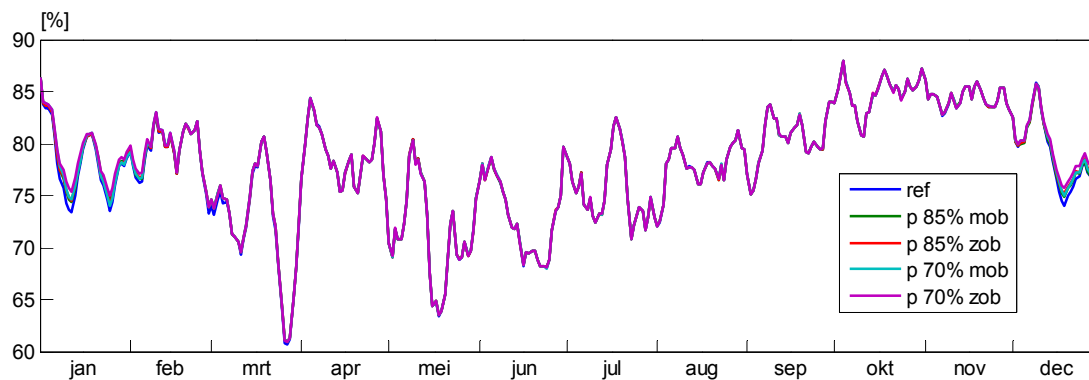
dagbasis onder de etmaaltemperatuur van het setpoint verwarmen heeft gelegen. Hierbij is een minimum van 0.1 °C aangehouden.



Figuur 61 Histogram van de dagen met overschrijding van de gerealiseerde kasluchttemperatuur ten opzichte van het setpoint verwarmen.

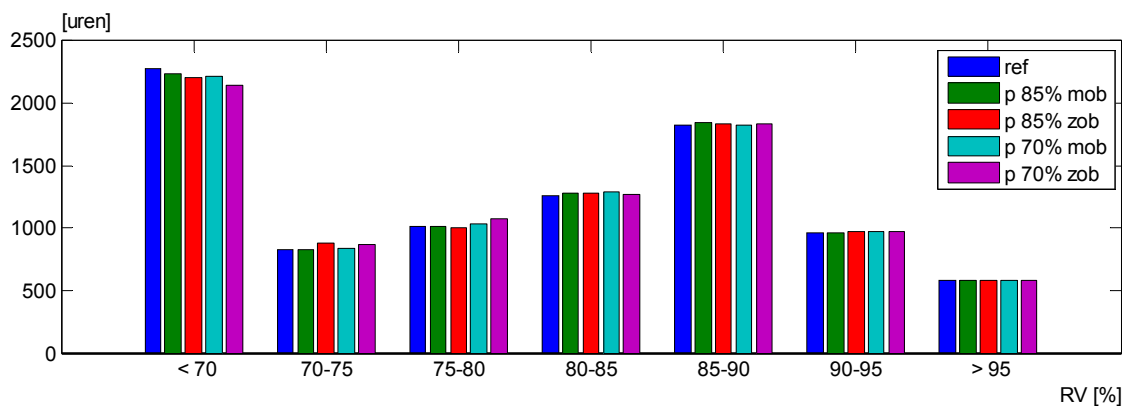
Figuur 61 laat duidelijk zien dat er veel meer koude dagen zijn dan bij case A en B (respectievelijk Figuur 37 en Figuur 49). Het open buffersysteem heeft duidelijk effect op het aantal dagen dat er een overschrijding van het setpoint voorkomt.

Hoewel de regelingen in deze 4 varianten gelijk zijn, zullen er door de verschillen in gerealiseerde kasluchttemperatuur ook verschillen in de gerealiseerde kaslucht RV ontstaan. In Figuur 62 is de etmaalgemiddelde kaslucht RV gegeven.



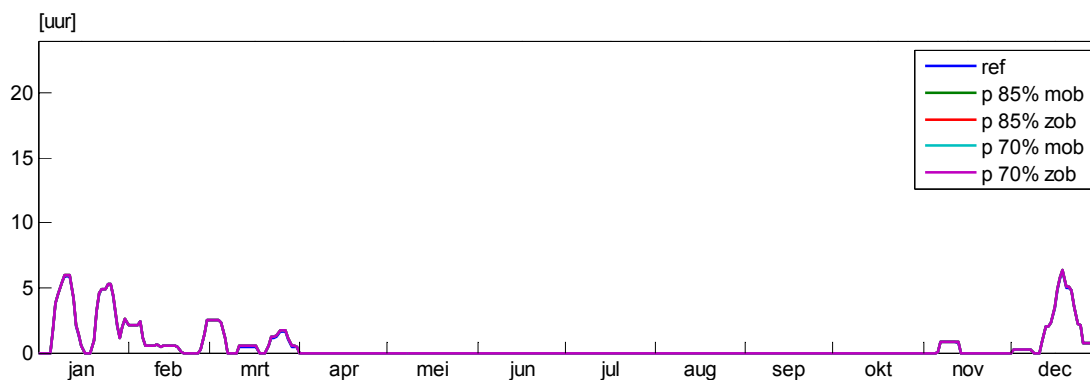
Figuur 62 Verloop gerealiseerde kaslucht-RV.

De verschillen in vochniveau zijn over het algemeen klein. Dit blijkt ook uit Figuur 63 waar de gerealiseerde kaslucht RV in een histogram is weergegeven.



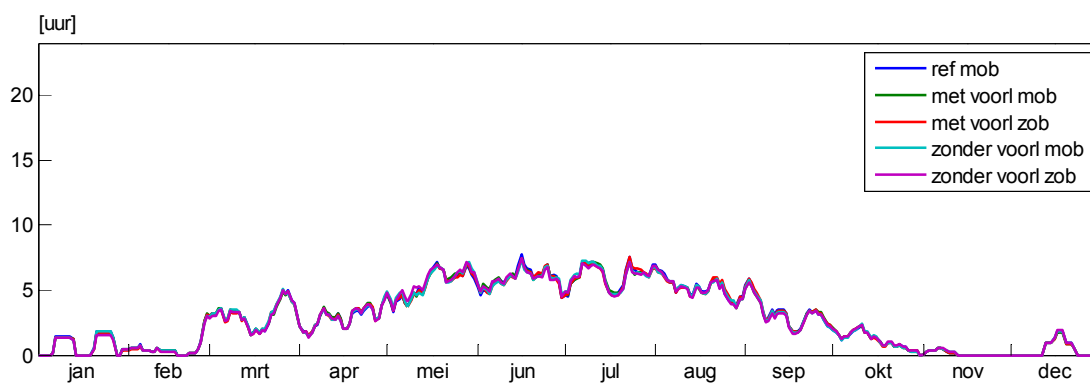
Figuur 63 Histogram van de RV.

De varianten verschillen niet in gebruikswijze van het scherm, die uit Figuur 64 en Figuur 65 waar het verloop van de gerealiseerde schermuren per dag voor beide schermen is gegeven.



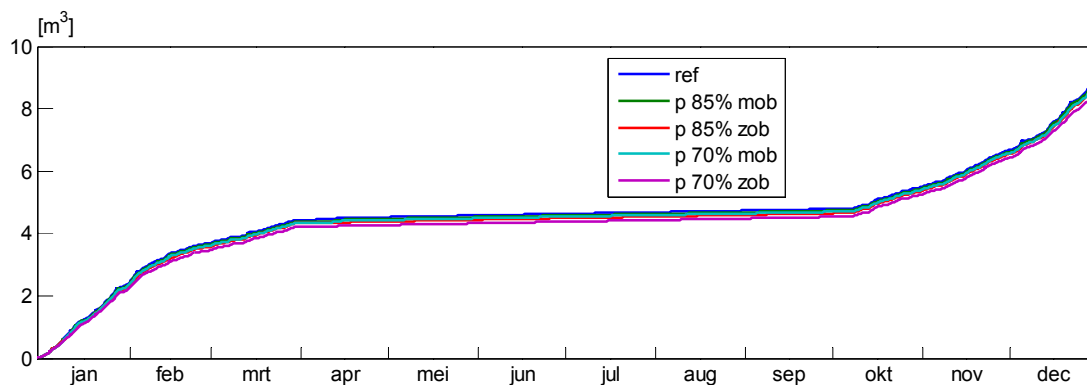
Figuur 64 Verloop gerealiseerde schermuren per dag.

Het totale aantal schermuren is in al deze varianten 185.



Figuur 65 Verloop gerealiseerde schermuren per dag van het zonweringscherm.

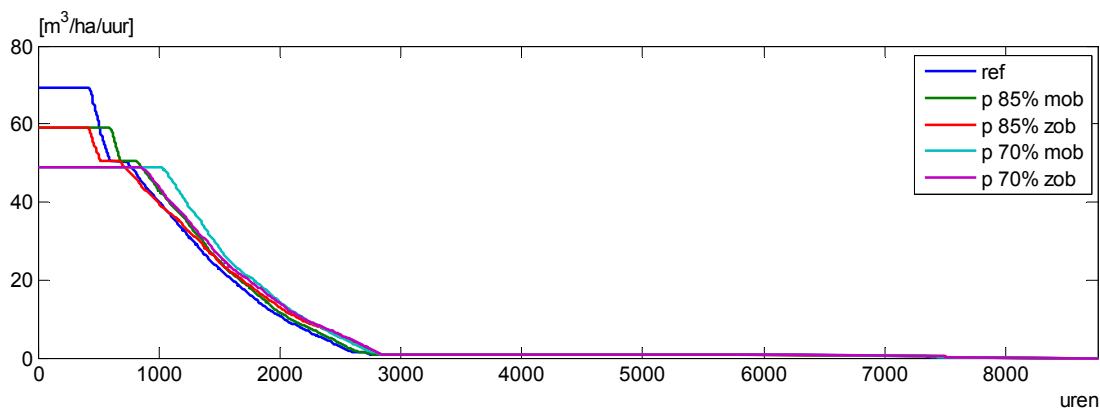
In Figuur 66 is het cumulatieve gasgebruik weergegeven. Uiteindelijk zijn de verschillen in gasgebruik gering. De dagen dat er een capaciteitstekort is zijn beperkt, van geen enkele dag voor de referentie tot ca. 8 dagen voor de variant met 70% van de contractcapaciteit zonder een open buffersysteem. Op deze dagen is er meestal slechts een kleine vermindering van het gasgebruik. Dit zijn de dagen waar de etmaal temperatuur slechts enkele tienden °C onder het setpoint verwarmen ligt, Figuur 60. Op de dagen met een grote onderschrijding van het setpoint verwarmen kan het verbruik dus met maximaal 30% ten opzichte van de referentie teruglopen.



Figuur 66 Cumulatief gasgebruik.

De gasgebruiken liggen 9.0, 8.9, 8.7, 8.8 en 8.5 m³/m² voor respectievelijk de referentie, de variant met 85% met een open buffersysteem, 85% zonder open buffersysteem, 70% met open buffersysteem en 70% zonder open buffersysteem. In tegenstelling tot case A en B waar het verschil tussen wel of geen open buffersysteem altijd ca. 0.1 á 0.2°C was, geeft de variant met 70% contractcapaciteit een groter verschil. Dit is het gevolg van een te kleine capaciteit. Anders gezegd, bij een contractcapaciteit van 70% is er (al) zovaak een warmtetekort dat het absolute gasgebruik gaat afnemen.

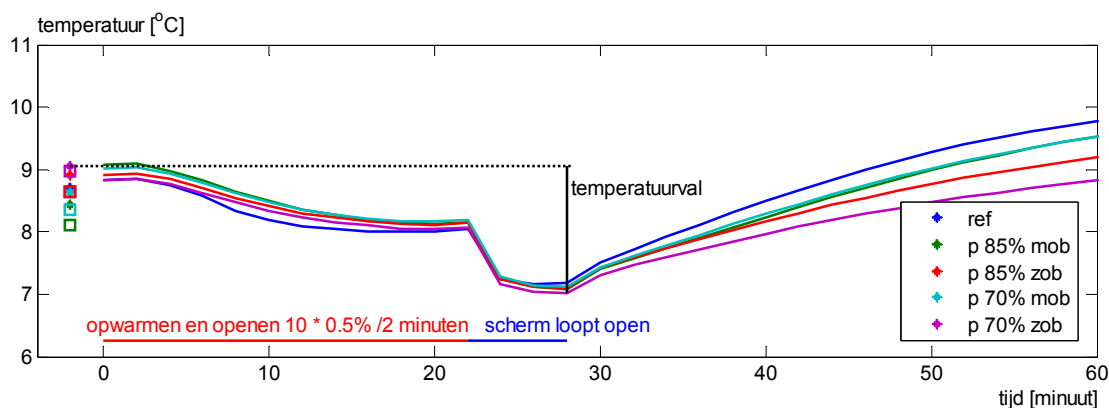
In werkelijkheid zal een ondernemer op deze dagen aanvullende maatregelen nemen. Omdat dit modelberekeningen zijn, waarbij de keus is gemaakt met één standaard regeling te werken, wordt het scherm (indien aan de voorwaarden is voldaan) gewoon geopend. Bij een zo groot tekort aan warmte zal een ondernemer het scherm op deze dagen zeker (langer) dicht laten liggen. Naast het absolute energiegebruik is ook het afnamepatroon van belang. Daarvoor is in Figuur 67 de JBDK van het gasgebruik gepresenteerd.



Figuur 67 Jaarbelasting duerkromme van het gasgebruik.

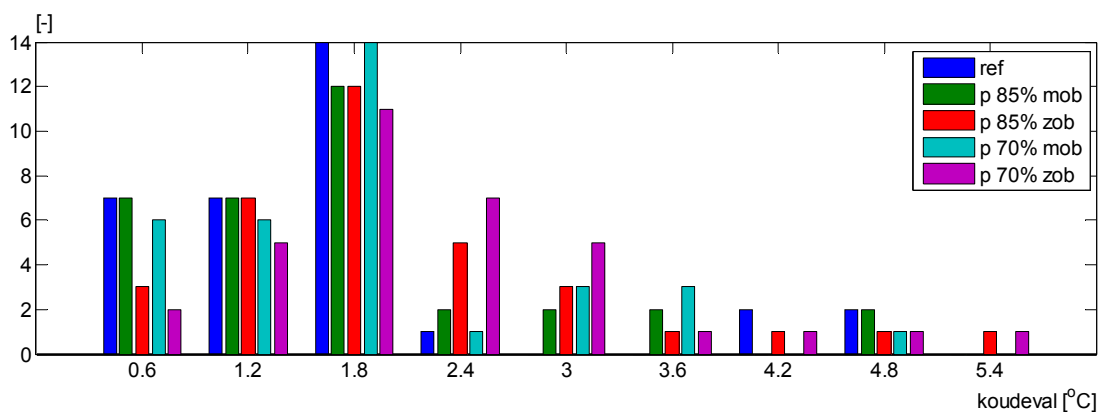
In deze jaarbelastingduurkromme wordt getoond dat bij een afname van de contractcapaciteit er meer uren met een maximale gasafname zijn. Ook een open buffersysteem laat dit effect zien.

Rondom het openen van het scherm kunnen er forse veranderingen in het klimaat ontstaan. Doordat er momenten zijn dat er niet aan de warmtevraag voldaan kan worden, kan er op deze dagen ook een grotere temperatuurval voorkomen. In Figuur 68 is van deze varianten een gemiddeld temperatuurverloop en de temperatuurval van alle keren dat het scherm is opgegaan weergegeven.



Figuur 68 Gemiddelde temperatuurval (door het jaar) tijdens het openen van het scherm.

De weergegeven symbolen op het tijdstip -1 zijn de gemiddelde setpoints van de bijbehorende (zie kleur) varianten. Bij alle varianten ligt de gerealiseerde kasluchttemperatuur op het moment van openen gemiddeld gesproken boven het setpoint verwarmen. Dit betekent dat het gemiddeld gesproken te warm is op het moment van openen van het scherm. Rondom het moment van scherm openen is vaak het koudste moment van de dag en dus ook het moment met de grootste warmtevraag. Alle varianten hebben een grotere temperatuurval dan de referentie. In Figuur 69 is een frequentieverdeling van de koudeval gegeven. Hiervoor is de temperatuurdaling genomen die wordt bereikt tussen het moment van het signaal scherm moet open tot 15 minuten nadat het scherm open is. In dit figuur lijkt het of de variant 'p 85% zob' vaker een grote koudeval kent. Dit is slechts ten dele waar. Door de gekozen grenzen komen de temperatuurval van een aantal dagen net in de hoogste klasse. Wordt er echter naar de gemiddelde koudeval van alle dagen gekeken, dan is deze 1.5, 1.9, 1.6 en 2.2 °C voor respectievelijk 85 mob, 85 zob, 70 mob en 70 zob. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de variant met 70% van de contractcapaciteit, op de dagen dat het echt nodig is, onvoldoende capaciteit heeft om de buffer te vullen om pieken in de warmtevraag in te kunnen vullen.



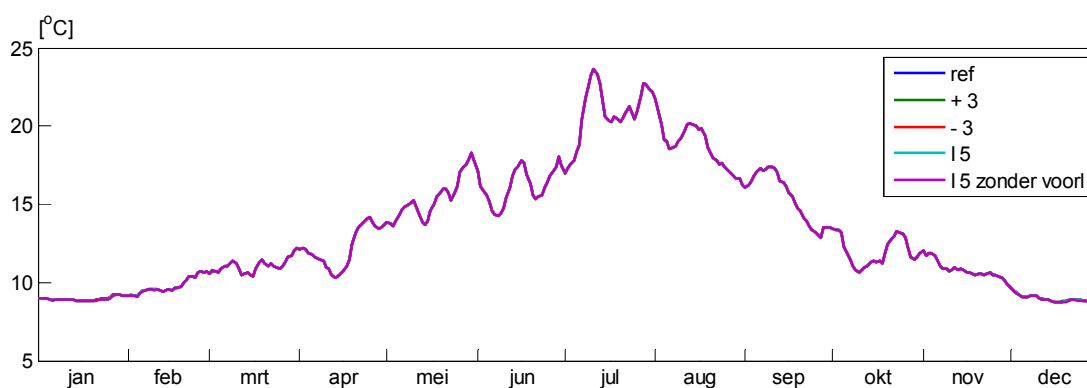
Figuur 69 Histogram van de koudeval.

9 Sla

In deze paragraaf zijn de resultaten van de berekeningen met een Sla-gewas besproken. De referentie is gebaseerd op de in paragraaf 2.4 beschreven teelt. In tegenstelling tot tomaat en Freesia kenmerkt de slateelt zich door verwarming met behulp van heteluchtkachels en waardoor er ook geen warmtebuffer beschikbaar is. De varianten 'MOB' en 'ZOB' komen in deze paragraaf dan ook niet voor.

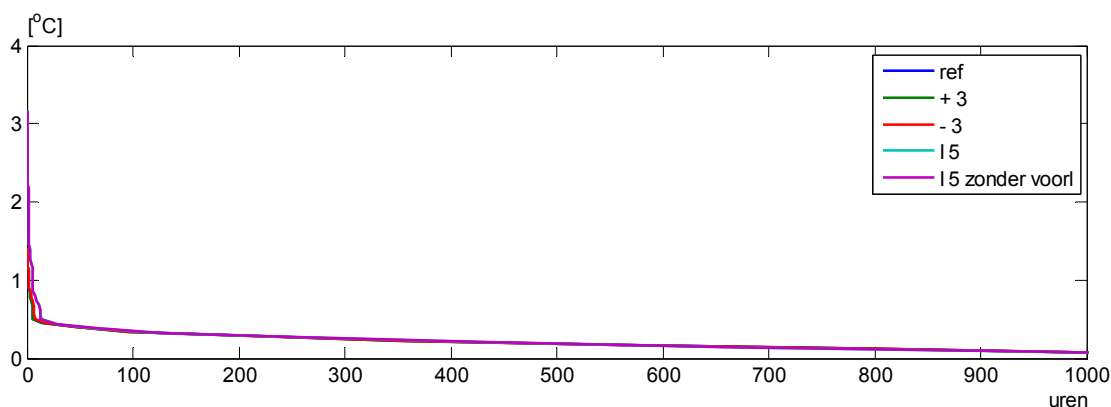
10 CASE A

In Figuur 70 is voor alle 5 varianten van case A jaarrond het verloop van de gerealiseerde etmaaltemperatuur gepresenteerd. De in de legenda gebruikte afkortingen zijn in paragraaf 3.1 beschreven.



Figuur 70 Verloop gerealiseerde etmaaltemperatuur.

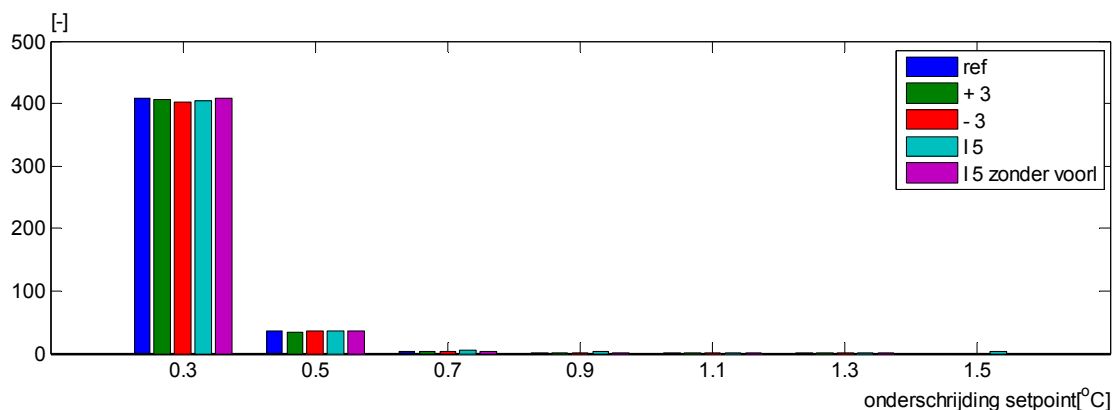
De gevolgen van de deze regelingen op de gerealiseerde etmaaltemperaturen zijn vrijwel nihil. Het stookseizoen is ook maar kort. De kachels zijn tussen half april en begin november uitgeschakeld. Buiten het stookseizoen kunnen er dan ook geen verschillen ontstaan. Om beter inzichtelijk te maken hoe vaak er sprake is van een onderschrijding van het setpoint verwarmen, is in het volgende figuur een jaarbelastingduurkromme van de 1^e 1000 uur weergegeven van het verschil tussen het setpoint verwarmen en de gerealiseerde kasluchttemperatuur.



Figuur 71 Jaarbelasting duurkromme van de onderschrijding van de kasluchttemperatuur van het setpoint verwarmen.

Figuur 71 maakt duidelijk er slechts enkele tientallen uren sprake is van een werkelijke onderschrijding van het setpoint verwarmen. De variant waarbij het scherm bij een globale straling van 5 W/m^2 zonder voorloop al geopend wordt, presteert hierbij het slechtst hoewel de verschillen erg klein zijn. De capaciteit van het verwarmingssysteem is blijkbaar zo groot dat er (vrijwel) geen warmtetekort ontstaat.

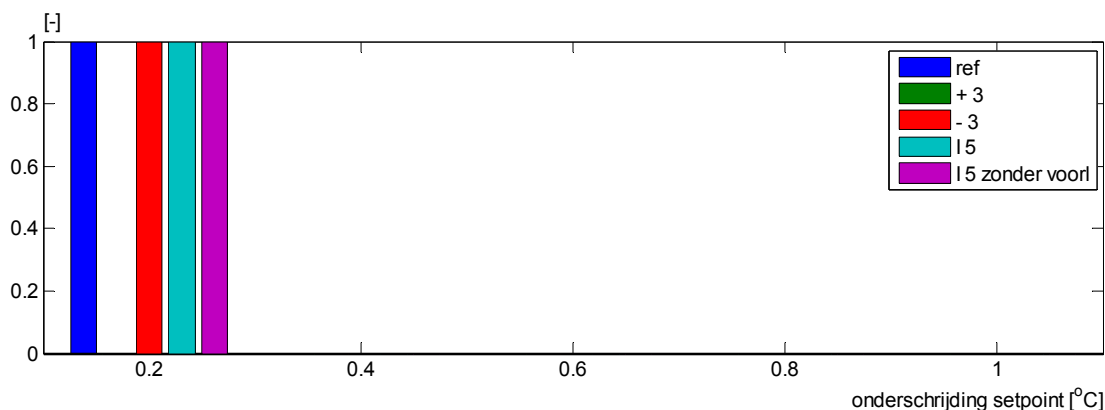
In Figuur 72 is een histogram gemaakt van het aantal uren dat de gerealiseerde kasluchttemperatuur onder het setpoint verwarmen blijft. Omdat een regeling zorgt dat de kasluchttemperatuur veel uren rondom het setpoint verwarmen ligt, zijn alleen die uren geteld waarbij de gerealiseerde kasluchttemperatuur meer dan 0.2 onder het setpoint verwarmen blijft. De op de x-as gepresenteerde waarden zijn de klasse middens dus de uren dat de onderschrijding van de gerealiseerde kasluchttemperatuur tussen 0.2 en 0.4 °C bedraagt, zijn bij 0.3 weergegeven.



Figuur 72 Histogram van de uren met onderschrijding de gerealiseerde kasluchttemperatuur van het setpoint verwarmen.

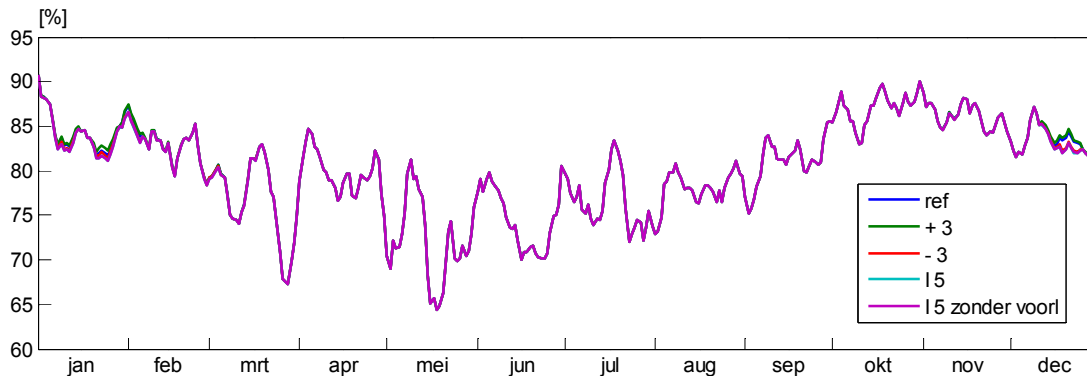
Figuur 72 laat zien dat bij de variant ' - 3' er een fractioneel groter aantal uren met een onderschrijding van het setpoint verwarmen is.

Voor het gewas hoeft een kortstondige onderschrijding van het setpoint verwarmen niet problematisch te zijn. Meer belang moet worden gehecht aan de etmaaltemperatuur. In Figuur 73 is een histogram weergegeven van de het aantal dagen dat de gerealiseerde kasluchttemperatuur op dagbasis onder de etmaaltemperatuur van het setpoint verwarmen heeft gelegen. Hierbij is een minimum van 0.1 °C aangehouden.



Figuur 73 Histogram van de dagen met onderschrijding van de gerealiseerde kasluchttemperatuur ten opzichte van het setpoint verwarmen.

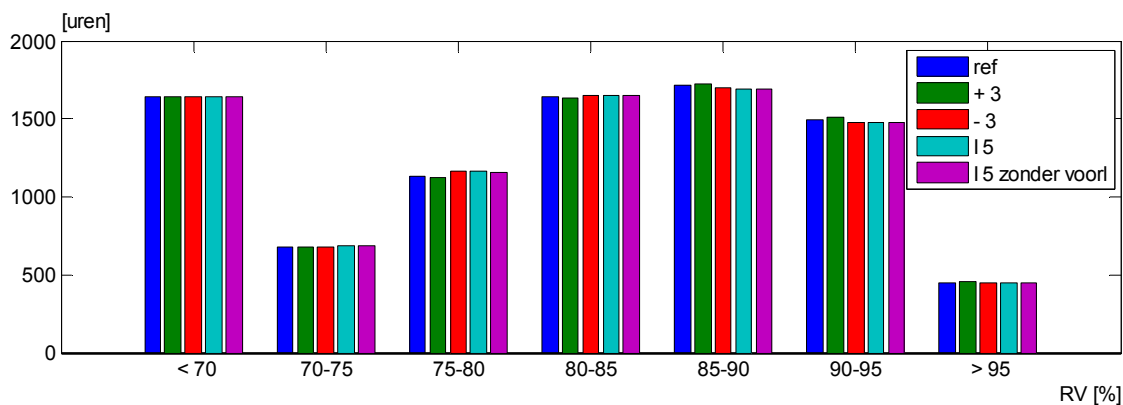
Figuur 73 laat duidelijk zien dat er slechts op 1 dag sprake is van een duidelijke onderschrijding van het setpoint verwarmen. De variant '+3' kent zelfs geen enkele dag met een onderschrijding van de etmaaltemperatuur. Verschillen in temperatuur en schermregeling zullen altijd gevolgen hebben voor de gerealiseerde kaslucht RV. In Figuur 74 is de etmaalgemiddelde kaslucht RV gegeven.



Figuur 74 Verloop gerealiseerde kaslucht RV.

Het patroon dat in de periode december – medio februari er soms wat verschillen in vochniveau zijn kan aan de schermregeling worden toegeschreven. Er is duidelijk een relatie met het aantal schermuren in de betreffende periode, zie Figuur 76.

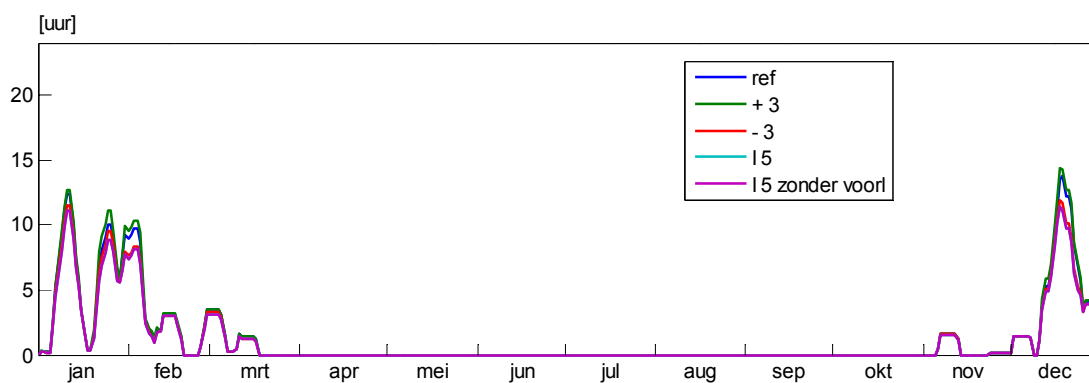
In Figuur 75 is een histogram van de gerealiseerde kaslucht RV gegeven.



Figuur 75 Histogram van de RV.

Dit histogram laat zien dat de case waarbij het scherm pas bij een 3 graad hogere buitentemperatuur geopend wordt, iets hoger in het vocht komen in het gebied 85 – 90 en 90 – 95% RV. Over het algemeen zijn de verschillen erg klein.

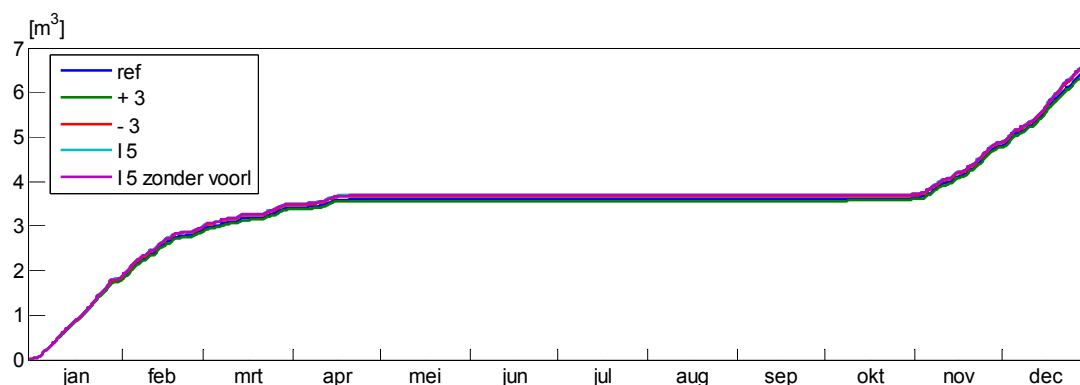
De varianten verschillen voornamelijk in gebruikswijze van het scherm. Dit resulteert ook in een groot verschil in schermuren. In Figuur 76 is het aantal schermuren per dag weergegeven.



Figuur 76 Verloop gerealiseerde schermuren per dag van het energiescherm.

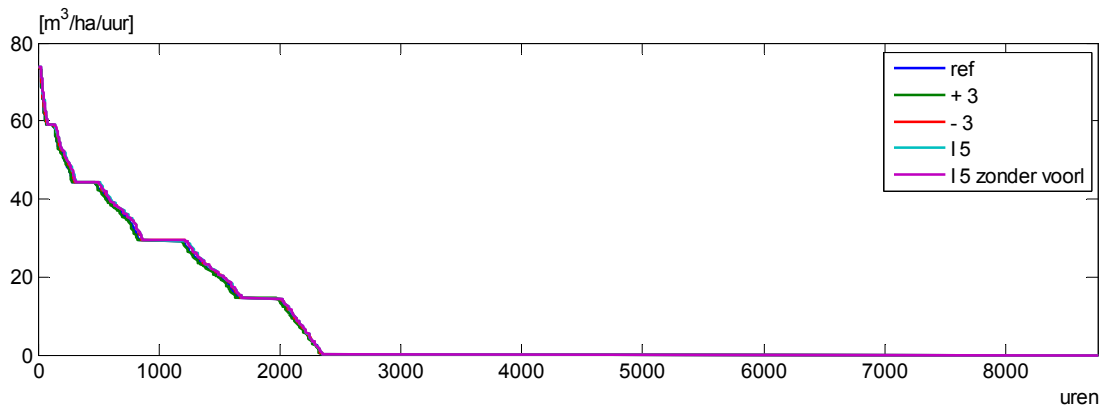
Door de verschillende setpoint instellingen is het schermgedrag anders. Uit dit figuur blijkt dat de schermuren vooral in december, januari en februari liggen. Daarbuiten wordt slechts sporadisch geschermd. Het totale aantal schermuren is 468, 493, 427 en 411 uur voor respectievelijk de referentie, de cases waar de buitentemperatuur waarbij het scherm gesloten wordt met 3 °C is verhoogd en met 3 °C is verlaagd en de variant waar het scherm jaarrond bij een globale straling van 5 W/m² geopend wordt.

Kleine verschillen in schermgebruik zullen ook tot uiting komen in kleine verschillen in gasgebruik zoals uit Figuur 77 waar het cumulatieve gasgebruik is weergegeven blijkt.



Figuur 77 Cumulatief gasgebruik.

Het cumulatieve gebruik laat zien dat de verschillen in het voor en najaar ontstaan. Het meer dan wel minder inzetten van het scherm heeft ook duidelijke gevolgen op het energiegebruik. Deze liggen op 6.7, 6.6, 6.8, 6.8, en 6.8 m³/m² voor respectievelijk de referentie, de referentie met een verhoging van de buitentemperatuur waarbij het scherm sluit van 3 °C, een verlaging van de buitentemperatuur waarbij het scherm sluit van 3 °C (ten opzichte van de referentie) en de variant waar het scherm jaarrond bij een globale straling van 5 W/m² geopend wordt. De extra schermuren zorgen slechts voor een marginale afname in het energiegebruik. Naast het absolute energiegebruik is ook het afnamepatroon van belang. Daarvoor is in Figuur 78 de JBK van het gasgebruik gepresenteerd.



Figuur 78 Jaarbelasting duerkromme van het gasgebruik.

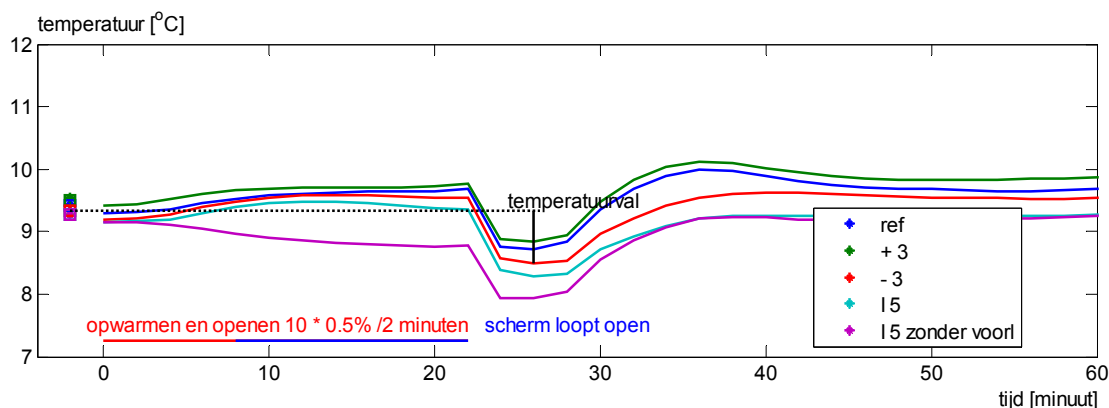
De contractcapaciteit ligt op ca. $74 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{uur}$ ($65 \text{ W}_{\text{th}}/\text{m}^2$), maar is niet duidelijk herkenbaar. Het figuur laat wel een 4-tal opvallende plateaus in de gasafname zien. Dit is het gevolg van de regeling van de heteluchtkachels. Een kachel is aan of uit (moduleert niet), echter er zijn zoveel kachels dat deze niet allemaal gelijktijdig aan zijn zonder over de contractcapaciteit heen te gaan. Er wordt dan ook gebruik gemaakt van een cascade regeling die ervoor zorgt dat kachels na elkaar worden ingeschakeld. Dit geeft in de modelberekeningen deze getrapte gasafname in de jaarbelastingduerkromme. Er wordt niet gestookt om te CO_2 -en de bij het verwarmen vrijkomende CO_2 dient als CO_2 -bron. Als overdag het scherm gesloten is, ontvangt het gewas minder licht en gaat er wellicht groei verloren. Om hierin inzicht te verschaffen is in Tabel 2 de lichtsom op gewasniveau voor de verschillende varianten op jaarbasis en tijdens de uren dat het scherm in de variant met de meeste schermuren (+ 3) het scherm meer dan 60% gesloten was.

Tabel 3 Lichtsom op gewasniveau bij sla voor de verschillende cases op jaarbasis en tijdens de uren dat het scherm in de case met de meeste schermuren het scherm meer dan 60% gesloten was.

Case	Lichtsom op jaarbasis		Lichtsom tijdens schermen	
	PAR op gewas [MJ/m ²]	Globale straling buiten [MJ/m ²]	PAR op gewas [MJ/m ²]	Globale straling buiten [MJ/m ²]
ref	1296	3650.3	6.1	22.0
pl 3	1295	3650.3	5.5	22.0
mi 3	1296	3650.3	6.9	22.0
iglob5	1297	3650.3	7.2	22.0
iglob5 zonder voorl	1297	3650.3	7.2	22.0

Zoals uit de tabel blijkt, is er tussen de verschillende varianten op jaarbasis slechts een zeer beperkt verschil in de door het gewas ontvangen PAR energie. Het verschil blijft op jaarbasis dan ook binnen een marge van 0.2%. Wordt er echter gekeken naar de schermperiode, dan blijkt dat er wel grotere verschillen voorkomen. Om dit te bepalen, is de energiesom bepaald tijdens de uren dat de case waar het meest geschermd wordt, het scherm meer dan 60% gesloten was. Dit is de case waar het buitentemperatuurcriterium waarbij het scherm gesloten wordt met 3 °C is verhoogd. In deze case worden op jaarbasis 493 schermuren van het energiescherm gemaakt. Tijdens deze 493 uur, waarvan het overgrote deel overigens in de nacht valt (369 uur), loopt het verschil in ontvangen PAR-energie op tot ca. 25%. Dit moet in relatie worden gezien met de totale hoeveelheid licht in deze periode. Dan blijft er slechts een verschil van enkele procenten over.

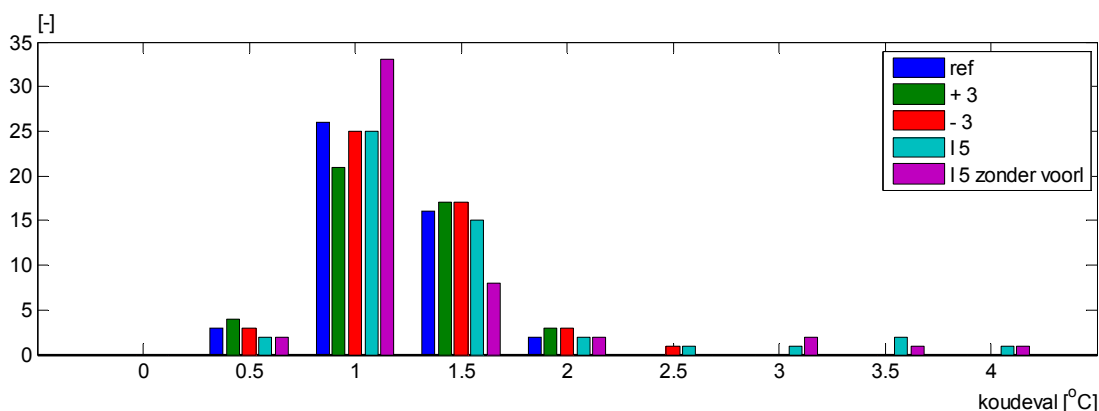
Rondom het openen van het scherm kunnen er forse veranderingen in het klimaat ontstaan. Vooral de temperatuurval is een vaak terugkerend onderwerp. Doordat de schermregelingen verschillend zijn, zijn er ook grote verschillen in het aantal dagen dat het scherm gebruikt is en de temperatuurval die daarbij hoort. In Figuur 79 is van deze varianten een gemiddeld temperatuurverloop en temperatuurval van alle keren dat het scherm is opengestaan weergegeven.



Figuur 79 Gemiddelde temperatuurval (door het jaar) tijdens het openen van het scherm.

Op jaarbasis wordt het scherm in de referentiecasse ca. 47 keer geopend terwijl dit in de variant '+ 3 mob' 45 keer is. De weergegeven symbolen op het tijdstip -1 zijn de gemiddelde setpoints verwarmen van de bijbehorende (zie kleur) varianten. Bij de meeste varianten ligt de gerealiseerde kasluchttemperatuur op het moment van openen gemiddeld gesproken onder het setpoint verwarmen. Heteluchtkachels hebben in vergelijking met buisverwarming een erg direct gevolg op de kasluchttemperatuur. Bij de variant 'I5' blijft na het openen de kasluchttemperatuur wat achter. De temperatuurval is bij de variant 'I5' het grootst. Wel is duidelijk te zien dat de voorloop er voor zorgt dat tijdens de openingsprocedure (kieren) de kasluchttemperatuur vast gehouden kan worden of zelfs kan stijgen (gemiddeld). Absoluut gezien, levert deze variant (I5 zonder voorl) de laagste kasluchttemperaturen op. Echter volgens de definitie is deze temperatuurval niet groter dan bij de andere varianten. Algemeen gesproken, kan gesteld worden dat de verschillen in temperatuurval tussen de hier gepresenteerde varianten klein zijn.

In Figuur 80 is een frequentieverdeling van de koudeval gegeven. Hiervoor is de temperatuurdaling genomen die wordt bereikt tussen het moment van het signaal scherm moet open tot 15 minuten nadat het scherm open is.

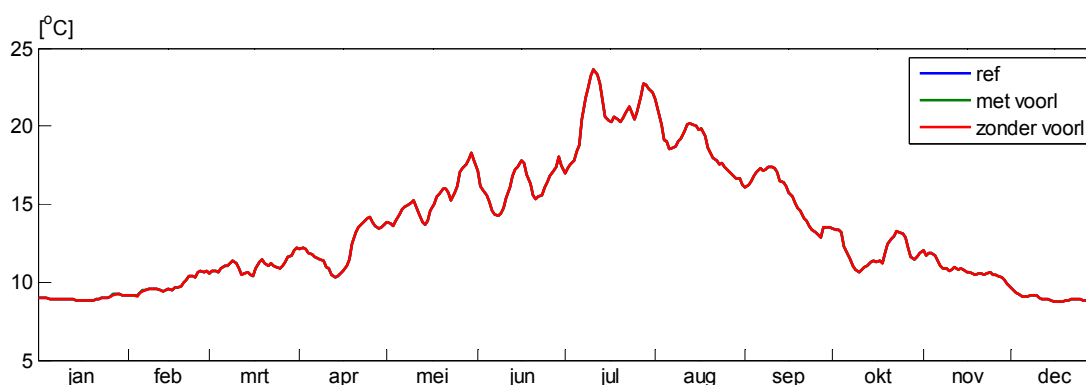


Figuur 80 Histogram van de koudeval.

Het figuur laat zien dat bij varianten waarbij het scherm minder gebruikt of vroeger geopend wordt, de koudeval vaak wat groter is. De verschillen zijn echter klein. Bij de toegepaste openingsstrategie, zal de temperatuurval de meeste dagen ca. 1 tot maximaal 1.5 °C bedragen. Dat de gemiddelde koudeval, zoals in Figuur 79, onderling weinig verschilt, komt doordat op veruit de meeste dagen de temperatuurval in de zelfde range ligt. In slecht een beperkt aantal dagen zijn er forse uitbijters die dan ook weinig invloed hebben op het gemiddelde.

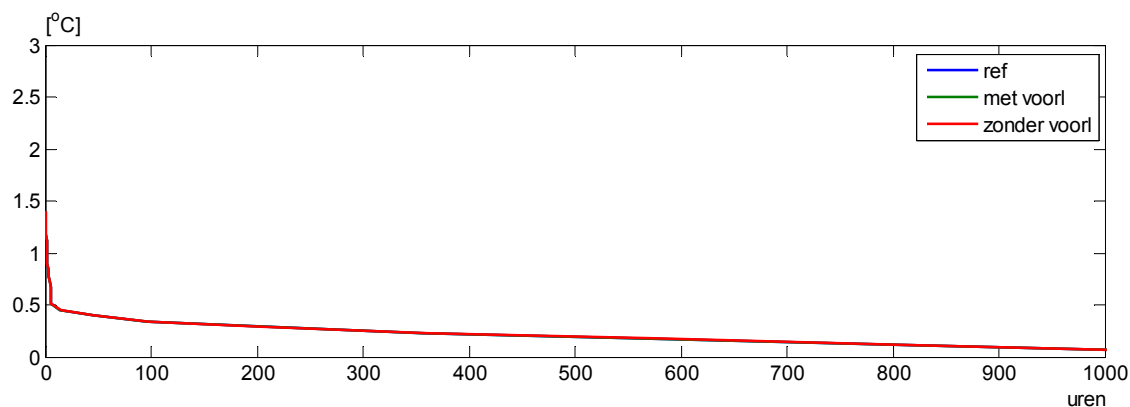
11 CASE B

In Figuur 81 is voor de 2 varianten van case B (en de referentie) jaarrond het verloop van de gerealiseerde etmaaltemperatuur gepresenteerd. De in de legenda gebruikte afkortingen zijn in paragraaf 3.2 beschreven. De voorloopregeling wordt bij heteluchtkachels regeltechnisch anders uitgevoerd dan bij buisverwarming. Omdat de heteluchtkachels niet kunnen moduleren (ze zijn aan of uit), kan er dus ook geen gedeeltelijke verhoging van het verwarmend vermogen worden doorgevoerd zoals bij de buisverwarming. Bij de heteluchtkachels wordt dit gerealiseerd door het setpoint verwarmen vanaf het moment dat het signaal 'scherm moet open' wordt gegeven, 20 minuten met een halve graad te verhogen. Dit is tot het moment dat het scherm in één keer helemaal wordt open getrokken. In de figuren met de gemiddelde temperatuurval (bijvoorbeeld Figuur 79) is dit dus aan het einde van de horizontale rode en blauwe lijn. De gevolgen van het opentrekken op de kasluchttemperatuur worden vervolgens weer automatisch door de regeling opgevangen indien de gerealiseerde kasluchttemperatuur onder de 'originele' setpoint verwarmen komt.



Figuur 81 Verloop gerealiseerde etmaaltemperatuur.

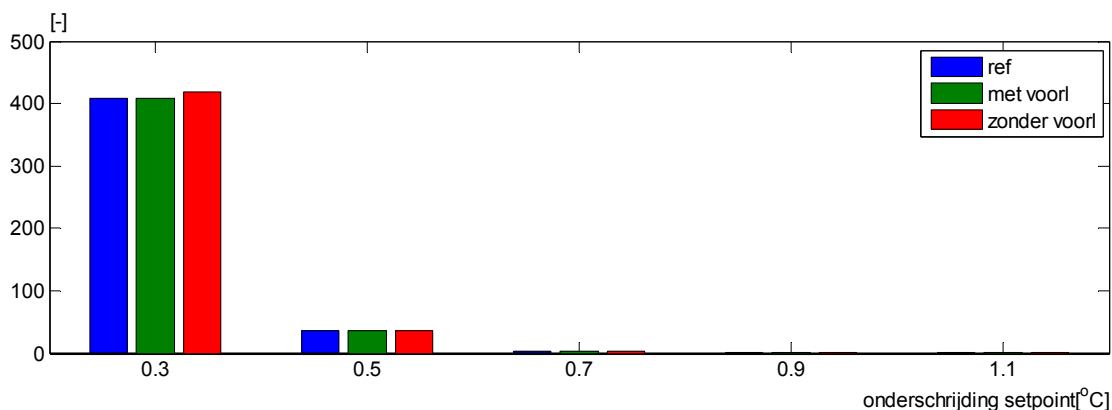
De gevolgen van de deze regelingen op de gerealiseerde etmaaltemperaturen zijn vrijwel nihil. Om dat beter inzichtelijk te maken, is in het volgende figuur een jaarbelastingduurkromme van de 1^e 1000 uur weergegeven van het verschil tussen het setpoint verwarmen en de gerealiseerde kasluchttemperatuur.



Figuur 82 Jaarbelasting duerkromme van de onderschrijding van de kasluchttemperatuur van het setpoint verwarmen.

Figuur 82 maakt duidelijk geen verschil is tussen de varianten. De oorzaak hiervan is tweeledig. Ten eerste is er ook zonder voorlooptregeling al vrijwel nooit sprake van een forse onderschrijding van het setpoint verwarmen. Ten tweede geeft verwarming met heteluchtkachels een heel snelle respons op de kasluchttemperatuur. Koudeval wordt dan ook meestal binnen 1 uur volledig hersteld zodat het uurgemiddelde niet veel lager uitvalt. Immers in Figuur 82 zijn uurgemiddelden weergegeven.

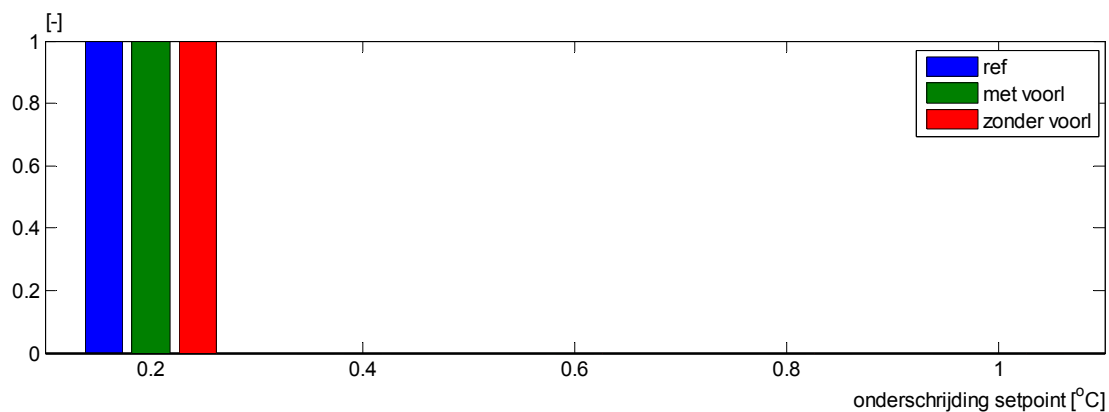
In Figuur 83 is een histogram gemaakt van het aantal uren dat de gerealiseerde kasluchttemperatuur onder het setpoint verwarmen blijft. Omdat een regeling zorgt dat de kasluchttemperatuur veel uren rondom het setpoint verwarmen ligt, zijn alleen die uren geteld waarbij de gerealiseerde kasluchttemperatuur meer dan 0.2 onder het setpoint verwarmen blijft. De op de x-as gepresenteerde waarden zijn de klasse middens dus de uren dat de onderschrijding van de gerealiseerde kasluchttemperatuur tussen 0.2 en 0.4 °C bedraagt, zijn bij 0.3 weergegeven.



Figuur 83 Histogram van de uren met onderschrijding de gerealiseerde kasluchttemperatuur van het setpoint verwarmen.

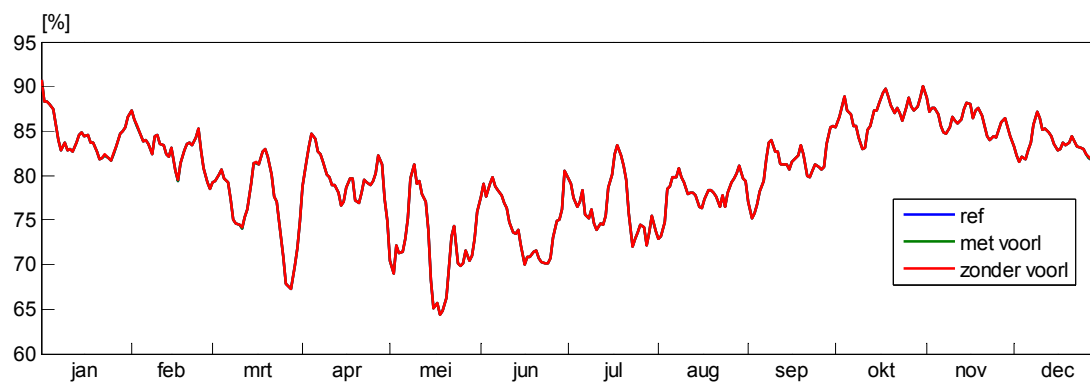
Figuur 83 laat zien dat er geen wezenlijke verschillen zijn.

In Figuur 84 is een histogram weergegeven van de het aantal dagen dat de gerealiseerde kasluchttemperatuur op dagbasis onder de etmaaltemperatuur van het setpoint verwarmen heeft gelegen. Hierbij is een minimum van 0.1 °C aangehouden.



Figuur 84 Histogram van de dagen met onderschrijding van de gerealiseerde kasluchttemperatuur ten opzichte van het setpoint verwarmen.

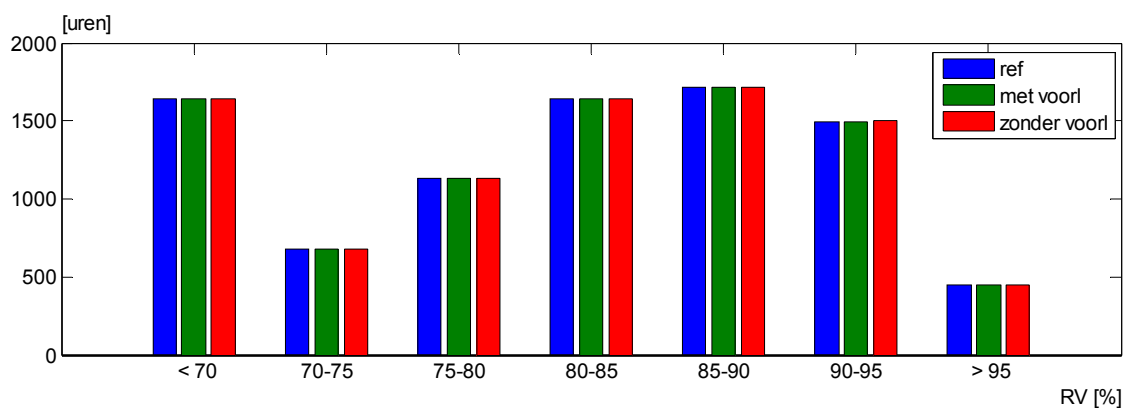
Het figuur laat zien dat er vrijwel nooit sprake is van een te lage etmaaltemperatuur. Verschillen in temperatuur en schermregeling zullen altijd gevolgd hebben voor de gerealiseerde kaslucht RV. In Figuur 85 is de etmaalgemiddelde kaslucht RV gegeven.



Figuur 85 Verloop gerealiseerde kaslucht RV.

Omdat er slechts marginale verschillen zijn in de gerealiseerde kasluchttemperatuur, is het ook te verwachten dat er marginale verschillen in RV zijn, wat uit Figuur 85 blijkt.

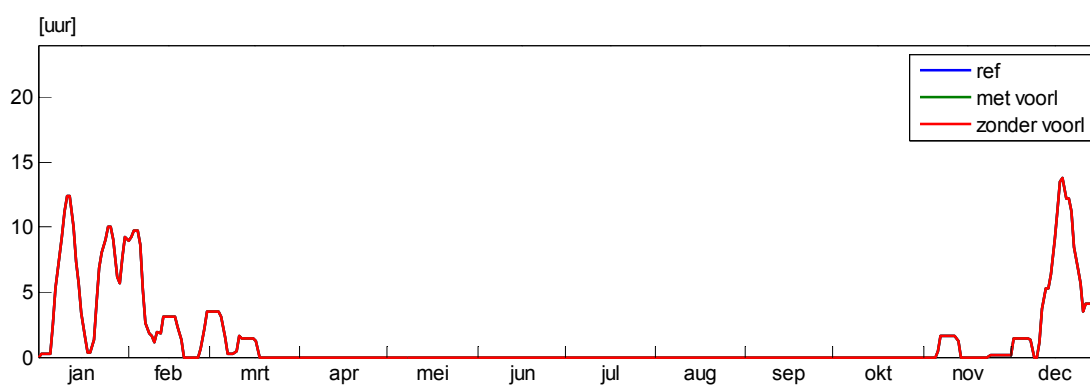
In Figuur 86 is een histogram van de gerealiseerde kaslucht RV gegeven.



Figuur 86 Histogram van de RV.

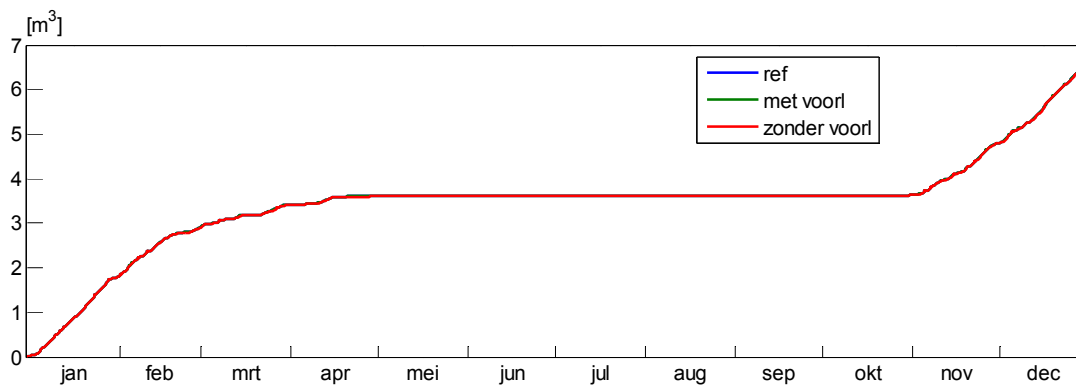
Dit histogram laat zien dat er hoegenaamd geen verschillen zijn tussen de varianten.

De varianten verschillen niet in schermstrategie, zodat er geen verschil in schermuren ontstaat, wat uit Figuur 87 ook blijkt.



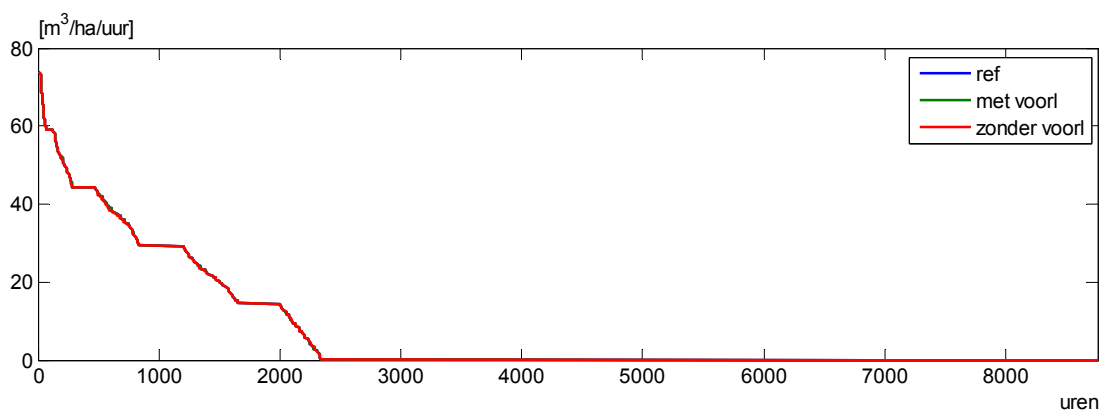
Figuur 87 Verloop gerealiseerde schermuren per dag.

Het totale aantal schermuren is in alle gepresenteerde varianten 468 uur voor het energiescherm. Dit zijn alleen de uren dat het energiescherm meer dan 80% gesloten is geweest. In Figuur 88 is het cumulatieve gasgebruik weer gegeven.



Figuur 88 Cumulatief gasgebruik.

Het cumulatieve gebruik laat zien dat er slechts marginale verschillen ontstaan. Het energiegebruik ligt $6.6 \text{ m}^3/\text{m}^2$ voor alle varianten. De verschillen bedragen minder dan $0.1 \text{ m}^3/\text{m}^2$ op jaarbasis. In Figuur 89 de JBDK van het gasgebruik gepresenteerd.

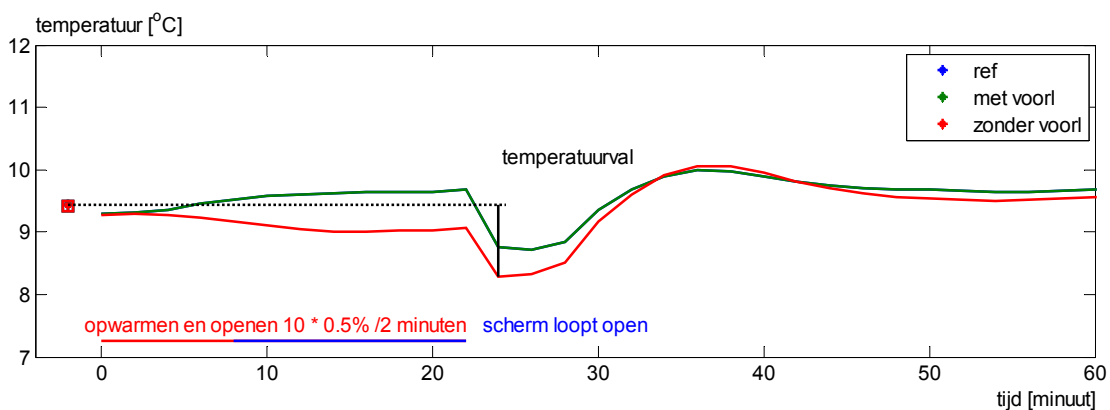


Figuur 89 Jaarbelasting duerkromme van het gasgebruik.

Ook in deze jaarbelastingduerkromme wordt getoond dat er geen verschillen zijn.

Omdat het aantal schermuren van deze varianten gelijk is, zullen er geen verschillen voorkomen in de PAR lichtsom die het gewas heeft onderschept.

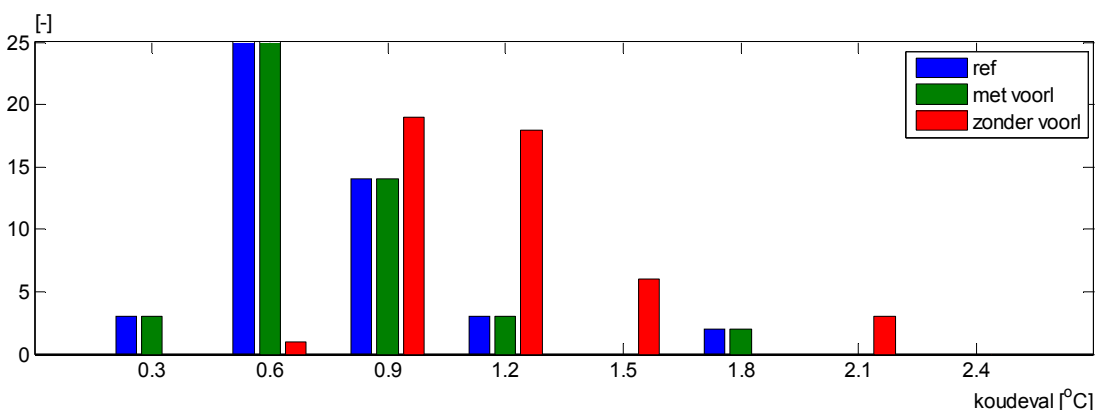
Rondom het openen van het scherm kunnen er forse veranderingen in het klimaat ontstaan. Vooral de temperatuurval is een vaak terugkerend onderwerp. Doordat het setpoint verwarmen rondom het moment van scherm openen tijdelijk wordt aangepast, kunnen er forse verschillen ontstaan in het verloop van de kasluchttemperatuur rondom het moment van scherm openen. In Figuur 90 is van deze varianten een gemiddeld temperatuurverloop en temperatuurval van alle keren dat het scherm is opengegaan weergegeven.



Figuur 90 Gemiddelde temperatuurval (door het jaar) tijdens het openen van het scherm.

Hoewel van deze varianten de schermstrategieën exact gelijk zijn, het scherm gaat dus in alle varianten op het zelfde tijdstip open. Het gemiddelde temperatuurverloop is afhankelijk van de regeling. De kasluchttemperatuur wordt als gevolg van de voorloop tijdens de opwarmfase gemiddeld gesproken beter op temperatuur gehouden waardoor de temperatuurval gemiddeld gesproken kleiner uitvalt indien er gebruik wordt gemaakt van een voorloop. Zonder voorloop kan de kasluchttemperatuur tijdens de kiefase (gemiddeld gesproken) niet op temperatuur worden gehouden, waar dit met voorloop wel kan.

In Figuur 91 is een frequentieverdeling van de koudeval gegeven. Hiervoor is de temperatuurdaling genomen die wordt bereikt tussen het moment van het signaal scherm moet open tot 15 minuten nadat het scherm open is

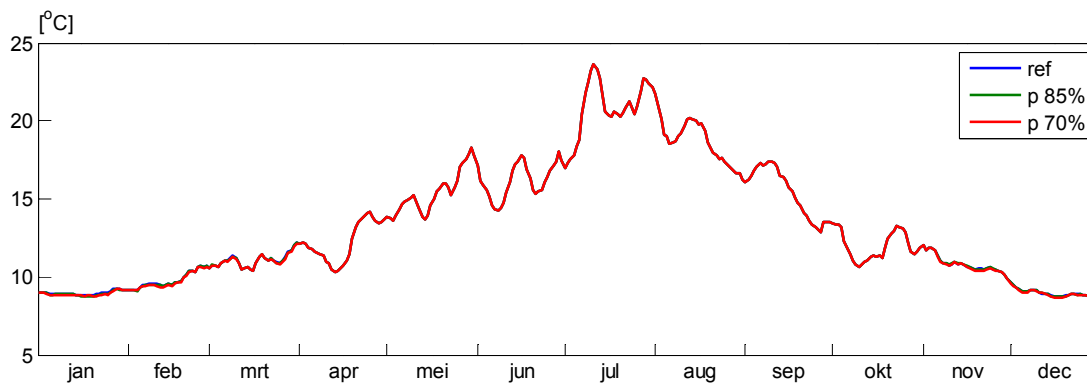


Figuur 91 Histogram van de koudeval.

Het figuur laat zien dat bij varianten waarbij er geen voorloop is de koudeval vaker wat groter is. De meeste dagen zal de koudeval minder dan 1 °C bedragen.

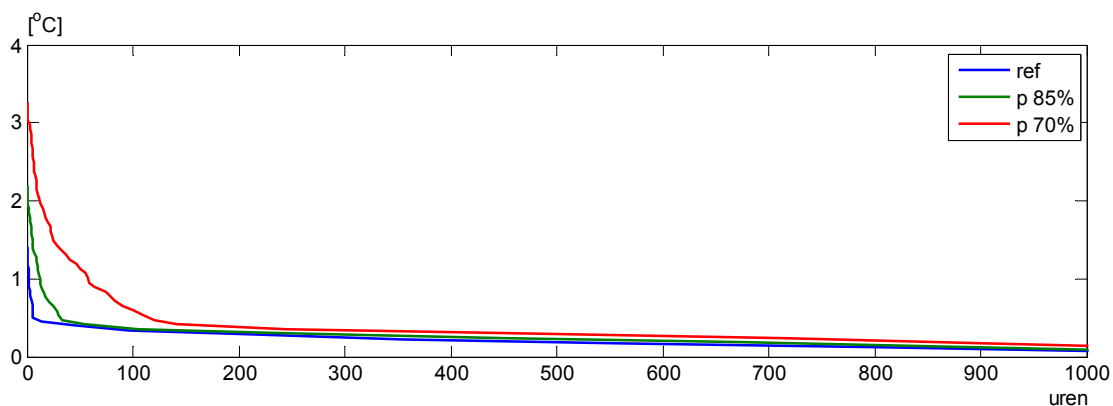
12 CASE C

In Figuur 92 is voor de 2 varianten van case C en de referentie jaarrond het verloop van de gerealiseerde etmaaltemperatuur gepresenteerd. De in de legenda gebruikte afkortingen zijn in paragraaf 3.3 beschreven.



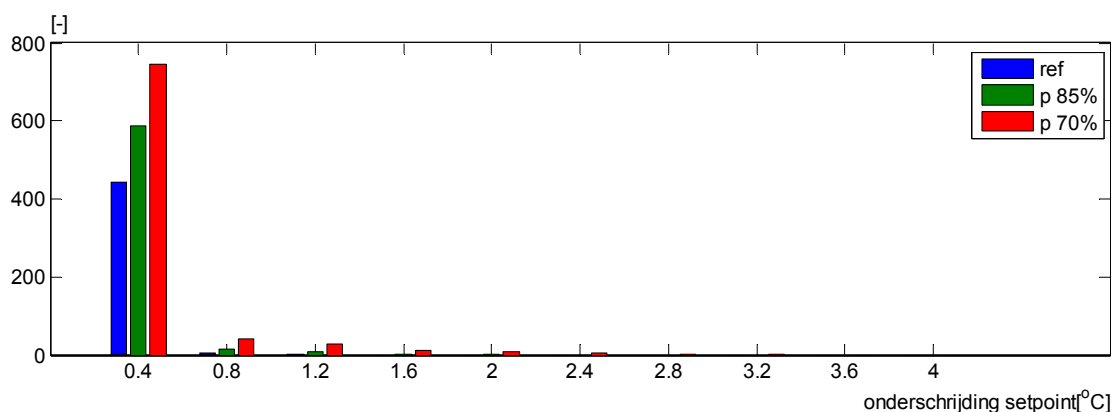
Figuur 92 Verloop gerealiseerde etmaaltemperatuur.

De gevolgen van de deze regelingen op de gerealiseerde etmaaltemperaturen zijn meestal klein. In Figuur 93 is meer in detail het aantal uren overschrijding van het setpoint verwarmen gegeven. Zeker in vergelijking met case B (Figuur 82) is hier sprake van een behoorlijke toename in het aantal uren overschrijding van het setpoint verwarmen. Vooral bij de variant met 70% van de contractcapaciteit is dit het geval.



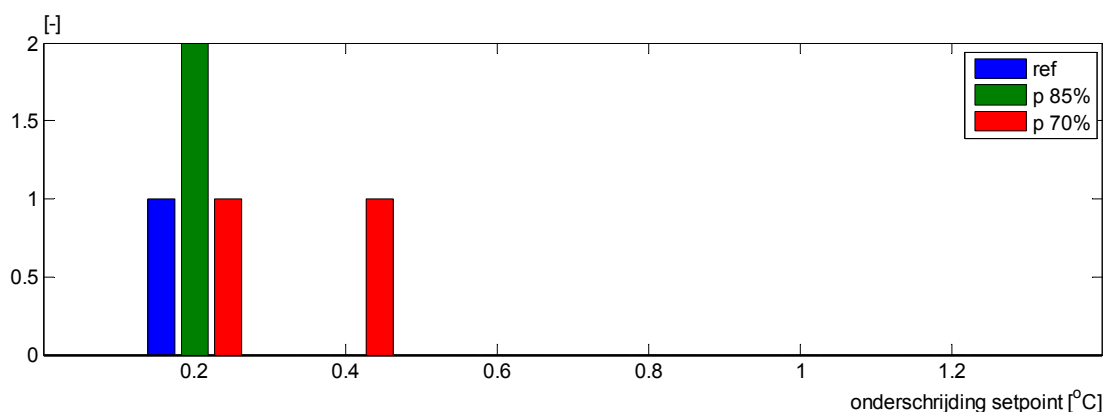
Figuur 93 Jaarbelasting duerkromme van de overschrijding van de kasluchttemperatuur van het setpoint verwarmen.

In Figuur 94 is een histogram gemaakt van het aantal uren dat de gerealiseerde kasluchttemperatuur onder het setpoint verwarmen blijft. Omdat een regeling zorgt dat de kasluchttemperatuur veel uren rondom het setpoint verwarmen ligt, zijn alleen die uren geteld waarbij de gerealiseerde kasluchttemperatuur meer dan 0.2 onder het setpoint verwarmen blijft. De op de x-as gepresenteerde waarden zijn de klasse middens dus de uren dat de overschrijding van de gerealiseerde kasluchttemperatuur tussen 0.2 en 0.6 °C bedraagt, zijn bij 0.4 weergegeven.



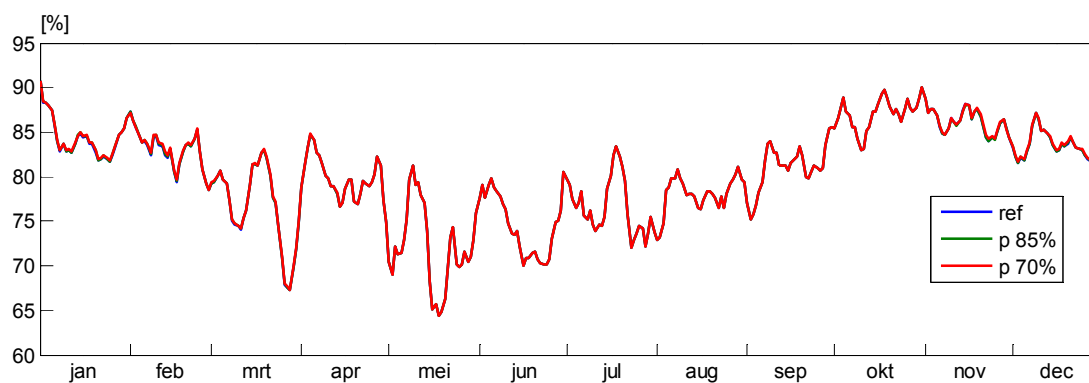
Figuur 94 Histogram van de uren met onderschrijding de gerealiseerde kasluchttemperatuur van het setpoint verwarmen.

Figuur 94 laat zien dat de variant met een contractcapaciteit van 70% van de referentie veel meer uren een grote onderschrijding van het setpoint verwarmen heeft. Voor het gewas hoeft een kortstondige onderschrijding van het setpoint verwarmen niet problematisch te zijn. Meer belang moet worden gehecht aan de etmaaltemperatuur. In Figuur 95 is een histogram weergegeven van de het aantal dagen dat de gerealiseerde kasluchttemperatuur op dagbasis onder de etmaaltemperatuur van het setpoint verwarmen heeft gelegen. Hierbij is een minimum van 0.1 °C aangehouden.



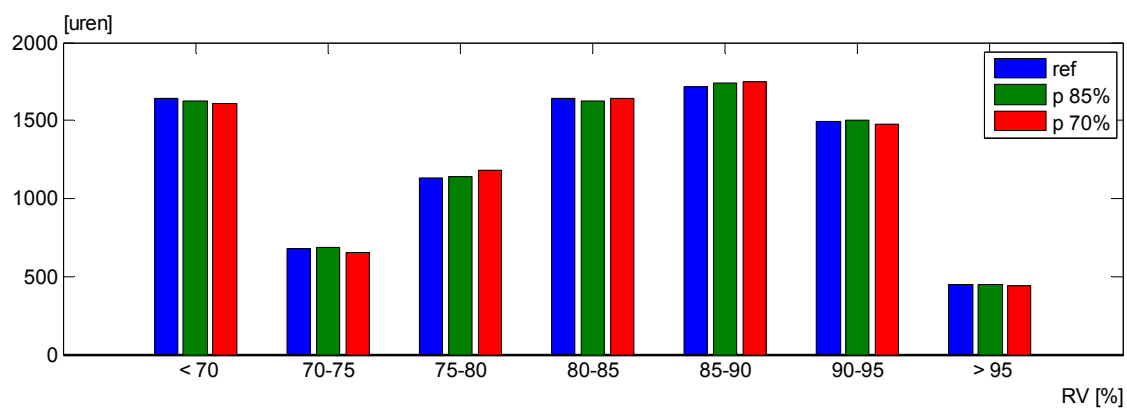
Figuur 95 Histogram van de dagen met onderschrijding van de gerealiseerde kasluchttemperatuur ten opzichte van het setpoint verwarmen.

Figuur 95 laat zien dat er maar enkele dagen sprake is van een onderschrijding van het setpoint verwarmen. Hoewel de regelingen van deze 2 varianten gelijk zijn, zullen er door de verschillen in gerealiseerde kasluchttemperatuur ook verschillen in de gerealiseerde kaslucht RV ontstaan. In Figuur 96 is de etmaalgemiddelde kaslucht RV gegeven.



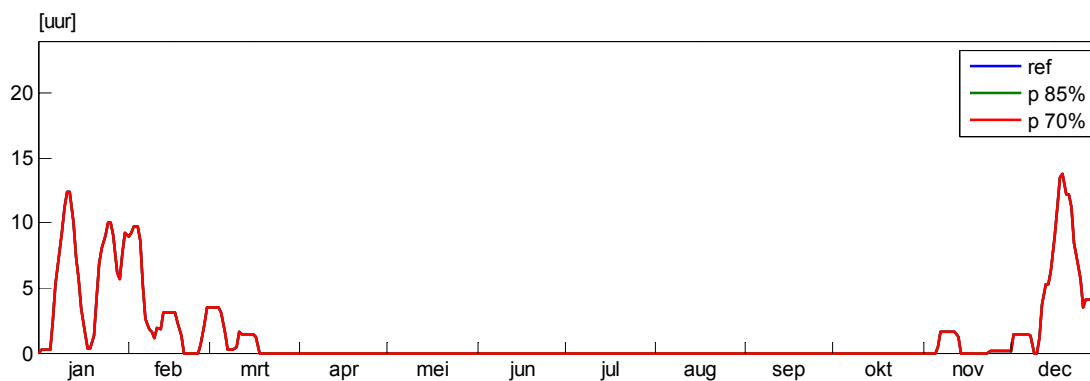
Figuur 96 Verloop gerealiseerde kaslucht RV.

De verschillen in vochniveau zijn over het algemeen klein. Dit blijkt ook uit Figuur 97 waar de gerealiseerde kaslucht RV in een histogram is weergegeven.



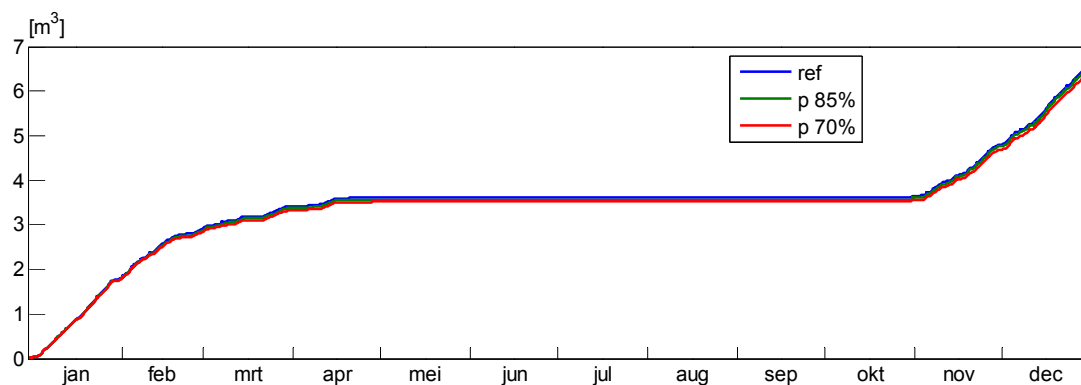
Figuur 97 Histogram van de RV.

De varianten verschillen niet in gebruikswijze van het scherm, die uit Figuur 98 waar het verloop van de gerealiseerde schermuren per dag is gegeven.



Figuur 98 Verloop gerealiseerde schermuren per dag.

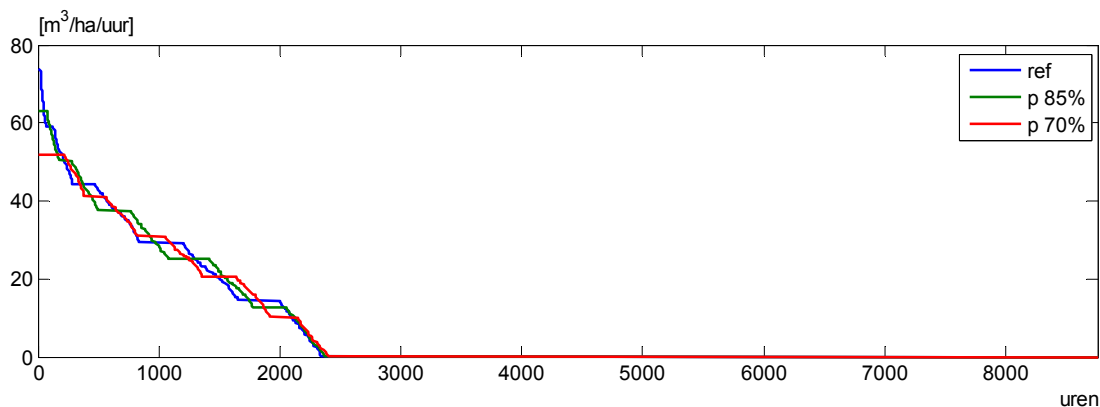
Het totaal aantal schermuren is in al deze varianten 468. In Figuur 99 is het cumulatieve gasgebruik weergegeven. Uiteindelijk zijn de verschillen in gasgebruik gering. De dagen dat er een capaciteitsstekort is zijn beperkt.



Figuur 99 Cumulatief gasgebruik.

De gasgebruiken liggen 6.6, 6.6 en 6.5 m^3/m^2 voor respectievelijk de referentie, de variant met 85% en 70% van de gascontractcapaciteit van de referentie. Tussen de referentie en de variant 'p 85%' zit een verbruiksverschil van minder dan 0.1 $^\circ C$.

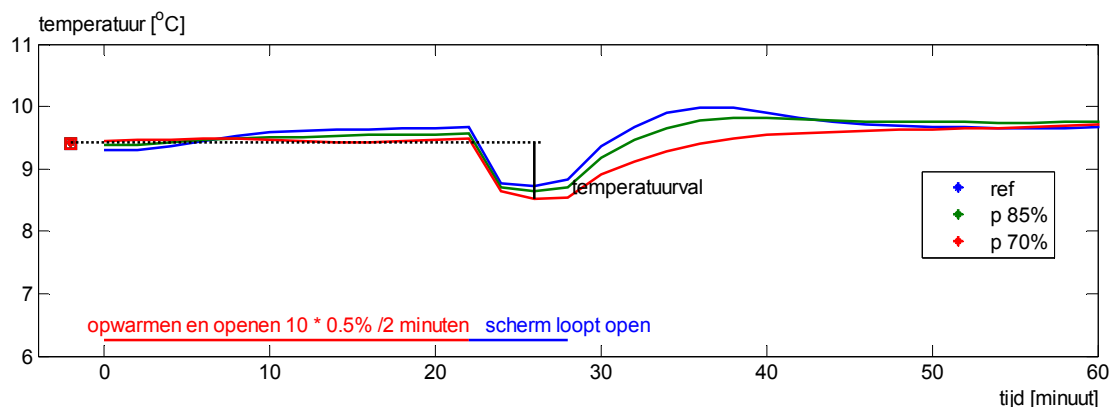
Naast het absolute energiegebruik is ook het afnamepatroon van belang. Daarvoor is in Figuur 100 de JBKD van het gasgebruik gepresenteerd.



Figuur 100 Jaarbelasting duerkromme van het gasgebruik.

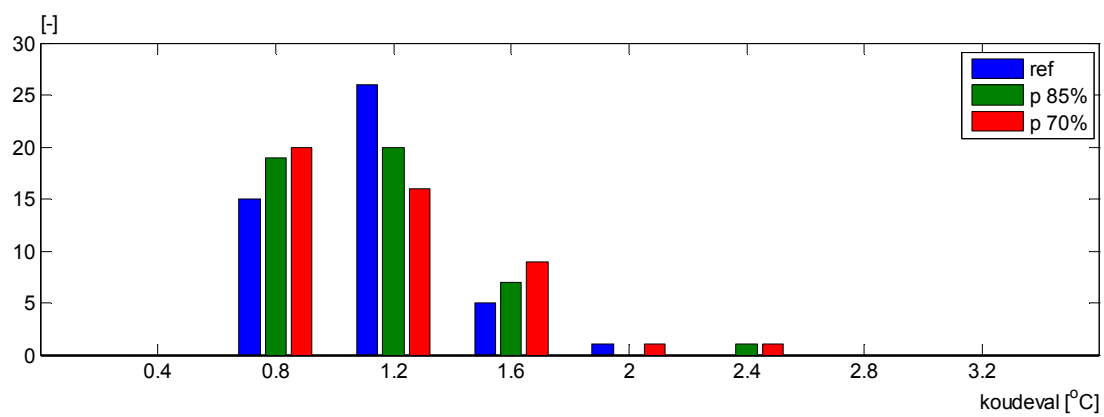
In deze jaarbelastingduerkromme wordt getoond dat bij een afname van de contractcapaciteit er meer uren met een maximale gasafname zijn.

Rondom het openen van het scherm kunnen er forse veranderingen in het klimaat ontstaan. Doordat er momenten zijn dat er niet aan de warmtevraag voldaan kan worden, kan er op deze dagen ook een grotere temperatuurval voorkomen. In Figuur 101 is van deze varianten een gemiddeld temperatuurverloop en de temperatuurval van alle keren dat het scherm is opengegaan weergegeven.



Figuur 101 Gemiddelde temperatuurval (door het jaar) tijdens het openen van het scherm.

De weergegeven symbolen op het tijdstip -1 zijn de gemiddelde setpoints van de bijbehorende (zie kleur) varianten. Bij alle varianten ligt de gerealiseerde kasluchttemperatuur op het moment van openen gemiddeld gesproken op of net onder het setpoint verwarmen. Rondom het moment van scherm openen en is vaak het koudste moment van de dag en dus ook het moment met de grootste warmtevraag. De variant 'p 70' heeft duidelijk moeite om de temperatuur te handhaven als het scherm gaat kieren. Ook duurt het na de temperatuurval duidelijk langer voordat de temperatuur weer op niveau is. Het verschil in temperatuurval tussen de referentie en de variant 'p 85%' is marginaal. Ook voor deze variant geldt dat deze (gemiddeld gesproken) wat trager reageert op de temperatuurveranderingen ten gevolge van het openen van het scherm dan in de referentie.



Figuur 102 *Histogram van de koudeval.*

Bijlage II

Resultaten interviews

Om inzicht te krijgen in de ideeën die in de huidige praktijk leven ten aanzien van schermgebruik, energie en effecten op het gewas zijn in het voorjaar van 2006 twee tomatentelers, twee Freesiatelers en twee slatelers geïnterviewd. De resultaten van de interviews hebben een belangrijke rol gespeeld bij het bepalen van de referentiestrategie voor de simulatieberekeningen.

II – 1 Tomatenteler 1

Naam interviewer : Jan Janse
Datum : 28 april 2006

II – 1.1 Teeltgegevens

Gewas(sen) : tomaat, 10.5 ha los geoogst, na 1 november geoogst als tros
Ras(sen) : Inger (E): 5.5 ha, 372 (RZ): 5 ha
Plantdatum/data : 8 dec
Ruimdatum : 25 nov
Productie 2005 : 67 kg/m²
Bijzonderheden : Teelt op hangende goten, hoogte onderkant goot 45 cm

II – 1.2 Energie

Wat was uw gasverbruik van het afgelopen jaar en per periode?

kalenderwkn	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	tot
Gasverbruik m ³	5.6	5.4	5.4	3.8	3.0	2.4	1.5	1.7	1.7	2.1	2.7	1.6	4.5	41.4

Bent u voor gas een vrije klant?
Ja

Wat is voor gas de contractcapaciteit:
111 m³/uur

Waarom deze capaciteit en niet meer of minder (bv wanneer er ook een WKK staat)?
In augustus / september zal een WKK worden geplaatst: dan contractcapaciteit naar 143 m³/uur

II – 1.3 Technische gegevens

Kas

Oppervlakte kas : 10.5 ha. (rechthoekig blok van ca. 240 x 440 m met tussenwand)
Type kas : Venlo
Vakmaat : 5 x 8 m
Poothoogte : 6.20 m
Isolatie gevel : gevelscherm
Buffergrootte : 286 (m³/ha)
Verwarmingssysteem : 10 x 51mm buisrail en 5 x 32 mm groeibuis (hoogte 1.4 m) per tralie van 8 meter

Schermen

Wat voor type schermdoek heeft u?	x Phormilux geweven doek met nylondraad overdwers (vochtdoorlatend), 1 op 13 bandjes halfopen
Waarom hebt u voor dit type doek gekozen?	Vochtregulerend, wilde toch zomerdoek hebben
Wanneer hebt u een scherm aangeschaft?	2004 (bij bouw kas)

II – 1.4 Klimaatregeling

Temperatuurregeling

Wat is nu uw stookstrategie en uw luchtstrategie?

Eerste weken na planten wordt iets vlakker gestookt: N/D 17/18 à 20 °C. Direct na planten wil men niet onder de 16,5°C komen i.v.m. kans op koude potten en dus Pythium.

Daarna nacht 15.5 à 16 °C, morgen 17 à 17,5, daarna 20 °C. Temperatuur moet 5 uur na zonop op 20 °C zitten: Daarom wordt begonnen met te stoken naar deze temperatuur 1 tot 2 à 3 uur na zonop. 's middags wordt 21/22°C ingesteld afhankelijk van het licht. Er is echter geen duidelijke lichtverhoging: men wil regelmaat o.a. in vruchtgewicht. Ook hierdoor beter planmatig te telen. Als er relatief weinig instraling is, gaat men wel eerder naar de nacht. Ook wil men de stijg-/en daalsnelheid van de stook/ventilatietemperatuur wel variëren. De DIF wordt gelijk gehouden gedurende de gehele teelt (en opkweek) periode (=2 °C): de bloemkwaliteit is leidend.

Hoe ziet het opstookregime eruit?:

- Tijdstip van opstoken: 1 à 1,5 uur voor zonop
- Opstooksnelheid: 1 oC/uur
- Is tijdstip van opstoken afhankelijk van de buitentemperatuur? Ja, soms iets vroeger inzetten van dagtemperatuur

Hoe wordt condensatie op vruchten of eventueel gewas voorkomen? Door gebruik minimumbuis

Overige zaken die de tuinder hierbij van belang vindt (risico's): Ziektedruk, met name Botrytis

Hoe veranderen de setpoints in de loop van het jaar? Veranderen niet

Wat is de minimum buis strategie in de nacht en eerste uren van de dag (indien van toepassing)? Minimumbuis 1,5 uur voor zonop tot 1,5 uur na zonop 40 à 45 °C. Minimumbuis eruit boven buitentemperatuur 15 °C of 150 W/m²

Welke minimumtemperatuur (momentaan) in de ochtenduren is volgens u nog acceptabel voor het gewas? 12 °C: let wel, met deze rassen en deze markt (Tesco). Wel gevaar voor koude hoeken bij deze temperatuur!

Welke schade/probleem ontstaat er anders? Een aantal kwaliteitskenmerken wordt minder (bijv. LAI, vorm bladeren) + groeiproblemen en vervorming groeipunten/kop

Hoe lang mag deze lage temperatuur volgens u duren? Hoe gezonder de plant, hoe meer deze kan hebben. Ook afhankelijk van ras. Op dit moment (eind april) is plant goed 'getraind', dus kan meer hebben.

In welke mate is dit volgens u afhankelijk van het gewasstadium? Opbouwfase iets kritischer: worteltemperatuur mag niet te laag worden i.v.m. optreden Pythium

Maakt u gebruik van temperatuurintegratie? Nee; zie hiervoor: wil regelmaat.

- Zo ja, krijgt de regeling vrijheid in de opstookperiode 's ochtends? n.v.t.
- Zo ja, welke bandbreedte wordt gehanteerd? n.v.t.

Vochtregeling

Hoe regelt u het openen van de ramen op vocht? (nb rechtstreeks of via buis) Door steilere dekhellingen betere vochtafvoer, daarom nauwelijks nodig.

Gebruikt u een minimum raamstand? Is deze vast of gerelateerd aan.? minimum raamstand van 1 à 2% als vochtdeficit < 2. Komt echter nauwelijks voor

Wordt er een vochtregeling toegepast? nee

- zo ja Hoe ziet die er globaal uit?
- zo nee, waarom dan niet: Geen vochtproblemen

Treden in bepaalde situaties vochtproblemen op in relatie met schermen? Neen

Hebt u door het gebruik van het scherm meer vochtproblemen? (Zo ja wanneer?) n.v.t.: nieuw bedrijf

Schermpregeling

Wat bepaalt 's ochtends over het algemeen het moment van openen van het scherm? (tijd, buitentemperatuur, licht, combinatie hiervan,) buitentemperatuur, licht, buistemperatuur, kastemperatuur

Bij welk niveau van (straling, temperatuur,) gaat het scherm dan open? Meestal bij 150 – 200 W instraling, bij minder dan 7 à 8 °C verschil tussen binnen/buitemperatuur, buistemperatuur lager dan 40 °C

Verschilt dit per periode/tijdvlak in het jaar? nee

Zijn er nog andere factoren die de schermopening beïnvloeden?

- Zo ja, op welke manier? Sneeuw op dek: scherm eerder open!

Wordt de schermopening ook beïnvloed door de kouval die eventueel optreedt bij het openen van het scherm? Ja, als het koud is dan rustiger geopend: in winter duurt het openen soms een uur.

Hebt u 's ochtends een kouval als het scherm geopend wordt? Er wordt juist een kouval gecreëerd. Kouval hoort bij teeltstrategie: hierdoor worden er dikkere planten gemaakt.

- Zo ja, hoe diep is de kouval en hoe lang duurt de kouval? 0,5 – 1 °C gedurende 1.5 à 2 uur rond zonop.

Wat vindt u acceptabel als kouval 's ochtends (lengte en diepte van temperatuurdaling) en waarom? 2 à 3 °C, mogelijk zelfs 5 °C gedurende enkele uren. Hoe strakker horizontale temperatuurverdeling in kas, hoe meer men kan accepteren, omdat er anders erg koude hoeken zullen ontstaan.

Welke risico's vreest u als een kouval te lang duurt? Ziekten, vooral Botrytis, condensatie op gewas, groeistoornis.

Hoe ondervangt u dit risico met uw instellingen van scherm en temperatuur? Zie hiervoor, o.a. langer doen over openen scherm

II – 2 Tomatenteler 2

Naam interviewer : Jan Janse

Datum : 26 april 2006

II – 2.1 Teeltgegevens

Gewas(sen) : pruimtomaat, 2,9 ha, voornamelijk los geoogst, soms als tros

Ras(sen) : Espino (Enza)

Plantdatum/data : Dit seizoen 5 januari 2006, vorig jaar op de toen bestaande oppervlakte van 0,8 ha 1 week later

Ruimdatum : half december

Productie 2005 : 49,5 kg/m²

Bijzonderheden : Teelt op hangende goten, hoogte onderkant goot 80 cm

II – 2.2 Energie

Wat was uw gasverbruik van het afgelopen jaar en per periode?

kalenderwkn	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	tot
Gasverbruik m ³	4.1	6.3	6.1	4.6	4.3	2.9	1.8	1.9	1.8	2.4	2.7	3.8	1.8	44.4

NB In week 26 nieuwe kasgedeelte erbij gekomen: oa voorstoken buizen

Bent u voor gas een vrije klant?

Ja

Wat is voor gas de contractcapaciteit:

117 m³/uur

Waarom hebt u deze capaciteit en niet meer of minder (bv wanneer er ook een WKK staat)?

In andere (oudere) bedrijf in Middelbeers ervaring dat dit voldoende is. Daar wordt gewerkt met een vast scherm.

II – 2.3 Technische gegevens

Oppervlakte kas: 2.7 ha. vrijwel vierkant blok van 165 x 176 m

Type kas: Venlo

Vakmaat: 5 x 8 m

Poothoogte: op 8000 m² (bouwjaar 2003) 5 m, nieuwste kassen (2005) 5,8 m

Isolatie gevel: folie (oudste kas gehele gevel, nieuwste kas onderste helft gevel)

Buffergrootte: 276 (m³/ha)

Verwarmingssysteem: 10 x 51mm buisrail per tralie van 8 meter

Schermen

Wat voor type schermdoek heeft u?

XLS 10

Waarom hebt u voor dit type doek gekozen?

Is wat meer licht- en vochtdoorlatend. Er is nooit een regenbui bij openen. Door goede ervaringen van hem met dit scherm adviseert zijn voorlichter nu ook aan andere tomatentelers dit scherm aan te schaffen

Wanneer hebt u een scherm aangeschaft?

Oudste en nieuwste kas bij bouw, ofwel respectievelijk 2003 en 2005.)

II – 2.4 Klimaatregeling

Temperatuurregeling

Periode/tijdvak	stook	lucht
Vanaf januari	20 à 21/17	+0,5
Vanaf bloei 1ste tros	20/17 en VN 13 à 14	+0,5
Okt-dec	19/13	+0,5

Hoe ziet het opstookregime eruit?:

- Tijdstip van opstoken In nacht (vanaf ca 3.00 uur wordt 17,5 °C aangehouden, 1/2 uur voor zonop tot ca. 9.00 uur: 16,5 à 17 °C (temperatuurdip), daarna naar dag. Om ca. 11.00 uur op dagtemperatuur
- Opstooksnellheid: 1 °C/uur
- Is tijdstip van opstoken afhankelijk van de buitentemperatuur? nee
- Hoe wordt condensatie op vruchten of eventueel gewas voorkomen? ? In de nacht wordt een iets hogere temperatuur aangehouden
- Overige zaken die de tuinder hierbij van belang vindt (risico's): Door de dip rond zonop is volgens hem de bladstrekking beter

Hoe veranderen de setpoints in de loop van het jaar? Ter compensatie van hoge temperaturen in zomer in oornacht wel 12/13°C. Vanaf zetting proberen steeds minimaal een verschil in gerealiseerde temperatuur van minimaal 5°C tussen dag/en nacht te handhaven.

Wat is de minimum buis strategie in de nacht en eerste uren van de dag (indien van toepassing)? Minimumbuis van 50°C. Afgebouwd naar 40°C op raamstand 10-15%. Vanaf 500-700W instraling wordt minimumbuis geheel afgebouwd.

Welke minimumtemperatuur (momentaan) in de ochtenduren is volgens u nog acceptabel voor het gewas? 15 °C

Welke schade/probleem ontstaat er anders? Dan kom je dicht bij dauwpunt bij snel doorkomen van zon, waardoor kans op bladrandjes en Botrytis

Hoe lang mag deze lage temperatuur volgens u duren? 1 uur

In welke mate is dit volgens u afhankelijk van het gewasstadium? Niet: met scherm te sturen

Maakt u gebruik van temperatuurintegratie? Nee, niet met klimaatcomputer.

- Zo ja, krijgt de regeling vrijheid in de opstookperiode 's ochtends? n.v.t.
- Zo ja, welke bandbreedte wordt gehanteerd? n.v.t.

Vochtregering

Hoe regelt u het openen van de ramen op vocht? (n.b. rechtstreeks of via buis) Op vocht bij RV van 80-85% 0,2-0,3 °C af van ventilatietemperatuur. Gebruikt ook raamstand vocht: 2 à 3% luwe kant open en 2% windzijde bij te hoog vocht. Bij kastemperatuur onder berekende waarde gaan luchtramen dicht.

Gebruikt u een minimum raamstand? Is deze vast of gerelateerd aan.? geen minimum raamstand.

Wordt er een vochtierregeling toegepast? ja

zo ja Hoe ziet die er globaal uit? 1 à 1,5 uur voor zonop 3 à 4 cm open op 5-m vak

zo nee, waarom dan niet:

- Treden in bepaalde situaties vochtproblemen op in relatie met schermen? Neen
- Hebt u door het gebruik van het scherm meer vochtproblemen? (Zo ja wanneer?) nee scherm bevalt goed

Schermregeling

Wat bepaalt 's ochtends over het algemeen het moment van openen van het scherm? combinatie van temperatuur, tijd en instraling.

Bij welk niveau van (straling, temperatuur,) gaat het scherm dan open? Scherm dicht bij verschil buiten- en berekende stooktemperatuur van 7 à 8 °C. Scherm open bij 125 W/m². Soms in januari/februari gehele dag dicht. Bij erg koud weer soms pas 11.00 à 11.30 uur open. Half april gaat het scherm om ca. 9.00 uur open. Windsnelheid speelt geen rol. Normaal gaat scherm in 1 uur geheel open. Stappen van opening zijn variabel in de tijd.

Verschilt dit per periode/tijdvlak in het jaar? zie boven

Zijn er nog andere factoren die de schermopening beïnvloeden? Mede afhankelijk van stand/grootte gewas. Zo ja, op welke manier? Bij 'zwakkere' stand van gewas scherm meer open.

Wordt de schermopening ook beïnvloed door de kouval die eventueel optreedt bij het openen van het scherm? nee

Hebt u 's ochtends een kouval als het scherm geopend wordt? Kouval wordt grotendeels voorkomen door scherm in stapjes te openen.

- Zo ja, hoe diep is de kouval en hoe lang duurt de kouval? Bij vriezende weer en geheel opentrekken 1 °C lager. Dit jaar veel donker en koud weer: dan enkele keer tijdelijk (0,5 uur) 2 °C lager.

Wat vindt u acceptabel als kouval 's ochtends (lengte en diepte van temperatuurdaling) en waarom? 1 °C gedurende een uur acceptabel: verwacht dan geen schade aan gewas.

Welke risico's vreest u als een kouval te lang duurt? Door kou op koppen kans op gele koppen, zogenaamde vocht-koppen. Dit leidt tot stilstand in gewas.

Hoe ondervangt u dit risico met uw instellingen van scherm en temperatuur? Scherm in stapjes openen, soms scherm langer dichtlaten (zie boven)

II – 3 Freesiateler 1

Naam interviewer : G. Heij
Datum : eind maart 2006

II – 3.1 Teeltgegevens

Gewas(sen) : Freesia
Ras(sen) : Argenta, Blue River, Delta River
Plantdatum/data : jaarrond (2.1 teelt per jaar)
Productie 2005 : 340 takken/m²
Bijzonderheden : teelt in de grond met bodemkoeling

II – 3.2 Energie

Wat was uw gasverbruik van het afgelopen jaar en per periode?

kalenderwkn	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	tot
Gasverbruik m ³	1.6	1.4	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0.9	1.5	1.8	16

16 m³ totaal, inclusief 8 m³ aardgas voor 2 x stomen

Bent u voor gas een vrije klant?
Ja

Wat is voor gas de contractcapaciteit:
391 m³/uur

Waarom heeft u deze capaciteit en niet meer of minder (bv wanneer er ook een WKK staat)?
uitgerekend (proefjaar); gaat in 2006 omlaag.

II – 3.3 Technische gegevens

Oppervlakte kas : 21000m². vrijwel vierkant blok van 145 x 145 m
Type kas : Venlo (2005)
Vakmaat : 5 x 8 m
Poothoogte : 5 m
Isolatie gevel : folie / gevelscherm
Buffergrootte : 200 (m³/ha)
Verwarmingssysteem : 3 x 57mm boven en 10 x 38 mm groeibuis onder per tralie van 8 meter

Schermen

Wat voor type schermdoek heeft u? LS 15F (zomer) en LS10 (winter)
Waarom hebt u voor dit type doek gekozen? F-doek is een open doek, veel licht doorlaten, niet meer krijten in de zomer, wel tiksproeiers gebruiken. LS 10 is dicht, energiebesparingdoek
Wanneer hebt u een scherm aangeschaft? augustus 2005

II – 3.4 Algemeen klimaat

Temperatuurregeling

Wat is nu uw stookstrategie en uw luchtstrategie? weer afhankelijk: scherm open op tijd; afhankelijk van buitentemperatuur, kasluchttemperatuur setpoint dag/nacht 8 °C; lichtverhoging 2 °C (ventilatie temperatuur). Ventilatie is 1°C boven ruimtetemperatuur.

Hoe ziet het opstookregime eruit?:

- Tijdstip van permanent 8 °C
- Opstooksnellheid: Als temperatuur 1 graad daalt, dan 0,5 graad per uur opstoken.
- Is tijdstip van opstoken afhankelijk van de buitentemperatuur? nee
- Hoe wordt condensatie op vruchten of eventueel gewas voorkomen? Komt niet voor
- Overige zaken die de tuinder hierbij van belang vindt (risico's):

Hoe veranderen de setpoints in de loop van het jaar? medio januari, setpoint stoken tot 10 °C, niet luchten. Speciale Valentijn strategie tot medio februari.

Wat is de minimum buis strategie in de nacht en eerste uren van de dag (indien van toepassing)? Ingesteld van september tot april, 42 °C is maximumtemperatuur groeibuis.

RV, %	Buistemperatuur, °C
89	30
91	35
92	38
93	42

Welke minimumtemperatuur (momentaan) in de ochtenduren is volgens u nog acceptabel voor het gewas? 6 °C

Welke schade/probleem ontstaat er anders? Vertraging in de teelt

Hoe lang mag deze lage temperatuur volgens u duren? niet

In welke mate is dit volgens u afhankelijk van het gewasstadium? n.v.t.

Voor Freesia: wordt gebruik gemaakt van grondkoeling? Welke periode, welke temperatuurinstelling? ja, vanaf 1 april tot 1 oktober, 15 °C

Maakt u gebruik van temperatuurintegratie? Ja 24 uur.

Zo ja, krijgt de regeling vrijheid in de opstookperiode 's ochtends? ja

Zo ja, welke bandbreedte wordt gehanteerd? 4 °C

Vochtregeling

Hoe regelt u het openen van de ramen op vocht? (n.b. rechtstreeks of via buis)

RV, %%	Raamopening %%
89	1
91	2
92	3
93	5

Gebruikt u een minimum raamstand? Is deze vast of gerelateerd aan.? geen minimum raamstand.

Wordt er een vochtkierregeling toegepast? ja max. 8%
zo ja Hoe ziet die er globaal uit

RV, %%	Raamopening %%
90	1
91	2
93	5
95	8

zo nee, waarom dan niet:

Schermmregeling

Wat bepaalt 's ochtends over het algemeen het moment van openen van het scherm? Open: tijd: 1 uur na zonop of op straling (50 Watt), buitentemperatuur 0 °C.

Verschilt dit per periode/tijdvlak in het jaar? ja, meer licht, eerder open

Zijn er nog andere factoren die de schermopening beïnvloeden? nee, kierregeling % RV

Wordt de schermopening ook beïnvloed door de kouval die eventueel optreedt bij het openen van het scherm? nee, niet bij Freesia, wel in de andere kassen bij het gewas lelie.

Hebt u 's ochtends een kouval als het scherm geopend wordt? ja, mag 1 °C lager zijn dan setpointtemperatuur.

Wat vindt u acceptabel als kouval 's ochtends (lengte en diepte van temperatuurdaling) en waarom? ja, is toch minimaal.

Welke risico's vreest u als een kouval te lang duurt? etmaaltemperatuur te laag.

Hoe ondervangt u dit risico met uw instellingen van scherm en temperatuur? zoals beschreven, kleine stapjes doek open, in ongeveer 30 minuten volledig open.

II – 4 Freesiateler 2

Naam interviewer : G. Heij

Datum : eind maart 2006

II – 4.1 Teeltgegevens

Gewas(sen) : Freesia

Ras(sen) : Yvonne en Summer Beach

Plantdatum/data : jaarrond (1.9 teelt per jaar)

Productie 2005 : 300 takken/m²/jaar

Bijzonderheden : teelt in de grond met bodemkoeling

II – 4.2 Energie

Wat was uw gasverbruik van het afgelopen jaar en per periode?

kalenderwkn	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	tot
Gasverbruik m ³	2	1.5	1.5	0	0	0	4	0	0	0.5	1	1.5	5.5	18
							stomen						stomen	

18 m³ totaal, inclusief 8 m³ aardgas voor stomen (2 x 4 m³)

Bent u voor gas een vrije klant?

Nee

Wat is voor gas de contractcapaciteit:?

n.v.t.

II – 4.3 Technische gegevens

Oppervlakte kas : 6000m². vrijwel vierkant blok van 80 x 80 meter, in het midden een middenpad en centraal het ketelhuis

Type kas : Venlo (1984)

Vakmaat : 6.40 x 3 m

Poothoogte : 3 m

Isolatie gevel : geen

Buffergrootte : geen buffer

Verwarmingssysteem : boven, 4 verwarmingsbuizen (51mm) onder, als monorail 4 buizen, 51 mm in de grond bodemverwarming

Schermen

Wat voor type schermdoek heeft u?

LS 15F (zomer) en LS10 (winter)

Waarom hebt u voor dit type doek gekozen?

F-doek is een open doek en kan volledig als scherm (overdag in de zomer) gebruikt worden LS 10 is dicht, energiebesparingdoek

Wanneer hebt u een scherm aangeschaft?

in het najaar 2004

II – 4.4 Klimaatregeling

Temperatuurregeling

Wat is nu uw stookstrategie en uw luchtstrategie? weer afhankelijk: nachttemperatuur 5 °C, half uur voor zonop naar 10 °C. De rest van de dag (vanaf 1 uur na zonop) setpointtemperatuur 9 °C. Eind van de dag, 1 uur voor zon-onder, naar 5 °C. De ventilatiesetpoint ligt 1 °C hoger dan stooksetpoint. Tot zes weken na planten, wordt de bodemsetpointtemperatuur op 15 °C ingesteld, daarna geen verwarming van de bodem, de temperatuur daalt dan naar 10 °C

Hoe ziet het opstookregime eruit?:

- Tijdstip van permanent
- Opstooksnelheid:
- Is tijdstip van opstoken afhankelijk van de buitentemperatuur? nee
- Hoe wordt condensatie op vruchten of eventueel gewas voorkomen? Komt niet voor
- Overige zaken die de tuinder hierbij van belang vindt (risico's):

Hoe veranderen de setpoints in de loop van het jaar afhankelijk van de stand van het gewas, bij meer licht een hogere setpoint op de luchting (geen stook). Totale lichtverhoging 6 °C

Wat is de minimum buis strategie in de nacht en eerste uren van de dag (indien van toepassing)? een minimumbuis van 35 °C in de 1,5 uur periode.

Welke minimumtemperatuur (momentaan) in de ochtenduren is volgens u nog acceptabel voor het gewas? –

Welke schade/probleem ontstaat er anders? niet

Hoe lang mag deze lage temperatuur volgens u duren? 1.5 uur

In welke mate is dit volgens u afhankelijk van het gewasstadium? nee

Voor Freesia: wordt gebruik gemaakt van grondkoeling? Welke periode, welke temperatuurinstelling? ja, vanaf mei t/m oktober, 13 – 16 °C, afhankelijk van het geplante soort

Beach soorten hogere temperaturen

Maakt u gebruik van temperatuurintegratie? nee.

- Zo ja, krijgt de regeling vrijheid in de opstookperiode 's ochtends? –
- Zo ja, welke bandbreedte wordt gehanteerd? –

Vochtregeling

Hoe regelt u het openen van de ramen op vocht? (n.b. rechtstreeks of via buis) openen luchtramen, niet echt regelen

Gebruikt u een minimum raamstand? Is deze vast of gerelateerd aan.? ja, tot 3 °C buitentemperatuur. Vanaf september is de regeling 3 – 6 °C buitentemperatuur, op / af bouwen van 10% tot 0%.

Wordt er een vochtlierregeling toegepast? nee

zoja Hoe ziet die er globaal uit

Hebt u door het gebruik van het scherm meer vochtproblemen? (Zo ja wanneer?) nee, geen gewasschade

Schermregeling

Wat bepaalt 's ochtends over het algemeen het moment van openen van het scherm? hoeveelheid licht, valt na de opstookperiode van 1,5 uur.

Verschildt dit per periode/tijdvlak in het jaar? zomer 600 joule (dicht) (LS 15F) winter op buitentemperatuur (LS 10)

Nacht	Overdag
Scherm dicht, buitentemperatuur < 1 °C	Scherm open, tenzij tempratuur < 6 °C

Zijn er nog andere factoren die de schermopening beïnvloeden? nee

Wordt de schermopening ook beïnvloed door de kouval die eventueel optreedt bij het openen van het scherm?
Er wordt gewacht tot open gaan tot boven het schermdoek een hogere temperatuur wordt gemeten.

Hebt u 's ochtends een kouval als het scherm geopend wordt? nee.

Wat vindt u acceptabel als kouval 's ochtends (lengte en diepte van temperatuurdaling) en waarom? nee.

Welke risico's vreest u als een kouval te lang duurt? n.v.t.

Hoe ondervangt u dit risico met uw instellingen van scherm en temperatuur? n.v.t..

II – 5 Slateler 1

Naam interviewer : Jan Janse

Datum : 17 maart 2006

II – 5.1 Teeltgegevens

Gewas(sen) : sla jaarrond

Ras(sen) : zomer: Alexandria (Rijk Zwaan), herfst/winter: Loreley (S&G), wordt komend jaar 42-33 (RZ)

Plantdatum/data : er wordt jaarrond 2 maal per week geplant

Aantal teelten per jaar: gemiddeld over hele oppervlakte 5,5 rondjes per jaar (in zomer ligt gedeelte leeg: anders 7 rondjes)

Productie 2005 : middensegment, in winter circa 23 kg/100 kroppen, in zomer 30 kg 85 kroppen /m²/jaar

Bijzonderheden : geen

II – 5.2 Energie

Wat was uw gasverbruik van het afgelopen jaar en per periode?

Kalenderwkn	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	tot
Gasverbruik m ³	1.94	1.67	1.23	0	0	0	0	0	0	0	0	1.81	1.69	8.33
Elektra ^{*)}	0.30	0.24	0.21	0.09	0.11	0.05	0.07	0.09	0.08	0.10	0.06	0.11	0.16	1.77

^{*)} elektra met name ventilatoren heteluchtkachels en pompen van water geven

Bent u voor gas een vrije klant?

Nee, Profielklant

Wat is voor gas de contractcapaciteit:

n.v.t.

II – 5.3 Technische gegevens

Oppervlakte kas : 20000 m². rechthoekig blok van 90 x 223 meter. in het midden een middenpad

Type kas : Venlo (1999 5800 en 6200 m² en 2003 8000 m²)

Vakmaat : 8 x 4.5 m

Poothoogte : 4.25 m

Isolatie gevel : in winter folie onderste helft gevel

Buffergrootte : geen buffer

Verwarmingssysteem : 15 heteluchtkachels per ha. met capaciteit van 13 m³/uur

Schermen

Wat voor type schermdoek heeft u? SLS-10-Ultra

Waarom hebt u voor dit type doek gekozen? Op basis van vochtdoorlatendheid, isolatiewaarde en lichtdoorlating
De reden van de aanschaf van een scherm is om onder de 170.000 m³ uit te komen en dus profielklant te kunnen blijven.

Wanneer hebt u een scherm aangeschaft? in het najaar 2004

II – 5.4 Klimaatregeling

Temperatuurregeling

Wat is nu uw stookstrategie en uw luchtstrategie? weer afhankelijk:

Periode/tijdvak	Stook	Lucht
In herfst totdat grondtemperatuur 10 à 11°C is en buitenT 's nachts niet onder 3 à 4 °C	0 °C, anders 5 °C	1 °C boven stook
In late herfst bij vochtig, bedompt weer	3 à 4 °C	Nog dichter bij stook: kachels moeten af en toe draaien
Als grondtemperatuur op niveau is	Nacht 8, dag 10 + 3 °C lichtverhoging	Erg vochtig weer: +1°C, met wind + 2 °C
In voorjaar en zomer i.v.m. toch halen etmaaltemperatuur	Nacht 6,5, dag 9 + 3 °C lichtverhoging	1 à 2 °C boven stook

In de winter gaat de nachttemperatuur in om 14.00 uur, later in het jaar is dit 10 à 11 uur!

Hoe ziet het opstookregime eruit?:

- Tijdstip Start 1 uur voor zonop
- Opstooksnellheid: 0,75°C/uur
- Is tijdstip van opstoken afhankelijk van de buitentemperatuur? nee
- Hoe wordt condensatie op vruchten of eventueel gewas voorkomen? Geen extra maatregelen. Teler vindt het niet zo erg als gewas 's morgens vochtig wordt. Door opstoken verder op de dag droogt dit toch meestal op. Het opstoken vindt hij dan ook betrekkelijk gemakkelijk. Hij vindt het een groter probleem als het gewas 's nachts langdurig nat zou zijn, bijvoorbeeld na een dag met veel verdamping en 's nachts weinig door te lage temperatuur/hoge RV: gewas kan dan vochtig worden en gaan gutteren. Er moet volgens hem evenwicht zijn tussen dag en nacht: niet te grote klimaatovergangen. Bij langdurig nat gewas kans op glazigheid, Botrytis en valse meeldauw ('t wit). Dit laatste is een groot probleem in sla vanwege het beperkte aantal toegestane middelen en het frequent doorbreken van de bestaande resistentie.
- Overige zaken die de tuinder hierbij van belang vindt (risico's): zie boven

Hoe veranderen de setpoints in de loop van het jaar afhankelijk van de stand van het gewas. zie tabel hiervoor.

Wat is de minimum buis strategie in de nacht en eerste uren van de dag (indien van toepassing)? n.v.t.

Welke minimumtemperatuur (momentaan) in de ochtenduren is volgens u nog acceptabel voor het gewas? Afhankelijk van de (buiten)omstandigheden is 5 °C soms beter dan hoger. Bij lage buitentemperaturen, zeker in combinatie met veel wind, moet anders te hard worden gestookt, wat niet goed is voor het gewas. 5 °C is voor hem ongeveer het minimum.

Welke schade/probleem ontstaat er anders? Kortdurend iets lagere temperatuur is volgens hem geen probleem, maar langdurig 3 à 5 °C in de nacht wel. Er ontstaat dan een 'dood' klimaat, met meer kans op Botrytis en glazigheid

Hoe lang mag deze lage temperatuur volgens u duren? Dat is sterk afhankelijk van de weersomstandigheden. Bij strenge vorst en veel wind is het beter om 5 °C in de ochtend te handhaven dan hoger (zie ook boven).

In welke mate is dit volgens u afhankelijk van het gewasstadium? Hij kijkt hier niet naar: heeft verschillende stadia in kas. Als sla bijna goed is mogen de kachels ook niet te veel draaien i.v.m. kans op droogrand.

Maakt u gebruik van temperatuurintegratie? Niet via computer. Stelt wel in voorjaar lagere nacht- (en dag-)temperatuur in omdat de gewenste etmaaltemperatuur dan toch wel gehaald wordt door de zon. Is in de loop der jaren

hierover wel anders gaan denken, mede naar aanleiding van de resultaten van de PPO-proeven met TI en schermen. In het najaar is het zinloos om TI toe te passen: zoveel mogelijk koelen en het is dan ook te vochtig.

- Zo ja. krijgt de regeling vrijheid in de opstookperiode 's ochtends? –
- Zo ja. welke bandbreedte wordt gehanteerd? –

Vochtregeling

Hoe regelt u het openen van de ramen op vocht? (n.b. rechtstreeks of via buis) Er wordt niet standaard op vocht geregeld. Hij werkt wel met minimumraamstanden en soms zet hij de stooktemperatuur 1°C hoger.

Gebruikt u een minimum raamstand? Is deze vast of gerelateerd aan De slateler gebruikt een minimumraamstand: standaard '5', bij veel wind '3' en bij mistig weer '10' (Brinkman computer)
zoja Hoe ziet die er globaal uit

Wordt er een vochtthermostaat toegepast? Nee, maar denkt er wel over om dit de komende herfst toe te passen: weet echter nog niet precies hoe. Volgens Holland Scherming en Ludvig Svensson zou er een schoorsteeneffect op gaan treden als gewerkt gaat worden met een vochtthermostaat!

Hebt u door het gebruik van het scherm meer vochtproblemen? (Zo ja wanneer?) Ja, vooral in november/december door te weinig luchtbeweging: het is gewenst dat de kachels en/of ventilatoren dan regelmatig aanslaan In november/december bij gebruik van scherm bij hogere buitentemperaturen bedompt klimaat en daardoor meer problemen met glazigheid, wit en Botrytis. Met minimumbuis zou het gemakkelijker zijn. Heeft echter geen ketel.

Schermregeling

Wat bepaalt 's ochtends over het algemeen het moment van openen van het scherm? Vooral de tijd: in winter open van 10 uur tot 16.00 uur. Als de buitentemperatuur lager dan -3 °C is, blijft het scherm gesloten. Ook de wind speelt nog een geringe rol. Verder of er het klimaat bedompt is c.q. bedompt aanvoelt. Dit laatste is dus meer een gevoel.

Verschilt dit per periode/tijdvlak in het jaar? In de herfst moet de grond gekoeld worden, dus wordt niet zo snel geschermd. Alleen als het vriest en erg droog is. In het vroege voorjaar gaat het scherm 's nachts dicht bij een buitentemperatuur van 4 °C en weer open als de temperatuur gestegen is tot 6 °C.

Zijn er nog andere factoren die de schermopening beïnvloeden? Als het scherm dicht is moeten de kachels voor zijn gevoel af en toe aanslaan. Als dit niet het geval is moet het scherm open: anders te bedompt klimaat. Normaal gaat het gesloten scherm open 1 à 1,5 uur na zonop. Dit is echter mede afhankelijk van de buitentemperatuur en/of wind (zie hiervoor).

Wordt de schermopening ook beïnvloed door de kouval die eventueel optreedt bij het openen van het scherm? Neen, scherm wordt wel in stapjes geopend. Door het draaien van de kachels wordt de lucht snel gemengd.

Hebt u 's ochtends een kouval als het scherm geopend wordt? Nauwelijks: door het draaien van de kachels wordt de lucht snel gemengd. Bij ineens open trekken zou de kouval wel groter zijn.

Wat vindt u acceptabel als kouval 's ochtends (lengte en diepte van temperatuurdaling) en waarom? Doet hierover geen uitspraak. Als het scherm ineens opengetrokken zou worden en de luchttemperatuur daalt ineens van 10 naar bijvoorbeeld 5, dan zou voor zijn gevoel een bedompt klimaat ontstaan.

Welke risico's vreest u als een kouval te lang duurt? Mogelijk groeistoornis (gevoelsmatig), plant mag niet in stress raken. Hij heeft ook het idee dat hij dan een langere tijd nodig heeft om weer op temperatuur te komen. Discussie met hem gevoerd over de mogelijkheid om langer de dagtemperatuur aan te houden ter compensatie van het tolereren van een lagere temperatuur in de morgen. Afhankelijk van de periode/het weer gaat de stooktemperatuur namelijk al naar de nacht om 10 à 11 uur (later in de tijd) en in de winter bij koud weer om 14.00 uur. De stook-

en luchttemperatuur worden dan afgebouwd met 2 °C/uur. Soms trekt hij de dagtemperatuur inderdaad wat door (bijvoorbeeld in december om gewas meer te laten verdampen c.q. 'actief te houden'), maar hij heeft toch het idee dat het belangrijk is om 's morgens niet te laat op de dagtemperatuur te zijn, omdat het slagewas dan sneller zou groeien (CO₂-effect?).

Veel slatelers hebben echter hun stookstrategie in de loop van de jaren al aangepast. Vroeger was het een gegeven dat bij zonop de dagtemperatuur al bereikt moest zijn. Vaak werd in zeer korte tijd de temperatuur verhoogd, met soms nat worden van gewas als gevolg. Later was de opstooksnelheid bijvoorbeeld 1°C per 20 minuten, nu bij betreffende teler 0,75°C/uur.

Hoe ondervangt u dit risico met uw instellingen van scherm en temperatuur? n.v.t.

NB De teler heeft over het algemeen positieve ervaringen met het scherm voor wat betreft de kwaliteit. Hij vindt dat hij in de winter met een scherm beter de kwaliteit kan behouden: het groeit gemakkelijker, waarschijnlijk zijn de cellen groter. Met scherm is de nachttemperatuur bij hem ook wat hoger en de dagtemperatuur iets lager dan daarvoor.

II – 6 Slateler 2

Naam interviewer : Jan Janse

Datum : 31 maart 2006

II – 6.1 Teeltgegevens

Gewas(sen) : Sla : in winter 2 rondjes sla ca. 31.000 m²
 Andijvie: : in winter 2 rondjes op ca. 6500 m²
 Komkommer : 2 teelten begin maart tot eind september op ca 18.750 m²
 Tomaat : 1 teelt begin april tot eind september op ca 18.750 m²

Ras(sen) : Sla : Hofnar, Roderick, 42-22(alles Rijk Zwaan) (afhankelijk van periode)
 Andijvie : Reijkjavik (RZ)
 Komkommer: Euphoria(RZ)
 Tomaat : Mecano(DRS)

Plantdatum/data : Sla : vanaf eind september tot 25 februari wekelijks ruim 2000 m² geplant.
 Kas wordt dus in drieën volgeplant

Aantal teelten per jaar : 2

Productie 2005 : Sla : 2 teelten à 14 kroppen/m²= 28 stuks/m²/jaar rond de 40 kg/
 100 kroppen (winter 37, voorjaar zo'n 50 kg)
 Andijvie : 2 x ca. 11= 22 kroppen/jaar
 Komkommer: in totaal 90 stuks/m²=ca. 40 kg/m²
 Tomaat : ca. 30 kg/m²

Bijzonderheden : Sla en andijvie teelt in de grond, komkommer en tomaat in substraat in librabakken
 (steenwol of perliet)

II – 6.2 Energie

Wat was uw gasverbruik van het afgelopen jaar en per periode?

kalenderwkn	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	tot
Gasverbruik m ³	1.60	1.94	1.35	1.78	2.14	1.60	0.32	0.75	0.71	0.89	0.0	1.04	1.53	15.65

NB In winter 2 rondjes sla en andijvie, daarna komkommer en tomaat!

Bent u voor gas een vrije klant? Ja

Wat is voor gas de contractcapaciteit? 90 m³/uur

Waarom heeft u deze capaciteit en niet meer of minder (bv wanneer er ook een WKK staat)?.

Een paar jaar geleden was dit nog 163 m³/uur! Door helft oppervlakte te schermen, toepassen TI en speciaal ontwikkeld programma van Priva voor heteluchtbedrijven heeft men contractcapaciteit drastisch terug kunnen schroeven!

II – 6.3 Technische gegevens

Oppervlakte kas : 37500m². rechthoekig blok van ca. 115 x 333 meter. in het midden een middenpad

Type kas : Venlo (1990 18000 m² en 1999 19500m²)

Vakmaat : 6.4 en 8 m tralie

Poothoogte : 3.5 en 4 m

Isolatie gevel : geen

Buffergrootte : geen buffer

Verwarmingssysteem : 12.3 heteluchtkachels per ha. met capaciteit van 13 m³/uur

Schermen

Wat voor type schermdoek heeft u?	SLS-10-Ultra plus
Waarom hebt u voor dit type doek gekozen?	Dit was het meest vochtdoorlatende doek
Wanneer hebt u een scherm aangeschaft?	(schermen alleen aangelegd in 3 voorste afdelingen met bouwjaar 1999)

II – 6.4 Klimaatregeling

Temperatuurregeling

Wat is nu uw stookstrategie en uw luchtstrategie? weer afhankelijk:

Periode/tijdvak	Stook	Lucht
In herfst totdat grondtemperatuur ca 10 °C is	Niet stoken	Zoveel mogelijk luchten
1 ^e 14 dagen na planten om goede inworteling te verkrijgen	10/10	16 in winter, daarna 20
Na inwortelperiode	8/10	12

De dagtemperatuur wordt gehandhaafd tot 13.00 uur: daarna naar nacht!

De laatste jaren is men wat hogere temperaturen aan gaan houden. Voor het gevoel is de sla dan mooier. In België houden veel telers ook vrij hoge temperaturen aan en laat dan overdag de temperatuur behoorlijk hoog oplopen bij veel licht. Dit geeft geen problemen (daar op excursie geweest)

Na de inwortelingsperiode streeft de teler naar een etmaaltemperatuur van 9,5 °C. Mag ook over een paar dagen gezien gemiddeld 9,5 °C zijn.

Hoe ziet het opstookregime eruit?:

- Tijdstip Start 05 uur
- Opstooksnelheid: 1 °C/uur
- Is tijdstip van opstoken afhankelijk van de buitentemperatuur? nee
- Hoe wordt condensatie op vruchten of eventueel gewas voorkomen? Niet
- Overige zaken die de tuinder hierbij van belang vindt (risico's): –

Hoe veranderen de setpoints in de loop van het jaar afhankelijk van de stand van het gewas. zie tabel hiervoor.

Wat is de minimum buis strategie in de nacht en eerste uren van de dag (indien van toepassing)? N.v.t., zou wel graag een groeibuisje willen hebben

Welke minimumtemperatuur (momentaan) in de ochtenduren is volgens u nog acceptabel voor het gewas? In januari 6 °C, in maart 4 °C. In maart is de temperatuur gemakkelijk (zonder extra kosten) overdag te compenseren. Men streeft naar 9,5 °C op etmaalbasis.

Welke schade/probleem ontstaat er anders? Er ontstaat daaronder geen schade, maar men wil niet achterlopen op de planning(ervan uit gaande dat het niet gecompenseerd wordt)

Hoe lang mag deze lage temperatuur volgens u duren? Men moet het kunnen compenseren overdag.

In welke mate is dit volgens u afhankelijk van het gewasstadium? Tijdens inwortelingsstadium tolereert men minder dan in de vervolgfase. Plant zou dan teveel stil staan. Ook in de oogstfase is men voorzichtig: niet te diep wegzakken of te hoge temperatuur. Dit is meer gevoelsmatig dan dat men echt schade ziet: mogelijk meer problemen met bijv. glazigheid of rot. Bij te hoge temperaturen meer kans op rand.

Maakt u gebruik van temperatuurintegratie? ja.

Zo ja. krijgt de regeling vrijheid in de opstookperiode 's ochtends? Ja, maar niet zoveel

Zo ja. welke bandbreedte wordt gehanteerd?

Maximale positieve en negatieve compensatie afhankelijk van de periode op de dag (Priva klimaatcomputer):

<i>Tijd</i>	2.00	5.00	9.00	13.00	19.00
<i>Max. pos. compensatie</i>	2	3	4	6	2
<i>Max. neg. compensatie</i>	2	1	0	2	3

Vochtregeling

Hoe regelt u het openen van de ramen op vocht? (n.b. rechtstreeks of via buis) Nee

Gebruikt u een minimum raamstand? Nee

Wordt er een vochtkierregeling toegepast? Nee, er wordt niet naar vocht gekeken.

Treden in bepaalde situaties vochtproblemen op in relatie met schermen? Nog niet gezien, maar scherm gaat (afgezien 1 week inwortelingsperiode) elke dag open, ook bij vorst.

Hebt u door het gebruik van het scherm meer vochtproblemen? (Zo ja wanneer?) zie boven.

Schermpregeling

Wat bepaalt 's ochtends over het algemeen het moment van openen van het scherm? Combinatie van tijd, buiten-temperatuur, grondtemperatuur en licht.

Afhankelijk van grondtemperatuur (>10 °C) blijft scherm tot ongeveer half december open. Daarna is het in het afgelopen seizoen bijna dagelijks dicht geweest. In de eerste week na planten gaat het scherm dag en nacht dicht. Bij grotere sla gaat het scherm dicht bij een buitentemperatuur van 6 °C. Het scherm gaat open bij een instraling boven 10 W, bij vorst boven de 100 W. Scherm gaat dus overdag (behalve tijdens de eerste week na planten) altijd open. Scherm is meestal om 9.00 uur open (als straling er is), bij vriezend, helder weer eventueel om 10.00 uur. Als het hard vriest, gaat het scherm om 15.30 uur dicht.

Verschilt dit per periode/tijdvlak in het jaar? Afhankelijk van groeifase (zie boven).

Zijn er nog andere factoren die de schermopening beïnvloeden? nee.

Wordt de schermopening ook beïnvloed door de kouval die eventueel optreedt bij het openen van het scherm? Neen, Het scherm wordt gefaseerd geopend. Eerst 3%, daarna 5%, daarna 30% en daarna geheel open. Dit duurt minimaal 20 minuten.

Hebt u 's ochtends een kouval als het scherm geopend wordt? De kouval is afhankelijk van de buitenomstandigheden, maar wordt niet erg gevonden. Doordat de kachels gaan draaien is er circulatie en wordt de koude lucht snel met warme lucht gemengd.

Zo ja, hoe diep is de kouval en hoe lang duurt de kouval? Max. ca. 2 °C lager gedurende maximaal circa een half uur.

Wat vindt u acceptabel als kouval 's ochtends (lengte en diepte van temperatuurdaling) en waarom? 3 °C lager zou hij acceptabel vinden (nog nooit gezien. Waarom: meer gevoelsmatig dat het niet groter moet zijn.

Welke risico's vreest u als een kouval te lang duurt Zou stilstand in de groei veroorzaken, maar bij gelijke etmaal-temperatuur (bijv. over 3 dagen) zou dit niet optreden. Het is dus meer gevoelsmatig.

Hoe ondervangt u dit risico met uw instellingen van scherm en temperatuur? Snel menging van lucht door kachels. Probeert ook kouval (en ook pieken in het gasverbruik) te voorkomen door de schermen in de drie afdelingen gefaseerd te openen met een tussenperiode van een half uur. Hierdoor heeft hij praktisch altijd voldoende capaciteit. Via speciaal Priva-programma kan in de afdeling, waar meeste behoefte is aan warmte, de andere helft van de kachels worden ingezet. De sla bevindt zich in de verschillende kassen ook in een verschillend stadium, waardoor het openingstijdstip van het scherm wat meer kan worden gevarieerd. Door kachels langer te laten branden profiteert hij ook meer van de geproduceerde CO₂.