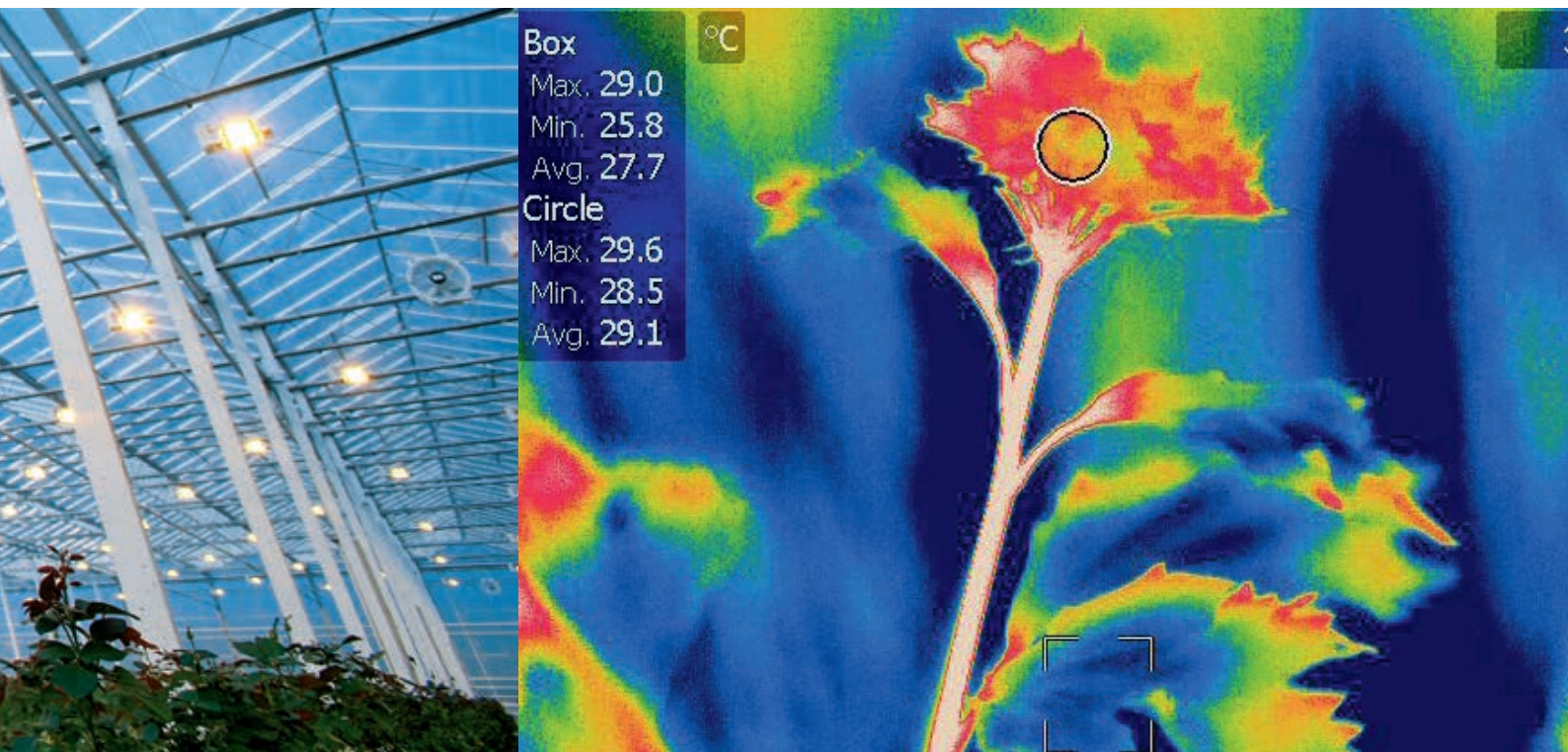




Energiebesparing bij trekheesters

Arca Kromwijk, Frank Kempkes, Marcel Raaphorst en Barbara Eveleens



Referaat

Voor het in bloei trekken van trekheesters zijn hoge kastemperaturen nodig en dat leidt tot een hoog energieverbruik per jaar van circa 40 m³ gas /m² voor sering en 30 m³ gas /m² voor sneeuwbal. In opdracht van het programma Kas als Energiebron is gezocht naar mogelijkheden voor energiebesparing. Modelberekeningen lieten zien dat bij de teelt van sering en circa 25% energie bespaard kan worden met extra isolatie van de trekruimte en circa 35% als dit gecombineerd wordt met een negatieve DIF ('s nachts hoge temperatuur in plaats van overdag). Om vochtproblemen te voorkomen, is dan wel een mogelijkheid nodig om de kas gecontroleerd te ontvochtigen. Dit kan door het inblazen van buitenlucht (eenvoudige ventilator zonder duur verdeelsysteem is vanwege de kleine afdelingen waarschijnlijk al voldoende) of door handmatig een deel van de isolatie (noppensfolie) los te maken en daar vocht te laten condenseren als de temperatuur verlaagd wordt en vochtproblemen kunnen ontstaan. Het opsporen en afdichten van warmtelekken in de kas met een warmtecamera, watergeven met druppelaars in plaats van een broes en donkeren van struiken voorafgaand aan de trek kunnen eveneens het energieverbruik in de teelt van trekheesters verminderen.

Abstract

Shrubs of lilac (*Syringa vulgaris*) and snowball (*Viburnum opulus* 'Roseum') are forced in greenhouses at high temperatures during the winter so that the cut flowers can be harvested early. This leads to a high annual energy consumption of about 40 m³ gas /m² for lilac and 30 m³ gas/m² for snowball. Within the program 'Kas als Energiebron', opportunities to save energy have been explored. Model calculations showed that about 25% energy can be saved with additional insulation of the greenhouse. When this is combined with a negative DIF (high night- and low day time temperature) energy savings of about 35% were calculated. To avoid problems caused by high humidity, the air humidity should be controlled. This can be done by forcing air from outside, into the greenhouse. A simple fan without a costly distribution system is likely to be sufficient, due to the small size of the greenhouse compartments used in these cultures. A cheap way of lowering the air humidity is to remove a part of the insulation manually, so moisture can condense. Detection of heat leaks in the greenhouse with a thermal camera, watering with drippers instead of spraying and darkening of shrubs before forcing can also save energy.

© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw.

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1 Bleiswijk
: Postbus 20, 2265 ZG Bleiswijk
Tel. : 0317-485606
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
2	Beïnvloeding winterrust	9
	2.1 Inleiding	9
	2.2 Winterrust	9
	2.3 Knoppen eerder in winterrust laten gaan	10
	2.3.1 Korte dag en lage temperatuur	10
	2.3.2 Droog houden	11
	2.3.3 Rondsteken	12
	2.3.4 Ontbladeren	12
	2.3.5 Donkeren	13
	2.3.6 Koelcel met eerste periode iets hogere temperatuur	13
	2.4 Verbetering/versnelling doorbreking winterrust	13
	2.4.1 Droog houden	13
	2.4.2 Rustdoorbreking in koelcel	14
	2.4.3 Meten van knoprustdoorbreking	16
	2.4.4 Lange dag belichting tijdens de trek	16
	2.4.5 Lichtkleur	16
	2.4.6 Plantenhormonen	17
	2.4.7 Chemische en andere middelen	17
	2.5 Logistieke oplossingsrichtingen	18
	2.5.1 Zwaar geïsoleerde ruimte voor (1e fase van) de trek	18
	2.5.2 1e fase van trek in koelcel	18
	2.5.3 Efficiënt ruimtegebruik tijdens de trek	18
	2.5.4 In bloei trekken van afgeknijpte takken	19
3	Inventarisatie teeltomstandigheden	21
	3.1 Inleiding	21
	3.2 Sering	21
	3.3 Sneeuwbal	23
4	Modelberekeningen energieverbruik sering	27
	4.1 Uitgangspunten	27
	4.2 Doorgerekende energiebesparingsopties	28
	4.2.1 Gevelisolatie	28
	4.2.2 Isolatie kasdek en bodem	28
	4.2.3 Temperatuurintegratie en DIF	29
	4.2.4 Ontvochtiging	29
	4.3 Resultaten energieberekeningen	29
	4.3.1 Gevelisolatie	30
	4.3.2 Isolatie kasdek	30
	4.3.3 Temperatuurintegratie	31
	4.3.4 Bodemisolatie	31
	4.3.5 Negatieve DIF	31
	4.3.6 Ontvochtiging	31

5	Opnamen met warmte-camera in praktijk	33
5.1	Inleiding	33
5.2	Warmtebeelden kas	33
5.3	Warmtebeelden plant	34
5.4	Effect van ventilatoren en broessen	36
5.5	Isolatie kasbodem	37
6	Opties voor energiebesparing	39
6.1	Aanpassingen aan de teelt	39
6.1.1	Afweging vocht en isolatie	39
6.1.2	Verspreiding opstookmomenten	39
6.1.3	Voorbehandeling	41
6.2	Aanpassingen aan de kas	41
6.3	Aanpassingen aan het verwarmingssysteem	42
7	Conclusies, discussie en aanbevelingen	43
7.1	Conclusies	43
7.2	Discussie	44
7.3	Aanbevelingen	44
8	Referenties	45
Bijlage I	Uitgangspunten Modelberekeningen	47

Samenvatting

De teelt van trekheesters vindt grotendeels buiten plaats. Alleen in de winter worden de struiken in de kas geplaatst om de planten vroeg in bloei te trekken. Na de oogst worden de struiken teruggesnoeid en weer naar buiten gebracht. Voor het in bloei trekken zijn hoge kastemperaturen nodig (temperatuurrange van 36 tot 18 °C, afhankelijk van het trektijdstip). Bij de vroegste trek, is de hoogste temperatuur nodig om de struiken in bloei te trekken en naarmate het seizoen vordert, is minder warmte nodig. Het aanhouden van hoge temperaturen in de wintermaanden kost veel energie. Ondanks de korte kasperiode, bedraagt het energieverbruik op jaarbasis naar schatting 40 m³/m² voor sering en 30 m³/m² gas voor de trek van sneeuwballen. Daarom is in opdracht van het programma Kas als Energiebron een verkenning uitgevoerd naar de mogelijkheden voor energiebesparing in de teelt van trekheesters, met als randvoorwaarde dat de kwaliteit en productie op hetzelfde niveau moeten blijven.

Met behulp van modelberekeningen is het effect van een aantal maatregelen op het energieverbruik bij de teelt van trekheesters door gerekend. Deze berekeningen hebben laten zien dat bij de teelt van sering circa 25% energiebesparing te bereiken is door extra isolatie van de trekruimte. Aangezien het vaak om kleine oppervlakten gaat, kan gevelisolatie sterk bijdragen aan de energiebesparing. Zeker in de eerste week van de trek is weinig licht nodig en is de luchtvochtigheid nog laag. Hierdoor zijn vele isolatiematerialen geschikt om energie te besparen (noppenfolie, vast folie of beweegbare scherminstallatie). Als de extra isolatie gecombineerd wordt met het toepassen van een negatieve DIF ('s nachts hoge temperatuur en overdag lagere temperatuur) kan de energiebesparing stijgen naar circa 35%. Om vochtproblemen te voorkomen (als de temperatuur in de latere weken van de trek bijvoorbeeld verlaagd wordt), is in ieder geval een mogelijkheid nodig om de kas gecontroleerd te ontvochtigen. Dit kan door het inblazen van buitenlucht of door het tijdelijk verwijderen van isolatiemateriaal.

- Omdat het om kleine afdelingen gaat, is een simpel buitenluchtaanzuigstelsel (bv. keukenventilator) waarschijnlijk al voldoende en is geen duur verdeelsysteem nodig. Dit is beter controleerbaar dan extra kieren.
- Een andere eenvoudige toe te passen optie is zware isolatie van de hele afdeling met noppenfolie, die bijvoorbeeld aan de gevel op een aantal plaatsen eenvoudig handmatig verwijderd of los gemaakt kan worden om daar ontvochtiging door middel van condensatie mogelijk te maken in perioden met een hoge luchtvochtigheid.
- Een derde optie is een aparte zwaar geïsoleerde ruimte voor de eerste fase van de trek met struiken op pallets of rolltafels die na de eerste fase van de trek op eenvoudige wijze te verplaatsen zijn naar een trekkas voor het verdere vervolg van de trek.

Omdat de teelt van trekheesters vaak in oudere kassen plaats vindt, is er meer risico op warmte-lekken in de kas. Door de hoge temperaturen tijdens de trek in de koudste periode van het jaar, kan hier veel energie verloren gaan. Het opsporen en afdichten van lekken in de kas kan dan helpen om energie te besparen. Met een warmtecamera kunnen warmte-lekken in kassen snel gevonden worden en inzichtelijk worden gemaakt. In de teelt van trekheesters wordt nog vaak met een broes water gegeven. Watergeven met druppelaars in plaats van een broes, vermindert de verdamping en kan het energieverbruik in de teelt van trekheesters verminderen doordat er minder ontvochtigd hoeft te worden.

De energiebehoefte voor de trek kan ook verminderd worden door struiken in het najaar eerder in winterrust te laten gaan en de winterrust eerder/sneller te doorbreken. De bloemknoppen kunnen dan bij minder hoge temperatuur en in kortere tijd los gestookt worden. In een literatuurstudie is naar voren gekomen dat voor het eerder in rust brengen van struiken, gedacht kan worden aan korte dag, lage temperatuur, droog houden, rondsteken of ontbladeren. Bij verbetering/versnelling van het doorbreken van de winterrust kan gedacht worden aan droog houden, donkeren of bewaring in een koelcel vóór de trek of lange dag belichting (nachtonderbreking), plantenhormonen of andere middelen tijdens de trek. Met veel maatregelen is nog weinig tot geen ervaring bij sering en sneeuwbal en is eerst verder onderzoek nodig voor toepassing in de praktijk. Andere maatregelen (bv. ontbladeren bij sering) gaven bij toepassing in de praktijk teveel wisselende resultaten. Maatregelen die al in meer of mindere mate in de praktijk met goed resultaat worden toegepast, zijn:

- Als struiken voorafgaand aan de trek gedonkerd zijn, is een minder hoge temperatuur nodig en deze is ook minder lang nodig om de knoppen los te stoken. Bij de vroege trek van sering zijn hier goede ervaringen mee in de praktijk. Bij de vroege trek van gedonkerde sneeuwballen zijn de resultaten soms niet eenduidig. Voor het donkeren moeten wel extra arbeidskosten worden gemaakt en dat moet terug verdiend worden met de energiebesparing.
- Als struiken voorafgaand aan de trek gekoeld zijn in een koelcel, is een nog minder hoge temperatuur die hoge temperatuur is ook minder lang nodig om de knoppen los te stoken dan na het donkeren. Voor het bewaren in de koelcel moeten echter naast de extra arbeidskosten voor het in- en uitbrengen in de koelcel ook het energieverbruik en investeringskosten voor de koelcel terug verdiend worden met de energiebesparing tijdens de trek.

1 Inleiding

De teelt van trekheesters vindt grotendeels buiten plaats. Alleen in de winter worden de struiken in de kas geplaatst om de planten vroeg in bloei te trekken. Na de oogst worden de struiken teruggesnoeid en weer naar buiten gebracht. Voor het in bloei trekken zijn hoge kastemperaturen nodig (temperatuurrange van 36 tot 18 °C, afhankelijk van het trektijdstip). Bij de vroegste trek, is de hoogste temperatuur nodig om de struiken in bloei te trekken. Naarmate het seizoen vordert is minder warmte nodig. Het aanhouden van hoge temperaturen in de wintermaanden kost veel energie. Ondanks de korte kasperiode, bedraagt het energieverbruik op jaarbasis naar schatting 40 m³/m² voor seringen en 30 m³/m² gas voor de trek van sneeuwballen. In opdracht van het programma Kas als Energiebron is een verkenning uitgevoerd over de mogelijkheden van energiebesparing in de teelt van trekheesters, met als randvoorwaarde dat de kwaliteit en productie op hetzelfde niveau moeten blijven. Dit rapport geeft een overzicht van de resultaten van dit onderzoek.

2 Beïnvloeding winterrust

2.1 Inleiding

De teelt van trekheesters vindt grotendeels buiten plaats. Alleen voor de trek worden de struiken in de kas geplaatst om de planten vroeg in bloei te trekken (Figuur 1.). Na de oogst worden de struiken teruggesnoeid en weer naar buiten gebracht. Na de scheutgroei en bloemknopaanleg gaan de bloemknoppen in rust en is kou nodig om de bloemknoprust te doorbreken. Vervolgens worden de struiken in de wintermaanden in de kas gezet en bij hoge temperaturen in bloei getrokken. Er is een minimale koude periode nodig om de winterrust te doorbreken. Hebben de knoppen te weinig kou gehad, dan lukt het niet om de struiken (goed) in bloei te trekken. Als aan de minimale koude periode voldaan is, kunnen de struiken wel in bloei getrokken, maar daarvoor is wel een heel hoge temperatuur nodig. Om seringen in november in bloei te trekken is bv. minimaal 8 uur per dag 38 °C nodig. Naarmate de struiken buiten meer kou hebben gehad is een minder hoge temperatuur nodig om de struiken in bloei te trekken.

snoei	scheutgroei	bloemknopaanleg	winterrust	trek
-------	-------------	-----------------	------------	------

Figuur 1. Achtereenvolgende teeltfases in de teelt van trekheesters.

De belangrijkste reden waarom bij trekheesters veel energie nodig is, is de hoge temperatuur om de knoprust te doorbreken, vooral bij de vroege trekken. In dit hoofdstuk is informatie verzameld over knoprustdoorbreking bij houtige gewassen om na te gaan, waar voor sering (*Syringa*) en sneeuwbal (*Viburnum opulus* 'Roseum') kansen liggen voor energiebesparing vanuit plantfysiologisch oogpunt. Hierbij is ook gekeken naar onderzoek en ervaringen met knoprust en rustdoorbreking bij andere gewassen. Verder worden aan het einde van dit hoofdstuk enkele logistieke oplossingsrichtingen behandeld, zoals een efficiënter ruimtegebruik tijdens de trek en het in bloei trekken van afgeknipte takken.

2.2 Winterrust

Na de bloemknopaanleg gaan seringen en sneeuwballen niet direct bloeien. De bloemknoppen blijven nog enige tijd in rust om te voorkomen dat de plant tijdens ongunstige weersomstandigheden zou gaan bloeien. Er bestaan verschillende vormen van knoprust en die kunnen in drie hoofd categorieën worden ingedeeld, gebaseerd op de controlerende factor die de knop in rust houdt (Pessarakli, 1995):

- Ecodormancy: groei wordt tegen gehouden door uitwendige omstandigheden buiten de plant, zoals lage of hoge temperatuur.
- Paradormancy: groei wordt tegen gehouden door omstandigheden buiten het meristeem, maar binnen de plant, zoals bij apicale dominantie.
- Endodormancy: groei wordt tegengehouden door omstandigheden binnen het meristeem.

Knoppen kunnen geleidelijk overgaan van de ene vorm in de andere vorm, bijvoorbeeld van paradormancy in de zomer (apicale dominantie) naar endodormancy (winterrust) in herfst/winter en naar ecodormancy aan het eind van de winter/begin voorjaar (winterrust is doorbroken, maar lage temperatuur buiten houdt knoppen nog in rust). Bij sering blijven de knoppen in de zomer in rust door de remmende werking van de bladeren en in de periode begin september tot half oktober gaat de zomerrust langzaam over in de winterrust (van den Berg, 1988b). Tijdens de winterrust wordt de groei tegengehouden door omstandigheden binnen het meristeem (endodormancy) en is een minimale koude periode nodig om de winterrust zodanig te doorbreken dat de struiken in bloei getrokken kunnen worden. Hoewel de winterrust dan nog niet volledig is opgeheven, kunnen de struiken met hoge temperatuur wel al in bloei getrokken worden. De hoge temperatuur is dan nodig om het laatste stukje winterrust te doorbreken. In de periode daarna wordt ook het laatste stukje winterrust geleidelijk opgeheven door de lage temperaturen buiten. Daardoor is er naarmate het seizoen vordert een steeds minder hoge temperatuur nodig om de struiken in bloei te trekken. Naast de hogere temperatuur om de knoppen los te stoken, duurt het bij de vroege trek vaak ook langer voordat de knoppen los komen en moet er gedurende een langere periode een hoge temperatuur aangehouden worden dan bij latere trekken.

De energiebehoefte tijdens de trek zou verminderd kunnen worden door er voor te zorgen dat er een minder hoge temperatuur nodig is én minder lang een hoge temperatuur nodig is. Dit kan op 2 manieren:

1. De knoppen eerder in winterrust te laten gaan.

Door het gewas eerder in winterrust te laten gaan, kan de koude opbouw eerder van start gaan, waardoor sneller het aantal gewenste koude eenheden wordt opgebouwd. Als er meer koude eenheden opgebouwd zijn bij de start van de trek, zullen de knoppen makkelijker/eerder los komen, kan de periode met hoge temperatuur korter zijn en de temperatuur om de knoppen los te stoken lager zijn, waardoor er tijdens de trek energie bespaard kan worden. In paragraaf 2.3 wordt een overzicht gegeven van mogelijkheden om de knoppen eerder in winterrust te laten gaan.

2. Verbetering/versnelling doorbreking van de winterrust.

Als de winterrust sneller of beter doorbroken kan worden, zullen de knoppen makkelijker/eerder los komen, kan de periode met hoge temperatuur korter zijn en de temperatuur om de knoppen los te stoken lager zijn, waardoor er tijdens de trek energie bespaard kan worden. In paragraaf 2.4 wordt een overzicht gegeven van mogelijkheden om de winterrust beter/snelser te doorbreken.

2.3 Knoppen eerder in winterrust laten gaan

2.3.1 Korte dag en lage temperatuur

In de meeste houtige gewassen die zich in de herfst moeten voorbereiden op het koude seizoen, wordt de afnemende daglengte in de herfst gebruikt als signaal om rust te induceren (Mohr en Schopfer, 1995). Als een kritische daglengte (korte dag) gepasseerd is, vindt een radicale omslag in ontwikkeling plaats. De takgroei stopt, bladval wordt geïnduceerd en vegetatieve groeipunten gaan knoppen vormen. Bij een aantal *Viburnum*-soorten lijkt de vegetatieve groei te worden gestuurd door de daglengte (Stimart, 1985). Bij een daglengte van 8 uur was er weinig groei en bij een daglengte van 12, 14 en 16 uur nam de groei van de hoofd- en zij scheuten toe. De kritische lengte van de nacht is daarbij meer bepalend dan de lengte van de dag. Bij een nachtonderbreking van 1 uur in het midden van een 15-uur durende nacht bleven de scheuten van *Viburnum opulus* actief groeien. Als de planten werden geteeld bij 14 uur aaneengesloten donker gingen de planten in rust. Het verkorten van de daglengte in de vroege herfst zou dan een manier kunnen zijn om *Viburnum* eerder te laten afharden en in winterrust te laten gaan.

In sommige *Viburnums* kan echter een interactie aanwezig zijn tussen daglengte en temperatuur (Stimart, 1985). Bij 10 uur daglengte en continu 22 °C bleven de planten van *Viburnum sieboldii* doorgroeien, maar bij 10 uur daglengte en een dag-/nachttemperatuur van 28/18 °C werd de scheutgroei geremd. Indien dit ook geldt voor *Viburnum opulus* 'Roseum' heeft het verkorten van de daglengte mogelijk alleen effect bij lage nachttemperaturen. Verkorting van de daglengte in een buitenteelt zoals trekheesters lijkt praktisch gezien lastig, maar in Scandinavië wordt dit wel toegepast bij jonge dennenboompjes om deze eerder in winterrust te laten gaan, zodat ze eerder opgerooid kunnen worden (N. Verhoef, pers. med.).

Daglengte wordt in het algemeen gezien als het primaire signaal dat de inductie van winterrust reguleert in veel meerjarige gewassen, met uitzondering van meerdere leden van de familie van de Rosaceae. In sommige druivencultivars wordt winterrust geïnduceerd door korte dag omstandigheden, terwijl in andere cultivars zowel korte dag als lage temperatuur nodig is. Bij appels en peren lijken inductie en doorbreking van winterrust alleen gereguleerd te worden door lage temperaturen. Sijtsema (1962) heeft geconcludeerd dat het tijdstip waarop de struiken in winterrust gaan bij seringens bepaald wordt door de temperatuur en niet door de daglengte. Vanaf eind juli zijn seringenstruiken met de cultivar 'Mme Stepman' in de warme kas gezet, 3 struiken bij natuurlijke daglengte en 3 struiken bij lange daglengte (16 uur d.m.v. 3 gloeilampen van 75 Watt op 50 cm boven elke struik) en vergeleken met struiken die buiten zijn blijven staan bij natuurlijke daglengte. Bij de struiken buiten werd de diepste rust vastgesteld eind oktober en bij de struiken in de kas pas op 18-25 november, waarbij er geen verschil was tussen natuurlijke daglengte en lange dag. In deze proef is alleen lange dag en natuurlijke daglengte toegepast. Het is dus nog niet duidelijk of met korte dag de struiken wel eerder in rust gebracht kunnen worden.

Lage temperaturen, al dan niet in combinatie met korte dagen, kunnen er dus voor zorgen het gewas eerder in winterrust te laten gaan. Een rendabele manier om buiten een lage temperatuur toe te passen is nog niet voorhanden. In warme klimaten zijn proeven gedaan om met adiabatische koeling door verneveling van water, de knoppen tijdens de winter te koelen om de rustdoorbreking te bevorderen. Dit wordt echter weinig toegepast op commerciële schaal (van den Berg, 1988b). Voor de Nederlandse situatie zullen hier gezien het jaargetijde waarin dit speelt geen mogelijkheden zijn. Dit roept de vraag op of er wellicht andere methoden zijn om op rendabele wijze de knoppen te koelen om de rustdoorbreking te bevorderen. Dan komt al snel mechanische koeling om de hoek kijken, waarbij gezien de arbeid en investeringen de commerciële basis naar verwachting niet of zeer beperkt aanwezig is.

2.3.2 Droog houden

Water stress (droogte) verkort de groei periode van de scheuten, bevordert het eerder in rust gaan van knoppen en verkort de lengte van de rustperiode in houtige gewassen. Dit werd bevestigd door latere constatering dat een verlengde groeiperiode van de scheuten het loskomen van knoppen in de lente vertraagd, als er onvoldoende kou is geweest (Arora, *et al.* 2003).

Hoe snel bomen afharden hangt sterk af van het klimaat (Van der Louw en Kunneman, 2001). Het kan per jaar verschillen. Onder invloed van kortere daglengte worden de eindknoppen aangelegd. Later in de herfst wordt de temperatuur belangrijker bij het afharden en bereidt de boom zich voor op de komende winter. In de bladsteel wordt een abscisselaag gevormd, waardoor het blad kan vallen. Over het algemeen bevorderen zonnige dagen en lage nachttemperaturen in de herfst het afharden. Voor het afharden is het wel noodzakelijk dat de groei tot stilstand is gekomen. Bomen op zware gronden harden in het algemeen later af dan bomen op lichtere (zand)gronden. Koude temperaturen, droogte en lage licht intensiteiten kunnen het in rust gaan van houtige gewassen in de herfst stimuleren (Mohr en Schopfer, 1995).

In droge gebieden kan de knoprust van sommige gewassen doorbroken worden door voor een aantal weken water te onthouden en daarna weer water toe te dienen. Aspergetelers in California en Peru kunnen met deze methode jaarrond gewassen produceren. Irrigatie wordt ook gebruikt in combinatie met rust-doorbrekende chemicaliën en/of ontbladering van bladverliezende fruitbomen in tropische gebieden (Pessaraki, 1995).

Droog houden van de seringens- en sneeuwbalstruiken zou dan de knoppen eerder in rust kunnen laten gaan en de

rustperiode kunnen verkorten, waardoor bij de trek minder energie nodig is om de knoppen los te stoken. Bij een containerteelt is dit makkelijker te realiseren dan in een vollegrondsteelt, hoewel in de vollegrondsteelt het rondsteken en naast het plantgat zetten de struiken ook droger kan houden. Bij een containerteelt zou ook nog gedacht kunnen worden aan het afdekken van de bovenkant van de pot om te voorkomen dat regenwater in de pot komt in de periode dat de struiken droog gehouden moeten worden.

2.3.3 Rondsteken

Van der Sluis en Kers (2004) geven aan dat winterrust een fysiologisch proces is dat tijdens het afharden voor de winter begint en dat het stadium van winterrust is bereikt als ongeveer 50% van het blad is af gestoten. Scholten (2006) vermeldt dat het in rust gaan van boomkwekerijgewassen in de praktijk te zien is aan 50% bladval of niet actief, verkleurd blad. Bij *Malus* 'Elstar' treedt door rondsteken in week 39 vervroegde bladval op, waardoor de boom eerder afrijpt (Van der Louw en Kunneman, 2001). Als delen van bomen van *Malus* 'Elstar' in de kas worden geforceerd om uit te lopen, komen de knoppen bij bomen die in het najaar zijn rond gestoken makkelijker los, dan bij bomen die niet zijn rond gestoken. Het rondsteken versnelt het afharden van het gewas en als de boom eerder in winterrust is, kan de koudeopbouw eerder van start gaan. Bovendien wordt door rondsteken de onderstam gestimuleerd om cytokinine te produceren (van der Sluis en Kers, 2005). Het tijdstip van rondsteken is belangrijk. Bij te vroeg rondsteken kan het gewas slap gaan en bij te laat rondsteken heeft het minder effect.

Bij de teelt van trekheesters in de vollegrond worden struiken in het najaar al rond gestoken, maar bij de teelt in containers niet. Dit roept de vraag op of bij de teelt in containers wellicht op een andere manier een zelfde effect bereikt kan worden?

Najaar 2005 was licht en warm tot ver in oktober, waardoor veel boomkwekerijgewassen lang zijn doorgegaan met de productie van droge stof en pas halverwege december in rust zijn gegaan (Scholten, 2006). Bij een aantal gewassen was in de tweede week van februari al weer de eerste (wortel)activiteit merkbaar. Daardoor is de kans groot dat veel gewassen, zoals bv. *Viburnum opulus* 'Roseum', de volledige rustdoorbreking niet gingen halen en kwaliteitsproblemen te verwachten zijn, zoals onregelmatig uitlopen en minder bloemkwaliteit. Scholten geeft aan dat in oktober al te zien was dat het seizoen te lang zou gaan duren en dan al problemen voorkomen hadden kunnen worden door tijdig rond te steken of om kalk op het blad in te zetten om een vervroegde bladval uit te lokken. Deze twee toepassingen zorgen ervoor dat de plant eerder stopt met het produceren van droge stof en daardoor in rust gaat en eerder koude gaat opbouwen.

2.3.4 Ontbladeren

Koude temperaturen lijken nodig om knoppen volledig endodormant te laten worden. In sommige (sub)tropische gebieden, waar de temperaturen niet beneden de 20 °C zakken, kunnen knoppen van peren, druiven en appels geforceerd worden door ontbladering net na de oogst. Vaak worden chemicaliën toegepast, zoals natriumchloraat, kopersulfaat of ureum om de bladeren te verwonden en voortijdige bladval te induceren. Hierdoor kunnen twee of meerdere oogsten per jaar gerealiseerd worden. Hoe langer de periode tussen oogst en ontbladering echter wordt, hoe slechter het resultaat (Pessarakli, 1995).

Volgens Scholten (2006) kan met kalk op het blad een vervroegde bladval uit gelokt worden. Chemisch ontbladeren om het blad er eerder af te laten vallen, heeft als nadeel dat de boom minder tijd heeft voor de knopopbouw en de aanleg van reserves. Bij sering gaven proeven met ontbladeren om de struiken eerder in bloei te kunnen trekken, positieve resultaten, maar door wisselende resultaten bij toepassing in de praktijk en het grote percentage uitval van struiken na het planten in het voorjaar, heeft het ontbladeren geen opgang gemaakt in de praktijk (van den Berg, 1988b).

2.3.5 Donkeren

De bloei van sering en kan vervroegd worden door de struiken al in augustus/september te donkeren (van den Berg, 1988b). De struiken worden dan dicht op elkaar gestapeld en gedurende ongeveer vier weken met rietmatten afgedekt. Door het wegnemen van het licht wordt de bladval bevorderd, waardoor de bloemknoppen niet in rust gaan. Het klimaat onder de rietmatten blijkt ook op een of andere manier een positief effect te hebben op de bloeivervroeging. De temperatuur en luchtvochtigheid is meer constant en er zijn geen sterke schommelingen in dag- en nachttemperatuur. Na het donkeren worden de struiken in de trekkas geplaatst en bij hoge temperatuur in bloei getrokken. Hoewel de bloemknoppen niet in rust gaan, is toch nog een vrij hoge temperatuur nodig om de bloemknoppen los te stoken. Met het donkeren kunnen omstreeks half oktober de eerste bloeiende sering en op de veiling aangevoerd worden (van den Berg, 1988b).

Voor de hele vroege trek van sneeuwballen worden de struiken vanaf begin/half oktober dicht tegen en op elkaar gestapeld en afgedekt met riet of donker doek (Kromwijk, 2011 en pers. med. van telers). De sneeuwbalstruiken blijven minimaal 6 weken onder het riet en kunnen dan vanaf begin december in bloei getrokken worden. Struiken direct van buiten, komen in die periode nog onvoldoende los en zijn daardoor moeilijk in bloei te trekken en geven een slecht trekresultaat. Bij gedonkerde sneeuwbalstruiken komen de knoppen meestal sneller los en is minder lang hoge temperatuur nodig om de knoppen los te stoken. De resultaten bij sneeuwbal zijn echter minder eenduidig dan bij sering. Voor het donkeren is wel extra arbeid en materiaal (riet of doek) nodig. Telers die donkeren hebben wel de ervaring dat het donkeren later in het seizoen minder effect heeft dan vroeg in het seizoen. Daar is nog geen duidelijke verklaring voor.

2.3.6 Koelcel met eerste periode iets hogere temperatuur

Hoewel lage temperatuur (mede) een factor kan zijn om planten eerder in rust te laten gaan, kan het vroeg in de koelcel plaatsen van struiken juist een tegengesteld effect geven. Van den Berg (1998) geeft aan dat bij te vroeg koelen van vaste planten de plant langzamer in rust gaat, waardoor de rustdoorbreking pas later kan beginnen en de plant later in bloei komt dan wanneer later gestart was met koelen. Dit kwam ook naar voren bij verschillende koelcelbehandelingen bij sneeuwbal (Kromwijk, 2011). Bij struiken die al in week 41 in de koelcel waren gezet, waren minimaal 1100 koude-eenheden nodig om de rust te doorbreken, terwijl bij struiken die twee of vier weken later in de koelcel waren gezet 900 koude-eenheden voldoende waren om de rust te doorbreken. De struiken die in week 41 in de koelcel waren gezet, zaten op dat moment nog volop in het blad en toen deze uit de 8 °C koelcel werden gehaald viel het blad er relatief makkelijk af. Bij de struiken die uit de 2 °C koelcel kwamen zat het blad echter meer vast en moest een deel van het blad *et al.* geritst worden. Dit lijkt er op te wijzen dat het proces van afharding en bladval bij een temperatuur van 8 °C meer doorgaat dan bij 2 °C. Dit roept de vraag op of struiken eerder in rust kunnen worden gebracht door struiken vroeg in een koelcel te plaatsen, maar dan de eerste periode nog een wat hogere temperatuur aan te houden om de struiken sneller in rust te laten gaan en dan pas over te gaan naar een lagere temperatuur voor de rustdoorbreking.

2.4 Verbetering/versnelling doorbreking winterrust

2.4.1 Droog houden

Water stress (droogte) kan naast het eerder in rust laten gaan van knoppen ook de lengte van de rustperiode in houtige gewassen verkorten (Arora, *et al.* 2003). In droge gebieden kan de knoprust van sommige gewassen doorbroken worden door voor een aantal weken water te onthouden en daarna weer water toe te dienen. Aspergetelers in California en Peru kunnen met deze methode jaarrond gewassen produceren. Irrigatie wordt ook gebruikt in combinatie met rustdoorbrekende chemicaliën en/of ontbladering van bladverliezende fruitbomen in tropische gebieden (Pessarakli, 1995). Droog houden van de sering en- en sneeuwbalstruiken zou dan mogelijk de rustperiode kunnen verkorten, waardoor bij de trek minder energie nodig is om de knoppen los te stoken (zie ook 2.1.2).

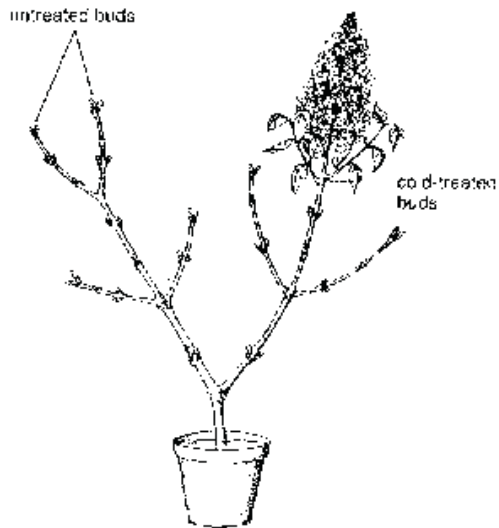
2.4.2 Rustdoorbreking in koelcel

Winterrust wordt normaalgesproken doorbroken door blootstelling aan lage temperaturen. De knoppen dienen daarvoor zelf aan de kou te worden blootgesteld om in het voorjaar uit te kunnen lopen. In een proef bij sering met lokaal koude bij enkele knoppen liet zien, dat alleen de knoppen die kou hadden gehad, uitliepen na een overgang naar temperaturen hoger dan 15 °C (Figuur 2.). Knoppen op dezelfde struik die geen kou hadden gehad, liepen niet uit.

De optimum temperatuur voor de rustdoorbreking varieert per gewas en per cultivar, maar ligt in het algemeen tussen de 0 en 10 graden. Temperaturen beneden de 0 hebben weinig of geen effect (Pessarakli, 1995). Bij diverse fruitgewassen waarbij de winterrust door kou kan worden doorbroken, wordt het Utah model gebruikt om de opbouw en mogelijke afbouw van winterrust te berekenen (van der Sluis en Kers, 2004). De appelcultivar Elstar heeft bv. ongeveer 1200 uur koude-eenheden nodig en de onderstam M9 heeft ongeveer 950 koude-eenheden nodig (2-9 °C). Eén uur tussen 2 en 9 °C geeft 1 koude-eenheid (Tabel 1.) en lagere en hogere temperatuur geven minder tot geen opbouw van koude-eenheden en hoge temperaturen werken zelfs negatief. In Figuur 33. uit Pessarakli (1995) is één koude eenheid gedefinieerd als 1 uur blootstelling aan een temperatuur van 6 graden. Hogere en lagere temperaturen tussen 0 en 13 hebben geleidelijk minder effect en temperaturen boven de 13 hebben een remmend effect. Dit model laat zien dat tijdens een warme periode minder snel koude-eenheden worden opgebouwd en bij hele hoge temperaturen zelfs eerder opgebouwde koude-eenheden weer ongedaan gemaakt kunnen worden. Uit Tabel 1. en Figuur 3. blijkt ook dat niet alleen hele hoge temperaturen maar ook hele lage temperaturen de opbouw van koude-eenheden vertragen.

Kronenberg (1994) heeft voor *Syringa vulgaris* een temperatuurmodel gemaakt dat het bloeitijdstip kan voorspellen en gaat uit van een koudebehoefte van 400 uur bij een temperatuur onder de 7 °C. Kronenberg heeft ook berekend dat *Forsythia intermedia x spectabilis* een koudebehoefte heeft van 600 uur bij een temperatuur onder de 7 °C. In een onderzoek met verschillende koelcelbehandelingen is vastgesteld dat *Viburnum opulus* 'Roseum' minimaal 900 uur kou (2 tot 8 °C) nodig heeft om de knoprust van de bloemknoppen voldoende te doorbreken om de struiken succesvol in bloei te trekken (Kromwijk, 2011). Het is niet bekend of vertragingen in koudeopbouw door hoge of lage temperaturen zoals beschreven in het Utah-model op dezelfde wijze gelden voor sering en sneeuwbal.

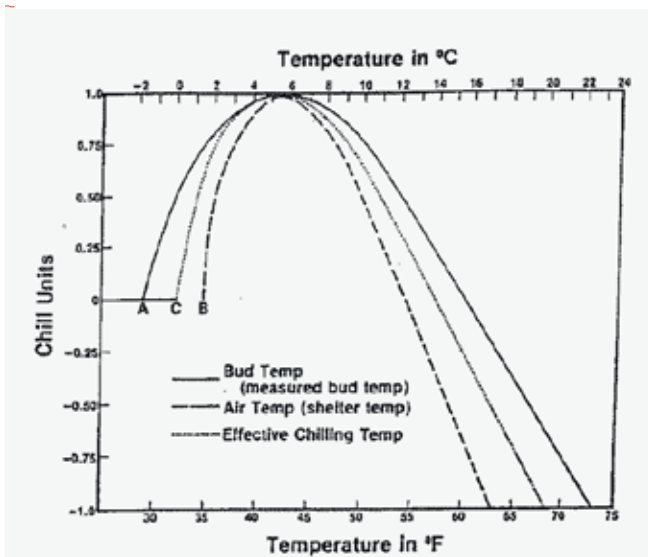
Ervaringen in de praktijk laten wel zien dat de trekresultaten van jaar tot jaar sterk kunnen verschillen. Vertragingen in de opbouw van koude eenheden voor de knoprustdoorbreking kan voorkomen worden door de struiken bij een optimale temperatuur voor de rustdoorbreking te plaatsen, zoals bv. een koelcel. Er is een sneeuwbalteiler die dit toepast in de praktijk en zijn ervaring laat zien dat een koelcelbehandeling zelfs betere trekresultaten kan geven dan het donkeren van struiken. De knoppen komen beter en sneller los dan van gedonkerde struiken, waardoor minder lang een hoge temperatuur nodig is. Een koelcelbehandeling vraagt echter extra arbeid, energie en investeringskosten en deze moeten terug verdiend kunnen worden met de energiebesparing en eventueel betere trekresultaten.



Figuur 2. Effect van lokale koudebehandeling bij sering. De knoppen op de top van de rechterscheut hebben een koudebehandeling gekregen, de andere knoppen niet (Bron: Mohr en Schopfer, 1995).

Tabel 1. Berekening aantal koude-eenheden volgens het Utah model (van der Sluis en Kers, 2004).

Temperatuur	Aantal koude-eenheden
1 uur < 1 °C	0.0
1 uur 1-2 °C	0.5
1 uur 2-9 °C	1.0
1 uur 9-12 °C	0.5
1 uur 12-16 °C	0.0
1 uur 16-18 °C	-0.5
1 uur > 18 °C	-1.0



Figuur 3. Opbouw van koude-eenheden bij fruitbomen volgens het Utah model (overgenomen uit Pessaraki, 1995).

2.4.3 Meten van knoprustdoorbreking

Doordat het tijdstip van in rust gaan en de knoprustdoorbreking van jaar tot jaar variëren, varieert het tijdstip waarop de knoprust voldoende doorbroken is om de struiken succesvol in bloei te trekken. Daardoor komt het wel eens voor dat een vroege partij struiken onvoldoende trekresultaat laat zien. Zo'n partij vraagt dan extra energie om de knoppen los te krijgen, als ze al los te krijgen zijn. Om dit te ondervangen heeft Wageningen UR Glastuinbouw in samenwerking met het bedrijf N-Sure een test ontwikkeld om te kunnen meten wanneer de knoprust van sneeuwbalstruiken voldoende doorbroken is om de struiken in bloei te kunnen trekken (Kromwijk *et al.* 2012). Door sap van enkele bloemknoppen te laten testen vóór de start van de trek, kan voorkomen worden dat onnodig veel energie gestopt wordt in een partij struiken waarvan de knoprust nog onvoldoende doorbroken is. De resultaten van de validatie van de test zijn vrij goed. Bij 3 van de 4 partijen was een goede correlatie zichtbaar tussen het expressiepatroon van een aantal genen en het omslagpunt van onvoldoende naar voldoende trekresultaat beoordeeld door de telers. Ongeveer twee weken voor de start van de trek waarbij het resultaat omslaat naar voldoende was een omslagpunt op genetisch niveau zichtbaar. Bij de 4^e partij zat er vier weken tussen het omslagpunt op genetisch niveau en de omslag waarbij de teler het teeltresultaat van onvoldoende naar voldoende beoordeelde. Hier lijken andere omstandigheden de uitbloei beïnvloed te hebben, maar het is nog onduidelijk welke omstandigheden dat zijn geweest.

2.4.4 Lange dag belichting tijdens de trek

Veel onderzoekers hebben gevonden dat korte dagen de ontwikkeling van winterrust in bomen kan bevorderen en lange dagen in sommige gevallen winterrust kan doorbreken. Het is aangetoond dat er een interactie is tussen temperatuur en daglengte. In sommige gevallen kan lange dag de kou behoefte (deels) vervangen.

Planten in winterrust die overgezet worden naar warme condities komen onder lange dag omstandigheden eerder los dan bij korte dag omstandigheden (van der Schoot en Rinne, 2011). Bij aardbei (P. Geelen, pers. med.) is gebleken dat (cyclische) belichting een positief effect kan geven als de winterrust nog niet helemaal goed doorbroken is. Het is niet bekend of lange dag belichting bij seringen en sneeuwbal in de vroege trek effect heeft. Indien het wel effect heeft, zou daarmee mogelijk de temperatuur- en energiebehoefte verminderd kunnen worden in de vroege trek van deze trekkeesters en mogelijk ook het trekresultaat verbeterd kunnen worden. Bij andere *Viburnum* soorten zijn verschillende resultaten vastgesteld. Bij *Viburnum trilobum* Marsh. had daglengte van 8 of 16 uur (dagverlenging) bij gekoelde planten geen effect op de snelheid van loskomen van de knoppen. Bij in rust verkerende *Viburnum lantana* (3 weken gekoeld bij 1 °C) werd de rust echter sneller doorbroken bij 16 uur daglengte dan bij een kortere daglengte. Mogelijk heeft daglengte bij onvolledige rustdoorbreking wel effect en bij voldoende rustdoorbrekingen niet. Omdat er geen informatie gevonden is over de reactie van seringen en *Viburnum opulus* 'Roseum' op lange dag belichting tijdens de vroege trek wordt aanbevolen dit eerst op kleine schaal uit te testen.

2.4.5 Lichtkleur

In *Arabidopsis* en populieren wordt de daglengte waargenomen door photoreceptoren zoals phytochroom, wat de verhouding van rood/verrood licht waarneemt, en in *Arabidopsis* is bekend dat cryptochroom ook blauw licht signalen waar kan nemen. Er zijn aanwijzingen dat de lichtkleur ook een rol speelt. Een nachtonderbreking van 0,5 uur met 200 lux midden in een 14 uur durende nacht met rood licht gaf meer effect dan met wit of blauw licht (Nitch, 1958). Lange dag belichting of een korte blootstelling aan rood licht kunnen seizoensmatige knoprust doorbreken in veel gewassen (Pessarakli, 1995). Bij kieming van zaden die onder donkeromstandigheden niet kiemen bleek een korte blootstelling aan wit of rood licht een positief effect te hebben op de kieming, maar werd dit effect te niet gedaan door een korte blootstelling aan verrood licht. Verschillende combinaties van rood en verrood licht lieten zien dat het effect bepaald wordt door de lichtkleur die als laatste werd gegeven.

Scholten (2006) geeft het belichten met gloeilampen als mogelijke oplossing voor boomkwekerijgewassen die te weinig kou hebben gehad. Met het lichtspectrum met meer verrood licht worden de planten aangezet tot gibberellineproductie. Hierdoor kan alsnog strekking plaatsvinden, die anders achterwege zou blijven doordat de plant zelf geen gibberelline kan produceren. Om voldoende effect te hebben, moeten de lampen sterk genoeg zijn. Een te sterke belichting kan echter leiden tot 'overstrekking'.

2.4.6 Plantenhormonen

De knoppen die in rust zijn bevatten het hormoon abscisinezuur (ABA), waarvan aangenomen wordt dat dit de activiteit remt. Hierdoor lopen de knoppen niet uit, ook niet onder gunstige groeiomstandigheden. In de loop van de rustperiode neemt de hoeveelheid remmende stoffen af, terwijl vooral onder invloed van kou de hormonen gibberelline en cytokininen worden aangemaakt. Hierdoor wordt de blokkering geleidelijk opgeheven en wanneer de groeiomstandigheden het toelaten, kunnen de knoppen uitlopen (van der Sluis en Kers, 2004). Zowel Gibberellinen (GA) als cytokininen kunnen de rustdoorbreking versnellen in knoppen van houtige gewassen. Men heeft gezien dat behandeling met gibberelline het effect van lange dag, lage temperatuur of rood licht blootstelling kan vervangen. Er zijn enkele gevallen bekend waar ethyleen knoprust kan doorbreken, maar de reactie is gewasafhankelijk (Pessarakli, 1995). Ethyleen kan o.a. bij aardappelen en bollen de rust doorbreken (Gude, pers. med.).

Scholten (2006) geeft aan dat schade door te weinig winterrust in de boomkwekerij te beperken of gedeeltelijk te voorkomen is door het spuiten van of $GA_{4/7}$ (o.a. Berelex). Bij tulp kan de helft van de koude duur vervangen worden door GA (Gude, pers. med.). Het juiste tijdstip van toediening is heel belangrijk voor het effect op lengtegroei en rustdoorbreking. Bij Hortensia zijn proeven gedaan met kunstmatige toediening van gibberelline om de knoprust te doorbreken. Dit gaf 1 à 2 weken bloeivervroeging, maar ook teveel strekking van de bloemstelen. Het effect van GA_3 was al bij een lage concentratie merkbaar. Waarschijnlijk is een concentratie van minder dan 50 ppm al voldoende (Verberkt *et al.* 2003). Bij azalea kan met gibberellinezuur het aantal kleurtonende knoppen worden vergroot en wordt de bloei beter en meer gelijk (Heursel, 1991). Men kan daarmee ook de bloei vervroegen en de diameter van de bloemen vergroten. Het product moet toegepast worden als de knoppen gezwollen en bijna kleurtonend zijn. Bij *Viburnum plicatum* f. *tomentosum* kan het doorbreken van de knoprust versneld worden door een behandeling met 1000 ppm GA_3 (Stimart, 1985). In onderzoek in San Remo bij de trek van *Viburnum opulus* 'Sterile' in tunnels had één of twee behandelingen met 250 mg/l GA_3 op de gesprongen knoppen aan het eind van de winter geen effect op de vroegheid en gaf een negatief effect op de kwaliteit (Farina *et al.* 2006). Mogelijk had GA hier geen effect op de vroegheid, omdat het pas aan het eind van de winter is toegepast en de knoprust al door de lage temperatuur voldoende doorbroken was.

Knoprust kan in proeven doorbroken worden door toediening van cytokininen. Tijdens knoprustdoorbreking, veranderen de bladprimordia naar een snelle strekking door opname van water en opname van reservestoffen. Ze verliezen hun vorsttolerantie (Mohr en Schopfer, 1995). Van der Sluis en Kers (2005) geven aan dat het positieve effect van rondsteken mede verklaard kan worden uit een stimulatie van de onderstam om cytokinine te produceren. Dit roept de vraag op of bij containerteelt wellicht op ander manier de wortels gestimuleerd kunnen worden om cytokininen te produceren.

2.4.7 Chemische en andere middelen

Bij vruchtbomen zijn twee winterrust doorbrekende middelen getest. Beide middelen hadden een positief effect op het uitlopen van de topscheut en bij één van de middelen werden na het eerste oog ook de volgende ogen gestimuleerd om uit te lopen. Beide middelen zijn echter niet toegelaten (van der Sluis en Kers, 2006). Scholten (2006) geeft aan dat schade door te weinig winterrust te beperken of gedeeltelijk te voorkomen is door het spuiten van minerale olie (Luxan Olie-H, Sun Ultra Fine Spray Oli, 11 E Olie) of Kalisalpeter (KNO_3). Deze middelen helpen bij het opheffen van winterrust. De vraag is of deze middelen toegelaten zijn voor dergelijke toepassingen in Nederland en geen negatieve bijwerkingen geven.

2.5 Logistieke oplossingsrichtingen

2.5.1 Zwaar geïsoleerde ruimte voor (1e fase van) de trek

Voor de eerste fase van de trek is een hoge temperatuur en weinig tot geen licht nodig. Om het energieverbruik in die fase zo laag mogelijk te houden kan gedacht worden aan een maximaal geïsoleerde ruimte waar weinig tot geen licht nodig is. In de latere fases willen de telers wel licht toe laten. Dan zou aanvullend belicht moeten gaan worden, wat weer elektriciteit kost of de struiken moeten dan weer overgezet worden naar een kas, wat weer extra arbeid vraagt. In de teeltbrochure sering (van den Berg, 1988b) wordt vermeldt dat enkele seringenkwekers een soort doorschuifstelsel hebben gemaakt, waarbij de struiken op verrolbare tabletten worden geplaatst om vervolgens via vier achter elkaar liggende afdelingen de nodige temperatuurbehandelingen te ondergaan. De tabletten worden telkens na een week doorgeschoven naar de volgende afdeling. Met dit stelsel zou dan voor elke fase van de trek een aparte afdeling ingericht kunnen worden, helemaal gericht op de gewenste teeltomstandigheden voor die fase van de trek met een zo laag mogelijk energieverbruik. Voor de eerste fase kan dan gedacht worden aan een maximaal geïsoleerde ruimte met weinig tot geen licht. De historie van de trek van sering, die ooit gestart is met het in bloei trekken in kelders geeft aan dat de trek in een goed geïsoleerde ruimte mogelijk lijkt, al dan niet met ongeveer 2000 lux licht boven de planten die door Rupprecht (1988) genoemd wordt voor de trek van afgeknipte takken. Hierbij moet wel gerealiseerd worden dat in de “koudere” fasen van de teelt al snel sprake kan zijn van warmteoverschotten.

2.5.2 1e fase van trek in koelcel

Indien struiken in de koelcel worden gezet voor de rustdoorbreking en de hele partij daarna in één keer in bloei getrokken wordt, is het ook denkbaar de struiken niet direct aan het einde van de koelcel naar de kas te verplaatsen, maar de eerste fase van de trek in de koelcel te laten plaats vinden door in de koelcel de temperatuur hoog in te stellen. De koelcel is immers een goed geïsoleerde ruimte. Toepassing lijkt echter beperkt tot de periode zolang de struiken geen water nodig hebben en tot het moment dat de knoppen nog niet geheel los zijn (vanwege risico op schade aan gesprongen knoppen bij verplaatsen). Knelpunt is mogelijk wel dat alle struiken tegelijkertijd worden opgestookt. Nu worden struiken in de koelcel hoog op elkaar gestapeld en voor de eerste fase zal dat mogelijk aangepast moeten worden.

2.5.3 Efficiënt ruimtegebruik tijdens de trek

Om het energieverbruik per struik te verminderen worden de kluiten van de struiken nu soms 2 hoog in de kas gezet bij de hoge temperatuur aan het begin van de trek. Als de knoppen vervolgens los komen wordt de bovenste laag struiken naar een andere kas over gezet. Dit vraagt wel extra arbeid, maar er kunnen dan wel bijna 2 maal zoveel struiken in dezelfde ruimte worden geplaatst en hoeft een 2^e ruimte niet te worden verwarmd.

Er is ook een teler die roltabletten in een aantal kassen heeft staan. Daardoor is het aantal paden in de kas flink lager, kunnen er meer struiken in de kas en is het energieverbruik per struik lager. Het energieverbruik per m² wordt echter niet beïnvloed.

2.5.4 In bloei trekken van afgeknipte takken

Sijtsema (1962) heeft uitgebreid onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van het in bloei trekken van afgeknipte seringentakken en beschrijft welke middelen toegevoegd moeten worden aan het water om de afgeknipte takken op water in bloei te trekken. De trossen aan de geforceerde afgesneden takken groeiden goed uit, maar de bloempjes bleven nog wel wat kleiner dan van takken die op de struiken in bloei zijn getrokken. Papenhagen (1986) geeft aan dat het mogelijk is om afgeknipte seringentakken in bloei te trekken als het heel zorgvuldig gebeurt, maar dat het in de praktijk nog zelden met zekerheid goede resultaten gaf. Rupprecht (1988) bespreekt de mogelijkheid van het in bloei trekken van afgeknipte heestertakken in plaats van het in bloei trekken van hele struiken. De ruimtebenutting kan daarmee 3 tot 4-maal verbeterd worden. Nog energiezuiniger is het in bloei trekken in goed geïsoleerde ruimtes onder kunstlicht, waarbij volgens Rupprecht ongeveer 2000 lux bij de planten voldoende is. Bijkomend voordeel is dat de arbeidsbehoefte en zwaarte van de werkzaamheden sterk vermindert en de planten minder belast worden en langer mee kunnen gaan. *Forsythia* is op deze manier goed in bloei te trekken en dat kan al op schoon water. Toevoeging van suikers en ontsmettingsmiddelen verbeteren niet alleen de bloemkleur en de bloemgrootte, maar ook de uniformiteit aan een tak en de houdbaarheid. De gehele kwaliteit verbetert dus. Met behulp van suiker toevoegingen is het volgens Rupprecht ook mogelijk seringentakken tot volledige bloei te trekken. Alleen in water met bactericiden en fungiciden lukt dit niet. Verrassend was daarbij de grotere kleurintensiteit van de gekleurde soorten, zelfs bij de vroege trek. De meest geschikte soorten voor deze methode zijn de witbloeiende soort 'Mme Florent Stepman' en de lilakleurige 'Mirabeau'. Bij het in bloei trekken van afgeknipte takken blijft het wel belangrijk om grondige uniformiteit in ouderdom en opbouw van de afzonderlijke partijen te handhaven, de afzonderlijke jaargangen apart te houden, doelgerichte opbouw van de planten na te streven, vroegtijdig alle zwakke takken te verwijderen en het aantal takken overeenkomstig de ouderdom en ontwikkelingstoestand van de planten te begrenzen en de takken op gelijke hoogte aan de struik te houden.

Bauer (jaartal onbekend) geeft een gedetailleerder overzicht van het effect van de taklengte op het trekresultaat van afgeknipte takken van sering. De minimale taklengte ligt bij ongeveer 70 cm. Met een toenemende taklengte neemt de oppervlakte van het snijvlak van de takken aan de basis toe, waardoor de zuigkracht van de tak aanzienlijk verbetert. Daarnaast hebben langere takken meer opslagweefsel als korte takken en neemt daarmee de hoeveelheid reservestoffen in de tak toe. Deze factoren hebben duidelijke invloed op het eindresultaat in de trek. Uit de tabel in het artikel blijkt dat bij het gebruik van lange takken (80 en 100 cm) een aanzienlijk kortere trekduur en verbetering van de tros­lengte optreedt in vergelijking met korte takken (60 cm).

Het is bekend dat afgeknipte takken van *Forsythia* en *Prunus* vanaf januari/februari zonder moeilijkheden met goed resultaat in bloei getrokken kunnen worden en dat de trek in december onzeker is (Bauer, jaartal onbekend). Dit is weersafhankelijk. Dit risico kan vermeden worden door de afgeknipte takken te koelen in een koelruimte. De koelruimte wordt dan zeer goed benut doordat alleen de takken worden gekoeld en niet de gehele struik. Hiervoor kunnen echter alleen de beste kwaliteit takken voor gebruikt worden, omdat deze een goed resultaat garanderen. Bij een goede organisatie zijn de kosten gering en worden terug verdiend door de duidelijk betere kwaliteit, verkorting van de trekduur en door besparing op stookkosten tijdens de trek omdat de takken bij minder hoge temperaturen in bloei getrokken kunnen worden (Bauer, jaartal onbekend). Doordat de takken bij minder hoge temperatuur in bloei getrokken kunnen worden, geven de gekleurde soorten een betere trekkwaliteit. Het advies is de takken niet voor eind oktober te knippen omdat anders, ondanks de kou behandeling, slechte resultaten op kunnen treden. Het is mogelijk de takken met blad op te slaan, maar vanwege de geringere ruimtebenutting en extra gewicht wordt dit niet aanbevolen. Dit probleem kan door ontbladering met chemische stoffen opgelost worden. De temperatuurbehoefte tijdens de koeling varieert voor de verschillende gewassen. Voor sering ligt de optimale temperatuur tussen -2 °C en -5 °C, voor *Forsythia* bij ongeveer -2 °C en voor *Prunus triloba* bij +1 tot +2 °C. Als bij *Prunus triloba* temperaturen van -1 tot -2 °C worden toegepast, dan is in de trek een ongewenste ontwikkeling van bladknoppen te zien. De koelduur voor sering en *Prunus triloba* bedraagt voor de vroege trek (december) ongeveer 4 weken. Bij *Forsythia* zijn 5 weken nodig. Voor de trek in januari volstaat in het algemeen een natuurlijke koudesom buiten om de knoprust te doorbreken en is kunstmatige koeling niet meer nodig. Tijdens de koeling worden hoge eisen gesteld aan de relatieve luchtvochtigheid, die minstens 95% moet zijn.

Rupprecht (1981) geeft aan dat *Viburnum opulus* 'Roseum' uitstekend geschikt is voor het in bloei trekken van afgeknipte takken. De trekduur is ongeveer 4 weken en in de eerste dagen is een temperatuur van 25 °C nodig, zelfs na een 24-uurs warm water bad van ongeveer 30 °C. Vanaf januari volstaat 20 °C zonder warm water bad. Takken die in november gekoeld zijn laten zich in december makkelijk trekken. Albrecht en Heisel (1981) geven aan dat alle afgeknipte takken van *Viburnum opulus* 'Roseum' bij de trek op de vaas in bloei kwamen. Zij werden geogst als de aanvankelijk groene kleur van de bloemen in wit overgegaan was. Zonder verdere houdbaarheidsmiddelen was er daarna een gemiddelde houdbaarheid van 10 tot 12 dagen. Afgeknipte seringentakken van de cultivar 'Mme Stepman' die op water met suiker en andere toevoegingen in bloei waren getrokken, waren langer houdbaar dan vanaf de struiken (Rupprecht, 1979).

3 Inventarisatie teeltomstandigheden

3.1 Inleiding

Samen met de leden van de landelijke commissie trekheesters van LTO-Groeiservice is een brainstormsessie gehouden om te inventariseren welke klimaatomstandigheden gewenst zijn tijdens de verschillende fases van de trek van sering en sneeuwbal en te brainstormen over mogelijkheden voor energiebesparing in de teelt van trekheesters. In latere bijeenkomsten met de landelijke commissie trekheesters zijn de resultaten van de inventarisatie teruggekoppeld, verder uitgewerkt en aangescherpt. Tijdens deze discussie zijn door de leden van de landelijke commissie trekheesters ook diverse ervaringen en ideeën ingebracht.

Op een trekheesterbedrijf zijn meerdere kleine kasafdelingen of kassen aanwezig om een gelijkmatige aanvoer op de veiling te bereiken. Elke week wordt een afdeling vol gezet met struiken van buiten om de hele winter door te kunnen blijven oogsten. De trek start met een hoge temperatuur om de knoppen los te stoken en als de knoppen los zijn wordt de temperatuur geleidelijk verlaagd om een goede kwaliteit af te kunnen leveren. Op veel trekheesterbedrijven is sprake van min of meer verouderde glasopstanden die in meerdere of mindere mate met bv. noppenfolie van extra isolatie zijn voorzien. Vaak is niet de hele kas voorzien van noppenfolie omdat men ervaren heeft dat dit een ongewenst (vochtig/dood) klimaat geeft. Ook de klimaatcomputers zijn vaak gedateerd, waardoor geavanceerde mogelijkheden voor energiebesparing soms niet mogelijk zijn. In de seringentrek gaat het meestal om kleine afdelingen van ongeveer 100-150 m² per afdeling, bij de trek van Viburnum komen soms ook grotere trekruimtes voor. Het gasverbruik van een gemiddelde trekheesterteler wordt door de landelijke LTO-commissie geschat op 50 000 tot 100 000 m³. De trek vindt plaats in de winter en daardoor ligt het energieverbruik vrijwel geheel in de koudste periode van het jaar.

3.2 Sering

Bij de teelt van sering worden de struiken gedurende bijna 2 jaar buiten in de volle grond geteeld. In de zomer worden de bloemknoppen aangelegd, die na de aanleg in rust gaan. De struiken worden vanaf november in bloei getrokken nadat de knoppen voldoende kou hebben gehad om de knoprust te doorbreken. Voor *Syringa vulgaris* is een temperatuurmodel gemaakt dat het bloeitijdstip kan voorspellen (Kronenberg, 1994). In dit model wordt uitgegaan van een koudebehoefte van 400 uur bij een temperatuur onder de 7 °C. Eén maal in de 2 jaar worden de kluiten van de seringenstruiken in de herfst rond gestoken en in winter in de kas vroegtijdig in bloei getrokken. De uitgestoken struiken worden met kluit in de kas gezet. Daardoor kan er ook uit de kluiten vocht verdampen. In de kas wordt met een broes water gegeven, waardoor vocht in de kas wordt gebracht. Omdat de bodem van de kas vaak niet is afgedekt, kan ook sprake zijn van verdamping van vocht uit de kasbodem. De teelt en trek van sering vinden voornamelijk rondom Aalsmeer plaats en de grondwaterstand is daar vrij hoog. Hierdoor kan het warmteverlies naar de bodem fors oplopen. Bij een enkele teler is sprake van een betonvloer in de kas en één teler heeft in een kas isolatieplaten op de bodem liggen.

De seringenstruiken die in de winter zijn getrokken worden in maart-april weer uitgeplant om in de zomer veel nieuwe wortels en voldoende scheuten (bladeren) te laten maken om de struik weer te laten herstellen. De takken die in de eerste zomer na de trek zijn gegroeid, zijn te kort om in bloei te kunnen trekken. Daarom worden de struiken vanaf de bladval in het najaar sterk teruggesnoeid. In de tweede zomer worden de takken wel voldoende lang en begint in de tweede helft van juni de bloemknopaanleg. De bloemknopaanleg wordt bevorderd door kort voor het afsluiten van de lengtegroei van de takken, de groei te remmen. Dit tijdstip kan per jaar sterk variëren afhankelijk van de weersomstandigheden en de cultivar. Vroeger werd de groei verstoord door de struiken rond te steken. Tegenwoordig wordt een bespuiting met remmiddel uitgevoerd en steekt men de struiken later in het seizoen rond om de kluitvorming te bevorderen en om het risico van doorgroeien en doorschieten van de eindknop te verminderen. Het gebruik van een remmiddel vergroot het aantal oogstbare takken (ook kleine dunne takken komen in bloei) en verhoogt bij 'Madame Florent Stepman' het aantal bloemtrossen per tak, waardoor men in een betere sortering terecht komt. In een warme, droge zomer verloopt de bloemknopaanleg iets sneller dan in een koele, natte zomer. De bloemknopaanleg wordt voltooid tussen eind augustus en eind september (Sijtsema, 1962 en van den Berg, 1988b).

Op basis van de discussies met de telers is een schema opgesteld voor de trek van sering. Hierbij is onderscheid gemaakt in verschillende fases tijdens de trek. Per teeltfase is vastgesteld, vanuit de ervaring en kennis van de telers, welke omstandigheden gewenst en ongewenst zijn (Tabel 2.). Bij de vroegste trek is de temperatuurbehoefte voor het los stoken het grootst omdat de winterrust buiten nog niet lang genoeg heeft geduurd. Naarmate het seizoen vordert, neemt de temperatuurbehoefte voor het los stoken van de knoppen af. Daarom is de temperatuurbehoefte voor het los stoken van de knoppen in Tabel 2. uitgesplitst per maand. Omdat in de praktijk vermoed wordt dat licht niet van belang is bij het los stoken van de knoppen, worden de schermen in het begin van de trek veelal dicht gehouden om energie te besparen. Het vermoeden dat weinig licht nodig is, vloeit voort uit de historie van de seringentrek die ooit begonnen is in kelders. In de 2^e week van de trek, als de knoppen gesprongen zijn, willen telers wel licht binnen laten en houdt men het scherm tussen 9:00 à 11:00 uur en 16:00 uur open. Als het heel donker is, houdt men het scherm dicht om energie te besparen. Het kost namelijk veel energie om de gewenste temperatuur te halen als het scherm open is. Omdat men voor 9:00 uur nog aan het opstoken is, houdt men het scherm tot 9:00 of 10:00 uur meestal dicht. Naar aanleiding van de discussie over licht werd opgemerkt dat men in de praktijk de knoppen bij het ochtendlicht snel ziet openen en daarom vragen telers zich af of vooral het ochtendlicht belangrijk is. Bij andere planten is echter gebleken dat in de nacht en ochtend de meeste strekking optreedt en wordt met kouval in de vroege ochtend de strekking van bv. potplanten juist geremd. Een invloed van het ochtendlicht lijkt dan minder waarschijnlijk. Licht heeft ook invloed op de bloemkleur. Blauwe cultivars worden soms te licht van kleur bij te weinig licht. Omdat men in de 2^e week het scherm overdag wel open laat lopen, is het energieverbruik in de 2^e week soms hoger dan in de eerste week waar het scherm overdag dicht blijft, ondanks het lagere temperatuur setpoint in de 2^e week.

Om verbranding van de knoppen door de 80-100 °C buistemperatuur bovenin te voorkomen, wordt in de praktijk regelmatig verneveld of geïroesd om de knoppen nat te houden. In het algemeen hoeft er niet gestookt te worden om vocht af te voeren. Vanwege de hoge temperatuur wordt *et al.* zoveel gestookt dat een te hoge RV niet vaak voorkomt. Anderzijds heeft men wel de ervaring dat wanneer de gehele kas heel goed geïsoleerd wordt, er negatieve effecten op kunnen treden doordat het te vochtig wordt. Als de RV te hoog is ontstaan vochtkopjes en groeien de bloemtrossen niet goed uit. Dit treedt op na het pluizen, als het blad *et al.* is. Ervaring van een teler is dat luchtbeweging dit kan helpen voorkomen. Daarom hebben sommige telers bewust enkele ruiten niet met noppenfolie geïsoleerd om daar vocht te laten condenseren. Bij een vochtiger klimaat ziet men wel grotere bloemen.

Tabel 2. Gewenste klimaatomstandigheden per deel fase van de trek van sering.

	Teeltfase:	Acclimatiseren	Los stoken knoppen	Lengte tros bereikt	Tros stevigheid	Oogst*
	Lengte teeltfase:	Paar dagen	Circa 7 dagen	2 ^e week	3 ^e week	4 ^e week
Temperatuur	November	Nacht 8-9 °C. Indien struiken bevroren zijn 10-11 °C.	Minimaal 8 uur 38 °C en nacht 15 °C (nacht soms 20 °C om losstoken te versnellen). Soms tot begin december 3 dagen warm afgewisseld met 1 dag koud	Geleidelijk zakken tot 8 uur 30 °C of lager in 2 ^e week, afhankelijk hoe snel het gewas gaat	Geleidelijk verder laten zakken tot 8 uur 21 °C in midden van 3 ^e week	Geleidelijk verder laten zakken tot 15 °C
	December		32 / 15 °C			
	Januari		27 / 15 °C			
	Februari		21 / 15 °C			
	Maart		16 / 15 °C			
RV		Geen eisen	Max. 85%. Min. 40-45% Regelmatig broesen of vernevelen om te voorkomen dat knoppen verbranden door buis bovenin van 80-100 °C.	Circa 60-65%. Boven 65% risico op vochtkopjes. Actief klimaat zodat sapstroom op gang blijft. Stoken om vocht af te voeren is i.h.a. niet nodig.		
Licht		Waarschijnlijk weinig tot geen licht nodig.	Zolang er nog geen blad is, waarschijnlijk weinig tot geen licht nodig.	Het is nog onduidelijk hoeveel licht minimaal nodig is en welke kleuren licht. Halverwege 2 ^e week wordt geplozen en dan is er geen blad meer aan de takken.		

* Er is na de oogst nog een fase waarin de kas koud (5 °C) gezet wordt, nadat de meeste takken geoogst zijn voor het oogsten van de laatste takken. In die periode worden de laatste takken geoogst en de struiken gesnoeid. Dit kan paar dagen duren en tijdsduur is vaak ook mede afhankelijk van beschikbare arbeid om struiken te snoeien en naar buiten te brengen.

3.3 Sneeuwbal

Net als bij sering worden de sneeuwbalstruiken het grootste deel van het jaar buiten geteeld en in de winter in de kas in bloei getrokken om vroeg bloemtakken te kunnen oogsten. Een deel van de struiken wordt net als bij sering, één maal per 2 jaar in bloei getrokken. Een steeds groter deel wordt echter elk jaar in bloei getrokken. Bij sneeuwbal vindt ook de teelt in containers steeds meer opgang, waardoor struiken niet meer uitgestoken hoeven te worden. Een deel van de struiken wordt nog wel buiten in de volle grond geteeld. De teelt in containers is bij sering (nog) niet gangbaar. Bij sneeuwbal zijn het dus ofwel uitgestoken struiken die met kluit in de kas worden gezet, ofwel struiken in containers. In de kas wordt meestal met een broes water gegeven, waardoor vocht in de kas wordt gebracht. Struiken die in containers staan zullen minder vanuit de kluit verdampen en dus ook minder vaak water nodig hebben. De lagere verdamping kan een droger klimaat geven en bovendien het energieverbruik met enkele procenten verlagen.



Figuur 4. Sneeuwbalstruiken in een trekkas.

Bij sneeuwbal (*Viburnum opulus* 'Roseum') kan de start van de bloemknopvorming per bedrijf sterk uiteenlopen. Bij de vroegste partij begon de bloemknopaanleg in juli, bij de laatste pas eind augustus/begin september. De partij met de snelste bladafsplitsing en lange, zware takken begon het laatste met bloemknopaanleg. Sommige telers stimuleren de bloemknopaanleg bij sneeuwbal door de vegetatieve groei te beperken door bv. droog te telen en de bemesting te beperken. Als de bloemknopaanleg vroeg start, worden de okselknoppen in nieuw afgesplitste bladparen daarboven meestal ook generatief. Een vroege start van de bloemknopaanleg geeft daardoor ook vaak een hoog aantal bloemknoppen per tak. Bij de partij struiken waarbij na de eerste bloemknopaanleg weer even wat natter werd geteeld en extra stikstof is gegeven, werden jongere okselknoppen echter soms wel weer vegetatief. Als de bladafsplitsing in de herfst vroeg stopt worden geen nieuwe bloemknoppen meer aangemaakt en dit beperkt het aantal bloemknoppen per bloemtak. Als de bladafsplitsing in de herfst echter te lang doorgaat, kan er onvoldoende tijd zijn voor een volledige bloemknopaanleg in de bovenste bladoksels en is er meer kans op grasballen tijdens de trek (Kromwijk, 2011).

Sneeuwbal heeft langer kou nodig voor de rustdoorbreking dan sering en daarom worden pas vanaf begin december de eerste struiken in bloei getrokken (Figuur 4.). In een onderzoek met verschillende koelcelbehandelingen is vastgesteld dat *Viburnum opulus* 'Roseum' 900 uur kou (2 tot 8 °C) nodig heeft om de knoprust van de bloemknoppen voldoende te doorbreken om de struiken succesvol in bloei te trekken (Kromwijk, 2011). Voor de vroege trek worden meestal alleen struiken gebruikt die in de koelcel of onder riet bewaard zijn of 2-jarige volleggrondstruiken die het voorgaande jaar niet in bloei zijn getrokken, omdat bij de onbehandelde struiken van buiten de winterrust vaak nog niet voldoende doorlopen is voor een goed trekresultaat. De behandelde struiken geven betere trekresultaten dan struiken direct van buiten en de knoppen komen sneller los. Omdat de knoppen sneller los komen is minder lang hoge temperatuur nodig. Daardoor zijn het bewaren in de koelcel of het donkeren onder riet dus ook mogelijkheden om de energiebehoefte in de trek te verminderen. Bij de struiken uit de koelcel komen de knoppen het snelst los. Bij de gedonkerde struiken gebeurt dat iets minder snel, maar nog wel sneller dan bij de struiken direct van buiten.

In Tabel 3. staan de resultaten van de inventarisatie van gewenste teeltomstandigheden voor de trek van sneeuwbal. Het los stoken van de bloemknoppen duurt bij sneeuwbal langer dan bij sering. Bij de vroege trek in december duurt het circa 14 dagen tot de knoppen los zijn en scheutjes van 3-4 cm hebben gemaakt. Later in het seizoen gaat het sneller en vanaf februari is 1 week hoge temperatuur al voldoende om de knoppen los te stoken. Vanwege de langere trekduur wordt bij de vroege trek van sneeuwbal het scherm in het begin van de trek ook langer dicht gehouden dan bij sering: circa 14 dagen. Schermen die in de praktijk gebruikt worden zijn o.a. LS-17 en Phormium-10. Sneeuwbal kan bij te weinig licht, te waterig worden. Omdat bij sneeuwbal het blad aan de bloemtakken blijft als deze geveild worden, dient het blad kwalitatief goed te zijn. Een sneeuwbalteiler heeft assimilatielampen hangen (uit vorige teelt van ander gewas) en ziet wel een positief effect op bladkleur en een snellere groei. Andere ervaringen doen vermoeden dat licht niet altijd een beperkende factor is: het feit dat een teler zijn hele kasdek met noppenfolie heeft bekleed, doet vermoeden dat licht geen al te grote prioriteit heeft. Bovendien komen knoppen bij langdurige bewaring in de koelcel de bloemknoppen al bij volledige donker in de koelcel los.

Voor de hoge temperatuur om de knoppen los te stoken wordt normaal een bovenbuis gebruikt met temperaturen van 80-100 °C. Eén teler heeft een buis net tussen het gewas hangen, die op max. 60 °C mee stookt en één teler heeft een ondernet wat met maximaal 40 °C mee stookt. De hoge buistemperatuur van het bovennet blijft dan wel nodig om de hoge temperatuur te halen, maar de kassen komen met de tussen- of onder-buis wel sneller op temperatuur. In het begin wordt vaak meer warmte van boven gegeven om er voor te zorgen dat de knoppen 'gaan trekken'. Later kan er ook meer warmte van onder worden toegevoegd om de worteldruk te stimuleren. Als er in het begin teveel warmte van onder gegeven wordt, wordt de worteldruk te sterk en worden de knoppen kapot gedrukt. In tegenstelling tot de trek van sering, wordt er bij sneeuwbal doorgaans niet verneveld. Incidenteel, bijvoorbeeld bij oostenwind, worden wel de kluiten vochtig gemaakt met een broes.

Tabel 3. Gewenste klimaatomstandigheden per fase van de trek van sneeuwbal.

Teeltfase:	Acclimatiseren	Los stoken knoppen tot scheutjes van ca. 1 cm.	Tot scheutjes van circa 4-5 cm	Verdere uitgroei bloemtros*
Lengte teeltfase:	Paar dagen.	2 weken in december, later korter, tot circa 1 week in februari.	Circa 1 week.	2-3 weken
Temperatuur D/N	Circa 15/20 °C en geleidelijk omhoog naar 28/21 °C.	12 uur 28-29 °C en 12 uur 21 °C. Of etmaal 24 °C met temperatuur integratie van + 4 °C.	25/21 °C	21/21 °C
RV	Geen eisen	Geen verneveling nodig. Alleen bij sterk droge omstandigheden (bv. bij oostenwind) worden kluiten vochtig gemaakt.	Circa 75-80% in perfect homogene ruimte. Bij sneeuwbal hogere RV toelaatbaar dan bij sering. Actief klimaat zodat sapstroom op gang blijft. Vocht afvoeren niet nodig onder huidige omstandigheden.	
Licht	Waarschijnlijk weinig tot geen licht nodig.	Zolang er nog geen blad is, gaat men er in de praktijk vanuit dat waarschijnlijk weinig tot geen licht nodig is en houdt men het scherm dicht tot de scheutjes 3-4 cm lang zijn. Dit is circa 14 dagen.	Sneeuwbal maakt meer blad dan sering en blad moet goed zijn bij oogsten. Met normale lichtniveau in de winter worden goede resultaten bereikt. Het scherm loopt dicht bij 400 W/m ² buiten en later in het jaar bij 250 W/m ² afh. van de stand van het gewas. Omdat het blad in donkere periode is gegroeid is voorzichtigheid geboden bij teveel licht.	
Overige	Kluiten voldoende vochtig maken voor de start van de trek (maar ook niet te nat).			

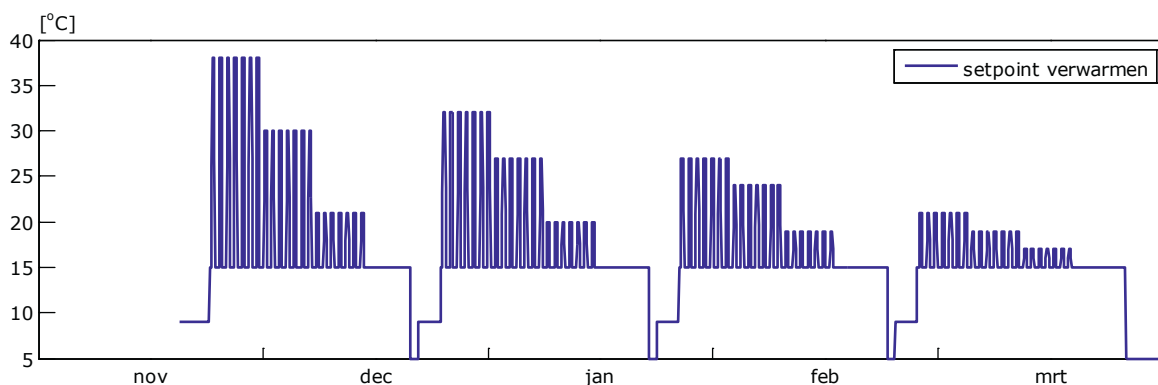
*Er is nog een 5e fase waarin de kas koud (5 °C) gezet wordt, nadat de meeste takken geoogst zijn voor het oogsten van de laatste takken. In die periode worden de laatste takken geoogst en de struiken gesnoeid. Dit kan paar dagen duren en tijdsduur is vaak ook mede afhankelijk van beschikbare arbeid om struiken te snoeien en naar buiten te brengen.

4 Modelberekeningen energieverbruik sering

4.1 Uitgangspunten

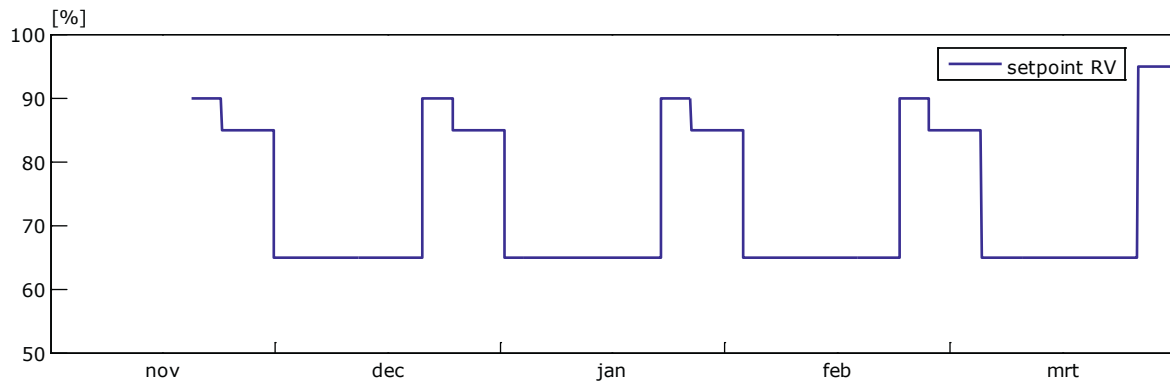
De kasafdelingen in de trekheester- en seringenteelt kenmerken zich tot kleine afdelingen van vaak maar enkele honderden vierkante meters. Samengevoegd blijven de kassen klein met een oppervlak van vaak nog geen 1000 m². Hierdoor zijn de gevelinvloeden groot, niet alleen m.b.t. het warmteverlies maar ook voor de vochtthuishouding. Daarnaast zijn de kassen vaak oud, zodat lekverlies een behoorlijke rol kan spelen. Door de grote verschillen in bedrijfsuitrusting in de praktijk is voor de modelberekeningen een referentiebedrijf opgesteld. Dit referentiebedrijf geeft een gemiddelde situatie op een seringengebied weer. Met dit referentiebedrijf zijn verschillende regelingen en kasaanpassingen doorgerekend waarmee mogelijk energie bespaard kan worden. Hoewel het klimaat in overleg met de telers goed beschreven is (Tabel 2.), zijn vele voor modelberekeningen van belang zijnde parameters niet of onvoldoende bekend om grote precisie te kunnen realiseren. Enkele goede voorbeelden hiervan zijn vochtproductie van de plant en bodem en lek van de kas. In overleg zijn deze grootheden ingeschat. De referentiekas is van het Venlo type met een goothoogte van 4 m en een grondoppervlakte van 500 m². Er zijn 2 verwarmingsnetten van respectievelijk 8 x 51 mm buizen per kap van 3.2 m, die hoog zijn geplaatst en 2 x 51 mm buizen per kap van 3.2 m, die laag geplaatst zijn.

De kas is voorzien van enkel glas met een enkel transparant scherm (LS10 Plus). Omdat het in de kas bij de hoge temperaturen erg makkelijk droog kan worden is er ook een vernevelingsinstallatie aanwezig (max capaciteit 150 gr/m².uur). Aan de hand van Tabel 2. zijn setpointlijnen voor 4 teelten bepaald. De eerste teelt start op 21 november met het acclimatiseren. De laatste oogst na de 4^e teelt valt op 26 maart. In Figuur 5. is de setpointlijn in de tijd uitgezet.



Figuur 5. Verloop setpoint verwarmen lijn tijdens 4 ronden met sering.

De ventilatielijnt loopt in de eerste 3 teelten 3 graden boven de stooklijn en in de 4^e en laatste teelt 2 graden boven de stooklijn. Er wordt niet met een lichtverhoging gewerkt. De buistemperatuur mag maximaal tot 90 °C oplopen en er wordt geen gebruik gemaakt van minimum buistemperaturen. Voor het vocht wordt de setpointlijn zoals in Figuur 6. toegepast. In de fasen “lengte tros bereikt”, “tros stevigheid” en “oogst” (zie fase-indeling in Tabel 2.) wordt het vochtsetpoint op 65% gehouden. Beneden de 60% wordt er verneveld.



Figuur 6. Verloop vochtsetpoint tijdens 4 ronden met sering.

De regeling van het scherm is op een combinatie van buitentemperatuur en globale straling. Hierbij wordt in de eerste week “het los stoken van de knoppen” het scherm meestal ook overdag dichtgehouden. Het scherm wordt dan pas geopend bij een globale straling van meer dan 200 W/m^2 en/of een buitentemperatuur hoger dan $20 \text{ }^\circ\text{C}$. De 2^e t/m 4^e week gaat het scherm overdag meestal open omdat het stralingscriterium dan naar 100 W/m^2 is gezet en de buitentemperatuur waarboven het scherm open gaat ook is verlaagd. Alleen in de 2^e teelt komt het scherm moeilijk open op dit criterium. Het schermtype is overigens transparant. De hier beschreven kasconfiguratie is de referentiesituatie (R). De belangrijkste setpoints zijn in Bijlage 1 gepresenteerd.

4.2 Doorgerekende energiebesparingsopties

Voor een aantal energiebesparingsopties is het energieverbruik berekend. De opties betreffen isolatie, het wijzigen van het temperatuurregime en ontvochtiging en worden hieronder verder toegelicht.

4.2.1 Gevelisolatie

De gevel heeft door de geringe grootte van de afdelingen veel invloed op klimaat en het energiegebruik. In de referentie (R) is de gevel voorzien van een vast gevelscherm welke de isolatiegraad van de gevel grofweg verdubbelt ten opzichte van enkel glas (A). In optie B is het energieverbruik berekend van een kas zonder gevelverliezen.

4.2.2 Isolatie kasdek en bodem

De isolatiegraad van de kas kan permanent dan wel tijdelijk verhoogd worden. Een permanente verbetering is een isolerend kasdek (C) en een tijdelijke isolatieverbetering is een tweede beweegbaar scherm, geheel van aluminium (D). Dit scherm zal overdag wel altijd geopend moeten worden om voldoende natuurlijk licht in de kas te brengen. Naarmate de kasopstanden oud zijn, kan het lekverlies sterk toenemen. Om gevoel voor de orde van grootte van deze invloed te krijgen is het lekverlies van de kas verdubbeld (E) en gehalveerd (F) ten opzichte van de referentie.

De kas wordt bepaalde perioden erg warm gestookt. Bij het isoleren van de kas wordt meestal aan de buitenomhulling gedacht. Er is echter ook een behoorlijk verlies naar de bodem. Het effect van bodemisolatie is berekend in case H.

4.2.3 Temperatuurintegratie en DIF

De setpoint voor de verwarming is volgens een vast dag-nacht ritme. Temperatuurintegratie (G) kan een voordeel opleveren op de dagen dat de zon sterk genoeg is om de kaslucht boven het stooksetpoint te verwarmen.

In de referentie wordt de hoge temperatuur altijd tijdens de daguren bereikt. Als het mogelijk is de periode met hoge temperatuur te verschuiven naar de nacht (zie ook 6.1.2.), dan is energiebesparing mogelijk. In de nacht is het veel eenvoudiger om een hoge isolatiegraad van de kas te bereiken omdat er dan geen licht is. Hierbij zijn eenvoudig twee schermen in te zetten, wat in deze berekeningen ook is gebeurd. Dit wordt negatieve DIF genoemd omdat de dagtemperatuur dan lager is dan de nachttemperatuur (I).

4.2.4 Ontvochtiging

Bij het verhogen van de isolatiegraad zal minder vocht uit de kas worden afgevoerd (condensatie). Dit is vaak een reden om de isolatiegraad niet te verhogen. Daarnaast zijn er teeltfasen waarbij het gewenste vochniveau relatief laag is. Met het gecontroleerd toevoeren van “droge” buitenlucht kan het vocht relatief eenvoudig in de hand worden gehouden. Het effect van zo'n systeem op de referentie (J) en met een tweede scherm (K) zijn ook berekend. Nu zal toepassing van alleen ontvochtiging niet tot energiebesparing leiden, maar omdat hiermee het vochniveau beheerst kan worden, biedt het mogelijkheden de isolatiegraad te verhogen. Dit is bereikt door aanpassingen in de setpoints van het vocht en het moment van openen en sluiten van het scherm.

4.3 Resultaten energieberekeningen

Naast gevolgen op het energiegebruik (Tabel 4.) zullen de energiebesparingsopties ook effecten hebben op het gerealiseerde klimaat. Deze effecten zullen naast temperatuur vooral ook het vochniveau beïnvloeden. Daarvoor is in de perioden dat er een teelt is, bepaald hoeveel uren het vochtsetpoint wordt overschreden. Naast het totaal voor de gehele teelt, is dit ook apart gesommeerd voor de oogstfase (Tabel 5.).

Tabel 4. Gasgebruiken per teeltronde en het totaal gasgebruik voor de referentie en 11 cases.

	case	totaal [m ³ /m ²]	energie relatief		per teeltronde [m ³ /m ²]			
					1	2	3	4
R	referentie	29,5	100%	100	8,7	8,7	7,9	4,2
A	slechte gevel isolatie	36,7	124%	124			9,9	5,4
B	geen gevel effect	22,4	76%	76	6,9	6,6	5,9	3,0
C	isolatiedek (dubbel dek)	15,2	52%	52	4,8	4,6	4,1	1,7
D	2e scherm	22,3	75%	75	7,2	6,3	5,7	3,1
E	dubbele lek van de kas	33,5	113%	113	9,8	9,6	9,2	4,9
F	halve lek van de kas	28,0	95%	95	8,3	8,3	7,5	4,0
G	temperatuurintegratie	29,0	98%	98	8,6	8,7	7,8	4,0
H	vloerisolatie	29,0	98%	98	8,6	8,4	7,6	4,3
I	negatieve DIF + 2e scherm	19,3	65%	65	5,9	5,6	5,0	2,8
J	ontvochtiging	28,2	96%	96	8,4	8,4	7,5	3,9
K	ontvochtiging met 2e scherm	19,9	67%	67	6,2	6,0	5,2	2,6

Tabel 5. Uren vochtoverschrijding van het vochtsetpoint tijdens de gehele teelt en in de oogst fase.

	case	totaal [h]	Oogst fase [h]
R	referentie	1189	335
A	slechte gevel isolatie	1)	1)
B	geen gevel effect	1)	1)
C	isolatiedek (dubbel dek)	1225	339
D	2e scherm	1249	399
E	dubbele lek van de kas	673	201
F	halve lek van de kas	1593	431
G	temperatuurintegratie	1261	362
H	vloerisolatie	1247	332
I	negatieve DIF + 2e scherm	1326	397
J	ontvochtiging	623	178
K	ontvochtiging met 2e scherm	603	186

^{*)} Case J en K kennen een hoger vochtsetpoint.

¹⁾ condensatie op de gevel wordt in het model niet verdisconteerd.

4.3.1 Gevelisolatie

Tabel 4. laat zien dat de verschillende opties sterk uiteenlopen in berekend energiegebruik. De referentie (R) heeft bij de besproken uitgangspunten en setpoints een verbruik van ca. 29,5 m³/m². Door de gevel niet met een vast folie te isoleren (A) maar simpelweg uit enkel glas te laten bestaan, neemt het energiegebruik met ruim 7 m³/m² toe. Dit wordt veroorzaakt door het grote geveloppervlak ten opzichte van het kasoppervlak van 500 m². Zonder gevelverliezen (B), daalt het energiegebruik met ruim 7 m³.

4.3.2 Isolatie kasdek

Waar de referentie bestaat uit een enkel glas met een scherm is in case C het enkele glas vervangen door een hoog-isolerend dubbel glas. Met betrekking tot de isolatiewaarde is dit vergelijkbaar met HR+ glas, maar de transmissie is vergelijkbaar met enkel glas. Het beweegbare scherm is daarnaast gehandhaafd. Hierdoor halveert het energiegebruik bijna. Opvallend hierbij is dat de besparing gedurende de teeltronden toeneemt ten opzichte van de referentie. Dat wordt onder andere veroorzaakt doordat in teeltronde 4 het scherm veel minder intensief gebruikt kan worden dan in teeltronde 1, maar het besparende dubbel dek wel aanwezig blijft. De effecten op het vocht zijn nog relatief klein (Tabel 5.) omdat het vocht door de schermkier nog goed is af te voeren.

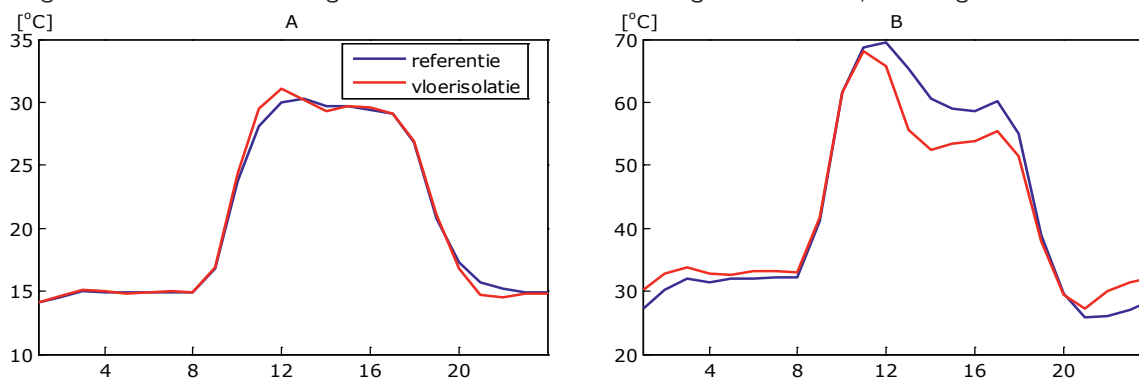
Een tweede beweegbaar scherm (D) zal de isolatiegraad van de kas ook verbeteren. De keus voor een gealuminiseerd scherm betekent wel dat het scherm overdag eigenlijk altijd open moet, waarbij een deel van de potentiële besparing verloren zal gaan. Het tweede scherm bespaart ruim 7 m³/m², maar is lang niet zo effectief als een dubbel kasdek. Wel neemt het aantal uren met een overschrijding van het vochtsetpoint duidelijk toe (Tabel 5.). Om dit te verbeteren zal het energiegebruik iets toe moeten nemen en neemt de potentiële energiebesparing dus iets af. De kasopstanden voor deze teelten kunnen sterk verschillen in de mate van lekkage. Opties E & F geven aan dat een verdubbeling van de lekkage ten opzichte van een moderne kas 4 m³/m² extra kost. Ook de kleine afdelingsgrootte heeft hier invloed. Het lekverlies van de kas kan zo 10% van het energiegebruik bepalen. De besparing bij een dichtere kas is wat kleiner dan het extra verlies omdat een deel van de besparing wordt tenietgedaan door extra ontvochtiging acties zoals een minimum raamstand. De "lekkende" kas is ook duidelijk droger (Tabel 5.).

4.3.3 Temperatuurintegratie

Het effect van temperatuurintegratie (G) is beperkt. Dit wordt vooral veroorzaakt door het stookpatroon en het teeltseizoen. Het meeste effect van temperatuurintegratie is te verwachten in het voor- en najaar bij koude nachten en warmere zonnige dagen. Dan is er namelijk gebruik te maken van de gratis zonne-energie maar in de winter heeft de zon vaak te weinig kracht om de kas hoger op te warmen dan 30 °C. Tabel 4. toont ook dat de besparing met temperatuurintegratie in de 4^e teeltronde het grootst is.

4.3.4 Bodemisolatie

Bij de hoge temperaturen tijdens een deel van de teelt, kan het verlies naar de bodem grote vormen aannemen. Veel bedrijven zijn gesitueerd op locaties met hoge grondwaterstanden die de afvoer van warmte kunnen versnellen. Effecten hiervan zijn niet tot nauwelijks bekend. Modelmatig is er wel een sterk isolerende vloer in de kas geïntroduceerd (H). Hierdoor gaat er slechts weinig warmte naar de ondergrond verloren. Het effect op het energiegebruik blijkt echter zeer gering te zijn. Dit wordt geïllustreerd in Figuur waar het cyclisch gemiddelde van kaslucht- en buistemperatuurverloop van de los stook fasen tijdens de 4 teeltronden is gegeven. Door de isolatie (rode lijn) reageert de kaslucht sneller op het stoken. Aan de andere kant zie je dat de kas bij vloerisolatie ook weer sneller afkoelt. Dit betekent dat overdag minder hard gestookt hoeft te worden (de zon heeft meer invloed op het kasklimaat) maar in de nacht zal de bodem slechts zeer weinig warmte aan de kaslucht afgeven. In de nacht moet dus harder gestookt worden, wat in Figuur 7. te zien is.



Figuur 7. Cyclisch verloop van de kaslucht- (A) en buistemperatuur (B) tijdens de losstookfase van de 4 teeltronden met sering.

4.3.5 Negatieve DIF

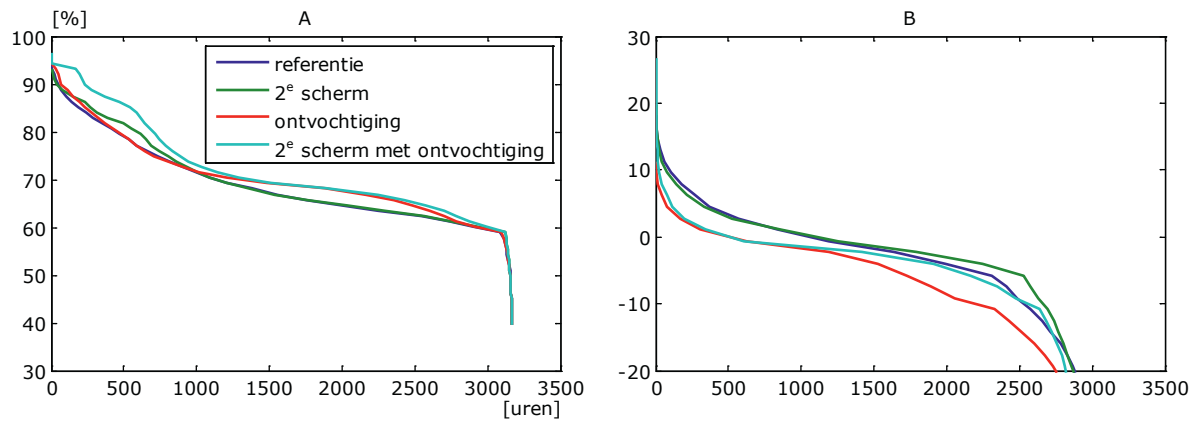
Het omwisselen van dag- en nachttemperatuur (negatieve DIF) in combinatie met een 2^e scherm, case I, laat nog eens een 15% extra besparing zien ten opzichte van het gebruik van een 2^e scherm alleen. De totale besparing is dus zo'n 35% ten opzichte van de referentie. Deze besparing wordt bereikt doordat een hoge kastemperatuur wordt gehanteerd als het energiescherm dicht is. In de referentie wordt juist overdag tot de hoge temperatuurniveaus opgestookt. In hoeverre negatieve DIF de kwaliteit beïnvloedt, is nog onbekend.

4.3.6 Ontvochtiging

Door het verhogen van de isolatie van de kas wordt het automatisch vochtiger. De toename van het vocht is vaak ook de reden om juist niet te kiezen voor extra isolatie. Het geforceerd toevoeren van koude maar droge (in termen van absoluut vochtgehalte) lucht geeft de mogelijkheid de extra isolatie juist wel toe te passen maar gelijktijdig het vocht in de hand te houden. Het alleen toepassen van ontvochtiging zonder aanvullende maatregelen te nemen zal geen energie besparen. Bij toepassing van ontvochtiging (J) is het vochtsetpoint verhoogd en wordt het scherm iets later geopend. Dit geeft een beperkte besparing van slechts zo'n 4%. Hierbij is het goed mogelijk dat middels optimalisatie hier meer winst uit is te halen. Waar toepassing van het 2^e scherm (D) wel een grote besparing opleverde, waren de gevolgen voor de vochthuishouding ook groot (Tabel 5.).

Door naast het 2^e scherm ook ontvochtiging met buitenlucht toe te passen (K), wordt naast 10% extra besparing ook nog eens het vochniveau verlaagd tot binnen aanvaardbare grenzen.

De gevolgen van verandering van lek van de kas zijn erg groot. Daarnaast geven de cases met ontvochtiging beduidend minder uren vochtoverschrijding (Figuur 8B). Omdat deze op een ander niveau kunnen liggen, het vochtsetpoint is immers verhoogd, is voor de Referentie en de cases D, J en K een jaarbelastingduurkromme in Figuur 8A gegeven.



Figuur 8. Jaarbelastingduurkromme van de RV (A) en de RV overschrijding ten opzichte van het setpoint (B) voor de Referentie en de cases D, J en K.

Een ontvochtigingsinstallatie heeft een duidelijk effect op de gerealiseerde RV, maar het terugdringen van het aantal uren overschrijding van het setpoint geeft aan dat het vocht beter stuurbaar is geworden. Het vertrouwen in zo'n stuurmiddel moet dan wel leiden tot een verhoging van het vochtsetpoint om de potentiële besparing ook binnen te halen.

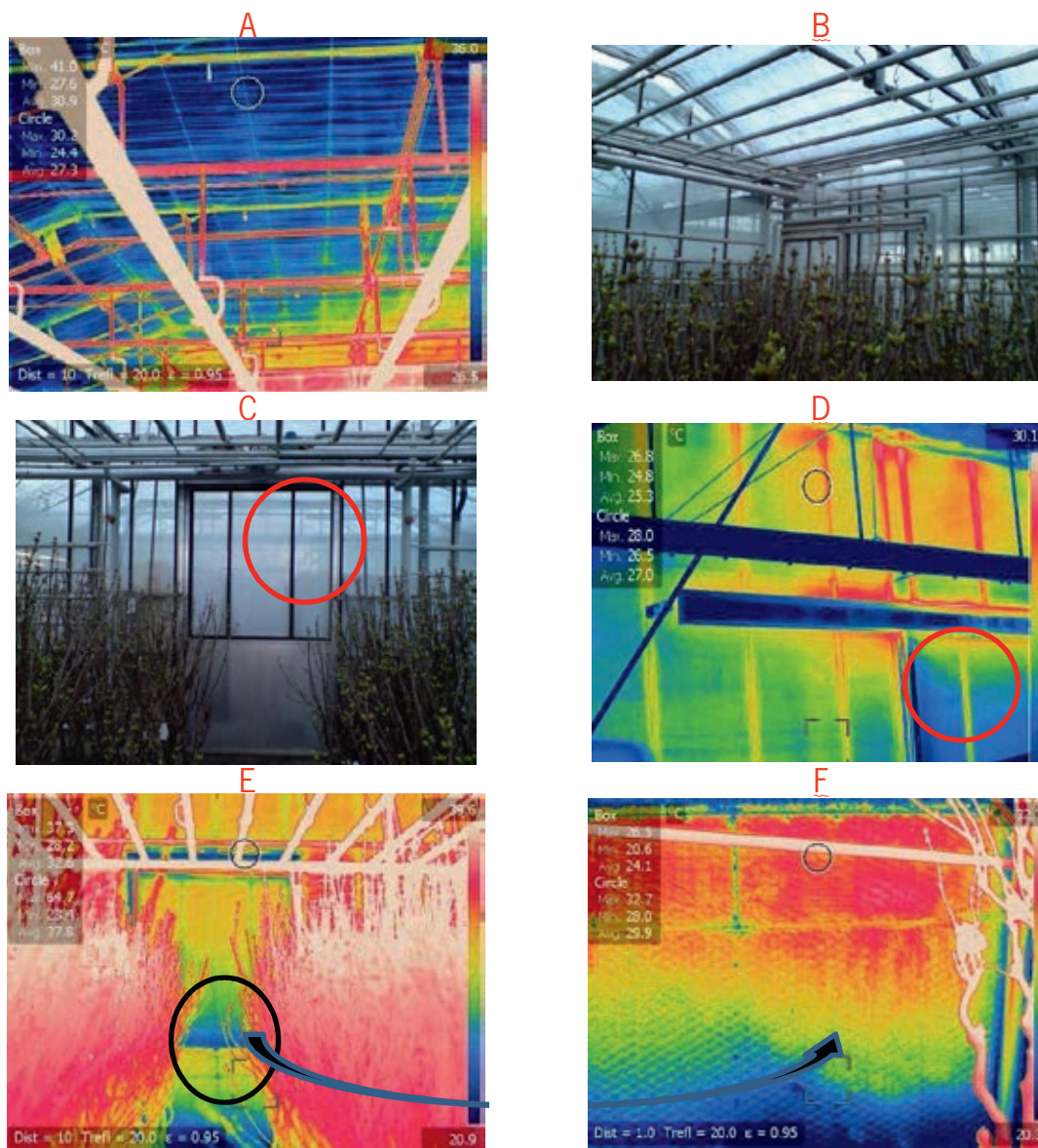
5 Opnamen met warmte-camera in praktijk

5.1 Inleiding

Met een warmtecamera zijn opnamen gemaakt in enkele praktijkkassen. Hiermee is een indruk verkregen over hoe de temperatuur is verdeeld over de plant en waar de meeste energie naartoe gaat. Oude opstanden hebben vaak warmtelekken (meer gaten en kieren). Met een warmtecamera kunnen deze snel worden gevonden en inzichtelijk gemaakt. Bovendien kunnen andere temperatuurverschillen in beeld worden gebracht, zodat suggesties voor oplossingen kunnen worden gedaan. De figuren in deze paragraaf laten een aantal van deze opnamen zien, genomen op 20-12-2011. Aan de rechterkant van de beelden is een legenda met een maximum en minimum temperatuur. De kleuren in de legenda komen overeen met de temperaturen van de kleuren in de opname. Alles wat in de beelden wit is, heeft een hogere temperatuur dan aangegeven op de legenda en de exacte temperatuur kan niet afgelezen worden. Alles wat in de beelden donker blauw tot zwart is, heeft een lagere temperatuur dan aangegeven op de legenda en de exacte temperatuur kan niet afgelezen worden. De beelden laten vooral de relatieve temperatuur van de objecten ten opzichte van elkaar zien.

5.2 Warmtebeelden kas

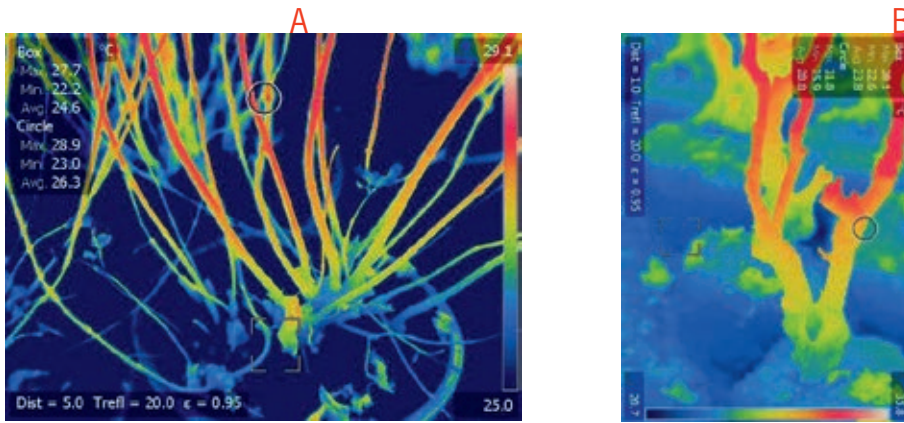
Figuur9A laat zien dat de verwarmingsbuizen boven de 36 °C zijn (wit) en dat de constructiedelen op een trekheesterbedrijf in december meer dan 30 °C (rood) zijn tijdens de opstookperiode. Delen die verder weg van de verwarmingsbuizen liggen, delen die (indirect) contact met het buitenlucht hebben en delen die boven het gesloten scherm liggen, zijn kouder dan 30 °C (geel groen). Ook laat Figuur9A zien dat de schermraden warmer zijn dan het scherm, wat doet vermoeden dat het schermdoek veel infraroodstraling doorlaat en dus deels de kasdektemperatuur weergeeft. Figuur9B laat een Foto zien van de verwarmingsbuizen, scherm en kasconstructiedelen (andere kas dan in Figuur9A). Figuur9C laat een deur van een seringenkas zien en Figuur9D toont een thermisch beeld van deze deur vanaf de andere zijde (corridor, niet buiten). Hier is de legenda niet volledig, onderaan is een temperatuur 22 °C. Bovenin dit beeld zijn warme kasonderdelen te zien terwijl onderin het beeld de lucht koeler is. De deur is blauw, wat aangeeft dat deze weinig warmte doorlaat naar de corridor. Rondom de deur is het wel warm, waarschijnlijk vanwege 'lekkage'.



Figuur 9. Warmtebeelden van de kassen.

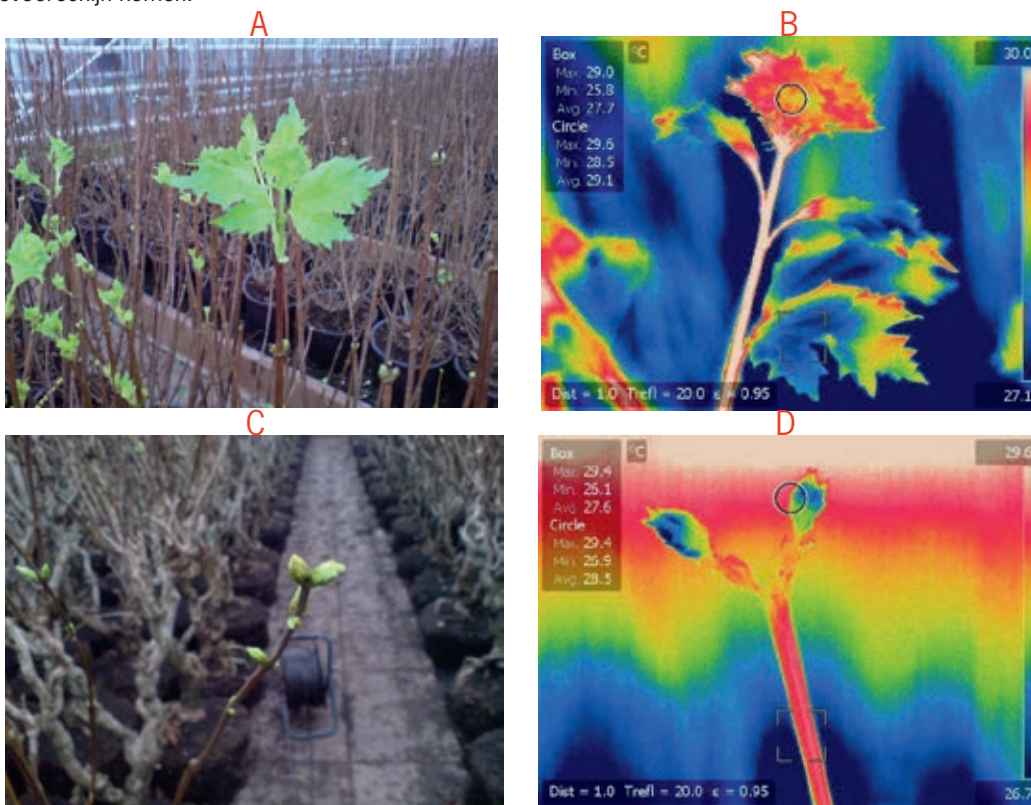
5.3 Warmtebeelden plant

Figuur9E laat goed het stralingseffect van de warme bovenbuizen op de takken zien. De top van de struik is warmer dan de voet. Dit verschil kan wel oplopen tot 10 °C volgens deze figuur. Dit effect hoeft niet alleen het gevolg van de warmtestraling te zijn. Indien alleen met het bovennet wordt gestookt, ontstaat al snel een gelaagdheid onder de buizen. Warme lucht is lichter dan koude lucht. Hierdoor neemt de luchttemperatuur naar beneden toe sterk af waardoor het onderste deel van de plant via convectie ook minder wordt opgewarmd (Kempkes, 1998). Figuur9F toont een detailopname van de deur uit Figuur9E bedekt met noppenfolie. Ook hier is de onderkant meer dan 10 °C koeler dan 1 meter hoger. De verticale temperatuur gradiënt in de kas is erg groot (zie ook Figuur10). In de struiken zijn tijdens deze opnames de bovenste delen 3-5 °C (sneeuwbal Figuur10A) tot 8-10 °C (sering Figuur10B) warmer dan de delen net boven de kluit.



Figuur 10. Verticale temperatuurverschil in sneeuwbal (A) en serring (B).

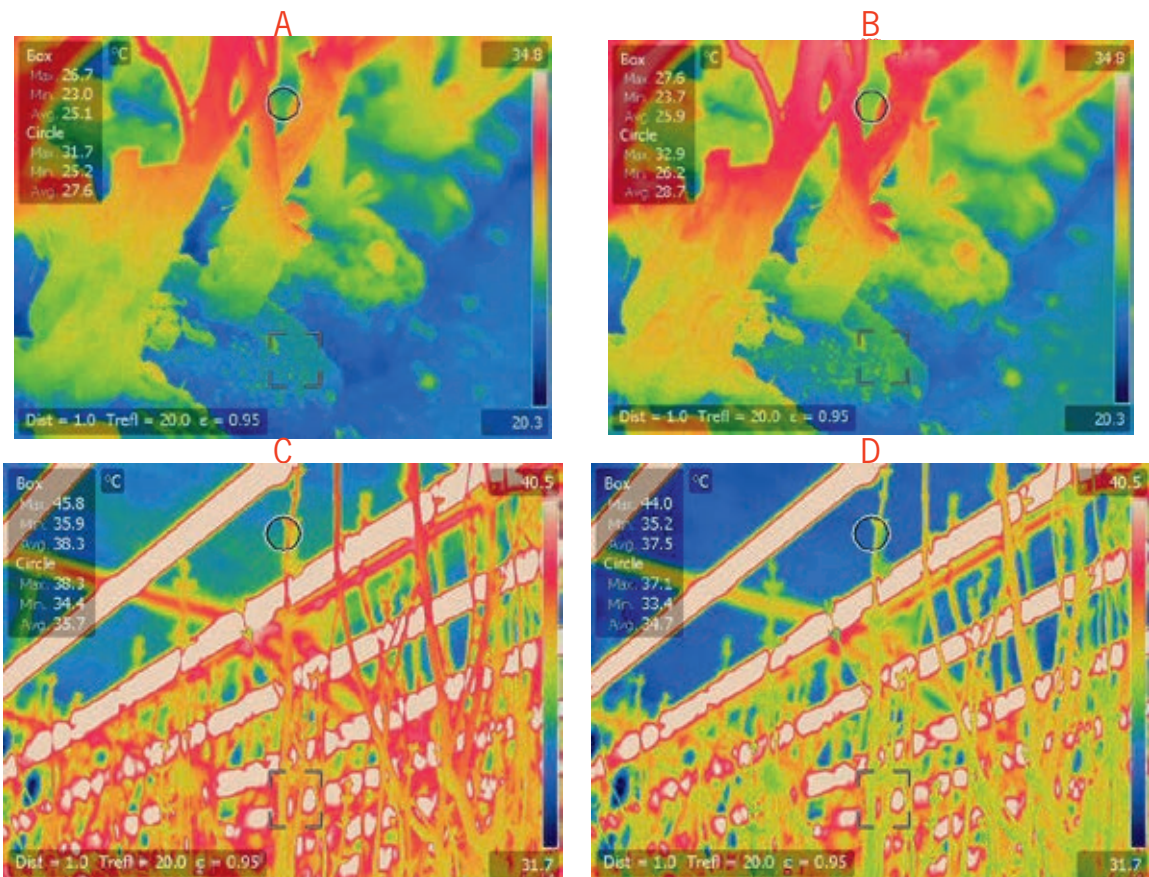
Figuur 11A is een Foto van een uitlopende knop van een sneeuwbal en Figuur 11B is een thermische opname van een uitlopende knop. Figuur 11B laat behoorlijke temperatuurverschillen in en rond de knop zien. De oorzaak hiervan kan meerledig zijn. De meting is “gevoelig” voor de juiste emissiecoëfficiënt die per materiaal en soort oppervlak verschilt. Denk hierbij aan een zwart of een gealuminiseerd oppervlak. Daarnaast is de uiteindelijke temperatuur van een oppervlak, afhankelijk van de warmtehuishouding (aan- en afvoer van energie). Een blad kan meer verdampen (koelen) dan een bloemblad. Ook de stand van een blad, zoals gericht op een warme buis of op een koud kasdek, heeft invloed op de uiteindelijke temperatuur. Figuur 11D laat zien dat het vermogen om te verdampen (koelen) start, als de bladeren net tevoorschijn komen.



Figuur 11. Foto (A) en warmte opname (B) van sneeuwballtak en Foto (C) en warmte opname (D) van serringentak.

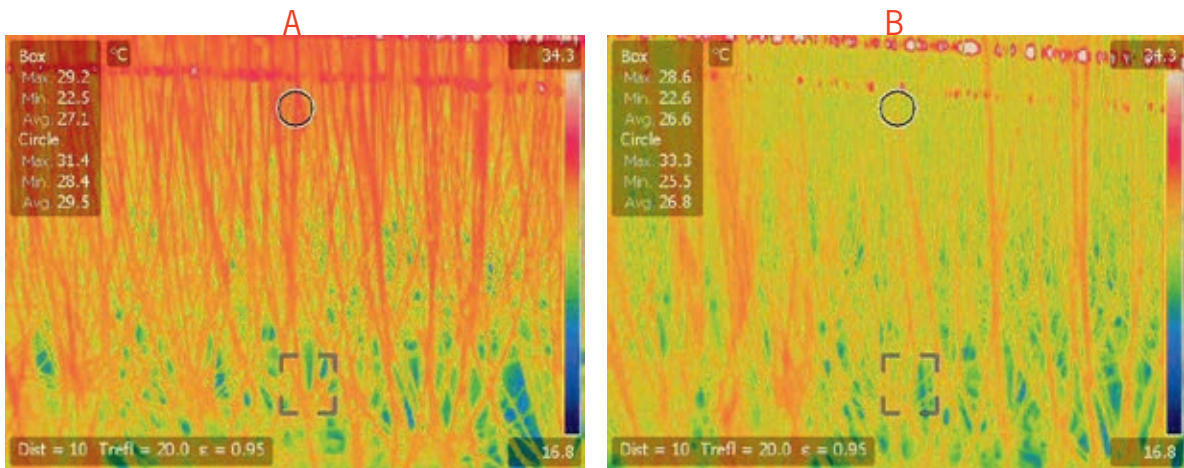
5.4 Effect van ventilatoren en broessen

In de seringenkas waren ventilatoren aanwezig. Het effect hiervan is in beeld gebracht met de camera (Figuur 12.) voor de voet (A, B) en de kop van het gewas (C, D). Een half uur na het aanschakelen van een verticale ventilator wordt de voet van de struik ca. 1 °C warmer (B). De ventilatoren hebben ook invloed in de kop van het gewas. Figuur 12D. laat ten opzichte van Figuur 12C. zien, dat de kop van het gewas afkoelt als de ventilatoren aan zijn gezet. Zoals eerder toegelicht kan dit een tweeledig effect zijn. De ventilatoren kunnen de stratificatie die onder de buizen ontstaat opheffen en de convectie overdracht vergroten waardoor temperatuurverschillen worden verkleind. Ook horizontale temperatuurverschillen zullen met gebruik van ventilatoren kleiner worden.



Figuur 12. Warmtebeeld onderin een seringengewas met ventilator uit (A) en na 35 min ventilator aan (B) en warmtebeeld in de kop van het gewas met ventilator uit (C) en na 21 min ventilator aan (D).

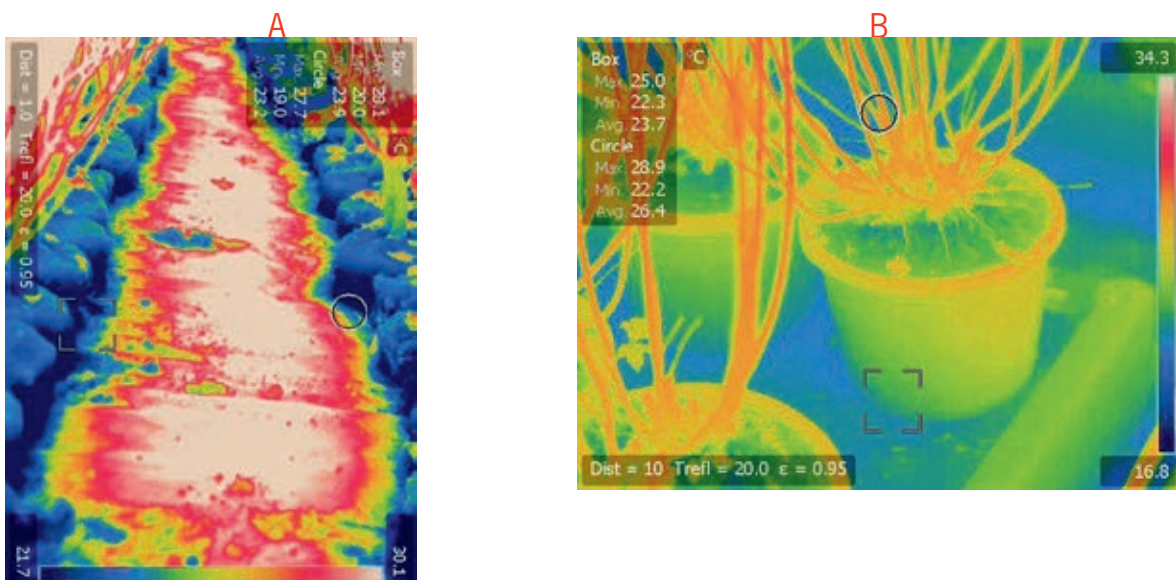
In Figuur 13. is het effect van het bespuiten van het gewas met water gedurende maximaal 15 seconden te zien. De toppen van de takken zijn bijna 3 °C koeler terwijl de onderkanten van de takken 0.5 °C koeler zijn. Dit is een effectieve manier van koelen.



Figuur 13. Warmtebeeld in Viburnum gewas voor (A) en na 10 - 15 seconden spuiten (B).

5.5 Isolatie kasbodem

In een seringenkas is de grond in verbinding met de bodem waarin het niveau van het oppervlaktewater vrij hoog is. De warmtecapaciteit van de kasbodem is daarmee groot en de worteltemperatuur blijft redelijk constant. 's Nachts als er niet gestokt is de bodem waarschijnlijk warmer dan de kas en overdag bij het opstoken is de bodem koeler. In Figuur 14A. is een thermische opname van foamplaten in een seringenkas. De platen waarop geen stuiken staan, nemen de temperatuur aan van de kas maar rondom de kluiten blijft de temperatuur laag. Een kas met isolatieplaten kan moeilijker warmte uitwisselen met de bodem. Hierdoor koelen de kluiten 's nachts sneller af en overdag worden ze sneller warmer dan in een ongeïsoleerde kas. Bij sneeuwballen in potten is er weinig verdamping vanuit de zijkant van de kluit (Figuur 14B). Het kweken in potten kan daarmee de temperatuur van de kluit hoger houden.



Figuur 14. Warmtebeeld van foamplaten op de grond in een seringenkas (A) en van een sneeuwbal in pot (B).

6 Opties voor energiebesparing

Tijdens twee sessies zijn meerdere opties voor energiebesparing bediscussieerd. Deze energiebesparende opties zijn verdeeld in drie categorieën: aanpassingen aan de teelt, aanpassingen aan de kas en aanpassingen aan het verwarmingssysteem en worden hierna weer gegeven. Een randvoorwaarde voor iedere energiebesparingsmaatregel is dat deze rendabel moet zijn, waarbij een voorkeur is voor eenvoudig toepasbare oplossingen. Op veel bedrijven is namelijk sprake van verouderde kasopstanden en klimaatcomputers, waardoor geavanceerde mogelijkheden voor energiebesparing soms nog niet mogelijk zijn.

6.1 Aanpassingen aan de teelt

6.1.1 Afweging vocht en isolatie

Het in bloei trekken van heesters kenmerkt zich in het begin van de teelt (het los stoken van de knoppen) door een hoge temperatuur gedurende een deel van de dag, met weinig verdamping. In deze periode is licht niet van belang voor de fotosynthese, maar hooguit voor een stureffect (daglengte, kleur van blad en bloem). De kaslucht kan dan zeer droog worden. In combinatie met de hoge buistemperaturen kan dit leiden tot knopverbranding. Een goede isolatie ligt dan het meest voor de hand. In de praktijk wordt in die periode dan ook veel geschermd. Hoe meer er wordt geïsoleerd, hoe minder hoog de buistemperatuur is en hoe hoger de luchtvochtigheid blijft. Bij 38 °C en 40% RV zal *et al.* condensatie optreden tegen een oppervlak van 21 °C. Als er met isolatie voor gezorgd kan worden dat het bij een kastemperatuur van 38 °C nergens kouder is dan 21 °C, dan kan de RV niet lager worden dan 40%. Bevochtiging (verneveling) van de seringknoppen is dan niet meer nodig, wat de energiebesparing nog sterker kan verhogen.

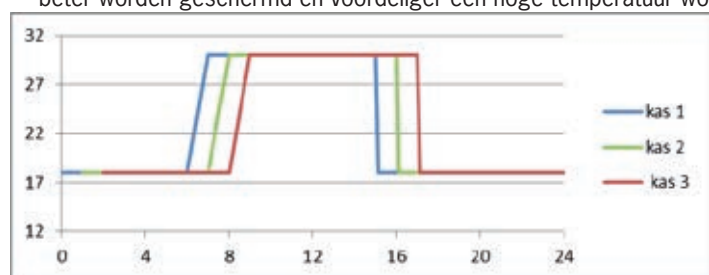
Gedurende de nachtperiodes en ook in de volgende fasen wordt een (veel) lagere kastemperatuur aangehouden, terwijl de verdamping vooral door de vorming van blad groter wordt. Om eventuele vochtproblemen te voorkomen, zijn telers terughoudend met zware isolatie. Daarom wordt de kas vaak niet volledig geïsoleerd, maar wordt een deel van de ruiten (bijvoorbeeld langs de gevel) zonder isolatie (noppensfolie) gehouden. Een efficiëntere manier van ontvochtigen zou zijn door zware isolatie te koppelen aan een gecontroleerde vochtafvoer via raamkieren of een simpel buitenluchtaanzuigstelsel waarvoor in verband met de beperkte afmetingen van de afdelingen geen duur verdeelsysteem benodigd is. Ook kan de verdamping uit de kasbodem en/of uit de wortelkluiten worden beperkt door watergift met druppelaars. Door de geringe afdelingsgrootte is het geveleffect groot. Omdat gevels goed bereikbaar zijn, zou gekozen kunnen worden voor een zware isolatie van de hele afdeling en aan de gevel eenvoudig verwijderbare isolatie om daar ontvochtiging door middel van condensatie mogelijk te maken.

6.1.2 Verspreiding opstookmomenten

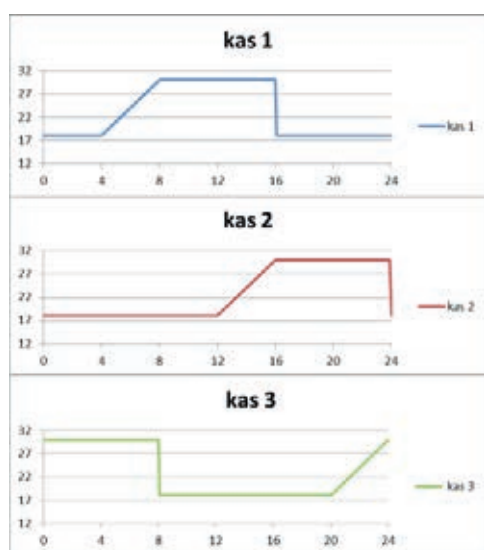
De hoge temperatuur is slechts gedurende een deel van de dag (minstens 8 uur) nodig. Tijdens het opstoken naar de hoge kastemperatuur is dan een hoge verwarmingscapaciteit nodig. Door het opstoken van de verschillende afdelingen te verspreiden kan de piekvraag naar aardgas worden verlaagd, wat financieel voordelig is. Het totale energieverbruik zal er echter niet door worden verlaagd.

Verspreiding van de opstookmomenten kan op verschillende manieren gebeuren:

- Niet alle kassen gelijk opstoken, maar elke afdeling een uur later beginnen (zie Figuur 15.).
- Niet in één keer omhoog van nacht- naar dagtemperatuur, maar geleidelijke verhoging verwarmingstemperatuur in bijvoorbeeld 4 uur.
- Er is een sneeuwbalteiler die bij het begin van de trek de periodes met 8 uur hoge temperatuur van 30 °C en 16 uur lage temperatuur van 18 °C per afdeling na elkaar instelt (zie Figuur 16.). De eerste afdeling staat van 8:00 tot 16:00 uur op 30 °C, de tweede afdeling van 16:00 tot 24:00 uur en de derde afdeling van 0:00 tot 8:00 uur. In 4 uur tijd gaat het verwarmingssetpoint geleidelijk omhoog van 18 naar 30 °C. Na de 8 uur 30 °C wordt het setpoint wel in één keer verlaagd van 30 °C naar 18 °C, maar er wordt niet af gelucht. Hij heeft hier goede ervaringen mee en bij sneeuwbal lijkt dit goed mogelijk. De telers in de landelijke commissie trekheesters vermoeden dat dit ook bij sering mogelijk is. Het lijkt er dus op dat de periode met hoge temperatuur niet gebonden hoeft te zijn aan de daglichtperiode voor sneeuwbal. De verwachting is dat dit ook voor sering geldt. Dit biedt mogelijk verdere aanknopingspunten voor mogelijkheden voor energiebesparing door negatieve DIF. Omdat 's nachts geen lichtverlies mogelijk is, kan dan veel beter worden geschermd en voordeliger een hoge temperatuur worden aangehouden (zie ook 4.3.3).



Figuur 15. Het kort na elkaar opstoken van verschillende afdelingen.



Figuur 16. Het verspreiden van de stookmomenten over verschillende afdelingen.

Dezelfde teler past vanaf 1^e/2^e week januari temperatuurintegratie toe in de trek. In december stookt hij nog wel 8 uur 30 °C. Bij de temperatuurintegratie streeft hij naar gemiddelde etmaaltemperatuur van 22 °C in 3 dagen met wijde temperatuurgrenzen van 15-16 °C tot ruim 28 °C. Temperatuurintegratie lijkt dus goed mogelijk bij sneeuwbal en waarschijnlijk ook bij sering. Het is nog niet bekend of het ook vóór januari toegepast kan worden als de knoprust minder goed doorbroken is en de knoppen mogelijk wel 8 uur 30 °C nodig hebben om los te komen. In de discussie met telers is verder opgemerkt dat bij positieve DIF (hoge dagtemperatuur en lage nachttemperatuur) er meer risico is op te veel strekking en te veel guttatie wat nadelig is voor de kwaliteit.

6.1.3 Voorbehandeling

Koelen en donkeren¹ blijken de warmtebehoefte voor het in bloei trekken te verminderen.

- Struiken bewaren in koelcel voor de vroege trek vermindert het gasverbruik in de vroege trek. Doordat de knoppen sneller loskomen is minder lang een hoge temperatuur nodig en de trekduur is korter. De vraag is of energieverbruik en investeringskosten voor de koeling opweegt tegen de besparing in de trek.
- Het donkeren van seringen of Viburnum vermindert de warmtebehoefte. Struiken voor de vroege trek die gedonkerd zijn komen minder snel los dan struiken uit de koelcel, maar wel sneller dan struiken direct van buiten. Daardoor is minder lang hoge temperatuur nodig en is de trekduur korter. Het donkeren vraagt wel extra kosten voor de extra arbeid voor het donkeren. Ervaringen praktijk:
 - o Goede ervaringen bij sering, bij sneeuwbal valt resultaat soms wat tegen.
 - o Vroege gedonkerde struiken doen het goed, daarna in december slechtere resultaten met laatste gedonkerde struiken en eerste struiken van buiten. Het is niet duidelijk waardoor dit wordt veroorzaakt.

De vraag is of er nog meer manieren zijn om de winterrust energiezuiniger te doorbreken. In paragraaf 2.44 zijn enkele publicaties over dit onderwerp besproken. Wellicht liggen er mogelijkheden met lange dag belichting en lichtkleur. Bij andere gewassen is aangetoond dat de lichtkleur de scheutuitloop kan beïnvloeden. Rood licht geeft bijvoorbeeld meer scheutvorming. Het is echter niet bekend of dit ook geldt tijdens het los stoken van de knoppen bij trekheesters.

Mogelijk kan de winterrust door lange dag belichting beter worden doorbroken. Het is echter niet bekend in welke mate hiermee energie kan worden bespaard. Volgend rekenvoorbeeld geeft een indicatie onder welke omstandigheden belichting leidt tot energiebesparing.

Bij een k-waarde van $5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ kost het stoken van $2 \text{ }^\circ\text{C}$ extra 10 W/m^2 aan warmte. Gedurende 8 uur per etmaal is dit $0,066 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{week}$. Het belichten met 10 W/m^2 gedurende 2 uur per etmaal (nachtonderbreking) kost $0,14 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{week}$. Als (inclusief transportkosten) 1 m^3 aardgas $0,50 \text{ €/m}^3$ kost en elektriciteit $0,10 \text{ €/kWh}$, dan valt het belichten economisch in dit voorbeeld iets gunstiger uit dan het opstoken met $2 \text{ }^\circ\text{C}$ extra gedurende een week. Daar moet nog wel een belichtingsinstallatie voor worden aangeschaft.

6.2 Aanpassingen aan de kas

In de huidige teelt van trekheesters zijn de kassen vaak op gevorderde leeftijd. De kasuitrusting van deze kasbestanden is daardoor meestal beperkt en heel divers. Om een regelmatig aanvoerpatroon te realiseren is vaak sprake van meerdere kleine afdelingen. Bij een bedrijfsbezoek viel op dat het dek in de noppenfolie is gezet, maar dat de gevel echter niet of beperkt is geïsoleerd. Bij deze kasbestanden met relatief kleine afdelingen, spelen de gevelverliezen een bijna onevenredig grote rol in het energieverlies.

Voor het isoleren van de kas worden de volgende vuistregels aanbevolen:

- Een goedkoop dicht dubbel doek met een spouw isoleert beter dan 1 duur hoogisolerend doek.
- Het aanbrengen en verwijderen van vast doorzichtig folie kost inclusief arbeid hooguit $0,50 \text{ €/m}^2$. Het moet dus $2 \text{ m}^3/\text{m}^2$ aardgas besparen (of een productieverbetering geven).
- Afdekken van bodem met folie of antiworteldoek of met isolatieplaten beperkt warmteverlies naar en verdamping vanuit de bodem.
- Extra isolatie zijgevels. In de praktijk zijn er diverse soorten zijgevels: dubbel glas, noppenfolie voor het glas, folie met spouw voor de gevel.

¹ Donkeren is struiken half oktober buiten schuin boven op elkaar stapelen en afdekken met riet of worteldoek, tot het in bloei trekken.

Zware isolatie gaat gepaard met lichtverlies. In de loop van de teelt wordt licht iets belangrijker, al lijkt dat meer te gelden voor sneeuwbal dan voor sering. Als duidelijk is, hoeveel licht er minimaal nodig is om de gewenste kwaliteit te verkrijgen, dan kan worden afgewogen of gebruik kan worden gemaakt van een vaste isolatie (dubbel glas), of dat deze verwijderbaar (vast folie), of hersluitbaar (beweegbaar scherm) moet zijn.

Het isoleren van de bodem verlaagt de warmtecapaciteit van de kas. Hierdoor zal de kastemperatuur sneller variëren wat als bijkomend voordeel kan hebben, dat gedurende het koude etmaaldeel, de wortels sneller afkoelen. Dit verlaagt het risico van een tijdelijk te hoge worteldruk. Tijdens het opstoken naar het warme etmaaldeel, zullen de wortels juist sneller warm worden, wat het risico van verdroogde knoppen wellicht vermindert.

Bij oude kassen gaat de verdeling van het verwarmd oppervlak niet altijd gelijk op met de verdeling van de warmteverliezen. Zo kan door het aanleggen van een gevelscherm, zonder dat het kasdek wordt geïsoleerd, leiden tot te hoge temperaturen langs de gevel. Aanpassing van de verwarming is dan duur. Om de temperatuur toch redelijk te kunnen verdelen kunnen dan ventilatoren worden geplaatst om een betere temperatuurverdeling te krijgen.

6.3 Aanpassingen aan het verwarmingssysteem

Voor hoge temperaturen zijn ook hoge buistemperaturen of veel verwarmend oppervlak nodig. Voor de efficiency van de stookinstallatie is een lage retourtemperatuur van het verwarmingswater van belang. Hoe lager de retourtemperatuur, hoe verder de rookgastemperatuur kan worden afgekoeld en hoe lager de rookgasverliezen zijn. Hoe groter het verwarmend oppervlak (veel buizen) is, hoe eenvoudiger het is om een lage retourtemperatuur te krijgen. Ook kunnen de verwarmingssystemen achter elkaar worden gekoppeld, zodat het retourwater van het ene verwarmingssysteem wordt gebruikt als aanvoerwater voor het andere systeem. Dit systeem, dat leidt tot hogere temperatuurverschillen tussen het aanvoer- en het retourwater, wordt ook wel een cascade-systeem genoemd. Ten slotte kan de rookgascondensor ook op een apart lage-temperatuurnet worden aangesloten om de rookgastemperatuur verder te verlagen.

Er wordt veel van bovenaf gestookt, gedeeltelijk ingegeven door de hoge buistemperaturen die nodig zijn. Hierdoor ontstaat eenvoudig stratificatie (gelaagdheid) zodat warmte moeilijk beneden komt. Alles van boven uit of van onderuit stoken kan 10 á 15% in energiegebruik schelen. De positie van de buis is dan ook nog een punt van discussie: een lage buisligging is beter voor warmtebenutting dan een hoge buis, maar juist in het begin van de teelt wil men de worteldruk en dus ook de worteltemperatuur relatief laag houden. Daarom mogen de buizen niet te laag hangen. Er is dus niet direct sprake van één gewenste kasluchttemperatuur maar van een per plantendeel verschillende gewenste temperatuur. In de praktijk zullen de takken een veel grotere temperatuur variatie maken dan de kern van de kluit. Wat hierbij ideaal is, is onbekend.

De warmtepomp lijkt geen ideaal hulpmiddel om energie te besparen bij trekheesters. Weliswaar zou een warmtepomp de rookgassen verder kunnen afkoelen en de gewonnen warmte opwerken tot een hogere temperatuur, maar de warmtepomp is te duur om gedurende een korte periode terug te verdienen. Daarnaast zal geïnvesteerd moeten worden in veel meer verwarmend oppervlak in de kas omdat het rendement van warmtepompen bij watertemperaturen boven de 45 °C sterk afneemt.

Een houtstookinstallatie is een mogelijk alternatief omdat deze de piekbelasting van de gasketel en daarmee de gastransportkosten sterk omlaag kan brengen. Aangezien voor de teelt van trekheesters geen CO₂ wordt gedoseerd en het stookseizoen kort is, lijkt een houtkachel voor trekheesters eerder interessant dan voor andere teelten.

7 Conclusies, discussie en aanbevelingen

7.1 Conclusies

- Bij de teelt van seringen is circa 25% energiebesparing te bereiken door extra isolatie van de trekruimte. Aangezien het vaak om kleine oppervlakten gaat, kan gevelisolatie sterk bijdragen aan de energiebesparing. Zeker in de eerste week van de trek is weinig licht nodig en is de luchtvochtigheid nog laag. Hierdoor zijn vele isolatiematerialen geschikt om energie te besparen (noppenfolie, vast folie of beweegbare scherminstallatie). Als de extra isolatie gecombineerd wordt met het toepassen van een negatieve DIF ('s nachts hoge temperatuur en overdag lagere temperatuur) kan de energiebesparing stijgen naar circa 35%. Om vochtproblemen te voorkomen, als de temperatuur in de latere weken van de trek bijvoorbeeld verlaagd wordt, is in ieder geval een mogelijkheid nodig om de kas te ontvochtigen. Dit kan door het inblazen van buitenlucht of door het tijdelijk verwijderen van isolatiemateriaal.
 - o Omdat het om kleine afdelingen gaat, is een simpel buitenluchtaanzuigstelsel (bv. keukenventilator) waarschijnlijk al voldoende en is geen duur verdeelsysteem nodig. Dit is beter controleerbaar dan extra kieren.
 - o Een andere eenvoudige toe te passen optie is zware isolatie van de hele afdeling met noppenfolie, die bijvoorbeeld aan de gevel op een aantal plaatsen eenvoudig handmatig verwijderd of los gemaakt kan worden om daar ontvochtiging door middel van condensatie mogelijk te maken in perioden met een hoge luchtvochtigheid.
 - o Een derde optie is een aparte zwaar geïsoleerde ruimte voor de eerste fase van de trek met struiken op pallets of rolltafels die na de eerste fase van de trek op eenvoudige wijze te verplaatsen zijn naar een trekkas voor het verdere vervolg van de trek.
- Watergeven met druppelaars in plaats van met een broes, vermindert de verdamping uit de grond en bodem, verlaagd daardoor het vochniveau in de kas en kan daardoor het energieverbruik in de teelt van trekkeesters verminderen doordat er minder ontvochtigd hoeft te worden.
- De energiebehoefte voor de trek kan verminderd worden door struiken in het najaar eerder in winterrust te laten gaan en de winterrust eerder/sneller te doorbreken. De bloemknoppen kunnen dan bij minder hoge temperatuur en in kortere tijd los gestookt worden. Voor het eerder in rust brengen van struiken kan gedacht worden aan korte dag, lage temperatuur, droog houden, rondsteken of ontbladeren. Bij verbetering/versnelling van het doorbreken van de winterrust kan gedacht worden aan droog houden, donkeren of bewaring in een koelcel vóór de trek of lange dag belichting (nachtonderbreking), plantenhormonen of andere middelen tijdens de trek. Met veel maatregelen is nog weinig tot geen ervaring bij sering en sneeuwbal en is eerst verder onderzoek nodig voor toepassing in de praktijk. Andere maatregelen (bv. ontbladeren bij sering) gaven bij toepassing in de praktijk teveel wisselende resultaten. Maatregelen die al in meer of mindere mate in de praktijk worden toegepast zijn:
 - o Als struiken voorafgaand aan de trek gedonkerd zijn, is een minder hoge temperatuur nodig en deze is ook minder lang nodig om de knoppen los te stoken. Bij de vroege trek van sering zijn hier goede ervaringen mee in de praktijk. Bij de vroege trek van gedonkerde sneeuwballen zijn de resultaten soms niet eenduidig. Voor het donkeren moeten wel extra arbeidskosten worden gemaakt en dat moet terug verdiend kunnen worden met de energiebesparing.
 - o Als struiken voorafgaand aan de trek gekoeld zijn in een koelcel, is een nog minder hoge temperatuur nodig die ook nog minder lang nodig is om de knoppen los te stoken dan na het donkeren. Voor het bewaren in de koelcel moeten echter naast de extra arbeidskosten voor het in- en uitbrengen in de koelcel ook het energieverbruik en investeringskosten voor de koelcel terug verdiend worden met de energiebesparing tijdens de trek.
- Met een warmtecamera kunnen warmte-lekken in kassen snel gevonden worden en inzichtelijk worden gemaakt. Vooral bij oude opstanden, zoals veel voorkomend in de teelt van trekkeesters, kan door het opsporen en afdichten van lekken in kassen energie bespaard worden.

7.2 Discussie

- Verneveling bij sering staat nog onder discussie. De bedoeling is dat verneveling voorkomt dat de knoppen oververhit raken door de hoge buistemperatuur. Het is de vraag waarom de buistemperatuur zo hoog moet zijn als de knoppen een te hoge temperatuur krijgen?
- Als er luchtbeweging is, wordt het klimaat binnen een kas homogener en kunnen mogelijk hogere RV-waarden toegelaten worden.

7.3 Aanbevelingen

- Hoge mate van isolatie wordt door ondernemers vaak geassocieerd met dood klimaat en teveel vocht. Bij toepassing van genoemde energiebesparingsmaatregelen in de praktijk zal hieraan extra aandacht besteed moeten worden om te voorkomen dat de berekende potentiële besparing (deels) verloren gaat, doordat niet maximaal (optimaal) gebruik gemaakt wordt van de mogelijkheden, als te veel de “veilige” kant opgezocht wordt. Ondersteuning en begeleiding van trekheestertelers die genoemde energiebesparingsmaatregelen in de praktijk toe willen gaan passen, kan er voor zorgen dat de potentiële energiebesparing maximaal wordt benut en een succesvolle toepassing in de praktijk verbeteren en versnellen.
- Bij andere gewassen kan lange dag belichting (nachtonderbreking) de resultaten verbeteren als de winterrust onvoldoende doorbroken is (bv. aardbei). Omdat er geen informatie gevonden is over de reactie van sering en sneeuwbal (*Viburnum opulus* 'Roseum') op nachtonderbreking tijdens de vroege trek, wordt aanbevolen dit eerst op kleine schaal uit te testen. Hierbij kan ook worden gezocht naar de meest effectieve lichtkleur. De energiebesparing die lange dag belichting op zou kunnen leveren moet wel opwegen tegen de extra energiekosten en investeringskosten voor de belichting.
- Door ventilatoren te gebruiken tijdens de trek, koelen bij warme hooggelegen verwarmingsbuizen de (hooggelegen) knoppen af en worden de laaggelegen wortelkluiten relatief warmer. Dit kan ten koste gaan van het beoogde effect van hoge knoptemperatuur en lage kluittemperatuur om de knoppen los te stoken en kapot drukken van de knoppen door te hoge worteldruk te voorkomen. Het is echter niet bekend welke temperaturen wel acceptabel zijn en welke niet. Het gebruik van ventilatoren wordt daarom nu alleen aanbevolen als de luchtvochtigheid te hoog is, of met het doel een slechte temperatuurverdeling enigszins te vereffenen. Meer kennis over mate waarin een hogere kluittemperatuur wel of niet toelaatbaar is, kan verkregen worden met een proef met verschillende gradaties van kluitverwarming.
- Bij het inventariseren van de gewenste teeltomstandigheden en het bespreken en bediscussiëren van de resultaten met telers is naar voren gekomen dat ondanks brede teeltkennis in de praktijk, ook nog veel kennis ontbreekt, zoals bijvoorbeeld hoe snel de overgang van koud naar warm in een etmaal plaats moet vinden, wat de gewenste waarden zijn voor de planttemperatuur van de bloemknoppen en wortelkluit en welke waarden voor luchtvochtigheid nog wel acceptabel zijn en welke niet meer. Meer kennis hierover kan bijdragen aan een betere sturing van het klimaat, betere trekresultaten en tot meer energiebesparing leiden.

8 Referenties

- Albrecht, H.J. en Heisel, C. 1981.
Zweigtreiberei von *Viburnum opulus* 'Roseum' zur Bereicherung des Angebotes blühender Ziergehölze, Gartenbau 28 (1981) 8, pag. 247-248.
- Arora, R., Rowland, L.J., Tanino, K., 2003.
Induction and release of bud dormancy in woody perennials: a science comes of age. HortScience 38(5), p/ 911-921.
- Bauer, D. Vorbehandlung von Blütengehölzen für eine erfolgreiche Zweigtreiberei. Bron onbekend. pag. 244-245.
- van den Berg, A. J., 1988.
De teelt van *Prunus* en sneeuwbal. Bloementeeltnformatie no. 32. Consulentschap in Algemene dienst voor de bloemisterij.
- van den Berg, A. J., 1988b.
Teelt van sering. Bloementeeltnformatie no. 33. Consulentschap in Algemene dienst voor de bloemisterij.
- Farina, E., Guda, C.D., Paterniani, T., Heny, S., 2006.
Forzatura di *Viburnum opulus* per la produzione di fronda fiorita. Colture Protette. N. 9. Pag. 93-97.
- Heursel, J., Saverwyns, A. Mertens, M., 1991.
Azaleateelt.
- Kempkes, F.L.K., N.J. van de Braak, J.C. Bakker en C.M.J. Bloemhard, 1998.
Effect van buisligging bij de teelt van tomaat; onderzoek naar verticale temperatuur- en vochtverschillen, energiegebruik en groei. PBG rapport 98-134.
- Kromwijk, A., 2011.
Verbetering trekresultaten van vroege trek bij *Viburnum opulus* 'Roseum' (sneeuwbal): onderzoek naar bloemknopontwikkeling en koubehoefte voor rustdoorbreking. Rapport Wageningen UR Glastuinbouw GTB-1084.
- Kromwijk, A., Van Noort, F., Verhoef, N., Balk, P. en Lamers, R. (2012).
Verbetering bloeizekerheid bij potplanten en snijbloemen met behulp van moleculaire toetsen. Rapport Wageningen UR Glastuinbouw (in druk).
- Kronenberg, H.G., 1994.
Temperature influences on the flowering dates of *Syringa vulgaris* L. and *Sorbus aucuparia* L. Scientia Horticulturae, 57 (1994) pag. 59-71.
- Louw, P. van der, Kunneman, B., 2001.
Vroegste rooimoment vruchtbomen bijna ontdekt. De Boomkwekerij 11 (16 maart 2001). Pag. 16-17.
- Mohr, H., Schopfer, P., 1995.
Plant Physiology. Pag. 419-422.
- Nitch, J.P., en Somogyi, L., 1958.
Photoperiodism in woody plants. Ann-Soc-nat-Hort. 1958: 4: 466-90.
- Papenhagen, A., 1986.
Blütengehölze für die Zweigtreiberei. Taspo Magazin. Oktober 1986, pag. 10-14.
- Pessaraki, M. 1995.
Handbook of Plant and Crop Physiology. Pag. 437-459, 538.
- Rupprecht, H., 1988.
Treiberei von Blütengehölzen. Gartenbau 35 (1988) 4, pag. 124- 126.
- Rupprecht, H., 1981.
Empfehlungen zur Zweigtreiberei. Gartenbau 28 (1981) 8, pag 245-246.
- Rupprecht, H., 1979.
Treiberei von Zierpflanzen und Blütengehölzen. Gartenbau 26 (1979) 11, pag. 344-346.
- Scholten, A., 2006.
Problemen verwacht door onvoldoende winterrust. De Boomkwekerij 10 (10 maart 2006). Pag. 8-9.

Schoot, C. van der en Rinne, P.L.H., 2011.

Dormancy cycling at the shoot apical meristem: Transitioning between self-organization and self-arrest. *Plant Science* 180, p. 120-131.

Sijtsema, W. 1962.

Bloei van sering aan afgesneden takken. *Mededelingen van de Landbouwhogeschool te Wageningen* 62 (2) 1-57.

Sluis, B.J. van der, Kers, M., 2005.

Meer vat op afharderen en winterrust. *De Boomkwekerij* 3 (21 januari 2005). Pag. 12-13.

Stimart, D.P., 1985.

Viburnum. *CRC Handbook of Flowering Volume V*. pag. 367-371.

Verberkt, H., Noort, F.R., van, Leeuwen, G.J.L. van, Stapel, L., Bartels-Schouten, C.A.M., 2003.

Knoprot *Hydrangea* (*Hortensia*): invloed opkweek en bewaaromstandigheden op het optreden van knoprot bij *Hortensia*. PPO-rapport 573.

Bijlage I Uitgangspunten Modelberekeningen

vanaf	setpoint verwarmen	setpoint vocht	scherm 1		scherm 2 (indien aanwezig)		setpoint verwarmen DIF
			straling scherm open	buiten-temp. scherm open	straling scherm open	Buiten-temp. scherm open	
	[°C]	[RV]	[W/m ²]	[°C]	[W/m ²]	[°C]	[°C]
21-nov A	9 - 9 - 9 - 9 - 9	90	100	10	50	8	9 - 9 - 9 - 9 - 9
24-nov LS	15 - 38 - 38 - 15 - 15	85	250	20	100	14	15 - 38 - 38 - 38 - 15 - 15
1-dec LT	15 - 30 - 30 - 15 - 15	65	100	15	10	10	15 - 30 - 30 - 30 - 15 - 15
8-dec TS	15 - 21 - 21 - 15 - 15	65	100	10	10	10	15 - 21 - 21 - 21 - 15 - 15
15-dec O	15 - 15 - 15 - 15 - 15	65	50	10	10	10	15 - 15 - 15 - 15 - 15 - 15
21-dec W	5 - 5 - 5 - 5 - 5	90	100	10	10	2	5 - 5 - 5 - 5 - 5 - 5
22-dec A	9 - 9 - 9 - 9 - 9	90	100	10	50	8	9 - 9 - 9 - 9 - 9 - 9
25-dec LS	15 - 32 - 32 - 15 - 15	85	250	20	100	14	15 - 32 - 32 - 32 - 15 - 15
1-jan LT	15 - 27 - 27 - 15 - 15	65	100	15	10	10	15 - 27 - 27 - 27 - 15 - 15
8-jan TS	15 - 20 - 20 - 15 - 15	65	100	10	10	10	15 - 20 - 20 - 20 - 15 - 15
15-jan O	15 - 15 - 15 - 15 - 15	65	50	10	10	10	15 - 15 - 15 - 15 - 15 - 15
22-jan W	5 - 5 - 5 - 5 - 5	90	100	10	10	2	5 - 5 - 5 - 5 - 5 - 5
23-jan A	9 - 9 - 9 - 9 - 9	90	100	10	50	8	9 - 9 - 9 - 9 - 9 - 9
26-jan LS	15 - 27 - 27 - 15 - 15	85	250	20	100	14	15 - 27 - 27 - 27 - 15 - 15
2-feb LT	15 - 24 - 24 - 15 - 15	65	100	15	10	10	15 - 24 - 24 - 24 - 15 - 15
9-feb TS	15 - 19 - 19 - 15 - 15	65	100	10	10	10	15 - 19 - 19 - 19 - 15 - 15
16-feb O	15 - 15 - 15 - 15 - 15	65	50	10	10	10	15 - 15 - 15 - 15 - 15 - 15
23-feb W	5 - 5 - 5 - 5 - 5	90	100	10	10	2	5 - 5 - 5 - 5 - 5 - 5
24-feb A	9 - 9 - 9 - 9 - 9	90	100	10	50	8	9 - 9 - 9 - 9 - 9 - 9
27-feb LS	15 - 21 - 21 - 15 - 15	85	200	15	100	14	15 - 21 - 21 - 21 - 15 - 15
6-mrt LT	15 - 19 - 19 - 15 - 15	65	100	10	10	10	15 - 19 - 19 - 19 - 15 - 15
13-mrt TS	15 - 17 - 17 - 15 - 15	65	100	10	10	10	15 - 17 - 17 - 17 - 15 - 15
20-mrt O	15 - 15 - 15 - 15 - 15	65	50	10	10	10	15 - 15 - 15 - 15 - 15 - 15
27-mrt W	2 - 2 - 2 - 2 - 2	95	10	10	10	2	2 - 2 - 2 - 2 - 2 - 2
dagdelen [tijdstip]	7 - 8 - 16 - 17 - 24						19 - 20 - 24 - 4 - 5 - 12

A) Acclimatiseren, LS) Los Stoken. LT) Lengte Tros, TS) Tros Stevigheid, O) Oogst, W) Wisseling teelt.

