

Verslag project “Aan de slag met intermediairs”

Jeroen Wildschut, Arie van der Lans (WUR/PPO)

© 2013 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

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

Dit project is uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd door de partijen in de Stuurgroep Schone en Zuinige Bloembollen / Meerjarenafspraak energie Bloembollen (KAVB, PT, min.EZ, Agentschap NL en telers).



Projectnummer: 32 361 653 13

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit

Adres : Prof. Van Slogterenweg 2
: Postbus 85, 2160 AB Lisse

Tel. : 0252 - 462121

Fax : 0252 - 462100

E-mail : info.ppo@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 ACHTERGROND	7
2 REALISATIE	7
BIJLAGE: ARTIKELEN BLOEMBOLLENVISIE.....	11

Samenvatting

Het project State of the Art liet o.a. zien dat uiteenlopende bewaarwanden sterk verbeterd kunnen worden waarmee de luchtverdeling over de kisten gelijkmatiger wordt. Er kan dan flink worden teruggetoerd terwijl de minst beluchte laag toch nog voldoende lucht krijgt. Door het 3de machts verband tussen toerental en energieverbruik wordt dan zeer fors op elektra bespaard.

De resultaten van het State-of-the-Art project zijn bij bloembollenbedrijven extra onder de aandacht gebracht door een reeks van 4 artikelen in het vakblad Bloembollenvisie: 1)-Energie-efficiëntie, 2)- Productkwaliteit, 3)- kWh's besparen bij de circulatie en 4)- Circulativenormen.

Daarnaast is in 4 sessies aan intermediairs (systeembouwers, toeleveranciers) op individuele basis overtuigend gedemonstreerd hoe de luchtverdeling over systeemwand en kistenstapeling op betrouwbare en technisch zeer geavanceerde wijze doorgemeten moet worden. Dit geeft inzicht in hoe deze systemen verbeterd kunnen worden.

Over het algemeen was de reactie van de intermediairs en de bollenbedrijven: "meten is inderdaad meten". Door met tot 16 hetedraadmeters op strategische punten in het systeem tegelijkertijd te meten en de resultaten direct op het beeldscherm van de laptop te laten zien, wordt heel veel informatie ineens samengevat. Aan de betrouwbaarheid hiervan wordt niet getwijfeld en de indruk is dan ook dat de hierbij opgedane inzichten door de intermediairs meegenomen worden.

Tegelijkertijd is ook wel duidelijk dat er in de praktijk erg veel verschillende systemen zijn, zodat verbeteringen niet zomaar van het ene systeem naar het andere gekopieerd kunnen worden.

Hierbij werd ook aangegeven dat op bloembollenbedrijven vaak voor de goedkoopste oplossing (kist of bewaarwand) wordt gekozen. Op korte termijn bespaart dat kosten, op lange termijn loop je forse besparingen mis.

1 Achtergrond

Het project State of the Art bewaren van tulpenbollen liet o.a. zien dat uiteenlopende bewaarwanden met aanpassingen als een schans, een schep, driehoekige latten in de uitblaasopening en/of het met platen afdekken van de bovenste kisten sterk verbeterd kunnen worden: de luchtverdeling over de kisten wordt veel gelijkmatiger waardoor de minst beluchte kist tot 50% of meer lucht krijgt. Er kan dan flink worden teruggetoerd terwijl de minst beluchte laag toch nog voldoende lucht krijgt. Door het 3de machts verband tussen toerental en energieverbruik wordt dan zeer fors op elektra bespaard.

Er zijn echter nog veel bedrijven die deze energiebesparingsmaatregelen niet toepassen. Demonstratie en voorlichting zijn hierbij belangrijk. Vooral intermediairs (systeembouwers, toeleveranciers en adviseurs) kunnen hierbij een belangrijke rol spelen.

Doel van dit project is intermediairs te demonstreren hoe door middel van het doormeten van systeemwanden deze verbeterd kunnen worden. Daarnaast zijn de resultaten van het State-of-the-Art project bij bloembollenbedrijven extra onder de aandacht gebracht door een artikelenreeks in Bloembollenvisie.

2 Realisatie

Artikelen bloembollenvisie

In de eerste maanden van 2013 is een reeks van 4 artikelen, waarin de resultaten van het State-of-the-Art project sinds 2007 zijn samengevat, in het vakblad Bloembollenvisie geplaatst (zie Bijlage):

- 1- Energie-efficiëntie
- 2- Productkwaliteit
- 3- kWh's besparen bij de circulatie
- 4- Circulatiënormen

Demonstratie luchtmetingen

Daarnaast zijn op 3 bedrijven één of meerdere meetsessies aan bewaarwanden georganiseerd waarbij vertegenwoordigers van de systeembouwers/installateurs op individuele basis zijn uitgenodigd, zoals samengevat in onderstaand overzicht:

Overzicht demonstratiemetingen met intermediairs					
Datum	Bloembollenbedrijf	Foto	Systeem	Intermediair	Luchtsnelheidsmetingen
23-apr en 21 okt	Boltha B.V	foto 1	2-laags/1 rij	Agratechniek	verdeling over lagen, afdekken bovenste laag, weghalen kisten
2-okt	Fa. N.J.J. de Wit en Zn.	foto 2	2-laags/2 rijen	Omnihout	verdeling over lagen, en over rijen, verbeteringen testen
9-okt	Gebr. Klaver	foto 3	1 laags/1 rij	Necap	verdeling over kisten, effect toerental

Met de luchtsnelheidsmeters is, afhankelijk van het systeem, in uitblaasopeningen van de bewaarwand, in palletkanalen, of in de uitblaasspleten van de kisten, de luchtsnelheid gemeten. Hiermee kan de luchtstroom door het systeem in kaart gebracht worden.

Op het bedrijf Boltha B.V. werd de luchtverdeling over de lagen gemeten, het effect van het afdekken van de bovenste laag en het effect van het weghalen van kolommen (van 5 diep naar 1 diep), foto 1.



Foto 1

Op het bedrijf de Wit & Zn is de verdeling over lagen en over rijen (2 rijen per ventilator) doorgemeten en werden enkele verbeteringen aangebracht, foto 2.



Foto 2

Op het bedrijf Gebr. Klaver is de luchtverdeling over de kisten binnen een laag gemeten (éénlaagssysteem: de lucht uitstroom is aan de zijkant van elke kist gemeten). Hierbij is ook het effect van het weghalen van kisten doorgemeten, foto 3.



Foto 3

Bij de eerste meetsessie bij Boltha BV. waren een vertegenwoordiger van Agratechniek, 2 personen van automated4u (digitaal magazijnsysteem) en een bloembollenteler uit de buurt. Bij de 2^{de} meetsessie op dat bedrijf waren 2 personen van Agratechniek aanwezig.

Bij de eerste sessie bleek dat de afdekplaten een te grote spleet overlieten om voldoende tegendruk te geven om de luchtstroom beter te verdelen. Bij de 2^{de} meetsessie is gedemonstreerd dat met een smallere spleet dit wel lukt. Ook is het palletkanaal waar de onderste kisten op uitblazen aan de zijde van de systeemwand afgesloten zodat meer lucht door de 2^{de} laag ging. Hiermee werd de luchtverdeling flink verbeterd.

Daarnaast is een geval in de praktijk besproken waar Agratechniek tegen aan liep: een 2 laags, 6 hoog, 2 rijen, 1 ventilator. Zowel tussen de lagen als tussen de rijen waren grote debietverschillen.

De meetsessie bij het bedrijf de Wit & Zn bracht aan het licht dat de lucht over de onderste 4 lagen goed verdeeld was, maar dat de bovenste laag teveel kreeg. Dit is verbeterd door de uitblaasopening met 3-hoekige latten te verkleinen. Ook is door de metingen laten zien dat tussen de linker en de rechterrij vooral in de onderste laag een verschil in debiet is. Een vertegenwoordiger van Omnihout is gedemonstreerd hoe gemeten en gerekend werd.

Een vertegenwoordiger van Necap is gedemonstreerd hoe luchtstromen gemeten werden. Er is veel gediscussieerd over mogelijkheden de circulatie te automatiseren.

Hierbij werd ook aangegeven dat op bloembollenbedrijven vaak voor de goedkoopste oplossing (kist of bewaarwand) wordt gekozen. Op korte termijn bespaart dat kosten, op lange termijn loop je forse besparingen mis.

Over het algemeen was de reactie van de intermediairs en de mensen van de bollenbedrijven: “meten is inderdaad meten”. Door met tot 16 hethedraadmeters op strategische punten in het systeem tegelijkertijd te meten en de resultaten direct op het beeldscherm van de laptop te laten zien, wordt heel veel informatie ineens samengevat. Aan de betrouwbaarheid hiervan wordt niet getwijfeld en de indruk is dan ook dat de hierbij opgedane inzichten door de intermediairs meegenomen worden. Tegelijkertijd is ook wel duidelijk dat er in de praktijk erg veel verschillende systemen zijn, zodat verbeteringen niet zomaar van het ene systeem naar het andere gekopieerd kunnen worden. En dat het op deze wijze doormeten van systemen technisch zeer geavanceerd en zeer specialistisch is, iets wat de intermediairs niet snel zelf zullen gaan doen.

Conclusies en aanbevelingen

Er is overtuigend gedemonstreerd hoe de luchtverdeling over systeemwand en kistenstapel op betrouwbare en technisch zeer geavanceerde wijze doorgemeten moet worden. Dit geeft inzicht in hoe deze systemen verbeterd kunnen worden.

Tegelijkertijd is ook wel duidelijk dat er in de praktijk erg veel verschillende systemen zijn, zodat verbeteringen niet zomaar van het ene systeem naar het andere gekopieerd kunnen worden.

Het is onze aanbeveling aan bloembollenbedrijven en intermediairs, vooral de systeembouwers: laat je systeem in een vroeg stadium doormeten. Er kunnen dan verbeteringen worden getest waarmee de luchtverdeling gelijkmatiger wordt, het toerental van de ventilator dus lager ingesteld en daardoor fors op de elektrarekening bespaard.

Bijlage: Artikelen bloembollenvisie

State-of-the-Art bewaren van tulpenbollen

1- Energie-efficiëntie

Het in 2007 opgestarte project State-of-the-Art bewaren van tulpenbollen heeft laten zien dat met deze technologie veel energie bespaard kan worden. De kwaliteit van de bollen wordt hierbij verbeterd. Daarnaast is er t/m 2011 veel aanvullend onderzoek verricht o.a. naar de verbetering van de luchtverdeling over de kistenstapel. Hierdoor kan nog veel meer energie bespaard worden. In een reeks van 4 artikelen worden de bevindingen van dit project samengevat. Dit eerste artikel behandelt het energieverbruik.

Het project State-of-the-Art bewaren van tulpenbollen is uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd door de partijen in de Stuurgroep Schone en Zuinige Bloembollen (KAVB, PT, Min. EZ, Agentschap NL en telers). Rapportages zijn te downloaden vanaf <http://www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/publicaties-agrosectoren>



Technologische ontwikkeling

Door voortschrijdende technologische ontwikkeling wordt het mogelijk het klimaat in de bewaarcellen van tulpenbollen steeds verder te optimaliseren. Gedurende de bewaarperiode van oogst tot planten of tot broeien wordt de temperatuur precies op het juiste niveau gehouden en ook het Relatieve Vochtgehalte (de RV) en het ethyleen- en CO₂-gehalte zijn volledig onder controle. Op de meest energie-efficiënte manier wordt hierbij de hoogste kwaliteit van de bollen gerealiseerd.

State-of-the-Art is een term om de meest geavanceerde technologie aan te duiden. In 2007 is door PPO Bloembollen met DLV-Plant en een aantal bloembollenbedrijven en installateurs en leveranciers van bewaar technologie een project opgestart. Doelstelling was om met behoud of verbetering van de productkwaliteit, na te gaan hoeveel energie er met de huidige stand der techniek bespaard kan worden: het State-of-the-Art project. Daarnaast is aanvullend onderzoek gedaan om in de toekomst nog meer energie te kunnen besparen. Ook in zogenaamde spin-off projecten zijn bepaalde componenten van het bewaarsysteem nader onderzocht en verder ontwikkeld.



State-of-the-Art technologie

De belangrijkste componenten van het State-of-the-Art bewaarsysteem voor tulpenbollen zijn:

- 1) verbeterde bewaarwanden
- 2) aangepaste kuubskisten
- 3) toerengeregelde ventilatoren op de bewaarwand waarmee cellucht gecirculeerd wordt

- 4) sensoren waarmee het bewaarklimaat wordt gemonitord: de ethyleenanalyser, de RV-en temperatuurmeters en eventueel de CO₂-meter, de debietmeter en afstandsmeters
- 5) de klimaatcomputer waarmee op basis van metingen door de sensoren de klepstand wordt gestuurd en waarmee ook het toerental van de ventilatoren kan worden aangestuurd

Van 2007 t/m 2011 hebben ruim 15 bedrijven één of meerdere jaren aan dit project deelgenomen. Bij de meeste bedrijven zijn jaarlijks de klimaatcomputers uitgelezen en is het ingestelde toerental van de circulatieventilatoren bijgehouden. Op basis van deze gegevens (temperatuur van de cel en van de buitenlucht, klepstand, het ethyleen- en CO₂-gehalte, etc.) is het energieverbruik per kuub bollen tijdens de bewaring vastgesteld en vergeleken met het energieverbruik volgens de norm.

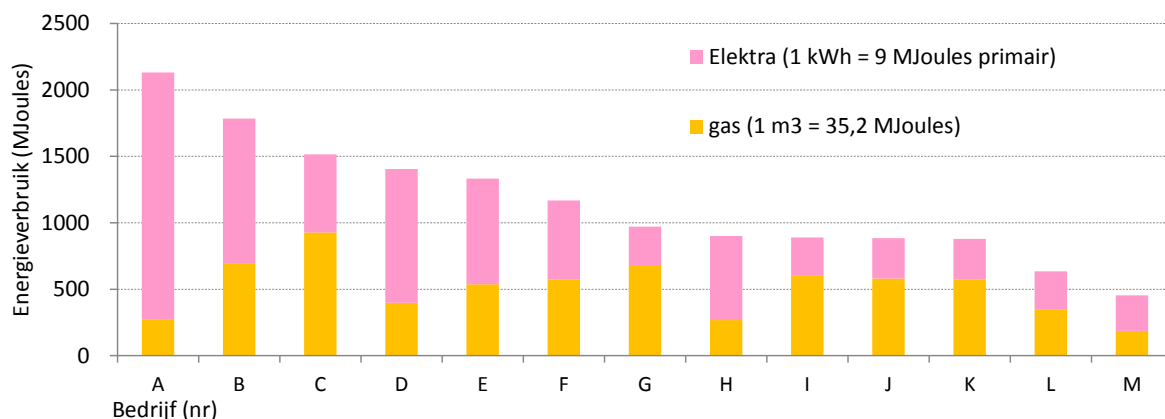


Energieverbruik

Het energieverbruik voor de verwarming van de bewaarcel wordt bepaald door de warmteproductie in de cel door de bollen en de ventilatoren, door de hoeveelheid op te warmen buitenlucht en door het temperatuursverschil met de cel. Bij de moderne goed geïsoleerde en grote bewaarcellen zijn de warmteverliezen naar buiten relatief erg klein.

Het elektraverbruik door de ventilatoren wordt bepaald door het type ventilator en de mate waarin teruggetoerd wordt. De mate waarin teruggetoerd kan worden wordt bepaald door de gelijkmatigheid van de luchtverdeling over de kistenstapeling, de totale weerstand en het aantal kisten voor de wand. Ook het koelen van buitenlucht kost elektra, maar dit komt van juli t/m oktober niet vaak voor. Het verband tussen energieverbruik en toerental is een 3^{de}-machtsverband: 20% terugtoeren bespaart 50% energie!

Het gerealiseerde energieverbruik per m³ bollen per 120 dagen bewaring van deze bedrijven is samengevat in onderstaande figuur. Hierin zijn gas- en elektraverbruik uitgedrukt in MJoules energie: 1 m³ gas = 35,17 MJ en 1 kWh = 9 MJoules (primaire energie omdat bij de opwekking in de centrale nog altijd tot 60% van de energie in de vorm van warmte verloren gaat). Van de Bedrijven H en J is het gemiddelde energieverbruik gebaseerd op 5 jaren, van de Bedrijven A, B, C, D en L op 4 jaren, van Bedrijf M op 3 jaren en van de overige bedrijven op 1 tot 2 jaar.



Energieverbruik (MJoules/m³ tulpenbollen/120 dgn) voor ventilatie en circulatie

Bedrijf A heeft het hoogste totale energieverbruik (ruim 2000 MJ/m³), bedrijf M heeft het laagste energieverbruik (minder dan 500 MJ/m³). Het gemiddelde verbruik is 1150 MJ, waarvan 44% gas (14,5 m³) en 56% elektra (71 kWh). De bedrijven G, H, I, J, R en L hebben een energieverbruik onder dat gemiddelde.

Het energieverbruik van Bedrijf A komt overeen met het gemiddelde energieverbruik bij standaard bewaring van tulpen volgens de normen van ventileren met 100 m³/uur (en na 1 september 60 m³/uur) en circuleren met 500 m³/uur per m³ bollen. De overige bedrijven hebben dus flink bespaard: gemiddeld ruim 40% op het totale energieverbruik, met een maximum van ruim 70%.

Achtergronden

Deze grote verschillen tussen de bedrijven zijn aan veel verschillende factoren toe te schrijven. Bedrijf A heeft in de bewaarcel State-of-the-Art technologie, maar door een hoog percentage zure bollen (de eerste 3 jaar gemiddeld 5%) moest flink geventileerd worden om ethyleen af te voeren. Om redenen van geluidsoverlast zijn echter centrifugaalventilatoren geïnstalleerd die veel stroom verbruiken (tot 7 kW per ventilator), continue voltoeren draaien en zodoende veel warmte produceren. Omdat daarnaast het gemiddelde temperatuurverschil met de buitenlucht slechts 2-3 graden is (bij Bedrijf C is dat bijvoorbeeld 6-7 graden), is daarom het gasverbruik toch erg laag, maar het elektraverbruik juist erg hoog.

Belangrijke factoren die het gasverbruik bepalen zijn:

- het percentage zure bollen (of beter: de ethyleenproductie van de zure bollen, want dat kan per cultivar behoorlijk verschillen)
- de ingestelde ethyleengrens (100 ppb is een veilige grens bij bewaring op 20 – 25 graden)
- de ingestelde minimum klepstand
- het verschil tussen bewaartemperatuur en buitenlucht (één graad lager bespaart al 15%)

Het elektraverbruik per m³ bollen op de Bedrijven G, I, J, K, L en M is het laagst, met o.a. als achtergrond flink terugtoeren van 50 Hz tot 30 – 20 Hz. Dit levert een energiebesparing op van ongeveer 70 – 80 %.

Belangrijke factoren die daarom het elektraverbruik voor de circulatie bepalen zijn o.a.:

- het geïnstalleerde vermogen van de ventilatoren: vaak zijn overbodig zware ventilatoren opgesteld.
- Bij een lagere weerstand van de bewaarwand, de kuubskisten en de bollen is de luchttopbrengst van de ventilatoren hoger (meer lucht per watt)
- de laagst mogelijke frequentie-instelling: deze varieert meestal van 25 – 15 Hz bij de wisselstroomventilatoren, maar bij de nieuwe gelijkstroomventilatoren, die zo-ie-zo 5-15% minder elektra verbruiken, kan tot 0 terugtoerd worden.

Bedrijf M heeft het laagste energieverbruik per m³ bollen, vooral door een lager gasverbruik dan bij de overige bedrijven. Achtergrond bij dit laatste is het zonnedak: voor ventilatie aangezogen buitenlucht wordt eerst door het zonnedak 1 à 2 graden opgewarmd waardoor er minder opgewarmd hoeft te worden. Hierdoor werd, bovenop de besparing door ethyleengestuurde ventilatie, 35% in 2009, 45% in 2010 en 33% in 2011 bespaard.

Samenvattend

State-of-the-Art technologie in bewaarcellen voor tulpenbollen bespaart fors op energie: gemiddeld ruim 40% en maximaal ruim 70%. Belangrijkste componenten zijn aangepaste bewaarwanden en kuubskisten, sensoren als ethyleenanalysers, toerengeregelde ventilatoren en klimaatcomputers. Bepalend voor het gasverbruik zijn het temperatuurverschil tussen buitenlucht en cellucht en de hoeveelheid ventilatielucht. Bepalend voor het elektraverbruik zijn mate waarin terugtoerd kan worden als gevolg van een lagere weerstand en een betere luchtverdeling over de kistenstapeling.

State-of-the-Art bewaren van tulpenbollen

2-Productkwaliteit

Het in 2007 opgestarte project State-of-the-Art bewaren van tulpenbollen heeft laten zien dat met deze technologie veel energie bespaard kan worden. De kwaliteit van de bollen wordt hierbij verbeterd. Daarnaast is er t/m 2011 veel aanvullend onderzoek verricht o.a. naar de verbetering van de luchtverdeling over de kistenstapeling. Hierdoor kan nog veel meer energie bespaard worden. In een reeks van 4 artikelen worden de bevindingen van dit project samengevat. Dit 2^{de} artikel behandelt de productkwaliteit.

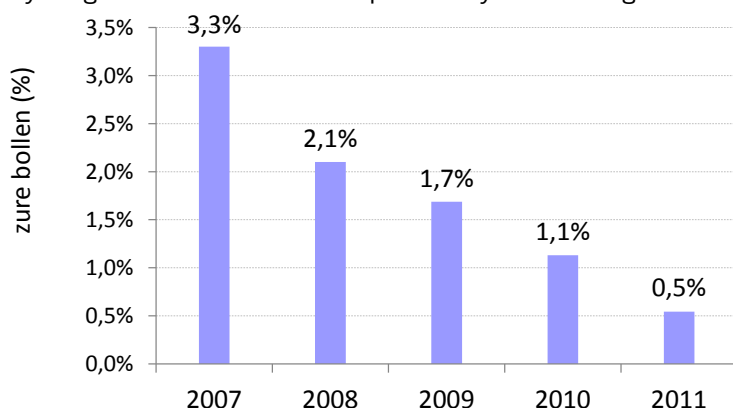
Het project State-of-the-Art bewaren van tulpenbollen is uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd door de partijen in de Stuurgroep Schone en Zuinige Bloembollen (KAVB, PT, Min. EZ, Agentschap NL en telers). Rapportages zijn te downloaden vanaf <http://www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/publicaties-agrosectoren>



Ethyleengestuurde ventilatie is een belangrijke component van de State-of-the-Art bewaar technologie. Door met de ethyleenanalyse continue het ethyleengehalte te meten kan de ventilatie hierop aangepast worden. Mocht het ethyleengehalte oplopen dan wordt dat door de ethyleenanalyse direct gedetecteerd en wordt het ventilatiedebiet opgevoerd. Het ethyleengehalte blijft zo altijd onder de veilige grens van 100 ppb (bij de warme bewaring van 20 °C of meer, bij de koude preparatie ligt de grens veel hoger). Ethyleenschade wordt hierdoor dus voorkomen wat ten goede komt van de productkwaliteit.

Ethyleengestuurde ventilatie

De ethyleengestuurde ventilatie zorgt er ook voor dat nooit méér geventileerd wordt dan nodig is om het ethyleengehalte onder de meestal op 100 ppb ingestelde grens te houden. Bewaarcellen zijn meestal zo uitgerust dat er bij ventilatie met 100% klepstand met 100 of meer m³ lucht per m³ bollen ververst wordt. Dat is voldoende om bij 5% zure bollen het ethyleengehalte onder de 100 ppb te houden. Bij een lager percentage zure bollen (of wanneer bij zure bollen minder dan gemiddeld ethyleen vrijkomt) zorgt de ethyleensturing dus voor minder ventilatie. Bij de 7 tot 10 bedrijven die van 2007 t/m 2011 twee of meer jaren aan het State-of-the-Art project deelnamen nam het gemiddelde percentage zure bollen af van 3,3% in 2007 tot slechts 0,5% in 2011. Dit zou een trend kunnen zijn, omdat wanneer een partij zure bollen de cel binnenkomt dit direct door de ethyleenanalyse gedetecteerd wordt. De betreffende kisten worden dan vaak meteen uitgezocht en zure bollen verwijderd. Hiermee wordt ook de kans op verspreiding van zuur verkleind. Zo verdwijnt het zuur op termijn uit het bedrijf. Daarnaast zou het voorkomen van te hoge ethyleengehaltes een rol kunnen spelen: ethyleen verhoogt de kans op zuur.



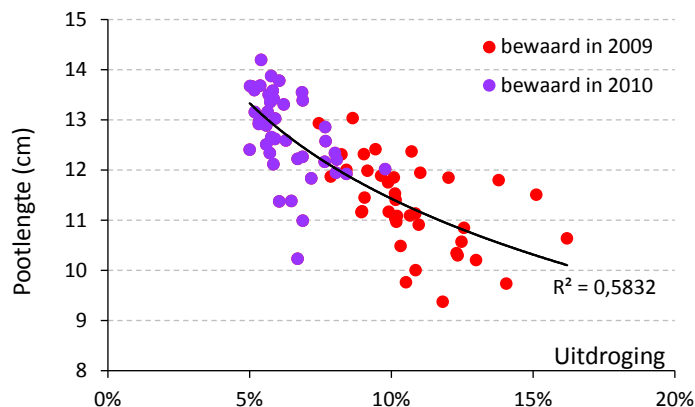
Gemiddeld percentage zure bollen bij deelnemers

Bollenmonsters

Om de kwaliteit van de bewaring te kunnen vaststellen zijn op elk bedrijf jaarlijks van één partij (cultivar Cheirosa) 4 zakjes met 100 broeibollen en 4 zakjes met 250 plantgoedbollen bewaard. De zakjes met de

monsters zijn gewogen voordat ze op de bedrijven in de bewaarcel in verschillende kuubskisten geplaatst werden en toen ze na 3 maanden weer opgehaald werden. Zo kon de mate van uitdroging bepaald worden. De broeibollen werden bij PPO in Lisse in de koelcel gelegd en daarna gebroeid. Het plantgoed werd op het veld geplant.

Van de gebroeide tulpen zijn o.a. de lengte en het gewicht bepaald. Alle tulpen waren van goede kwaliteit.



Uitdroging bij bewaring → pootlengte bij de broei

Uitdroging

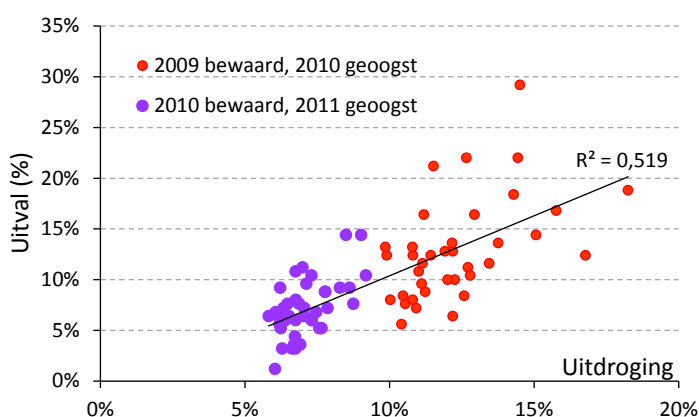
Opvallend was dat de bollenmonsters die tijdens de bewaring meer uitdroogden, bij de broei een kortere poot hadden. Op gewicht en totale plantlengte had uitdroging geen effect.

Van de per monster 250 geplante plantgoedbollen werd het volgende seizoen bij de oogst het verklisteringsgetal bepaald, het gewicht per geplante bol en het percentage uitval. Dit laatste is als volgt berekend: 250 *minus* het aantal geoogste bollen van maat 10 en groter, *gedeeld* door 250. Bij een lage oogst aan grote bollen is de uitval dus hoger. Bollenmonsters die tijdens de bewaring sterker uitdroogden gaven bij de oogst duidelijk een hoger percentage uitval, zie figuur.

Overmatig ventileren en circuleren leidt tot meer uitdroging. Vooral als het temperatuursverschil tussen cel en buitenlucht groot is: opwarming van buitenlucht naar 20 – 25 °C resulteert dan in lucht met een hoog vochtdeficit en dus veel droogkracht.

Samenvattend

Is het percentage zure bollen laag, dan wordt met de ethyleenanalyser de ventilatie beperkt. De bollen worden niet of nauwelijks aan ethyleengehaltes van boven de schadedrempel van 100 ppb blootgesteld. Hierdoor treedt er geen ethyleenschade op en wordt ook de besmettingsdruk op het veld verminderd. Doordat er minder geventileerd en gecirculeerd wordt treedt er minder uitdroging op. Het aandeel grotere bollen (10 en op) is in de teelt dan hoger en in de broei is de poot langer.



Uitdroging tijdens de bewaring → uitval in de teelt.

State-of-the-Art bewaren van tulpenbollen

3 - kWh's besparen bij de circulatie

Het in 2007 opgestarte project State-of-the-Art bewaren van tulpenbollen heeft laten zien dat met deze technologie veel energie bespaard kan worden. De kwaliteit van de bollen wordt hierbij verbeterd. Daarnaast is er t/m 2011 veel aanvullend onderzoek verricht o.a. naar de verbetering van de luchtverdeling over de kistenstapeling. Hierdoor kan nog veel meer energie bespaard worden. In een reeks van 4 artikelen worden de bevindingen van dit project samengevat. Dit 3^{de} artikel behandelt elektra besparen bij de circulatie.

Het project State-of-the-Art bewaren van tulpenbollen is uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd door de partijen in de Stuurgroep Schone en Zuinige Bloembollen (KAVB, PT, Min. EZ, Agentschap NL en telers). Rapportages zijn te downloaden vanaf <http://www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/publicaties-agrosectoren>



Kuubskisten variëren in grootte van 800 tot 1200 liter en worden 4 tot 6 hoog gestapeld, 5 tot 10 kisten diep en in 4 tot 6 rijen. Met zware ventilatoren (2 – 3 kW) wordt via het palletkanaal cellucht door de bollen geblazen met een debiet van gemiddeld 500 m³/uur per m³ bollen: de circulatie. Per ventilator worden 1 of 2 rijen kisten aangeblazen en ook per uitblaasopening van de systeemwand worden 1 of 2 lagen kisten aangeblazen (de zg. éénlaags en tweelaagssystemen).

Circulatie heeft in principe dezelfde functie als ventilatie: optimale bewaarcondities creëren in termen van ethyleengehalte, RV, temperatuur, CO₂ en O₂. Daarnaast is voldoende circulatie van belang om eventuele verschillen in bewaarcondities tussen kisten te minimaliseren.

E ↔ toerental ³

De circulatie werd tot op heden niet via de klimaatcomputer gestuurd. Het toerental van de circulatie-ventilator kan wel handmatig geregeld worden via frequentieregelaars, of in het geval van zg. gelijkstroomventilatoren via de potmeter. Het energieverbruik vermindert daarmee met de derde macht van het toerental: terugtoeren met slechts 10% geeft al een energiebesparing van ruim 25%. Het voorkómen van overmatig circuleren kan dus zeer veel energie besparen. Terugtoeren kan bij:

- Minder weerstand in het systeem
Een paar voorbeelden: Door het grotere aantal uitblaasopeningen geeft een éénlaags beluchtingssysteem minder weerstand dan het tweelaagssysteem. Wanneer de uitblaasopeningen zijn afgerond wordt de weerstand nog verder verlaagd. Bij ondiepe systeemwanden (≤ 120 cm) veroorzaakt de interne schuine wand veel meer weerstand dan het systeem met scheppen. Bij diepe wanden (170 cm) maakt het niets uit.
- Betere luchtverdeling over de kisten
De luchtverdeling over de kistenlagen is vooral bij tweelaagssystemen zeer ongelijk. De laag die het minste lucht krijgt (bij een vierhoog stapeling is dat de derde laag van onderen) krijgt vaak maar een kwart tot een derde van de hoeveelheid die de meest beluchte laag krijgt. Bij zo'n tweelaagssysteem is de luchtverdeling alleen te verbeteren door de bovenste kistenlaag met platen af te dekken en daarbij slechts een minimale spleetruimte (± 1 cm) over te laten. Bij een vijfhoog tweelaagssysteem dient daarnaast ook de onderste uitblaasopening tot minstens de helft met een driehoekige lat geknepen te worden om te voorkomen dat die laag veel te veel lucht krijgt.
Ook bij éénlaagssystemen met een interne schuine wand krijgt de onderste laag relatief veel lucht en de lagen naar boven toe krijgen steeds minder. De bovenste laag krijgt juist weer erg veel lucht omdat de uitblaasopening van de bovenste kisten veel groter is dan de spleten van de kisten eronder. Het éénlaagssysteem is echter vrij simpel aan te passen door het plaatsen van een schans voor de onderste laag en de 2^{de} en in mindere mate de 3^{de} uitblaasopening met driehoekige latten te verkleinen. In plaats van het afdekken met platen van de bovenste kisten kan de bovenste uitblaasopening verkleind worden. Wanneer het verschil tussen de minst en de meest beluchte laag teruggebracht is van een factor 3 à 4

naar minder dan 1,5 kan er flink teruggetoerd worden, waarbij de minst belucht laag nog voldoende lucht krijgt.

Procentueel blijft de luchtverdeling over lagen en kisten vrijwel gelijk bij terug- of optoeren. Maar wanneer kisten weggehaald worden verandert ook de weerstand en daarmee ook weer de luchtverdeling. De aanpassingen moeten dus voor de meest voorkomende opstelling gerealiseerd worden.

Behalve dat de luchtverdeling over lagen verschilt, verschilt ook de verdeling over de kisten binnen een laag: kisten het verst van de wand krijgen de meeste lucht, kisten het dichtst tegen de wand krijgen het minst. Dit verschil is groter naarmate er minder weerstand per kist is. Verschillen tussen lagen zijn echter over het algemeen groter dan verschillen binnen lagen, vooral bij tweelaagssystemen.



- Een grotere bolmaat/minder volle kisten
Een kleiner bolmaat betekent meer weerstand. Meer weerstand betekent minder lucht, maar wel beter over de lagen verdeeld. Een systeemwand moet dus aan de bolsoort aangepast worden (vergelijk krokus met zantedeschia) en in voorkomende gevallen kan het dus gunstig zijn om voor plantgoed en voor leverbaar systeemwanden apart aan te passen.
Minder volle kisten geven minder weerstand, dus meer lucht per kist. Om sneller te drogen kunnen de kisten dus ook minder gevuld worden.
- Minder kisten voor de wand
Staan er minder kisten voor de wand, dan neemt de totale weerstand van de kistenstapeling toe. Het totale debiet neemt dan af, maar niet zo sterk dat het debiet per kist gelijk blijft. Er kan dus teruggetoerd worden. Om dit te automatiseren zijn een kistentelsysteem (afstandsensor, magazijnsysteem) plus een debietmeter nodig.
- Een ventilator met overcapaciteit
Vaak worden op de systeemwand te zware ventilatoren geplaatst. Bij doormeting van de luchthoeveelheid bij voltoeren blijkt vaak dat het gemiddelde debiet per m^3 bollen ruim boven de norm van 500 m^3 uit komt (vaak meer dan $800 \text{ m}^3/\text{uur}$). Achtergrond hierbij kan ook zijn dat het debiet van de minst belucht kist dan toch nog in de buurt van 500 m^3 komt. Het verbeteren van de luchtverdeling is dan echter veel effectiever en energiezuiniger.
- Een lagere circulatienorm (bv. $250 \text{ m}^3/\text{uur}$ i.p.v. 500) is mogelijk wanneer het percentage zure bollen laag is, wanneer de luchtverdeling over de stapeling gelijkmatiger is en wanneer de bollen in rust zijn. De ademhaling is dan laag, waardoor de warmteproductie beperkt is en het temperatuursverschil tussen de minst en de meest beluchte kist klein blijft ($< 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$).
- Lekkage van lucht uit de kistenstapeling, zodat de lucht niet langs de bollen stroomt, maar door kieren en spleten direct de cel in, kan aanzienlijk zijn (20 – 50%). Bij éénlaagssystemen is het zaak de

palletruimtes van de kisten goed op elkaar aan te sluiten. Bij tweelaagssystemen moeten bovendien de kisten netjes boven elkaar gestapeld zijn. Slordig stapelen, oude kromme kisten, een onregelmatige vloer of een *net* iets andere kistmaat (kisten van een andere fabrikant die b.v. 0.5 cm lager zijn geven bij 6 hoog een verschil van 3 cm) moet zoveel mogelijk worden voorkómen.



Samenvattend:

Overmatige circulatie kan beperkt worden de luchtverdeling over het systeem te verbeteren en door de luchthoeveelheid aan de omstandigheden aan te passen. Ook door het verminderen van de lekkage door netter te stapelen en oude kromme kisten af te schrijven kan men met minder lucht toe. Door deze maatregelen kan 10 tot 30% teruggetoerd worden waarmee 25 tot 65% op elektra bespaard wordt terwijl de bollen evenveel lucht krijgen.



State-of-the-Art bewaren van tulpenbollen

4- Circulatiennormen

Het in 2007 opgestarte project State-of-the-Art bewaren van tulpenbollen heeft laten zien dat met deze technologie veel energie bespaard kan worden. De kwaliteit van de bollen wordt hierbij verbeterd. Daarnaast is er t/m 2011 veel aanvullend onderzoek verricht o.a. naar de verbetering van de luchtverdeling over de kistenstapeling. Hierdoor kan nog veel meer energie bespaard worden. In een reeks van 4 artikelen worden de bevindingen van dit project samengevat. Dit vierde artikel behandelt de circulatienorm.

Het project State-of-the-Art bewaren van tulpenbollen is uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd door de partijen in de Stuurgroep Schone en Zuinige Bloembollen (KAVB, PT, Min. EZ, Agentschap NL en telers). Rapportages zijn te downloaden vanaf <http://www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/publicaties-agrosectoren>



Ventilatie- en circulatiennormen stammen uit de tijd dat de af te voeren stoffen niet door sensoren continue gemeten (gemonitord) konden worden, en dat het bewaarklimaat niet door een klimaatcomputer gestuurd kon worden. Ze zijn berekend op basis van zogenaamde worst case scenario's. Nu alles in principe meetbaar en regelbaar is, kan zeer veel energie bespaard worden in vergelijking met handmatig volgens die normen ingestelde ventilatie en circulatie. Aan de hand van enkele scenario's wordt dit gedemonstreerd.



De ventilatienorm

De ventilatienorm voor tulpenbollen kan eenvoudig afgeleid worden uit de ethyleenproductie per zure bol, het maximale percentage zure bollen en de schadedrempel van 100 ppb voor ethyleen. Het ethyleengehalte tussen de bollen in een kuubkist (e^{kist}) is te berekenen met: $e^{kist} = P^{kist}/Circulatie + P^{cel}/Ventilatie + e^{buiten}$. Hierin is P^{kist} = de ethyleenproductie in de kist, P^{cel} = de gemiddelde ethyleenproductie in de bewaarcel, $e^{buiten} = 5$ ppb en e^{kist} moet onder de 100 ppb blijven. Bij gemiddeld 5 procent zure bollen in de cel en in de kist, en een gemiddelde ethyleenproductie van 0.14 ml/dag per zure bol, leidt ventilatie met 100 m³/uur en circulatie met 500 m³/uur per kuub bollen tot een ethyleengehalte van 100 ppb tussen de bollen in de kist en een ethyleengehalte van van 84 ppb in de cellucht, scenario 1 in de tabel.

Is het percentage zure bollen lager, b.v. 2 %, dan blijft bij deze ventilatie- en circulatiedebieten het ethyleengehalte tussen de bollen op 43 ppb. Bij een percentage zure bollen hoger dan 5%, of bij zure bollen die veel meer dan de 0.14 ml ethyleen/dag per bol produceren, komt het ethyleengehalte boven de 100 ppb. De meeste cellen zijn ingericht op een maximum ventilatiedebiet van 100 – 120 m³/uur per kuub bollen, zodat als de ethyleenproductie heel erg oploopt de ventilatiecapaciteit niet meer voldoet. Een oplossing is dan om het aantal kisten te verminderen.

Tabel: Scenario's bij de bewaring. Veranderde omstandigheden of instellingen t.o.v. het vorige scenario zijn vet gedrukt. Energiekosten per dag zijn berekend voor een cel met 324 m3 bollen.

	Eenheid	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% zure bollen in de cel	%	5%	5%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
ademhaling	ml CO ₂ /uur/kg	10	10	10	10	10	40	40	40	40	40
ventilatie	m ³ /uur	100	100	20	20	28	28	28	100	28	94
circulatie	m ³ /uur	500	400	100	165	165	165	500	500	165	165
spreiding circulatie	%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	10%	10%
ethyleengehalte in de kist	ppb	100	104	100	94	71	71	65	24	71	31
meest beluchte kist	ppb	96	99	96	91	69	69	64	23	70	31
minst beluchte kist	ppb	111	117	111	100	78	78	67	26	72	33
CO ₂ tussen de bollen	ppm	457	460	745	721	636	1388	1290	673	1388	786
RV tussen bollen	%	64%	64%	67%	67%	66%	69%	69%	65%	69%	66%
ΔT meest en minst beluchte kist	°C	0,16	0,21	0,82	0,50	0,50	2,23	0,74	0,74	0,47	0,47
Circulatieventilatoren	€/dag	39	20	0,3	1,4	1,4	1,4	39	39	1,4	1,4
Opwarmen buitenlucht	€/dag	22	29	0	0	0,1	0	0	0	0	0,2
warmte afvoer/koelen	€/dag	0	0	4	4	0	33	45	9	33	0
totaal (incl. ventilatie ventilator)	€/dag	72	59	15	16	12	45	95	59	45	12

ΔT = temperatuursverschil

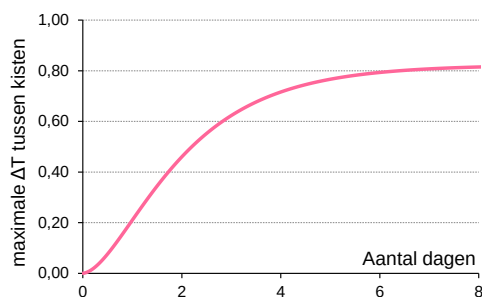
De circulatienorm

Als bij 5% zure bollen door een ongelijkmatige luchtverdeling over de kistenstapeling de circulatie van de minst beluchte kist slechts 300 m³/uur is, en die van de meest beluchte kist 700 m³/uur, dan is het ethyleengehalte in die kisten respectievelijk 111 en 96 ppb. Dit is maar een klein verschil en heeft op de bollen geen effect.

Wordt in deze situatie het circulatiedebiet teruggebracht naar 400 m³/uur (scenario 2), dan wordt het ethyleengehalte gemiddeld per kist maar iets hoger: 104 ppb in plaats van 100 ppb. En in de minst en in de meest beluchte kist worden de gehalten respectievelijk 117 en 99 ppb. Dit zijn slechts kleine toenames die op de bollen geen effect zullen hebben. Het energieverbruik voor circulatie neemt echter al met 50% af!

Weinig zure bollen (1%)

Bij slechts 1% zure bollen daalt het gemiddelde ethyleengehalte tussen de bollen naar 25 ppb, en naar 27 ppb in de minst, en naar 24 ppb in de meest beluchte kist. De ventilatie kan dan fors verminderd worden, naar b.v. 20 m³/uur. Het ethyleengehalte tussen de bollen wordt dan 88 ppb, zodat ook de circulatie minder kan: naar 100 m³/uur, scenario 3. Het ethyleengehalte tussen de bollen komt dan weer op 100 ppb. Wat ethyleen betreft is er bij de gemiddelde weersomstandigheden (buiten 15 °C en een RV van 85%) en een celtemperatuur van 20 °C, geen probleem. De RV tussen de bollen is optimaal (67%). In deze situatie loopt het temperatuursverschil tussen de minst en de meest beluchte kist echter op tot 0.82 °C. Dat gebeurt niet meteen, maar dat duurt volgens berekeningen ongeveer 6 dagen, zie figuur.



Toename ΔT minst en meest beluchte kist

Door toch wat meer te circuleren wordt dit voorkomen: met 165 m³/uur loopt het temperatuurverschil op tot maximaal 0.5 °C, scenario 4. Vergeleken met de oorspronkelijke situatie (5% zure bollen, 100 m³/uur ventileren en 500 m³/uur circuleren) wordt dan nog fors op energie bespaard: 78%. Analyse van de energiekosten laat echter zien dat ongeveer een kwart van deze kosten toegerekend worden aan het afvoeren van warmte (koelen dus). Omdat de buitentemperatuur lager is dan de celtemperatuur, is het goedkoper om iets meer te ventileren en daarmee koelen te voorkomen, scenario 5: met 28 m³/uur wordt dit gerealiseerd en wordt er 83% op energie bespaard.

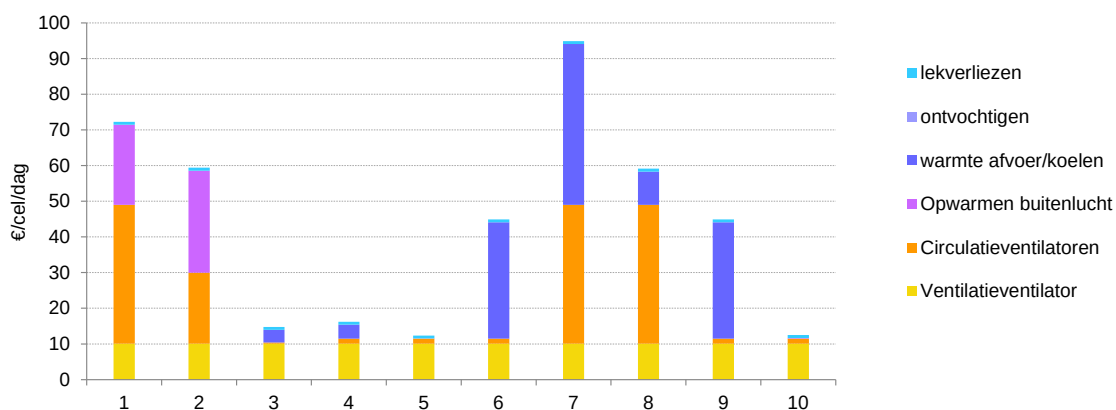
Ademhaling

Achtergrond bij het oplopen van het temperatuurverschil tussen de minst en de meest beluchte kist is de warmte die vrijkomt bij de ademhaling. Bij een ongelijke luchtverdeling over de kisten wordt van de minst beluchte kist minder warmte afgevoerd dan van de meest beluchte kist. De temperatuur van de bollen loopt op tot het moment dat het temperatuurverschil tussen bollen en circulatielucht zo groot is, dat de hoeveelheid lucht die in één uur door de bollen stroomt (het circulatiedebiet) precies de ademhalingswarmte op kan nemen. De bollen in de minst beluchte kist worden daardoor warmer dan die in de meest beluchte kist.

Zijn de bollen net gepeld dan neemt door “stress” de ademhaling voor enkele dagen sterk toe tot wel een factor 4 à 5, scenario 6. Het gevolg is dat het temperatuurverschil tussen de minst en de meest beluchte kist sterk oploopt: binnen 3 dagen naar meer dan 2 °C. Zelfs een circulatiedebiet van 500 m³/uur houdt dit temperatuurverschil niet onder de 0,5 °C (het zakt wel van meer dan 2 naar 0.74 °C), scenario 7. De bewaarkosten lopen nu weer op, vooral ook omdat er extra gekoeld moet worden. Door maximaal te ventileren hoeft er veel minder gekoeld te worden en nemen de kosten weer af, scenario 8. De periode van verhoogde ademhaling door stress van het pellen duurt ongeveer een week.

Gelijkmatiger luchtverdeling

Een andere benadering in het voorgaande geval is om de luchtverdeling te verbeteren. Is de spreiding in debiet door aanpassingen aan de systeemwand teruggebracht van 40% naar 10%, scenario 9, dan is het optoeren van de circulatie niet nodig en blijft het maximale temperatuurverschil tussen kisten onder de 0,5 °C. Wel is het nodig het ventilatiedebiet op te voeren van 28 naar 94m³/uur, scenario 10. Hiermee wordt koelen voorkomen en worden de kosten fors verlaagd.



Figuur: Energiekosten scenario's 1 t/m 10

Samenvattend

Ethyleen, CO₂, RV en temperatuur zijn met sensoren continue en nauwkeurig te meten. De ventilatie, de circulatie en de verwarming\koeling zijn op basis van die metingen door de klimaatcomputer te sturen. Ventilatie- en circulatienormen zijn hierdoor overbodig geworden. Wat telt zijn de waarden van de schadedrempels waarop het bewaarklimaat gestuurd wordt. Met de juiste sturing (software en instellingen) wordt tegen de laagste energiekosten het beste bewaarklimaat gerealiseerd.

