

# Energiebesparing door verminderde circulatie

Aan/uit- versus Frequentieregeling

Jeroen Wildschut, Henk Gude (PPO)  
Niels Kreuk, Maurice Kok (DLV)

© 2005 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 Meerjarenafpraak energie Bloembollen (KAVB, PT, LNV, SenterNovem en telers).



Projectnummer: 360069

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.  
Bloembollen

Adres : Prof. Van Slogterenweg 2, 2161 DW Lisse  
: Postbus 85, 2160 AB Lisse  
Tel. : 0252 – 462 121  
Fax : 0252 – 462100  
E-mail : info.ppo@wur.nl  
Internet : www.ppo.wur.nl

# Inhoudsopgave

pagina

0	SAMENVATTING.....	4
1	ORGANISATIE EN DEMO-PROEFOPSTELLING.....	5
2	ENERGIEVERBRUIK .....	8
3	LUCHTSTROOM.....	10
3.1	Kistpositie en inhoud.....	10
3.2	Lekkage.....	13
3.3	De “Druppel” .....	13
4	ETHYLEEN .....	14
4.1	Aan/uit versus frequentie.....	14
4.2	Buitenlucht .....	15
4.3	Zuur.....	17
5	CO <sub>2</sub> , RV EN TEMPERATUUR .....	18
6	OPEN DAG EN STUDIEGROEPEN.....	20
7	CONCLUSIES & AANBEVELINGEN .....	21
	Bijlage 1: Persbericht . .....	24
	Bijlage 2: Artikel in Bloembollenvisie .....	25

## 0 Samenvatting

De standaardnorm voor de luchtcirculatie bij de bewaring van tulpenbollen is 500 m<sup>3</sup> lucht/uur/m<sup>3</sup> bollen. Eerder onderzoek wees uit dat deze hoeveelheid flink verminderd kan worden. In een demo-proefopstelling is dit verminderen d.m.v. een frequentieregeling vergeleken met een aan/uit regeling. Doel van deze opstelling was te demonstreren dat hiermee relatief veel energie bespaard kan worden zonder nadelige effecten op de bollen. Hiertoe zijn gedurende de bewaarperiode het ethyleen- en CO<sub>2</sub>-gehalte, de relatieve luchtvochtigheid (RV) en de temperatuur tussen de bollen continue gemeten en digitaal opgeslagen. Daarnaast zijn bij verschillende kistenstapelings en bij verschillende frequenties de totale luchthoeveelheid per stapeling en de luchtstroom per kist gemeten. De energiemeterstanden zijn 3 maal per week bijgehouden.

Door soms hoog oplopende ethyleenconcentraties kon met de aan/uitregeling de luchtstroom niet zo sterk verminderd worden als met de frequentieregeling. Omdat daarnaast het verband tussen frequentie evenredig is met luchtstroom en energieverbruik evenredig met de luchtstroom tot de 3<sup>de</sup> macht, is er in deze demo-proefopstelling tijdens de bewaarperiode met de frequentieregeling 60% minder energie verbruikt dan bij de aan/uit-regeling.

De metingen van de luchtstromen lieten o.a. zien dat door de kist die het verst van de ventilator staat de meeste lucht komt. Door een kist met bollen van één maat groter komt gemiddeld 16% meer lucht. De lekkage in de verschillende stapelingen was rond de 25% en de verhouding tussen de kist waar het minste lucht en de kist waar het meeste lucht doorkwam was tussen 3 en 3.5. Deze verhouding, en het lekkagepercentage, zijn onafhankelijk van de frequentie-instelling. Door deze verhouding, en het lekkagepercentage, te verlagen, kan nog veel meer energie bespaard worden.

Waarschijnlijk doordat de rand van de eerste onderste kist iets boven de uitblaasopening van de ventilatorkast uitstak bleek de proefopstelling ongeschikt om het effect van de “druppel” aan te tonen.

Metingen lieten zien dat in de aan/uit regeling de ethyleenconcentratie tijdens de uit-periode, evenredig met het percentage zure bollen, flink kan oplopen. Of de bollen tolerant zijn voor deze kortstondige blootstelling is onduidelijk. In de frequentieregeling is de ethyleenconcentratie stabiel en laag. Door fluctuaties van het ethyleengehalte in de buitenlucht bleek over de gehele bewaarperiode de minimum ethyleenwaarde in de cel flink te schommelen en soms tot boven de 100 ppb op te lopen.

Gedurende een korte periode liep bij de aan/uit regeling het CO<sub>2</sub> gehalte op tot iets boven de 7000 ppm (10.000 ppm wordt aangehouden als schadedrempel). Dit was net na het sorteren. Hierna lagen de maximale CO<sub>2</sub>-waarden tussen de 1500 en 2000 ppm. Bij frequentiegeregelde ventilatie bleven de maximale CO<sub>2</sub>-waarden gelijkmatig rond de 500 ppm.

Frequentie- en aan/uit-regeling verschillen niet voor wat betreft de RV, het gewichtsverlies van de bollen en de temperatuur.

Tijdens de bijeenkomsten met de studiegroepen bleek dat heel weinig telers weten hoeveel lucht er eigenlijk door de kisten stroomt en dat er op veel bedrijven waarschijnlijk meer energie bespaard kan worden dan zoals bepaald is in deze demo-proefopstelling.

# 1 Organisatie en demo-proefopstelling

Hoofddoel van deze demo-proefopstelling was te demonstreren dat er gedurende het bewaar seizoen relatief veel energie en geld bespaard kan worden door ruim onder de algemene norm van 500m<sup>3</sup> lucht/uur/m<sup>3</sup> bollen te circuleren. Hiertoe zijn in een bewaarcel twee bewaarwanden opgesteld, zie foto's 1, 2 en 3. In de ene kistenstapeling is de circulatiehoeveelheid teruggebracht dmv. een frequentieregeling, in de andere dmv. van een aan/uit regeling. De energiemeterstanden werden voor elke opstelling 3 maal per week bijgehouden.



Foto 1: Opbouw kistenopstelling



Foto 2: Voorzijde kistenopstelling



Foto 3: Achterzijde kistenopstelling



Foto 4: Afdekking kisten bovenlaag

Na het grof sorteren zijn op 15 juli de eerste opstellingen opgebouwd. Op 9 augustus zijn de kisten weer opgehaald en na sorteren op 11 augustus teruggeplaatst. Er zijn toen 4 extra kisten bijgeplaatst om bij  $\pm$  50 Hz voldoende tegendruk te hebben.

Eerder onderzoek in 2004 wees uit dat de circulatiehoeveelheid flink teruggebracht kan worden, zonder nadelige effecten op CO<sub>2</sub>, de luchtvochtigheid (RV) en de temperatuur tussen de bollen. In twee palletkisten per opstelling zijn met sensoren tussen de bollen het CO<sub>2</sub>-gehalte van de lucht, de luchtvochtigheid en de temperatuur permanent gemonitord en digitaal opgeslagen. In één kist per opstelling is dit ook voor de ethyleenconcentratie gedaan. Daarnaast zijn bij verschillende stapelingen, verschillende frequentie-instellingen en na het aanbrengen van de zg. "druppels" (dit zijn afgeronde balken die in de bewaarwand horizontaal onder en boven de uitblaasopening worden aangebracht, om zo de afgeronde uitblaasopening te benaderen), de totale luchtstroom en de luchtstroom per kist gemeten. Dit laatste is mogelijk door de

vierkante palletkisten in de onderste laag een kwart slag te draaien, waardoor de luchtstroom van elke kist afzonderlijk te meten is. De palletopeningen zijn hierbij voor  $\frac{3}{4}$  afgesloten. De kisten in de bovenlaag zijn afgedekt met pallet met een vergelijkbare opening, foto 4. Voor kistinhoud en positie in de verschillende stapelingen, zie Tabel 1 en 2. In de stapelingen is er voor gezorgd dat cultivar (ivm. eventueel zuur), bolmaat en vulling gelijk over de twee opstellingen verdeeld zijn.

De demo-proefopstelling (inclusief open dag, rondleidingen van studiegroepen en lezingen op locatie) is georganiseerd door DLV, de proef-technische aspecten werden begeleid door PPO. Bewaarwand en toebehoren zijn geleverd door Omnivent BV., de twee ethyleensensoren door Hatech. DLV organiseerde daarnaast voor studiegroepen en andere geïnteresseerden een open dag, verschillende rondleidingen en een aantal lezingen op locatie.

Tabel 1: Kistinhoud en opstelling van 15 juli tot 9 augustus, voor het sorteren.

Kistpositie vanaf de wand:		1	2	3	4	5	
<b>Opstelling met de frequentiegeregelde ventilator</b>							<b>Totaal</b>
Boven	Kistnr.	15	2	10	5	17	
	Cultivar	QM*	LV	LV	LV	QM	
	m <sup>3</sup> bollen	1,02	0,81	0,99	0,98	0,98	4,77
	bolmaat	9	<9	9	<9	<9	
	geschoond	ja	nee	ja	nee	nee	
Onder	Kistnr.	14	20	3	7	19	
	Cultivar	QM	QM	LV	LV	QM	
	m <sup>3</sup> bollen	0,99	0,98	0,62	0,98	0,98	4,54
	bolmaat	<9	<9	<9	<9	9	
	geschoond	nee	nee	nee	nee	ja	9,31
<b>Opstelling met de Aan/Uit geregelde ventilator</b>							<b>Totaal</b>
Boven	Kistnr.	12	1	9	4	11	
	Cultivar	QM	LV	LV	LV	QM	
	m <sup>3</sup> bollen	1,03	0,85	0,99	0,89	0,98	4,74
	bolmaat	9	<9	9	9	9	
	geschoond	ja	nee	ja	ja	nee	
Onder	Kistnr.	13	18	8	6	16	
	Cultivar	QM	QM	LV	LV	QM	
	m <sup>3</sup> bollen	0,99	0,96	0,72	0,98	0,98	4,62
	bolmaat	<9	<9	<9	<9	9	
	geschoond	nee	nee	ja	nee	ja	9,36

\*LV = Leo Visser, QM = Queen of Marvel

Tabel 2: Kistinhoud en opstelling vanaf 11 augustus, na het sorteren.

Kistpositie vanaf de wand:		1	2	3	4	5	6	
<b>Opstelling met de frequentieregelde ventilator</b>								<b>Totaal</b>
Boven	Kistnr.	8	10	2	24	6	20	
	Cultivar	LV*	LV	QM	AR	LV	AR	
	m <sup>3</sup> bollen	0,72	1,06	1,02	1,06	1,00	1,06	5,91
	bolmaat	9+	9+	7-9	7-9	5-7	5-7	
	geschoond	ja	ja	ja	ja	ja	ja	
Onder	Kistnr.	9	3	15	21	11	16	
	Cultivar	LV	QM	QM	AR	LV	QM	
	m <sup>3</sup> bollen	1,06	1,04	1,06	1,06	0,51	0,99	5,72
	bolmaat	7-9	9+	7-9	7-9	<5	5-7	
	geschoond	ja	ja	ja	ja	ja	ja	
								11,62
<b>Opstelling met de Aan/Uit geregelde ventilator</b>								<b>Totaal</b>
Boven	Kistnr.	7	18	1	23	13	19	
	Cultivar	LV	AR	QM	AR	QM	AR	
	m <sup>3</sup> bollen	0,79	1,06	1,06	1,06	0,99	1,03	5,97
	bolmaat	7-9	7-9	7-9	7-9	5-7	5-7	
	geschoond	ja	ja	ja	ja	ja	ja	
Onder	Kistnr.	5	4	14	22	17	12	
	Cultivar	LV	QM	QM	AR	QM	LV	
	m <sup>3</sup> bollen	1,06	1,03	1,06	1,03	0,51	0,79	5,47
	bolmaat	7-9	9	7-9	7-9	<5	5-7	
	geschoond	ja	ja	ja	ja	ja	ja	
								11,45

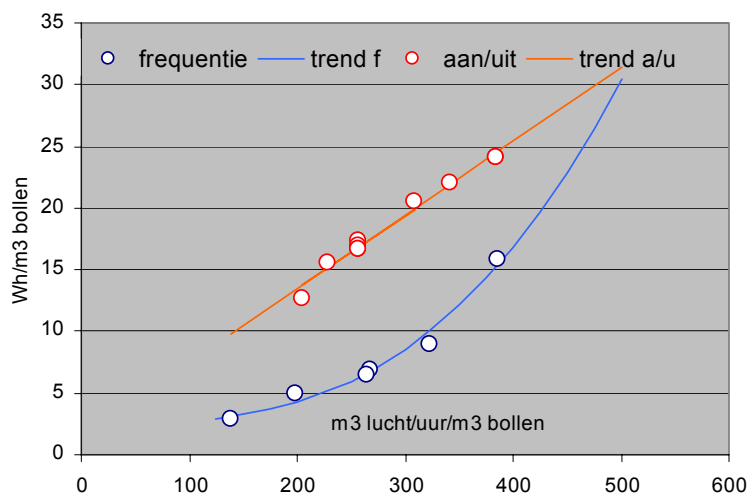
\*LV = Leo Visser, QM = Queen of Marvel, AR = Attila Record

## 2 Energieverbruik

Door de luchtstroom bij de circulatie te verminderen vermindert het energieverbruik. Bij de aan/uit regeling is de afname van het energieverbruik grofweg evenredig met het aantal minuten per uur dat de ventilator uit staat. Bij een frequentie-geregelde ventilator neemt het energieverbruik af met de derde macht van de frequentie, zie box:

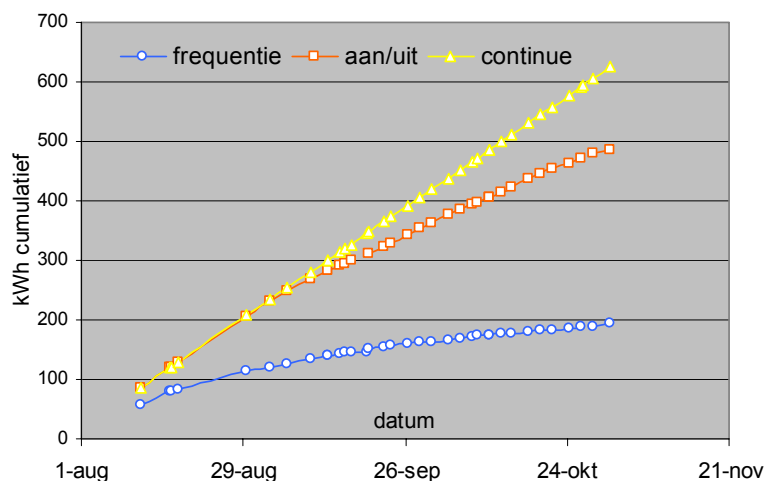
- Frequentie = Hertz (Hz) → evenredig met toerental → evenredig met luchtstroom ( $\text{m}^3/\text{uur}$ ).
- Energieverbruik = Wh → evenredig met de luchtstroom ( $\text{m}^3/\text{uur}$ ) tot de 3<sup>de</sup> macht.

Voor de proefopstelling betekende dit een afname in het gemeten energieverbruik per  $\text{m}^3$  lucht/uur/ $\text{m}^3$  bollen, zoals in Figuur 1.



Figuur 1: Energieverbruik en luchtstroom

Voor zover de ethyleenconcentratie dat toestond, is tijdens de bewaarperiode de luchtstroom bij circulatie steeds verder verminderd. Bij de aan/uit regeling bleek de ethyleenconcentratie tijdens de uit-periode regelmatig boven de schadedrempel van 100 ppb op te lopen, terwijl dit bij de frequentieregeling niet voorkwam (zie hoofdstuk 4). Uit voorzichtigheid kon de luchtstroom bij de aan/uit regeling dus niet zo sterk verminderd worden als bij de frequentieregeling. De bijgehouden energiemeterstand, Figuur 2, laat zien dat in de loop van het bewaar seizoen het verschil tussen frequentie-geregeld



Figuur 2: Totale energieverbruik



vermindere en verminderen met de aan/uit regeling steeds groter wordt. Aan het eind van de bewaarperiode was het energieverbruik bij frequentie-geregelde vermindering 40% van het energieverbruik bij verminderen met aan/uit.

Een-en-ander omrekenend *per* ventilator van 2,2 kWh die gemiddeld 2500 draaiuren per seizoen heeft (Tabel 3), zou dit betekenen dat er bij een kWh prijs van 9 cent met een frequentieregelaar € 340,- per seizoen bespaard wordt, met de aan/uit optie € 110. Na aftrek van de kosten van een frequentieregelaar (€ 900,-) is de netto besparing na 5 jaar ± € 800,-. De terugverdientijd is dan minder dan 3 jaar. Stijgt de kWh prijs naar 13 cent, dan is de nettobesparing na 5 jaar ruim € 1500,- en de terugverdientijd minder dan 2 jaar.

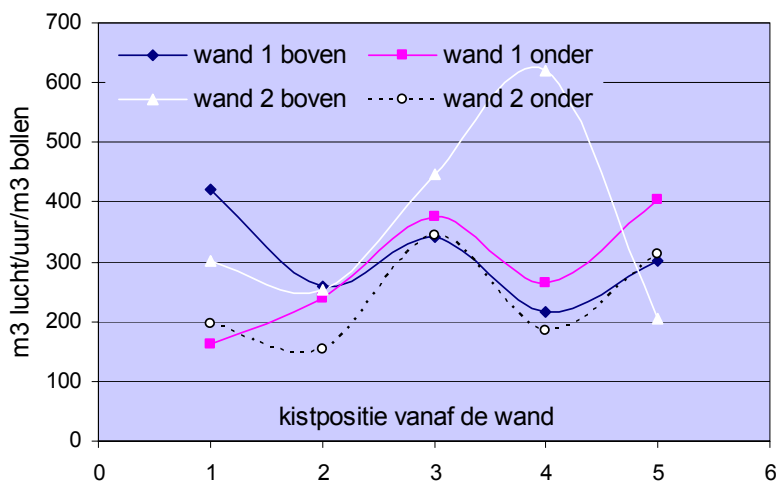
Tabel 3: Besparingen met verminderde circulatie middels frequentieregeling versus aan/uit.

	Proefopstelling		Omgerekend per ventilator à 2,2kWh, 2500 draaiuren		
	kWh	kWh	€	Bruto bespaard per seizoen	Netto besp. na 5 jaar
frequentie	195	1718	155	340	802
aan/uit	485	4273	385	110	552
continue	624	5500	495	0	
frq ↔ aan/uit	290	→	<b>60%</b>	bespaard met frequentie t.o.v. aan/uit	
frq ↔ continue	429	→	69%	bespaard met frequentie t.o.v. continue	
aan/uit ↔ continue	139	→	22%	bespaard met aan/uit t.o.v. continue	
kWh prijs = € 0,09			kosten frequentieregelaar € 900,-		

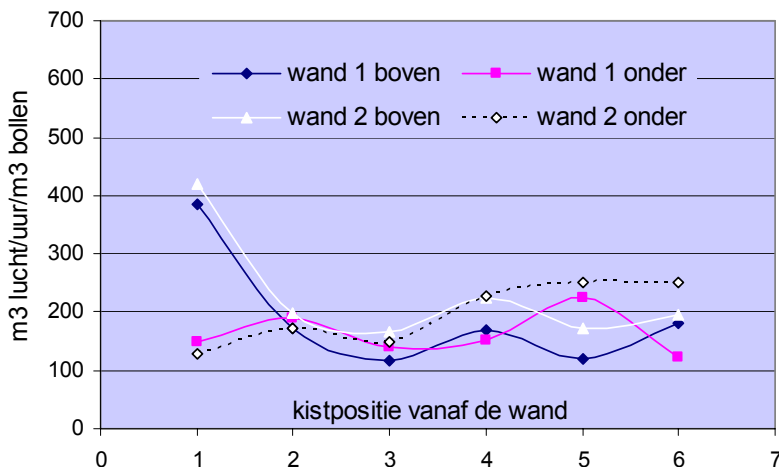
## 3 Luchtstroom

### 3.1 Kistpositie en inhoud

De verdeling van de luchtstroom over de kisten in de stapeling wordt bepaald door de positie van de kist in de stapeling (de afstand tot de bewaarwand en plaatsing in de onder- of bovenlaag) *en* door de kistinhoud (bolmaat plus eventueel vuil, en de mate waarin de kist gevuld is). In de eerste opstelling (2 x 5 kisten per wand van 15 juli tot 9 augustus, zie ook Tabel 1) gaf de gemiddelde luchtstroom per kist het beeld als in figuur 3. In de tweede opstelling (2 x 6 kisten per wand, na 11 augustus, zie ook Tabel 2) als in figuur 4.



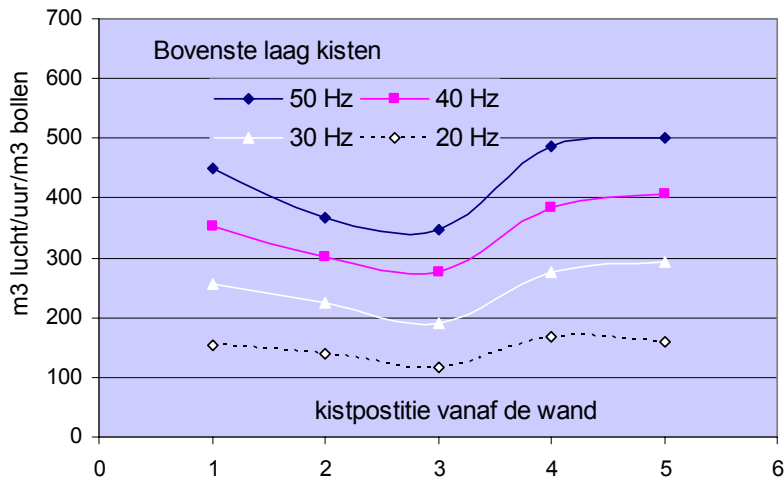
Figuur 3: Gemiddelde luchtstroom per kist in de 1<sup>ste</sup> opstelling



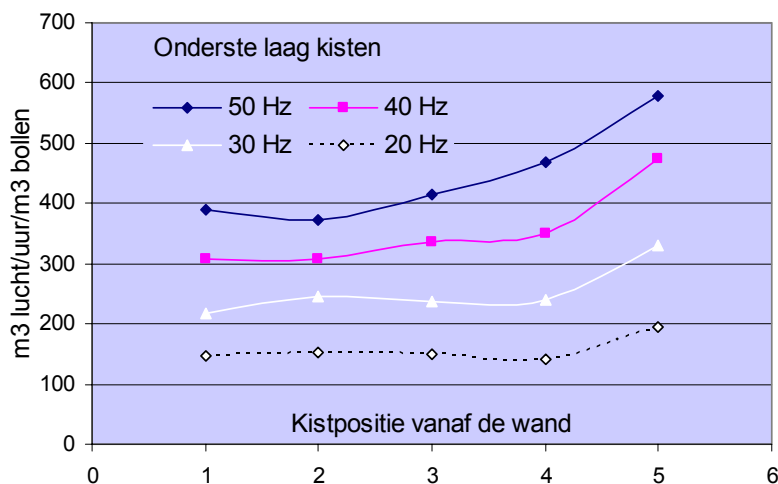
Figuur 4: Gemiddelde luchtstroom per kist in de 2<sup>de</sup> opstelling

In een derde opstelling zijn voor één wand qua inhoud 2 x 5 kisten gebruikt met de zelfde bolmaat en het zelfde vullingspercentage, zodat alleen de kistpositie op de luchtstroom van invloed is. De luchtstroom per kist is gemeten bij 50 Hz (578 m<sup>3</sup> lucht/uur/m<sup>3</sup> bollen de gehele wand ingeblazen), 40 Hz, 30 Hz en 20 Hz (met resp. 460, 323 en 193 m<sup>3</sup> lucht/uur/m<sup>3</sup> bollen de gehele wand ingeblazen). De resultaten laten zien

dat bij de bovenste laag de kist die zich het verst van de ventilator bevindt de meeste lucht krijgt. De derde kist vanaf de ventilator krijgt het minste lucht, Figuur 5. Ook in de onderste laag krijgt de verste kist de meeste lucht, maar de minste lucht gaat door de eerste twee kisten, Figuur 6.



Figuur 5: Luchtstroom per kist in de 3<sup>de</sup> opstelling

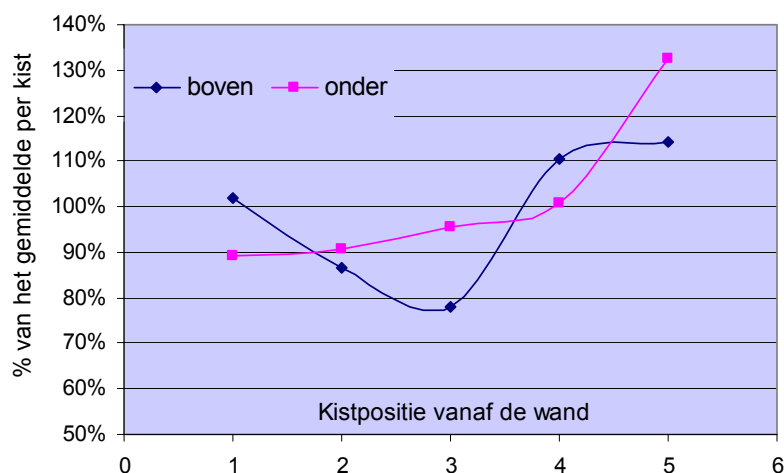


Figuur 6: Luchtstroom per kist in de 3<sup>de</sup> opstelling

Bij lagere frequentie is de luchtstroom evenredig lager, maar relatief (in procenten van de gemiddelde luchtstroom per kist per ingestelde frequentie) is de verdeling van de lucht over de kisten gelijk. Ongeacht de totale hoeveelheid lucht die door de kisten wordt geblazen, de laatste kist krijgt in de onderste laag altijd ongeveer 30% meer dan gemiddeld, en de derde kist in de bovenste laag krijgt altijd 20% minder dan het gemiddelde. De Figuren 5 en 6 zijn daarom te vereenvoudigen tot Figuur 7. Deze figuur komt redelijk overeen met simulatieresultaten met CFD (nl. kist 2 en 3 minder lucht dan kist 1, kist 4 meer dan kist 1 en vanaf kist 4 tot kist 6 sterk oplopend) en de ervaringen van telers (nl. dat de positie van de 3<sup>de</sup> kist het ongunstigst is).

Door nu de luchtstroom per kist uit figuur 4 te corrigeren met het positie-effect zoals verbeeld in Figuur 7, kan het effect van bolmaat en kistvulling worden geschat. Het verband tussen relatieve luchtstroom (RL%) enerzijds en bolmaat (M) en kistvulling (V) anderzijds blijkt bij de in deze proefopstelling gebruikte bolmaten van maat 4 t/m 10:

$$RL\% = 16 (\pm 2,6) M/V - 26 \quad (R^2 = 0,622, p=0.000028).$$



Figuur 7: Relatieve luchtstroom per kist in de 3<sup>de</sup> opstelling

Dit betekent bijvoorbeeld dat er door een kist die voor 100% gevuld is met bollen van maat 8 ongeveer 13 tot 19% meer lucht gaat dan een kist gevuld met maat 7. En dat als die kist maar voor 50% gevuld is er 26 tot 38% meer lucht door gaat.

De combinatie van kistpositie en kistinhoud leidde ertoe dat er, ongeacht de ingestelde frequentie (lees: totale luchtstroom) in deze stapeling een factor 3 tot 3,5 keer zoveel lucht door de gunstigste kist kwam dan door de ongunstigste kist. Simulatie met CFD kwam zelfs uit op een factor 6. Indien de ventilator zo is afgesteld dat er ook door de ongunstigste kist voldoende lucht komt, dan komt er door de gunstigste kist dus een flinke overmaat. Door deze verhouding terug te brengen naar bijvoorbeeld 2 kan energie bespaard worden. Dit zou kunnen door kisten met de kleinste bolmaat het verst van de ventilator te zetten en/of de grootste bolmaat in dit geval op positie 3 in de bovenlaag, gecombineerd met het gedeeltelijk afdekken van kisten of afsluiten van palletopeningen. De weerstand van de totale kistenstapeling wordt dan wel verhoogd, waardoor de totale ingeblazen luchthoeveelheid afneemt. Maar, door de gelijkmatiger verdeling over de kisten kan de frequentie omlaag en wordt er toch op energie bespaard, zie het rekenvoorbeeld in onderstaande box, op basis van de luchtstroomverdeling in Figuur 3, wand 1.

Voorbeeldberekening energiebesparing door gelijkmatigere luchtstroomverdeling						
Huidige situatie:			verhouding min/max =			3,50
Kist	1	2	3	4	5	6
boven	455	199	130	201	135	215
onder	162	218	157	175	268	138
totaal ingeblazen	3193	Verminderd tot 90% door weerstandverhoging:				2874
door de stapeling	2452					2207
lekkage	23%					23%
Na aanpassingen die de verdeling verbeteren:			verhouding min/max =			2,00
Kist	1	2	3	4	5	6
boven	259	157	130	158	132	164
onder	143	165	141	148	185	133
totaal ingeblazen	2494					
door de stapeling	1915					
lekkage	23%					
(luchtstroom in m3/uur)						
					energiebesparing	35%

## 3.2 Lekkage

Niet alle ingeblazen lucht gaat door de kisten. Gemiddeld over alle opstellingen lekt er bijna 25% van de lucht tussen de kisten door. Dit is onafhankelijk van de totale ingeblazen luchthoeveelheid (en dus onafhankelijk van de frequentie-instelling).

De kieren waartussen de lucht weglekt worden veroorzaakt door ongelijkmatig stapelen, ongelijkmatige kisten en een ongelijkmatige vloer in de cel.

Een optie zou kunnen zijn om de lekkage terug te brengen tot bv. 5%. Omdat de weerstand van de stapeling dan verhoogd wordt neemt de totale luchthoeveelheid door de stapeling af. Die afname zal minder zijn dan het verlies bij een lekkage van 25%. Per kist gaat er dan meer lucht door, zodat de frequentie teruggebracht kan worden en daarmee het energieverbruik, zie box:

Theoretische energiewinst bij het terugbrengen van lekkage				
	conv.		afgedicht	
	50 Hz		50 Hz	44 Hz
lekkage %	25%		5%	5%
lucht totaal door wand	3000	90%	2700	2250
kist 1	450		513	450
kist 2	450		513	450
kist 3	450		513	450
kist 4	450		513	450
kist 5	450		513	450
som kisten	2250		2565	2250
Energie	100%		100%	67%
Besparing				33%

## 3.3 De “Druppel”

Op 3 oktober zijn de zg. druppels aangebracht. Dit zijn afgeronde balken die in de bewaarwand horizontaal onder en boven de uitblaasopening worden aangebracht, om zo de afgeronde uitblaasopening te benaderen.

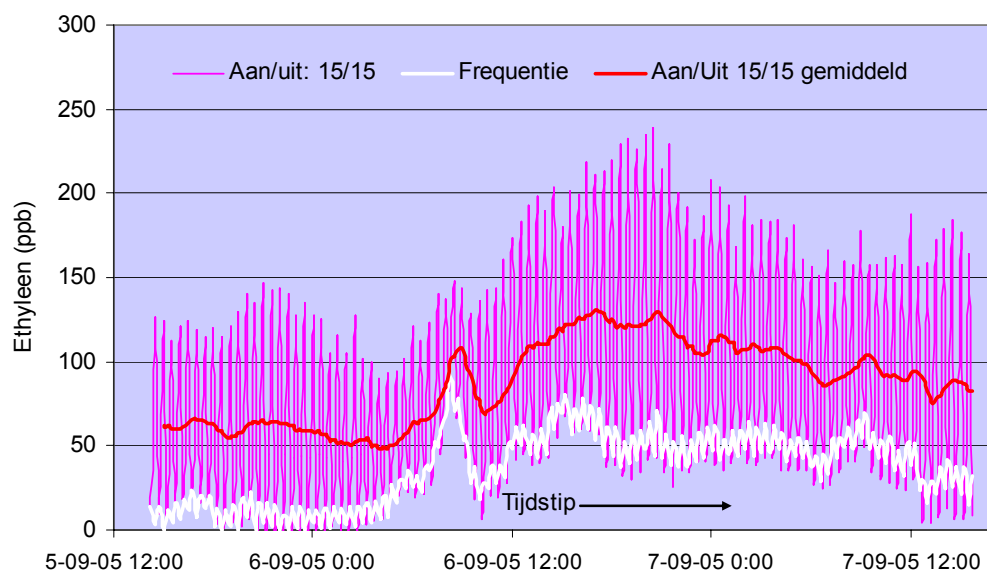
De proefopstelling bleek ongeschikt om enig effect van de druppel aan te kunnen tonen, met als waarschijnlijk belangrijkste reden dat de wand van de 1<sup>ste</sup> kuubskist uit de onderste laag zo'n 5 cm boven de onderkant van de uitblaasopening uitsteekt, zie foto 1, blz. 5. Dit veroorzaakt turbulenties en weerstand en doet het afrondingseffect van de druppel waarschijnlijk teniet.

## 4 Ethyleen

Aan de algemene circulatienorm van 500 m<sup>3</sup> lucht/uur/m<sup>3</sup> bollen ligt o.a. ten grondslag dat de ethyleenconcentratie van de lucht tussen de bollen in de kuubskist niet boven de shadedrempel van 100 ppb mag komen. Het betrouwbaar en nauwkeurig monitoren van extreem lage ethyleenconcentraties is mogelijk met de MACView-Etheen sensor van Hatech. Vanaf 15 augustus zijn gedurende de bewaarperiode twee van deze ethyleensensoren gebruikt die o.a. voor elk van de bewaarsystemen in verschillende palletkisten elke 10 minuten de ethyleenconcentratie registreerden.

### 4.1 Aan/uit versus frequentie

Tijdens de periode dat de ventilator uit staat neemt de ethyleenconcentratie van de lucht tussen de bollen in de kuubskist toe. Hoe langer de uit-periode en hoe hoger het percentage zure bollen, hoe hoger de ethyleenconcentratie oploopt.

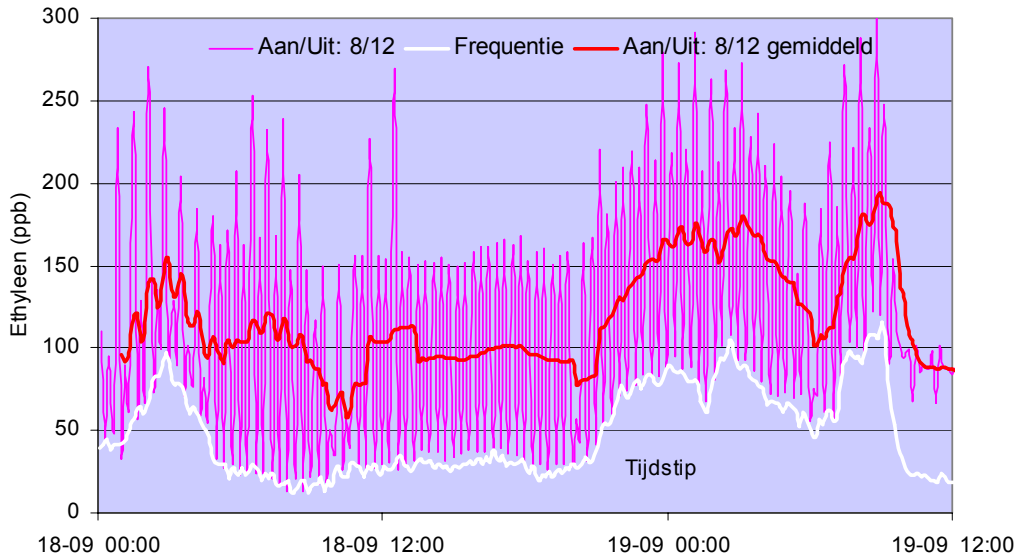


Figuur 8: Ethyleenconcentratie bij Aan/Uit 15/15 en Frequentie

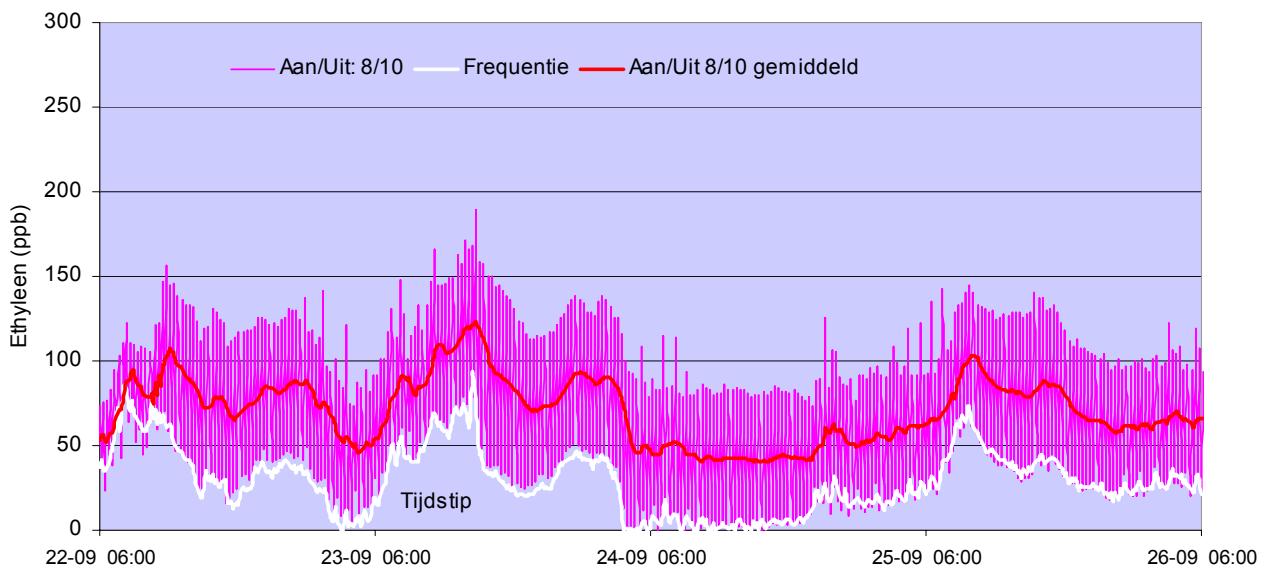
In Figuur 8 is te zien hoe het ethyleengehalte in kist 19 (grof geschat 6.5% zure bollen) in de aan/uit-regeling gedurende de 15 minuten dat de ventilator uit stond flink oploopt tot soms 100-150 ppb boven de ethyleengehaltes gemeten in kist 20 (8% zure bollen) bij de frequentieregeling. In de perioden dat de ventilator aan staat is het ethyleengehalte vergelijkbaar met dat in de frequentieregeling. Door kist 19 ging 180 m<sup>3</sup> lucht/uur/m<sup>3</sup> bollen, door kist 20 ging 210 m<sup>3</sup> lucht/uur/m<sup>3</sup> bollen.

Een ander voorbeeld wordt gegeven in Figuur 9, ditmaal met kist 24 in de frequentieregeling en kist 18 bij aan/uit. Beide kisten hebben een zeer hoog percentage zure bollen ( $\pm 13\%$ , zie ook tabel 4) en door beide kisten ging ongeveer 150 m<sup>3</sup> lucht/uur/m<sup>3</sup> bollen. Bij de aan/uit regeling loopt in 12 minuten het gehalte op tot 100-200 ppb boven de ethyleen-concentraties gemeten bij de frequentieregeling. Gemeten in dezelfde kisten, maar nu met een aan/uit regeling van 8 minuten aan/10 minuten uit, laat zien dat de ethyleengehaltes dan niet meer dan 80-100 ppb boven de waarden bij frequentiegeregelde circulatie uitkomen, Figuur 10. Door kist 18 ging nu 165 m<sup>3</sup> lucht/uur/m<sup>3</sup> bollen.

Het is onbekend hoe tolerant de verschillende cultivars zijn voor de kortstondige blootstelling aan ethyleenconcentraties boven de 100 ppb zoals die bij de aan/uit regelingen kunnen optreden.



Figuur 9: ethyleenconcentratie bij Aan/Uit 8/12 en Frequentie

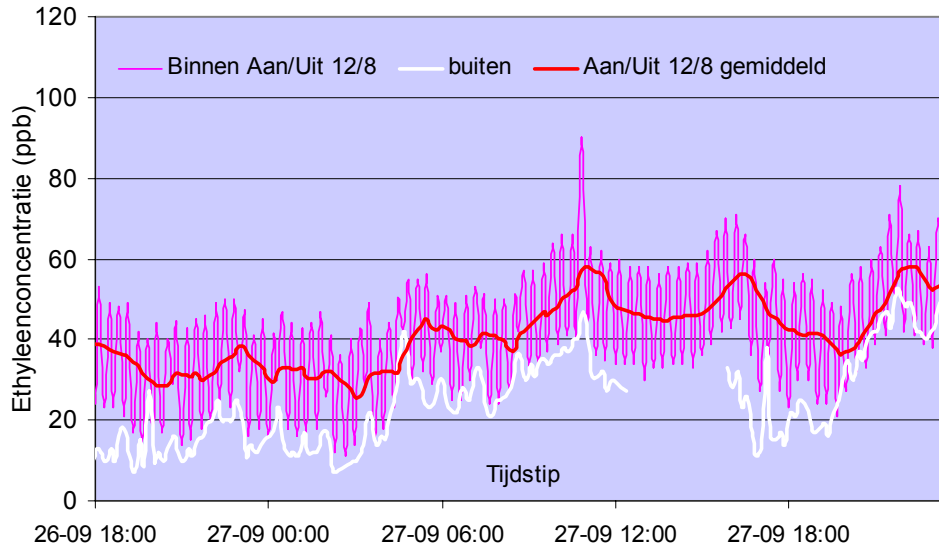


Figuur 10: Ethyleenconcentratie bij Aan/Uit 8/10 en Frequentie

## 4.2 Buitenlucht

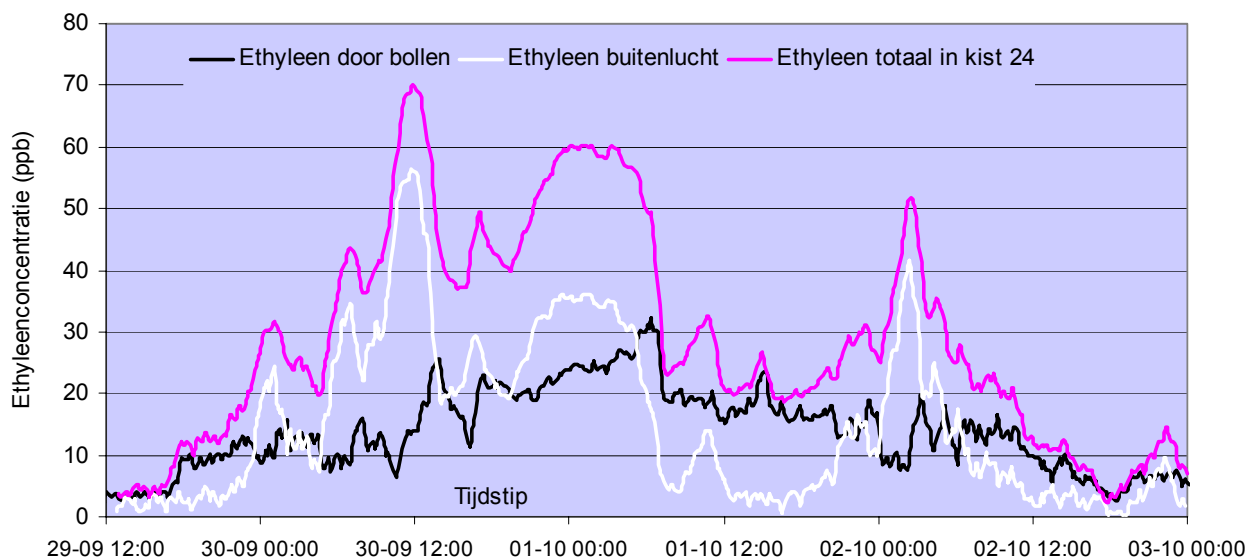
Behalve de kortstondige fluctuaties in het ethyleengehalte bij de aan/uit instellingen respectievelijk van 15, 12 en 10 minuten uit, zijn in de Figuren 8 t/m 10 ook fluctuaties over lange periodes te zien. Metingen gedurende twee weken gelijktijdig in de buitenlucht en in de kisten toonden aan dat deze fluctuaties door veranderingen van het ethyleengehalte in de buitenlucht veroorzaakt werden, Figuur 11. De laagste

ethyleenwaarden gemeten in kist 18 in de aan/uit-regeling 12/8 liggen net iets boven de meetwaarden in de buitenlucht. Het ethyleengehalte van de buitenlucht is normaal 5-10 ppb, maar kan oplopen tot boven de 100 ppb.



Figuur 11: Ethyleenconcentratie buitenlucht en Aan/uit 12/8.

In Figuur 12 zijn de ethyleengehaltes uitgezet van kist 24 (13% zure bollen) en die van de gelijktijdig gemeten buitenlucht. Het verschil tussen deze twee geeft het door zure bollen veroorzaakte ethyleen aan.



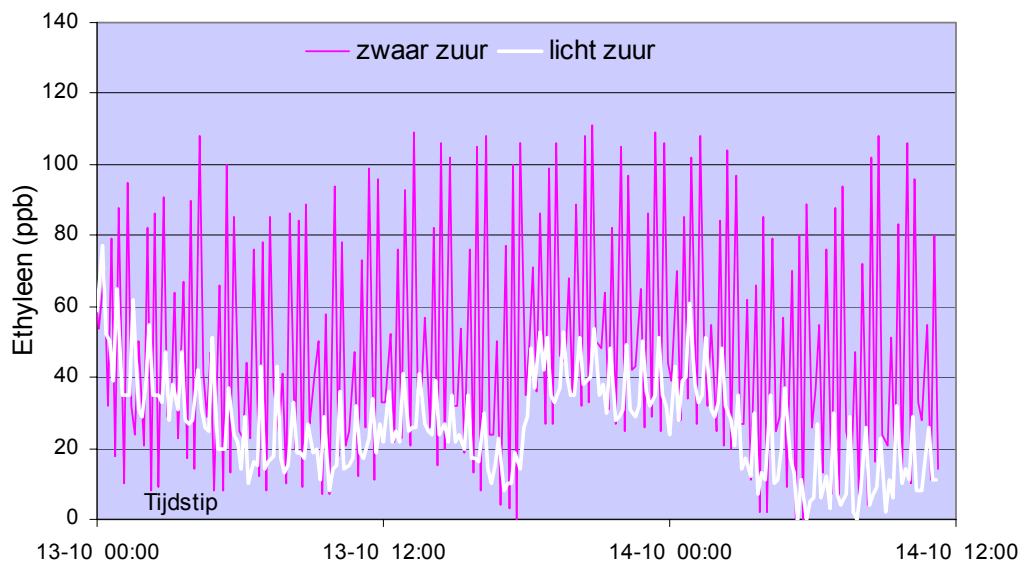
Figuur 12: Ethyleenconcentratie in kist 24 (Frequentie), in de buitenlucht, en het verschil.

Meteorologische gegevens van de nabij gelegen Proeftuin Zwaagdijk geven aan dat het ethyleengehalte van de buitenlucht vooral oploopt als de wind uit het oosten komt. Zuidwestenwind geeft een laag ethyleengehalte. Dit duidt op een ethyleenbron oostelijk van de bewaarcel. Daarnaast zijn tijdelijke piekwaarden in het ethyleengehalte te verklaren uit windstille periodes. Dit duidt op een zeer nabije ethyleenbron, vermoedelijk de omringende in die tijd geoogste koolvelden. Voor een zakje koolbladeren bleek de ethyleensensor te gevoelig te zijn afgesteld (de sensor slaat af bij gemeten waarden boven de 2000 ppm).



## 4.3 Zuur

Figuur 13 laat het verschil zien tussen de ethyleengehaltes in kist 10 (1,5% zuur) en kist 18 (12,5% zuur), beide in de aan/uit regeling (10 minuten uit).



Figuur 13: Ethyleenconcentratie bij Aan/Uit, zwaar zure vs. licht zure partij.

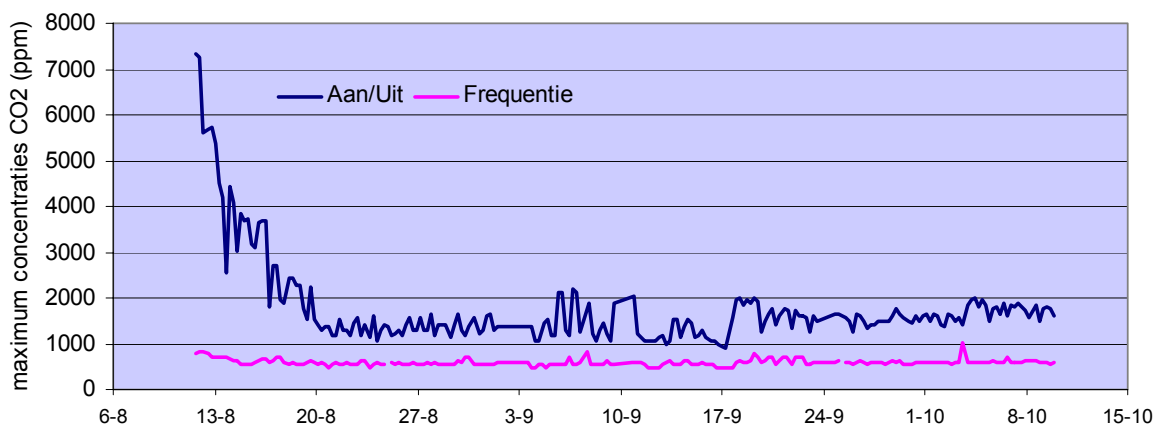
In kist 18 loopt in 10 minuten het ethyleengehalte ongeveer 6 maal hoger op dan in kist 10, ongeveer evenredig met het grof bepaalde percentage zure bollen, Tabel 4.

Tabel 4: zuurpercentages

Frequentiegeregelde ventilator							
Kistnr.	8	10	2	24	6	20	gemiddeld
Cultivar	LV	LV	QM	AR	LV	AR	
zuur%	1,0%	1,5%	1,5%	13,0%	2,0%	8,0%	4,5%
Kistnr.	9	3	15	21	11	16	
Cultivar	LV	QM	QM	AR	LV	QM	
zuur%	0,5%	2,5%	3,0%	9,5%	2,5%	5,5%	3,9%
							<b>4,2%</b>
Aan/Uit geregelde ventilator							
Kistnr.	7	18	1	23	13	19	
Cultivar	LV	AR	QM	AR	QM	AR	
zuur%	4,0%	12,5%	1,0%	5,0%	1,5%	6,5%	5,1%
Kistnr.	5	4	14	22	17	12	
Cultivar	LV	QM	QM	AR	QM	LV	
zuur%	1,0%	0,5%	1,5%	7,0%	2,0%	1,5%	2,3%
							<b>3,7%</b>
				LV	= Leo Visser		1,8%
				QM	= Queen of Marvel		2,1%
				AR	= Attila Record		8,8%

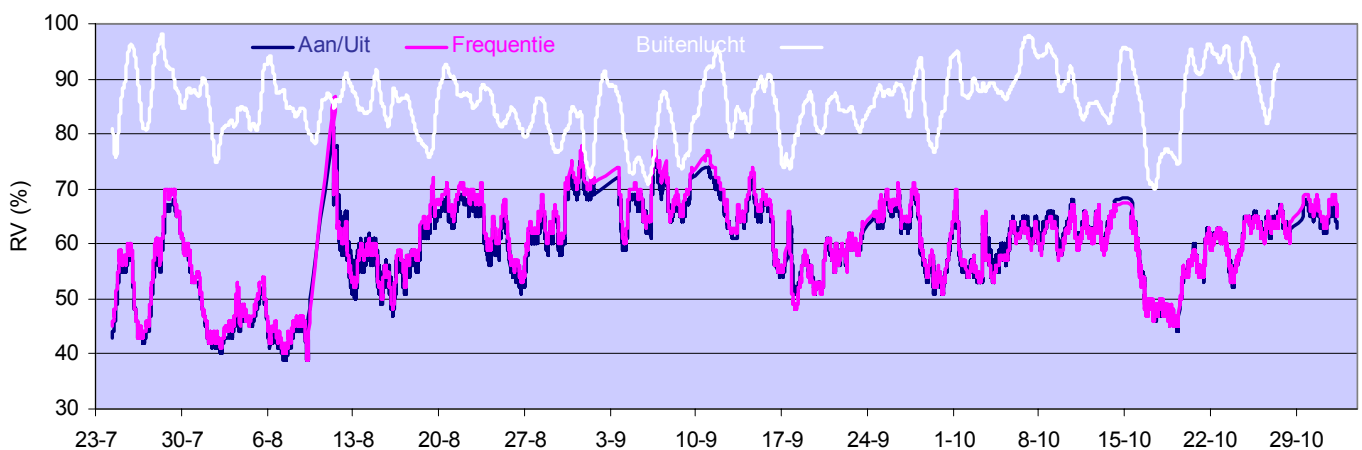
## 5 CO<sub>2</sub>, RV en Temperatuur

De maximum CO<sub>2</sub> waarden liepen nergens op tot boven door oud onderzoek vastgestelde schadedrempel van 10.000 ppm (= 1%). Na het pellen/sorteren zijn de CO<sub>2</sub> waarden wederom continue gemonitord, nu in kist 20 (frequentieregeling) en kist 19 (Aan/Uit), beide kisten met 6-8% zuur. Door de stress van het pellen is de ademhaling flink opgelopen, zodat de CO<sub>2</sub> waarden tijdens de perioden dat de ventilator uit stond aanvankelijk opliepen tot 7000 ppm. Deze verhoogde ademhaling duurde ongeveer 10 dagen, Figuur 14. Bij de frequentiegeregelde kist bleven de maximum waarden gelijkmatig rond de 500 ppm.



Figuur 14: Maximum CO<sub>2</sub> concentraties bij Aan/Uit en Frequentiegeregeld

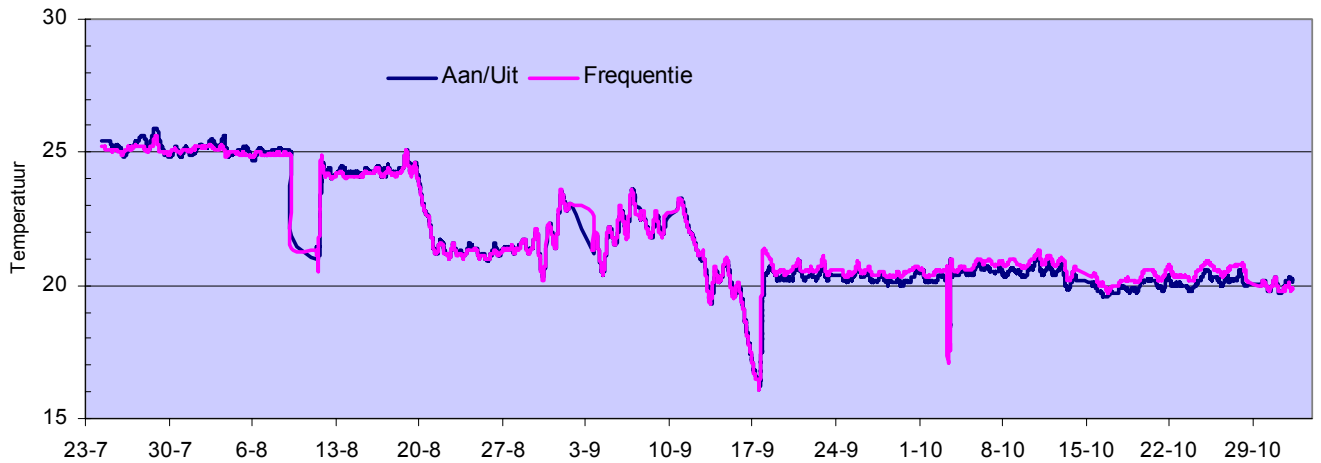
De Relatieve Luchtvochtigheid (RV) in de kisten verschilt niet voor de twee instellingen, Figuur 15. Blijkbaar is de tijd dat de ventilator uit staat in de aan/uit regeling onvoldoende om de RV op te laten lopen. Met uitzondering van de periode direct na het pellen en sorteren, loopt de RV in de kisten parallel aan de RV van de buitenlucht.



Figuur 15: Relatieve Luchtvochtigheid tijdens de bewaarperiode.

Ook de gewichtsafname van de bollen als gevolg van uitdrogen verschilt niet voor de twee instellingen: T.o.v. 11 augustus was bij het monster in de frequentiegeregelde ventilatie het gewicht met 13,4 % afgenomen, bij de aan/uit regeling met 13,8%.

De temperatuur in de kisten bleef voor beide regelingen gelijk, Figuur 16. Hierin is ook te zien dat de verwarming 2 dagen uit was in de periode 9 t/m 11 september toen de bollen gepeld en gesorteren werden, dat op 18 september de verwarming uitviel en dat op 3 oktober de bollen afgekoeld waren tijdens het aanbrengen van de druppel.



Figuur 16: Temperatuurverloop tijdens de bewaarperiode

## 6 Open dag en Studiegroepen

DLV organiseerde voor geïnteresseerden een open dag, verschillende rondleidingen en een aantal lezingen op locatie. De open dag is door PPO en DLV gehouden op vrijdag 9 september 2005. Hiervoor is uitgebreid aandacht gevraagd via de (lokale) pers. Zo hebben er berichten gestaan in het Noord-Hollands dagblad, bloembollenvisie, de e-nieuwsbrief van CNB, Nieuwe oogst en enkele zondagskranten. Voor het persbericht, zie bijlage 1. Daarnaast is naar ±770 adressen van bloembollentelers een brief verstuurd waarin ze werden uitgenodigd om de open dag te bezoeken op 9 september of met een studiegroep langs te komen op een ander moment.

De open dag was vanaf 11.00 tot 17.00 uur. Hierdoor is iedereen in de gelegenheid geweest om langs te komen. Op de open dag waren Van PPO 2 onderzoekers en van DLV 2 adviseurs aanwezig om tekst en uitleg te geven aan de bezoekers. We hebben op deze dag ruim 40 personen mogen verwelkomen. Naast vooral veel agrarisch ondernemers o.a. ook installateurs en adviseurs van andere adviesbureaus. Na afloop van de open dag is er een verslag in bloembollenvisie verschenen (zie bijlage 2). Op de open dag waren er veel vragen over de ethyleensensor en de waarden die door ons werden gemeten. Het viel de bezoekers op dat deze waarden sterk schommelden en ook tot hoogten waarvan we vooraf hebben gezegd dat ze schadelijk zijn als de concentratie gedurende langere tijd op dat niveau zou blijven. Gezien de korte duur van verhoging hebben we toch besloten deze instellingen toe te laten. Verder waren veel bezoekers benieuwd hoe het zat met de kisten de gedraaid in de opstelling stonden. We hebben daarbij uitgelegd dat het van belang was voor onze luchtmetingen. De gebruikte opstelling zorgde ervoor dat alle kisten afzonderlijk gemeten konden worden. Veel bezoekers hebben met de betreffende onderzoeker of adviseur gediscussieerd over het onderwerp circulatie en ventilatie, wat bij kan dragen aan een betere energieprestatie op de individuele bedrijven.

Tijdens en na het project zijn er in totaal 10 bijeenkomsten geweest met studiegroepen uit het hele land. Zo hebben twee groepen uit Flevoland, een groep uit Julianadorp en een groep uit Westfriesland de demo bezocht. Omdat de meeste studiegroepen een bijeenkomst in november wilden hebben en de demo toen al was opgeruimd, zijn op locatie lezingen gegeven over de resultaten uit de demo. Dit is gebeurd in Obdam, 't Zand bij de KAVB kring Noordelijk Zandgebied, een studieclub in Julianadorp en een studieclub uit het gebied Hoogkarspel/Venhuizen. Voor groepen uit de omgeving Wognum, omgeving Alkmaar en een groep uit Spierdijk zijn lezingen gegeven in januari. Tevens is er vanuit de hogeschool Inholland een groep studenten langs gekomen in het kader van procesinnovatie. In totaal hebben 12 groepen, in totaal 122 personen, een lezing bijgewoond.

De deelnemers zijn erg geïnteresseerd in de resultaten uit de demo. Uit de reacties blijkt dat maar heel weinig ondernemers weten hoeveel lucht er nu door de kisten stroomt. Uit de berekeningen die tijdens de lezingen zelf gemaakt werden bleek dat sommige bedrijven nog ver boven de norm van 500 m<sup>3</sup> lucht per m<sup>3</sup> bollen per uur zaten. Deze bedrijven kunnen nog veel meer besparen door de luchthoeveelheid te verminderen naar de waarden zoals die in de demo-opstelling zijn getest. In het Noordelijk zandgebied is het opvallend dat veel bedrijven al wel minder lucht geven. Dit niet alleen door frequentieregeling of aan/uit regelingen maar ook door een ventilator met hoog/laag regeling of door ventilatorkasten met meerdere ventilatoren uit te rusten met een terugslagklep om zo minder ventilatoren per bewaarwand aan te kunnen zetten. Deze bedrijven geven soms dus al bepaalde perioden van het jaar minder lucht. Deze hoeveelheid is dan vaak toch nog meer dan 400 m<sup>3</sup> lucht per uur. Uit de lezingen blijkt dat op veel bedrijven een grotere besparing mogelijk is dan op basis van de vergelijkingen uit de demo.

## 7 Conclusies & Aanbevelingen

Conclusies uit deze demo-proefopstelling:

- De energiebesparing door verminderde circulatie is het grootst met een frequentieregelaar. Absoluut is het verschil in energieverbruik tussen frequentieregeling en aan/uit regeling het grootst bij een afname tot 300 m<sup>3</sup> lucht/uur/m<sup>3</sup> bollen (respectievelijk 8,5 en 19,4 Wh/m<sup>3</sup> bollen). Relatief is het verschil het grootst bij 175 m<sup>3</sup> lucht/uur/m<sup>3</sup> bollen (frequentieregeling verbruikt dan 69% minder energie dan aan/uit regeling).
- Over de gehele bewaarperiode is er bij frequentieregeling verminderde circulatie 60% minder energie verbruikt dan bij de aan/uit regeling. Ten opzichte van de normale ventilatie van 500 m<sup>3</sup> lucht/m<sup>3</sup> bollen bespaarde de frequentieregeling 69% energie (omgerekend is dat 3772 kWh met een ventilator van 2,2, kWh en 2500 draaiuren), de aan/uit regeling 22% energie (1227 kWh).
- Omgerekend voor een ventilator van 2,2 kWh met gemiddeld 2500 draaiuren per bewaarperiode, een kWh prijs van € 0,09 en met kosten voor een frequentieregelaar à €900,-, betekent dit een terugverdientijd van <3 seizoenen, of een netto besparing van €800,- in 5 seizoenen.
- Metingen van de luchtstromen in de stapeling met gelijkwaardig gevulde kisten toonden aan dat in de bovenste laag kisten de minste lucht door de 3<sup>de</sup> kist gaat (< 80% t.o.v. het gemiddelde). De meeste lucht gaat door de 4<sup>de</sup> en de 5<sup>de</sup> kist (± 115% t.o.v. het gemiddelde). In de onderste laag kisten gaat de meeste lucht door de 5<sup>de</sup> kist (± 135% t.o.v. het gemiddelde), de minste lucht door de 1<sup>ste</sup> en de 2<sup>de</sup> kist (± 90% t.o.v. het gemiddelde). Dit komt redelijk overeen met de simulatieresultaten met CFD en met de ervaringen van telers.
- Op het traject van 50 Hz naar 20 Hz zijn deze verhoudingen onafhankelijk van de frequentie-instelling.
- Een palletkist gevuld met bollen van één bolmaat groter, laat gemiddeld ongeveer 16% meer lucht door. Dit geldt voor de bolmaten 4 t/m 10.
- De combinatie van verschillende bolmaten (van 4 tot 10), de mate van kistvulling en de positie van de kist in de stapeling, veroorzaakte een verschil in luchtstroom van een factor 3 - 3,5 tussen de kist waar de meeste lucht door kwam en de kist waar de minste lucht door kwam.
- Dit verschil in luchtstroom van een factor 3 - 3,5 is op het traject van 50 Hz naar 20 Hz onafhankelijk van de frequentie-instelling.
- In een stapeling met een gelijkmatigere luchtstroomverdeling waarin het maximale verschil in luchtstroom teruggebracht is tot bijvoorbeeld een factor 2, kan ongeveer 35% energie bespaard worden indien door weerstandsverhoging de totale luchtstroom vermindert tot 90%. Hoeveel de vermindering van de totale luchtstroom in werkelijkheid is moet proefondervindelijk nog worden vastgesteld.
- De lekkage was in de stapelingen ongeveer 25%, onafhankelijk van de frequentie-instelling.
- Het terugbrengen van de lekkage tot 5% zou een energiebesparing van 33% kunnen opleveren indien de totale luchtstroom door de met afdichten gepaard gaande weerstandverhoging tot 90% afneemt. Hoeveel de vermindering van de totale luchtstroom in werkelijkheid is moet proefondervindelijk nog worden vastgesteld.
- Waarschijnlijk doordat de rand van de eerste onderste kist iets boven de uitblaasopening van de

ventilatorkast uitstak bleek de proefopstelling ongeschikt om het effect van de “druppel” aan te tonen.

- Metingen met de sensoren lieten zien dat, afhankelijk van het percentage zure bollen, in de aan/uit regelingen de ethyleenconcentratie 100-200 ppb *boven* de concentraties in de frequentieregeling konden oplopen.
- Fluctuaties in de onderwaarden van de ethyleenconcentraties worden veroorzaakt door variaties in de ethyleenconcentraties in de buitenlucht. Hier bovenop komt het ethyleen geproduceerd door de bollen.
- Het ethyleengehalte in de buitenlucht liep vooral op bij oostelijke wind en in windstille perioden.
- Gedurende een korte periode liep bij de aan/uit regeling het CO<sub>2</sub> gehalte op tot iets boven de 7000 ppm (10.000 ppm wordt aangehouden als schadedrempel). Dit was net na het pellen/sorteren. Hierna lagen de maximale CO<sub>2</sub>-waarden tussen de 1500 en 2000 ppm.
- Bij frequentiegeregelde ventilatie bleven de maximale CO<sub>2</sub>-waarden gelijkmatig rond de 500 ppm.
- Frequentie- en aan/uit-regeling verschillen niet voor wat betreft de RV, het gewichtsverlies van de bollen en de temperatuur.
- Tijdens de bijeenkomsten met de studiegroepen bleek dat heel weinig telers weten hoeveel lucht er eigenlijk door de kisten stroomt en dat er op veel bedrijven waarschijnlijk meer energie bespaard kan worden dan zoals bepaald in deze demo-proefopstelling.

#### **Samenvattend:**

Vermindering van de circulatie door frequentieregeling bespaart verreweg de meeste energie en is ook economisch aantrekkelijker.

Er zou nog veel meer energie bespaard kunnen worden door het verminderen van de lekkage en een gelijkmatigere luchtstroom over de kisten. Voor optimale besparing is een frequentieregelaar hierbij noodzakelijk.

Bij frequentiegeregelde circulatie treedt er geen blootstelling op aan hoge ethyleenconcentraties die door zure bollen veroorzaakt worden. De maximale CO<sub>2</sub>-waarden liggen ook veel lager.

Frequentie- en aan/uit-regeling verschillen niet voor wat betreft de RV, het gewichtsverlies van de bollen en de temperatuur.

Deze bevindingen en conclusies worden in het advieswerk van DLV reeds meegenomen.

## Aanbevelingen voor verder (demo-)onderzoek

Onderstaande onderwerpen zouden in vervolprojecten opgenomen kunnen worden:

- Onderzoek en demonstratie van de energiebesparingsmogelijkheden en het effect van een betere luchtstroomverdeling over de kisten.  
Dit is mogelijk door o.a. kisten met veel weerstand (kleine bolmaat, hoog vullingspercentage) te

plaatsen in posities waar de luchtstroom groot is, en door het (gedeeltelijk) afdekken van kisten en palletopeningen.

- Onderzoek en demonstratie van de energiebesparingsmogelijkheden en het effect van (sterk) verminderde lekkage in de kistenstapeling.  
Dit is mogelijk door o.a. te letten op een vlakke vloer in de cel, en door het toepassen van bv. rubberen strips op de randen van de palletopeningen.
- Onderzoek naar het effect van het aanbrengen van de “Druppel” in praktijksituaties.
- Onderzoek naar de ethyleentolerantie van de verschillende tulpenrassen.  
Bij de aan/uit geregelde circulatie loopt tijdens de korte periode (8 – 15 minuten) dat de ventilator uit staat de ethyleenconcentratie in de kist flink op. De gemiddelde ethyleenconcentratie ligt echter een stuk lager. De vraag is waar circulatie op gestuurd moet worden: de pieken tijdens de periode dat de ventilator uit staat, of het gemiddelde. Meer specifiek: wat is de tolerantie van tulpenrassen voor deze pieken?
- Onderzoek naar de consequenties van oplopende ethyleenconcentraties in de buitenlucht.  
Naast het flink oplopen tijdens de uit-periode in de aan/uit regeling kunnen de minimum ethyleenconcentraties over langere periodes (enkele dagen of meer) sterk fluctueren als gevolg van oplopende concentraties in de buitenlucht. Bij frequentiegeregelde circulatie gebeurt precies hetzelfde.  
Behalve de vraag naar de tolerantie van tulpenrassen voor een blootstelling van enkele dagen of meer aan hoge ethyleenconcentraties spelen vragen als:
  - Is het nodig ook permanent de buitenlucht te meten?
  - Wat is de beste ventilatie- (klepstand-)strategie bij hoge ethyleenconcentraties in de buitenlucht?
  - Waar komt dit ethyleen vandaan, is het te vermijden?

# Bijlage 1: Persbericht

## **Circulatie en Bewaring**

Kwaliteitsverlies en een hoge energierekening zijn de gevolgen van een hoge circulatie tijdens de bewaring van tulpen. DLV Bloembollen en PPO Bloembollen zijn in opdracht van de partijen van de Meerjarenafspraken Energie (KAVB, PT, LNV, SenterNovem en telers) een demonstratietraject gestart. Tijdens dit traject zal er veel gemeten worden aan een systeem met tweelaagsbeluchting. Zo wordt bepaald hoeveel lucht er door een kist heen gaat en het verloop van temperatuur, CO<sub>2</sub> en RV worden continue geregistreerd. Daarnaast wordt met behulp van nieuw ontwikkelde sensoren elektronisch het ethyleengehalte gemeten. Deze techniek kan voor de tulpenbewaring een grote meerwaarde gaan bieden.

Om met deze zaken kennis te maken bent u met uw studiegroep van harte welkom om langs te komen zowel overdag als op een avond. U moet hiervoor echter wel een afspraak maken met Niels Kreuk. tel. 06-20439110. Daarnaast is er voor iedereen een open dag op:

**vrijdag 9 september van 11.00 tot 17.00 uur op de locatie van: Fa Stap, Veenakkers 34 in Wervershoof**

---

## **Contactpersoon voor de pers:**

**Niels Kreuk  
DLV Adviesgroep NV  
Marktgroep Bloembollen / bolbloemen  
Tolweg 11  
1681 ND Zwaagdijk**

**Tel. 06.20439110 of 0228-561900**

**[n.kreuk@dlv.nl](mailto:n.kreuk@dlv.nl)**



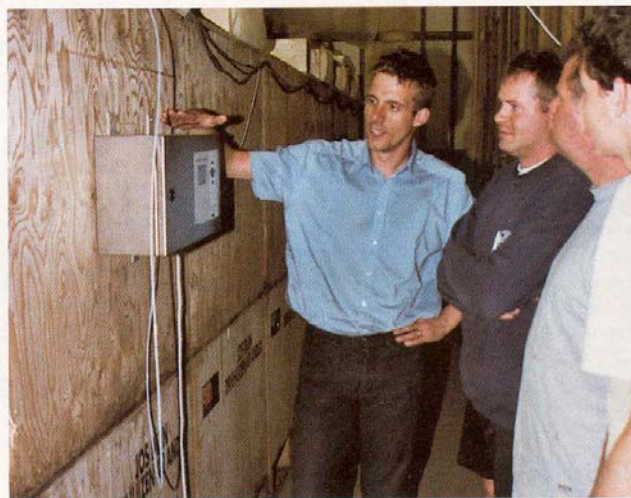
## Bijlage 2: Artikel in Bloembollenvisie

BRANCHENIEUWS

# Frequentieregelaar ventilator bespaart vele euro's

• TEKST EN FOTO: GERRIT WILDENBEEST

Generaties bollenkwekers zijn opgegroeid met de norm dat 500 kuub circulatielucht per kuub bollen per uur nodig is voor een goede productkwaliteit. Uit onderzoek van DLV en PPO blijkt echter dat met behulp van een frequentieregelaar de luchtcirculatie fors naar beneden kan, zonder dat daarmee kritische waarden als ethyleen en CO<sub>2</sub> overschreden worden.



Niels Kreuk (DLV) legt de werking van de ethyleensensor uit

In de Meerjarenspraak Energie hebben de deelnemende partijen KAVB, PT, LNV, SenterNovem en telers afgesproken het energiegebruik in de bollensector te verminderen. Een grote opslukker van energie is de bewaring van bollen. Uit het demonstratietraject dat DLV-bloembollen en PPO-Bloembollen in het kader van de Meerjarenspraak zijn opgestart, blijkt echter dat forse energiebesparingen tijdens het bewaartraject mogelijk zijn. Dat is niet alleen goed voor het milieu, maar ook voor de portemonnee van de kweker, zeker nu de energieprijzen de pan uitrijzen.

Tijdens de eerste open dag Circulatie en Bewaring bij de Fa. Stap te Wervershoof presenteerden DLV en PPO een proefopstelling, waarbij op twee manieren de luchtcirculatiestandaard van 500 kuub lucht per uur per kuubskist was teruggebracht: met de aan/uit regeling (ventilator 15 minuten aan, 15 minuten uit) en met een frequentieregelaar. "Doel is te kijken hoe ver je terug kunt gaan in je luchtcirculatie en hoe je dat het beste kunt doen", aldus Jeroen Wildschut (PPO) en Maurice Kok (DLV). Belangrijk is

dat daarbij de schadedrempels in de gaten worden gehouden. Zo wordt er voor het meten van ethyleen gebruik gemaakt van de allernieuwste ethyleensensor, die is aangesloten op de computer. Komende tijd zullen op verschillende praktijkbedrijven - onder andere CNB-Bovenkarspel en RoyalVanZanten - soortgelijke open dagen worden gehouden, waarbij het principe van ethyleen-gestuurde ventilatie wordt gedemonstreerd.

Bij het frequentieregelaar-systeem blijkt het ethyleengehalte mooi laag en vooral vlak te blijven, bij het aan/uitsysteem is de curve onregelmatiger met hogere pieken. Het CO<sub>2</sub> gehalte is eveneens gemeten met sensoren. "Het CO<sub>2</sub> gehalte loopt bij het aan/uitsysteem regelmatig op, maar blijft wel beneden de schadedrempel", aldus Wildschut. Ook qua temperatuurverloop is er weinig verschil tussen de beide systemen. Uit het kostenbesparingsonderzoek van 2004 blijkt dat het energieverbruik met een frequentieregelaar sneller naar beneden gaat dan met het aan/uit systeem. Het optimum ligt rond de 50 procent van de aloude standaard van 500 kuub lucht/m<sup>3</sup> bollen/uur. In het

huidige onderzoek wordt ook gekeken naar de benodigde luchtcirculatie per kist. Daar blijkt een behoorlijke variatie per kist uit te komen, mede afhankelijk van de bolgrootte. Jeroen Wildschut: "Je moet dus weten wat er in je kist zit. Ga uit van je moeilijkste kist en maak op basis daarvan je opstelling".

Het principe van de op het ethyleengehalte afgestemde ventilator is praktijkrijp; er is al een aantal bloembolbedrijven dat met ethyleensensoren werkt. Het onderzoek naar de circulatienorm is nog niet afgerond, maar volgens projectleider Henk Gude is al wel duidelijk dat de sector miljoenen kan besparen op energiegebruik in de bewaring. "Generaties zijn opgevoed met de circulatienorm van 500 en de ventilatienorm van 100 kuub lucht/m<sup>3</sup>bollen/uur, zelfs als er geen sprake was van zuur. Die norm kan op de helling. Ik denk dat er 50 procent van af kan. De kweker moet er vertrouwen in krijgen dat hij zijn ventilator afstemt op het ethyleengehalte". Een leuke bonus is dat minder lucht door de kuubskisten jagen goed kan zijn voor de kwaliteit. Gude: "Je voorkomt uitdroging en vermindert daarmee de bevattelijkheid voor allerlei ziekten".