

State-of-the-Art bewaarsysteem tulpenbollen

Resultaten 2011

J. Wildschut, M. van Dam (WUR\PPPO)
M. Kok, Th. van der Gulik (DLV Plant)

© 2012 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 (KAVB, PT, EL&I, Agentschap NL en telers).



Projectnummer: 32 360 690 00

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR

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 INLEIDING	7
2 WERKWIJZE.....	7
3 ENERGIEVERBRUIK	9
3.1 Bewaren volgens de norm	9
3.2 Het gerealiseerd energieverbruik	10
3.3 Achtergronden.....	13
4 AANVULLEND ONDERZOEK	16
4.1 In 2011 gerooide bollen van in 2010 bewaard plantgoed.....	16
4.2 In 2012 gebroeide tulpen van in 2011 bewaarde bollen.....	17
4.3 Bewaarwanden	18
4.4 Aangepaste kuubskist	23
4.5 RV- en temperatuurmetingen tussen de bollen.....	24
5 CONCLUSIES & AANBEVELINGEN	25
6 COMMUNICATIE.....	27
BIJLAGE 1: STATE-OF-THE-ART BEWAREN VAN TULPENBOLLEN.....	29
BIJLAGE 2: ENERGIEVERBRUIK PER M ³ BOLLEN.....	31

Samenvatting

In dit 5^{de} jaar van het project State-of-the-Art bewaren van tulpenbollen hadden alle 12 bedrijven waarvan de energie- en achtergrondgegevens zijn verzameld dit jaar een zeer laag percentage zure bollen (0.06 % tot 1,3%).

Op gas is gemiddeld 27% bespaard, variërend van -15% (op het bedrijf dat de ventilatie niet stuurt op basis van de ethyleenmeting) tot maximaal 80%. Bij volledige sturing van de ventilatie op basis van een ethyleengrens van 100 ppb had de gemiddelde besparing 79% kunnen zijn. Op elektra is door terugtoeren gemiddeld 53% bespaard, variërend van -17% (op het bedrijf dat continue op voltoeren circuleert) tot maximaal 95%. Bij terugtoeren evenredig met verminderde ventilatie a.g.v. een lage ethyleenproductie, maar met een minimum frequentie-instelling van 15 Hz, had gemiddeld 84% bespaard kunnen worden. Op het totale energieverbruik (gas voor het opwarmen van buitenlucht voor ventilatie + elektra voor circulatieventilatoren) is bij de bewaring gemiddeld 44% bespaard, variërend van -17% tot 76%.

Net als vorig jaar liet de analyse van de dit jaar gerooide bollen zien dat wanneer plantgoed tijdens de bewaring meer uitdroogde er minder bollen met een bolmaat ≥ 10 geoogst werden. Het totaal gewicht gerooide bollen per geplante bol werd echter niet lager. Sterke uitdroging van plantgoed heeft als achtergrond overmatig ventileren en circuleren met lucht met een hoog vochtdeficit. Dit laatste heeft als achtergrond droge en vooral koude weersomstandigheden. Buitenlucht voor ventilatie wordt opgewarmd tot 20 à 25 graden waardoor het vochtdeficit flink kan toenemen.

De tulpen die gebroeid zijn van op de bedrijven bewaarde monsters bollen, waren over het algemeen van goede kwaliteit. Te warm (want in een plantgoedcel) bewaarde broeibollen gaven iets kortere planten. Bij een geval van meerdere bollen met bloemverdroging bleken de bollenmonsters eerst 10 dagen in de schuur te hebben gelegen voordat ze de bewaarcel ingingen. De blootstelling aan een ethyleengehalte > 100 ppb varieerde van 0,0 dagen tot 5,8 dagen. De blootstelling aan een ethyleengehalte > 200 ppb varieerde van 0,0 dagen tot 1,0 dagen. Blootstelling aan ethyleen heeft dus zeker geen effect op de broeibollen gehad.

Analyse van de luchtverdeling over de kistenlagen voor de systeemwand laat zien dat sommige aanpassingen nog niet ver genoeg gaan: Bij het afdekken van de kisten in de bovenste laag voor een 5 hoog tweelaagssysteem kan spleetopening van 2 cm verder verkleind worden naar 1,3 cm. De naar 8,5 cm verkleinde onderste uitblaasopening kan nog verder verkleind worden, maar hoeveel kleiner moet door metingen worden vastgesteld. De luchtverdeling over de 5 lagen kan hiermee nog gelijkmatiger worden.

Een op zich goed ontwerp van een éénlaagssysteemwand bleek onder andere omstandigheden een geheel andere luchtverdeling over de lagen op te leveren: Bij het ene bedrijf werd een lichte overmaat aan lucht in de bovenste (5^{de}) laag gemeten, bij het andere bedrijf juist een fors tekort. Achtergronden hierbij waren dat bij het laatste bedrijf de kisten 10 i.p.v. 5 diep gestapeld waren, de uitblaasopeningen afgerond en de kistinhoud uit broeibollen bestond i.p.v. plantgoed. Dit heeft een veel lagere weerstand tot gevolg en daardoor een schevere verdeling. Daarnaast is de ventilator dichter op de bovenste uitblaasopening geplaatst waardoor de lucht er a.h.w. voorbij schiet.

Ook deze wand bleek met eenvoudige middelen sterk te verbeteren: een schep in de bovenste laag en een 3-hoekige lat in de 2^{de} uitblaasopening resulteerden in een afname van de spreiding van 56% naar 9%.

Een systeemwand die met leverbare bollen ervoor verbeterd was (spreiding teruggebracht naar 8%) is nu met plantgoed ervoor doorgemeten. De spreiding was nu groter dan met leverbaar ervoor, maar door de 3-hoekige latten uit de 3^{de} uitblaasopening te verwijderen en een 3-hoekige lat in de bovenste uitblaasopening aan te brengen werd de spreiding teruggebracht naar 5%.

Op één bedrijf is al jaren een alternatieve kuubskist in gebruik. Bij deze kist was de geperforeerde bodemplaat vervangen door een geperforeerde golfplaat. Doordat de bodemplaten de perforaties in die plaat nauwelijks afdekken geeft de bodem van deze kuubskist minder luchtweerstand dan een kist met platte bodem. De gemeten luchtopbrengst van 11,6 m³/watt is hoog. De verwachting is dat de

luchtverdeling in deze kist beter is dan in de gewone kist, maar dit zou nog nader onderzocht moeten worden.

Op een ander bedrijf is in 9 kisten van een rij van 5 hoog x 10 diep met sensoren tussen de bollen de temperatuur en het RV% gedurende ruim 3 weken elk kwartier gelogd. Meestal is het grootste verschil tussen de kisten ongeveer 0,4 °C en ongeveer 6 RV%, maar kortstondige uitschieters tot 1,4 °C en 8,5 RV% komen ook voor. Tijdens 30 uur terugtoeren liepen de verschillen in temperatuur of RV% niet op.

1 Inleiding

Het meerjarenproject “State-of-the-Art bewaren van tulpenbollen” is door PPO-Bloembollen in 2007 opgestart in samenwerking met 4 bloembollenbedrijven, DLV-Plant, Sercom Regeltechniek B.V., Omnivent, Omnihout, Hatech, EMS en de installateursbedrijven Polytechniek, Installatiebureau Eval en Kaandorp-Wijnker.

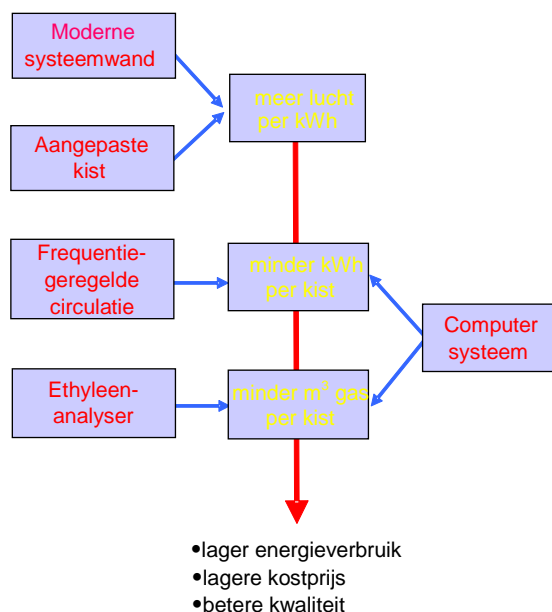
Het principe van State-of-the-Art bewaren van tulpenbollen is samengevat in bijstaand schema. Energiebesparingstechnieken worden hierin gecombineerd toegepast. Voor meer details, zie Bijlage 1.

Het doel van het project is tweeledig:

Spoor 1) demonstreren wat er met behoud of verbetering van de productkwaliteit met de huidige stand der techniek aan energiebesparing in de bewaring bij tulp mogelijk is.

Spoor 2) aanvullend onderzoek & ontwikkeling om hierbij in de toekomst nog meer energie te kunnen besparen.

In 2008 is het project uitgebreid tot 8 bloembollenbedrijven: Karel Bolbloemen B.V., Fa. W. Meskers, Ebbers-Creil V.O.F., Gebroeders Van Ruiten B.V, Poel Bloembollen B.V., Van der Avoird Lemmer B.V., Germaco B.V. en Fa. N.J.J. de Wit en Zn. In 2009 is met dit laatste bedrijf het project “Verbeterde Kuubskist” gestart en is het State-of-the-Art project uitgebreid met Bloembollenkwekerij Kreuk. Dit bedrijf past behalve ethyleenanalysers, frequentieregelaars, moderne systeemwanden en een klimaatcomputer ook een zonnedak toe. In 2010 deden twee nieuwe bloembollenbedrijven mee, G. Oud & Zn Tulips en Pronk Tulpen BV, en is ook samengewerkt met Agratechniek B.V.. In 2011 is één bedrijf gestopt, maar zijn er 4 nieuwe bijgekomen: Fa. Gebr. Smak, Fa. K. Laan & Zn., Gebr. Breg, en Gebr. Klaver.



2 Werkwijze

Om de energiebesparingen te demonstreren zijn in 2011 op 12 deelnemende bedrijven aan het eind van het bewaar seizoen de klimaatcomputers uitgelezen. Hiermee is o.a. het gerealiseerde energieverbruik per cel bepaald volgens de methode beschreven in het rapport “State-of-the-Art bewaarstelsysteem tulpenbollen, 2007”, kort samengevat in box1. Bij de nieuwe deelnemers is op het bedrijf voor de betreffende bewaarcellen de klepstandkarakteristiek vastgesteld (verband tussen het gemeten ventilatiedebiet en de klepstand). Voor de overige bedrijven waren deze gegevens al in voorgaande jaren bepaald.

Om het effect van het State-of-the-Art bewaren op de kwaliteit van de bollen te demonstreren zijn in 2011 op 10 van de deelnemende bedrijven van één partij bollen monsters plantgoed en broeibollen bewaard, van elk 4 zakjes per bedrijf met 250 resp. 100 bollen. Op de eerste en de laatste dag van de bewaarperiode is van deze zakjes met bollen het gewicht bepaald. De broeibollen zijn vervolgens bij Karel bloembollen BV na de

koele bewaring gebroeid. In februari 2011 zijn de gebroeide tulpen voor de oogst door het bedrijf visueel op kwaliteit beoordeeld.

De in 2010 op 8 bedrijven bewaarde en bij PPO in Lisse opgeplante monsters plantgoed (cultivar Cheirosa) zijn in juli 2011 geroid, gepeld en gesorteerd, waarna o.a. de mate van verklistering is bepaald.

Daarnaast is op 3 bedrijven de systeemwand doorgemeten: per uitblaasopening is de luchtstroom gemeten zodat de luchtverdeling over de kistenlagen bepaald kon worden. Hierna zijn aanpassingen getest en is de luchtverdeling verbeterd en/of zijn aanbevelingen gedaan tot verdere verbetering.

Van deze 3 bedrijven heeft één bedrijf aangepaste kuubskisten in gebruik. De bewaarwand met deze kisten is doorgemeten om na te gaan of deze kisten bij de bewaring mogelijk energiezuiner zijn.

Box 1: Korte samenvatting berekening energieverbruik: Op basis van het gemeten verschil (ΔT) tussen de temperatuur in de cel (T^{cel}) en de temperatuur van de buitenlucht (T^{buiten}) wordt de bruto warmtebehoefte berekend: Warmtebehoefte cel = $(\Delta T) \times (V \times K) \times Sw$, waarin Sw = de soortelijke warmte van lucht, V = de maximale ventilatie (m^3/uur) en K = klepstand. Uit deze bruto warmtebehoefte wordt de netto warmtebehoefte berekend door de warmteproductie van de ventilatoren en de warmteproductie van de bewaarde (ademende) bloembollen er van af te trekken. De warmteproductie van de ventilatoren wordt berekend uit het opgenomen vermogen van de ventilator bij 50 Hz en het gemeten verband tussen energieverbruik en frequentie-instelling. De warmteproductie van de bewaarde bollen wordt berekend uit de CO_2 -productie indien een betrouwbare CO_2 -meter op de klimaatcomputer is aangesloten: per liter geproduceerd CO_2 komt 21 kJ aan warmte vrij. Wanneer CO_2 niet gemeten is wordt gerekend met een gemiddelde CO_2 -productie van 5 liter/uur per m^3 bollen.

Het totale energieverbruik in de cel is dan het gasverbruik dat nodig is voor de netto warmtebehoefte (gerekend met een rendement van 90%), plus het elektraverbruik van de circulatieventilatoren. Met de beschreven methode is het gerealiseerde energieverbruik per cel berekend op basis van de gegevens uit de klimaatcomputer die elke 15 minuten worden geregistreerd. Hiermee kan ook het energieverbruik bij andere bewaarregimes/scenario's worden berekend.

Ook zijn op een bedrijf de temperatuur en de RV tussen de bollen gedurende enkele weken in 9 kisten gemeten om na te gaan of ook bij lage circulatiedebieten temperatuur- en RV-verschillen tussen kisten minimaal blijven.

Door middel van lezingen voor o.a. studieclubs, posters op o.m. open dagen en artikelen in vakbladen zijn de resultaten van dit project aan de sector gepresenteerd.

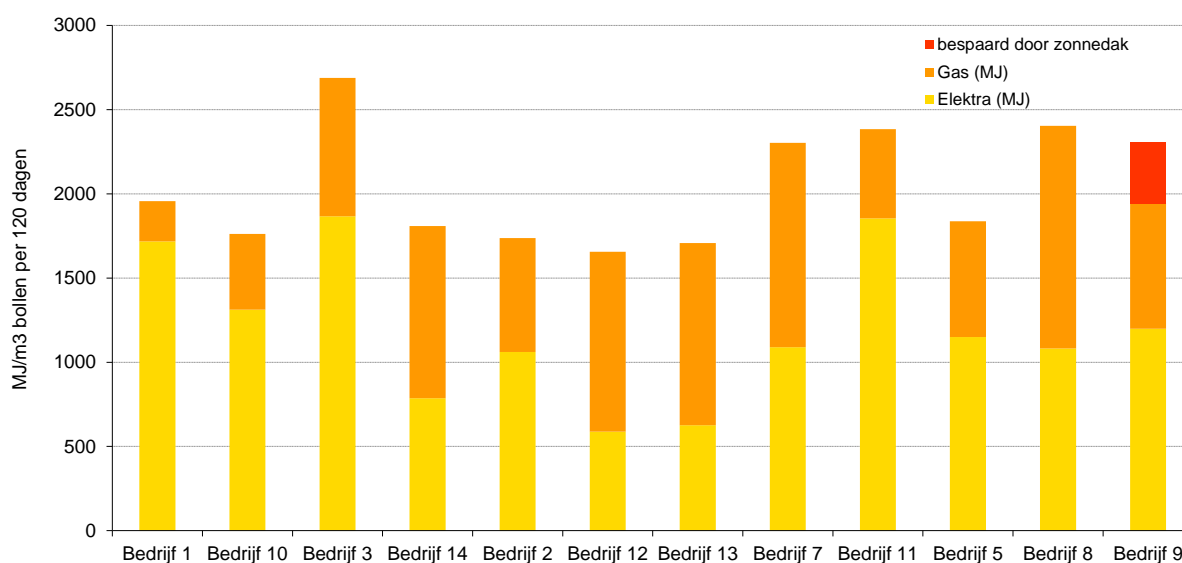
3 Energieverbruik

3.1 Bewaren volgens de norm

De energiebesparingen worden berekend uit het verschil tussen het gerealiseerde energieverbruik en het energieverbruik indien volgens de norm zou zijn bewaard (dat is: ventileren met 100 m³ lucht/uur per m³ bollen tot 1 september, daarna met 60 m³, en circuleren met 50 Hz tot 1 september, daarna op 50% lucht met de aan/uit regeling). Het gasverbruik bij bewaring volgens de norm verschilt per bedrijf, omdat elk bedrijf andere celtemperaturen hanteert (afhankelijk van celinhoud: plantgoed of broeibollen, en bij deze laatste afhankelijk van seizoensplanning). Ook de gemiddelde temperatuur van de buitenlucht verschilt per bedrijf als gevolg van geografische ligging en als gevolg van de beschouwde bewaarperiode (startdatum en duur). Hierdoor verschilt de gemiddelde ΔT en daardoor het energieverbruik voor het opwarmen van de buitenlucht. Daarnaast verschilt het vermogen van de voor de circulatie opgestelde ventilatoren, waarvan de warmteproductie ook aan het opwarmen van de bewaarcel bijdraagt.

Om het energieverbruik per m³ bollen op de bedrijven onderling beter vergelijkbaar te maken is het energieverbruik omgerekend naar een bewaarperiode van 120 dagen. In Bijlage 2 is het energieverbruik volgens verschillende scenario's samengevat.

Het totale energieverbruik per m³ bollen per 120 dagen, indien volgens de norm zou zijn bewaard (=A), is voor de verschillende bedrijven uitgezet in figuur 1.



Figuur 1: Energieverbruik volgens de norm (A).

Bij bewaren volgens de norm was het totale (primaire) energieverbruik tijdens een bewaarperiode van 120 dagen bij de 12 bedrijven gemiddeld 2016 MJ per m³ bollen, de som van 821 MJ aan gas (= 23,4 m³) voor verwarming en 1194 MJ aan elektra (= 133 kWh) voor de circulatieventilatoren.

Het gasverbruik volgens de norm is het laagst op de Bedrijven 1, 10 en 11. Met als belangrijkste achtergrond de gemiddelde ΔT tijdens de beschouwde bewaarperiode. Die was bij deze bedrijven het laagst, tabel 1. Bij de bedrijven met de hoogste ΔT is het gasverbruik volgens de norm het hoogst: bedrijven 7, 8 en 13. Bij deze berekeningen wordt er van uitgegaan dat de capaciteit van de bewaarcel

volledig wordt gebruikt. In werkelijkheid zullen er korte perioden zijn waarin er minder dan het maximaal aantal kisten in de cel staan, zodat het werkelijke energieverbruik per m³ iets hoger ligt dan berekend.

Tabel 1: Bedrijfsgegevens Ventilatie.

	Bedrijf 1	Bedrijf 10	Bedrijf 3	Bedrijf 14	Bedrijf 2	Bedrijf 12	Bedrijf 13	Bedrijf 7	Bedrijf 11	Bedrijf 5	Bedrijf 8	Bedrijf 9
max m3 bollen/cel	192	230	134	420	360	360	192	346	150	216	230	106
m3/uur	19000	30000	13500	39700	34000	12000	20000	37000	29000	26000	30000	23600
max m3 lucht/m3 bollen	99	130	100	95	94	100	104	107	193	120	130	222
gemiddeld m3 lucht/m3 bollen	82	67	68	66	74	57	43	64	75	37	32	37
Tcel	19,8	19,7	22,0	21,4	20,5	21,8	20,3	22,7	22,0	21,4	22,5	21,8
Tbuiten**	16,3	15,7	17,0	16,8	14,1	16,3	14,3	16,7	17,9	17,2	15,5	17,6
ΔT	3,5	4,0	5,0	4,6	6,4	5,5	6,0	6,0	4,1	4,2	7,0	4,2
Bewaarperiode												
start	21-jul	17-jun	21-jun	2-jul	15-jul	27-jun	5-aug	24-jun	5-jul	11-jul	1-jul	22-jun
einde	31-okt	30-okt	17-okt	15-okt	23-nov	30-okt	1-nov	11-okt	27-okt	7-okt	22-okt	20-okt
periode	102	135	119	105	132	125	88	109	115	89	113	121
dagen met data	71	113	113	105	114	125	87	68	109	83	110	117
Gemiddelde klepstand (%)	83	52	68	70	78	57	41	60	39	30	25	17
Gemiddeld ethyleen (ppb)	14	14	16	53	22	39	35	36	7	22	8	21
gemiddelde ethyleengrens (ppb)	200	100	50	85	81	82	80	*	50	45	93	80
dagen gestuurd op ethyleen	71	113	24	105	89	125	87	*	86	83	110	117
idem in % van de bewaarperiode	100%	100%	21%	100%	79%	100%	100%	*	79%	100%	100%	100%
berekend % zuur	0,63	0,49	0,53	1,94	0,91	1,34	0,79	1,28	0,23	0,44	0,06	0,44
Ethyleenblootstelling (dagen)												
> 100 ppb	0,0	0,2	0,4	3,7	5,8	2,9	1,4	1,2	0,2	0,4	0,2	0,2
> 200 ppb	0,0	0,0	0,3	0,4	1,0	0,0	0,2	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0

* niet geregistreerd door de klimaatcomputer

** Bedrijf 9; De aangegeven temperatuur is die van de door het zonnedak opgewarmde lucht, de werkelijke buitentemperatuur was gemiddeld 15,9 °C, ΔT = 5,8.

Bij bewaren volgens de norm wordt op de bedrijven 12, 13 en 14 het minste en op de bedrijven 1, 3 en 11 het meeste elektra verbruikt, figuur 1. Dit hangt direct samen met het voor de circulatie geïnstalleerde ventilatorvermogen per m³ bollen, tabel 2. Hoe groter dit vermogen, hoe hoger het elektraverbruik per m³ bollen bij bewaren volgens de norm. Een groot ventilatorvermogen betekent ook veel warmteproductie. Het gasverbruik voor verwarming is dan wat minder.

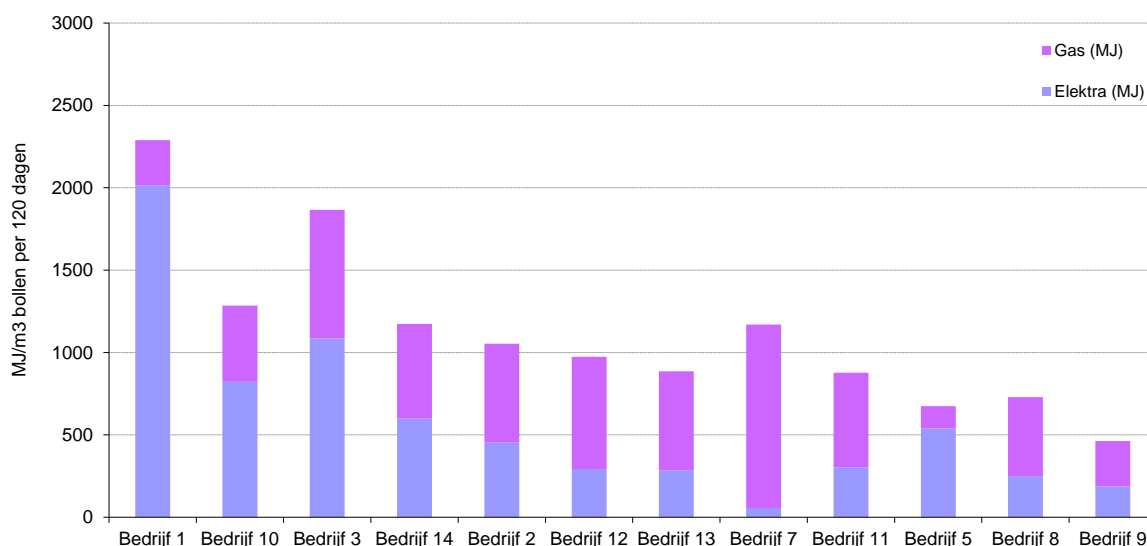
Tabel 2: Bedrijfsgegevens Circulatie.

	Bedrijf 1	Bedrijf 10	Bedrijf 3	Bedrijf 14	Bedrijf 2	Bedrijf 12	Bedrijf 13	Bedrijf 7	Bedrijf 11	Bedrijf 5	Bedrijf 8	Bedrijf 9
lagen bewaarsysteem	2	2	1	1	1	2	2	1	1	2	1	2
Kistenstapelingshoogte	5	6	4	5	6	5	5	6	5	5	6	4
diepte	8	8	7	10	10	9	8	8	5	9	8	7
rijen	4	4	4	6	5	8	4	6	5	4	4	4
ronde uitblaas	ja	ja	nee	ja	ja	ja	ja	nee	nee	ja	ja	ja
m3 bollen/kist	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,00
aantal ventilatoren/cel	2	4	4	6	5	8	4	6	5	4	4	2
kW/ventilator	7,00	3,00	2,53	2,20	3,00	1,20	1,50	2,67	2,50	2,68	2,85	2,60
kW totaal per cel	14,0	12,0	10,1	13,2	15,0	9,6	6,0	16,0	12,5	10,7	11,4	5,2
Watt/m3 bollen	73	52	75	31	42	27	31	46	83	50	49	49
m3 lucht/m3 bollen bij 50 Hz	650	749	628	707	508	367	-	582	870	505	663	442
m3 lucht/watt (bij 50 Hz)	8,9	14,4	8,3	22,5	12,2	13,8	-	12,6	10,4	10,2	13,4	9,0
m3 lucht/watt (bij 25 Hz)	35,7	57,5	33,4	90,0	48,8	55,1	-	50,2	41,8	40,7	53,6	36,2
minimum frequentie instelling (Hz)	20	20	25	25	20	20	20	13	10	5	20	20
gem. Hz	60,0	38,0	38,0	42,0	32,0	31,7	28,8	13,1	22,5	34,9	25,1	20,0
m3 lucht/m3 bollen gemiddeld	780	569	477	594	325	233		152	391	353	333	177

3.2 Het gerealiseerd energieverbruik

Het gerealiseerde totale energieverbruik per m³ bollen (= B) is de som van het gerealiseerde gasverbruik en het gerealiseerde elektraverbruik. Bedrijven 9, 5 en 8 realiseerden het laagste totale energieverbruik, bedrijven 1, 3 en 10 het hoogste verbruik, figuur 2.

Het gerealiseerde gasverbruik is het laagst bij de bedrijven 1, 5 en 9, en het hoogst op de bedrijven 3, 7 en 12, figuur 2. Bedrijf 1 realiseerde een in absolute termen laag gasverbruik door de lage ΔT (3,5 °C) en door de warmteproductie van de zware ventilatoren (73 watt geïnstalleerd vermogen per m³ bollen) die continue op vol toeren draaiden.



Figuur 2: Gerealiseerd energieverbruik (B).

Bedrijf 5 realiseerde een laag gasverbruik door met een lage klepstand (gemiddeld 30%) te ventileren waardoor het ventilatiedebiet per m³ bollen gemiddeld op 37 m³ lucht/uur uitkwam. Dit was mogelijk doordat het percentage zure bollen slechts 0,4% was. Voor de betreffende bewaarcel was de ingestelde ethyleengrens gemiddeld slechts 45 ppb. Ondanks deze erg lage instelling (100 ppb is absoluut veilig, waarmee de klepstand, en dus het debiet, in het algemeen veel lager is) is er toch met een laag debiet geventileerd. Achtergrond hierbij is de ingestelde maximale klepstand van slechts 44 % tot eind augustus, daarna 33% tot eind september en daarna ≤ 20 %.

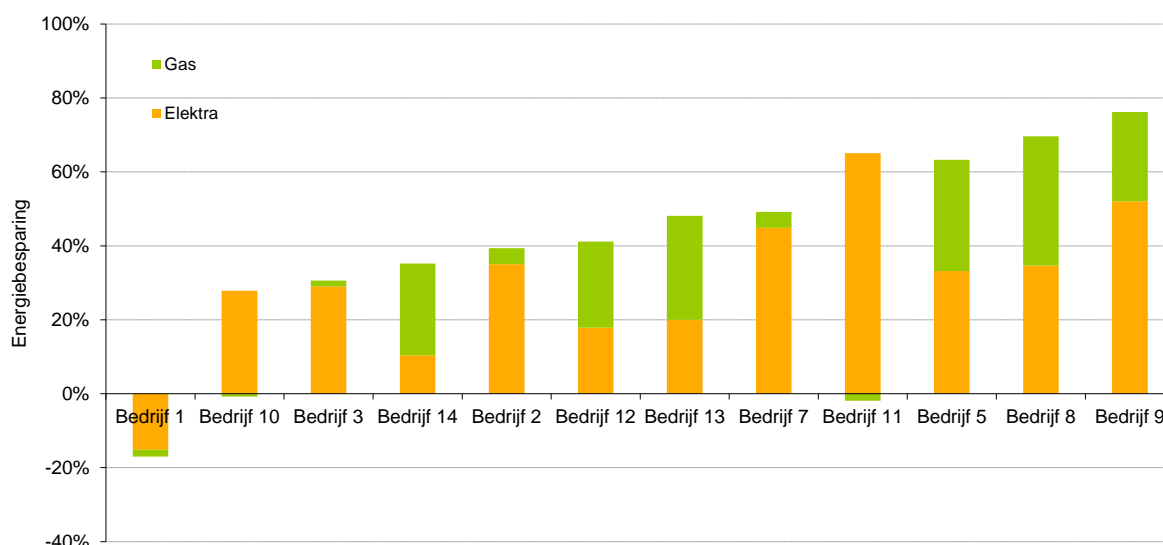
Ook op Bedrijf 9 was het percentage zure bollen erg laag (0,4%), de ingestelde ethyleengrens was 80 ppb. Dit resulteerde in een, ook op dit bedrijf, per m³ bollen gemiddeld laag ventilatiedebiet van 37 m³/uur. Door het zonnedak werd de gemiddelde ΔT verlaagd van 5,8 naar 4,2 °C (zie ook figuur 1). Hierdoor werd in 2011 33% op gas bespaard, tegen 45% in 2010 en 35% in 2009.

Een hoog gasverbruik werd gerealiseerd op de bedrijven 3, 7 en 12. De ΔT was hier 5 – 6 °C, het ventilatiedebiet per m³ bollen was 57 tot 68 m³/uur en het percentage zure bollen lag met 1,3% hoger dan bij de andere bedrijven.

Het gerealiseerde elektraverbruik was het laagst op de bedrijven 7, 8 en 9, en het hoogst op de bedrijven 1, 3 en 10. Het geïnstalleerde vermogen van de circulatieventilatoren is bij de bedrijven die het minste elektra verbruiken slechts iets onder het gemiddelde. Belangrijkste factor bij een laag elektraverbruik is dus de gemiddelde frequentie-instelling: resp. 13, 25 en 20 Hz. Ondanks een lager geïnstalleerd vermogen bij de bedrijven 12, 13 en 14 is door een hoger gemiddelde ingestelde frequentie van resp. 32, 29 en 42 Hz het elektraverbruik daarom net iets hoger dan bij de bedrijven 7, 8 en 9.

Het hoge elektraverbruik op bedrijven 1, 3 en 10 wordt veroorzaakt door het hoge geïnstalleerde vermogen van de circulatieventilatoren (resp. 73, 75 en 52 watt/m³ bollen) en de hoge gemiddelde ingestelde frequenties (resp. 60, 38 en 38 Hz). Hoewel op bedrijf 11 het hoogste vermogen per m³ bollen is geïnstalleerd (83 watt/m³), is door de lage gemiddelde frequentie-instelling (23 Hz) het elektraverbruik toch erg laag.

In figuur 3 is de energiebesparing t.o.v. het energieverbruik bij bewaren volgens de norm samengevat, berekend als $(A-B)/A$, waarin A = het energieverbruik volgens de norm en B = het gerealiseerde energieverbruik.



Figuur 3: Energiebesparing t.o.v. de norm $((A-B)/A)$.

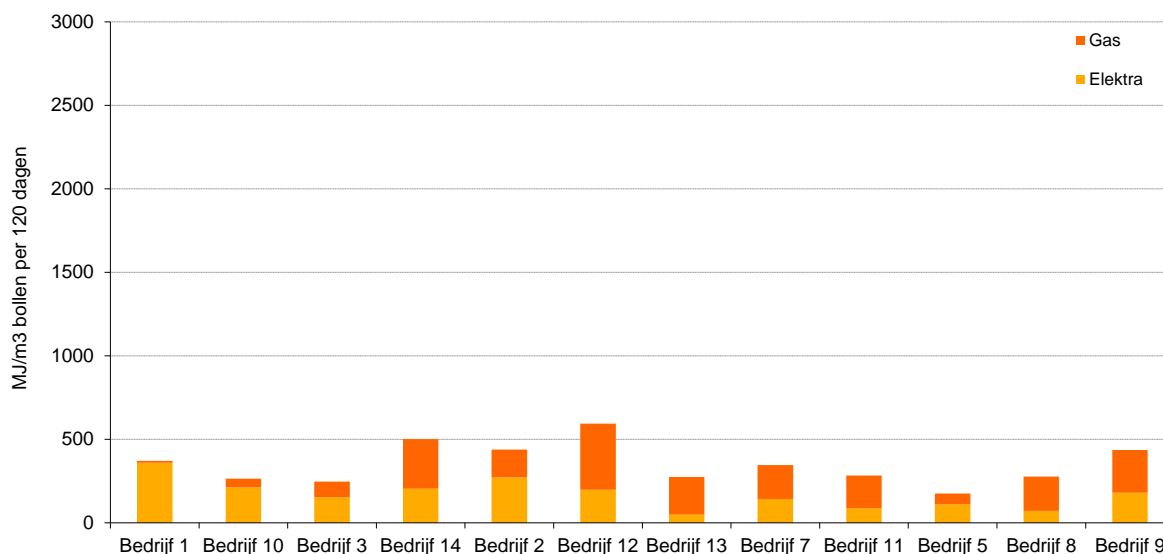
Figuur 3 laat zien dat op sommige bedrijven op gas (bedrijf 1, 10 en 11) en/of op elektra (bedrijf 1) geen besparing is gerealiseerd, of dat er zelfs ruim meer dan volgens de norm is verbruikt (bedrijf 1 met elektra).

T.o.v. de norm is de totale energiebesparing (gas *plus* elektra) het hoogst op de bedrijven 5, 8 en 9 (resp. 63, 70 en 76%), en het laagst op de bedrijven 1, 10 en 3 (resp. -17%, d.w.z. geen besparing maar 17% meer dan volgens de norm, en 27 en 31% besparing).

De besparing op gas was het hoogst op de bedrijven 5, 8 en 9 (resp. 80, 64 en 63%) en het minst op de bedrijven 1, 10 en 11 (nl. geen besparing, maar respectievelijk 15, 3 en 8% meer dan bij bewaring volgens de norm).

De besparing op elektra was relatief het hoogst op de bedrijven 7, 11 en 9 (resp. 95, 84 en 84%), en het laagst op bedrijven 1, 14 en 10 (resp. 17% meer dan de norm, en 24 en 37% bespaard).

Het berekende laagst mogelijke gasverbruik voor ventilatie (bij een minimum klepstand van 15%) en het laagst mogelijke elektraverbruik voor circulatie (bij een minimum frequentie-instelling van 15 Hz) is samengevat in figuur 4.



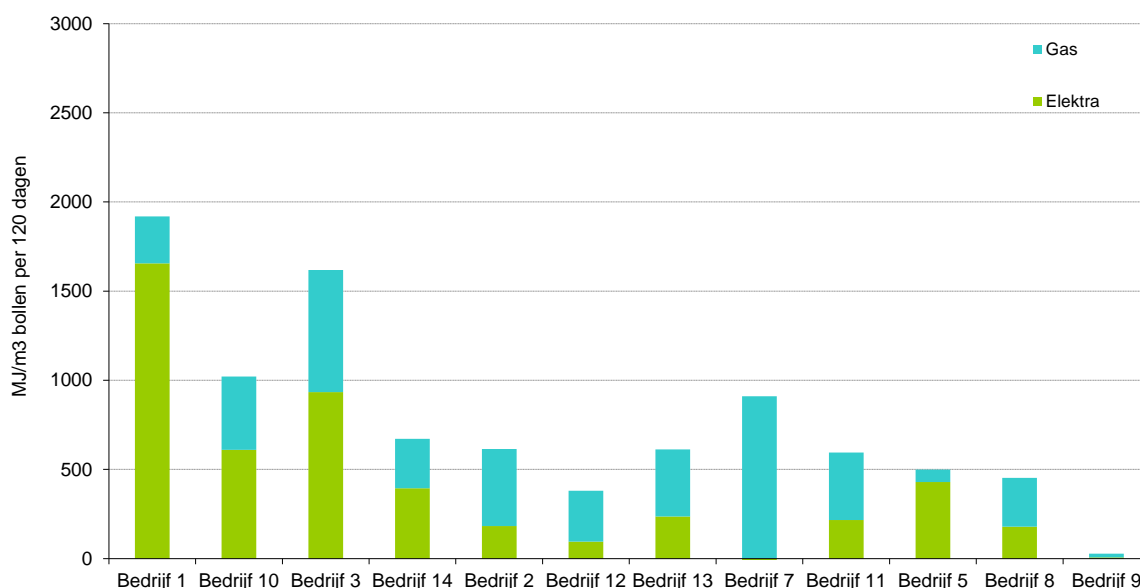
Figuur 4: Laagst mogelijke energieverbruik (D).

Het laagst mogelijke totale energieverbruik (= D) is lager naarmate de ethyleenproductie lager is. Hierbij wordt geredeneerd dat de circulatie dan evenredig met de ventilatie verminderd kan worden.

Het theoretisch laagste totale energieverbruik per m³ bollen is mogelijk op de bedrijven 5, 3 en 10. Het laagste gasverbruik zou mogelijk moeten zijn op de bedrijven 5, 1 en 10 en het laagste elektraverbruik op bedrijven 13, 8 en 11. Belangrijke factor hierbij is een lage ethyleenproductie, door een laag percentage zuur en/of een cultivar waarbij als gevolg van infectie met Fusarium maar weinig ethyleen vrijkomt.

Het verschil tussen het gerealiseerde energieverbruik en het (theoretisch) laagst mogelijke energieverbruik geeft aan wat er nog meer aan energiebesparing mogelijk was, figuur 5.

Bedrijven 1, 10 en 3 hadden nog fors meer kunnen besparen, vooral op elektra. Bedrijven 9, 12 en 8 hadden echter niet of nog maar heel weinig extra kunnen besparen op hun totale energieverbruik. Bedrijven 9, 5 en 1 nog maar heel weinig op gas, en bedrijven 9, 12 en 2 nog maar weinig op elektra.



Figuur 5: Wat nog meer bespaard had kunnen worden (B - D).

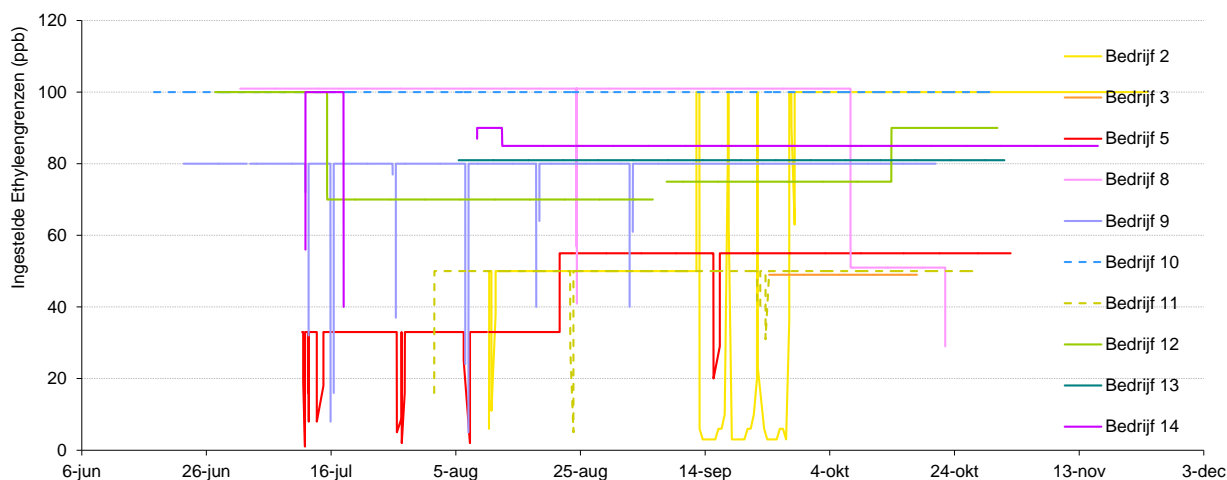
3.3 Achtergronden

Globale achtergronden bij de verschillen in energieverbruik zijn samengevat in tabel 1 (ventilatie) en tabel 2 (circulatie).

Met uitzondering van bedrijf 1 (dat niet op ethyleen stuurde) en bedrijf 7 (waarvan de klimaatcomputer de ingestelde ethyleengrens niet registreert), zijn voor alle bedrijven de ingestelde ethyleengrenzen samengevat in figuur 6.

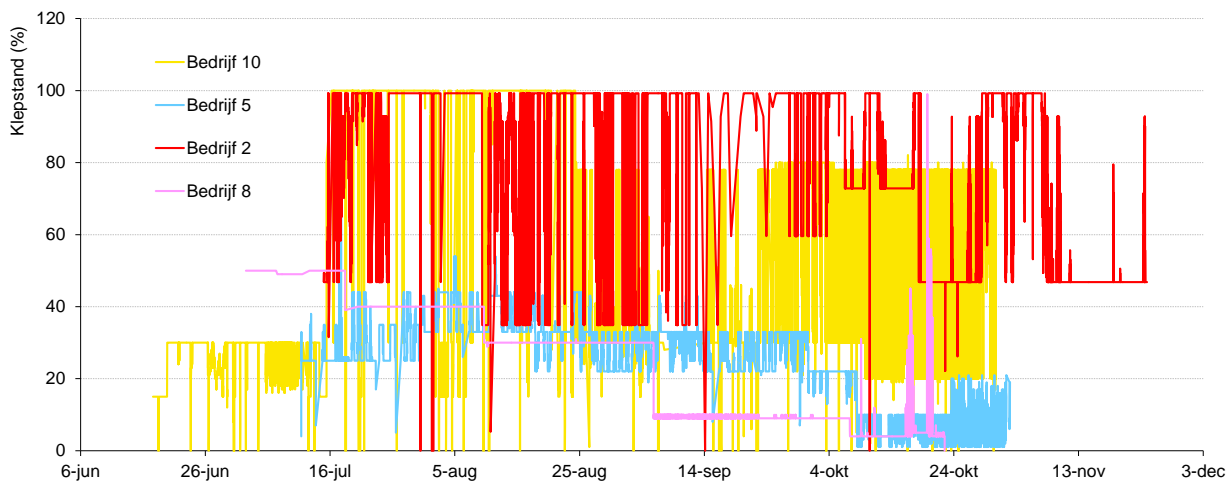
Bij de bedrijven 8, 9, 10, 13 en 14 is de ethyleengrens meestal boven of gelijk aan 80 ppb ingesteld.

Bedrijven 3 en 5 stelden de ethyleengrenzen veel lager zodat de klepstand bij lagere ethyleenconcentraties al



Figuur 6: Ingestelde ethyleengrenzen.

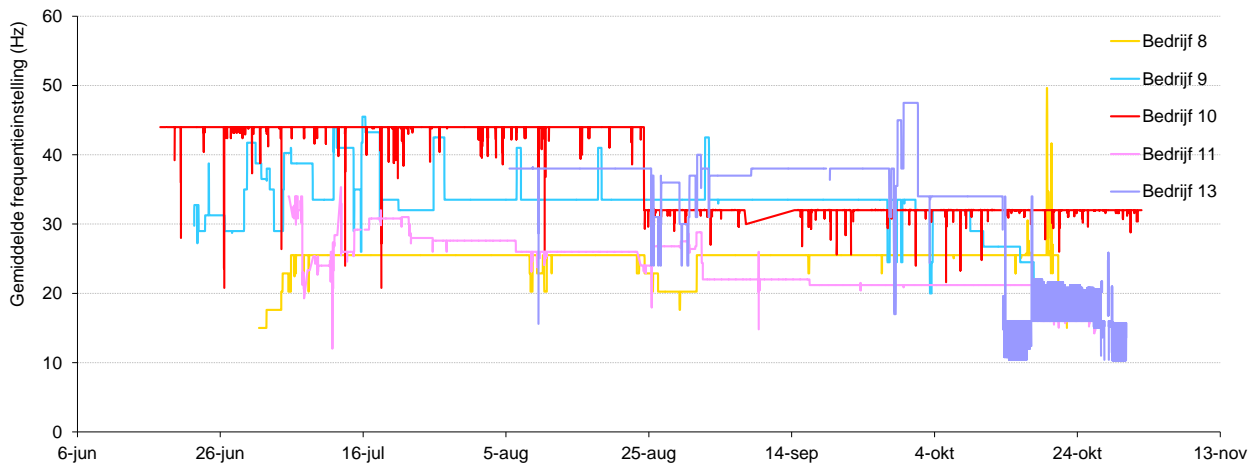
naar 100% gaat. De klepstand (zie ook tabel 1) wordt daarnaast bepaald door de ethyleenproductie en de ingestelde minimum en maximum klepstanden. Ook hierin zijn er grote verschillen tussen de bedrijven, figuur 7.



Figuur 7: Klepstanden bij enkele bedrijven

De figuur laat zien dat bedrijf 10 tot ongeveer 16 juli een maximum klepstand van 30% had ingesteld, daarna tot ongeveer 25 augustus een maximum van 100% en vervolgens een maximum klepstand rond de 80%. De minimum klepstand varieerde van 15 tot 30% (op de 0% standen tijdens de actellicbehandelingen na). Bedrijf 5 heeft een minimum klepstand ingesteld van 25% in juli, 33% in augustus en vervolgens 22%, en een maximum klepstand van 45% tot eind augustus en daarna afnemend naar 33%, 22% tot 10%. Ondanks de heel laag ingesteld ethyleengrens is daarom de klepstand gemiddeld slechts 30% waardoor het gasverbruik relatief erg laag was. Bedrijf 2 stelde de minimum klepstand in op 50%, daarna op 35%, vervolgens op 60% en daarna weer op 50%. De maximum klepstand was altijd op 100% ingesteld. Bedrijf 8 stelde de minimum klepstand in op 50% en verlaagde die via 40%, 35% tot 10% en uiteindelijk 5%. Door het gemiddeld extreem lage percentage zure bollen (0,06%) was er bijna nooit aanleiding de klep verder te openen dan de ingestelde minimum stand.

Op een aantal bedrijven registreert de klimaatcomputer de (handmatig) ingestelde frequentie van de circulatieventilatoren, figuur 8. Op voltoeren (continue bij 50 Hz) wordt er bij deze bedrijven niet meer gecirculeerd, en meestal is de instelling tussen 20 en 40 Hz. Door het 3^{de} machtsverband tussen energieverbruik en toerental (Hz-instelling) heeft dit een groot effect op het energieverbruik: $1 - (20/50)^3 \rightarrow \pm 50\%$ energiebesparing en $1 - (40/50)^3 \rightarrow \pm 90\%$ energiebesparing.



Figuur 8: gemiddelde frequentie-instellingen.

4 Aanvullend onderzoek

4.1 In 2011 gerooide bollen van in 2010 bewaard plantgoed

Van één partij Cheirosa zijn in 2010 op 11 bedrijven (bedrijven 1,2,4,5,7, 8, 9, 10 en 11 met StArt-cellen en bedrijven a, b en c zonder StArt-uitgeruste cellen) 4 x 250 plantgoedbollen (maat 8/9) bewaard, en daarna opgeplant bij PPO Lisse. Aan het begin en aan het eind van de bewaring is het gewicht van de bollen bepaald, zodat de mate van uitdroging kon worden berekend. De kwaliteit van het in 2010 bewaarde plantgoed is bij de oogst in 2011 bepaald aan de hand van drie criteria:

Verklisteringsgetal = totaal aantal bollen > maat 5, *gedeeld* door het aantal bollen \geq maat 10

Uitval (%) = (250, *minus* het aantal geogoste bollen \geq maat 10), *gedeeld* door 250

Oogst (in gram) per opgeplante bol

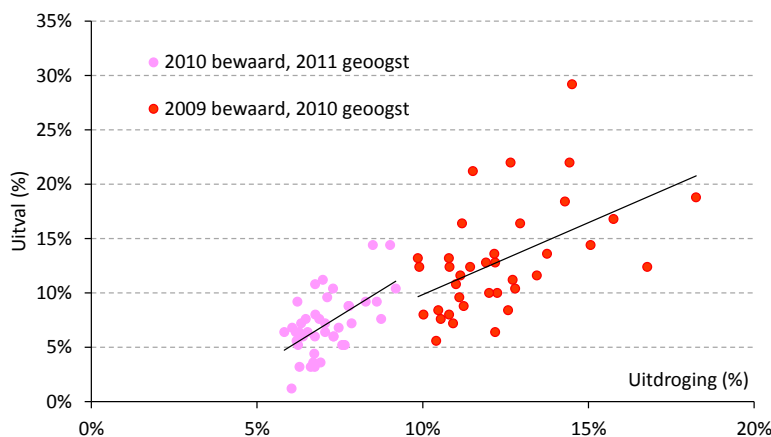
De resultaten zijn in tabel 3 samengevat en vergeleken met mogelijk verklarende factoren. Uitdroging loopt uiteen van gemiddeld 6,1% tot 8,9% en is daarmee fors minder dan in 2009, toen de uitdroging varieerde van 8% tot 23%. Bedrijf 1 valt op door de hoogste uitdroging, het hoogste circulatiedebiet, langste blootstelling aan een ethyleengehalte > 100 ppb en een hoog ventilatiedebiet. Van de bedrijven a, b en c zijn geen gegevens bekend (o.a. geen ethyleenanalyser/klimaatcomputer). Op Bedrijf 9, met de minst uitgedroogde bollen, wordt ook het (op 1 bedrijf na) minst geventileerd en het minst gecirculeerd. Tussen bedrijven 9 en bedrijf a, c, b, 11, 4, 2 en 8 is statistisch echter geen verschil in uitdroging, hetgeen aangeeft dat behalve ventilatie- en circulatiedebieten nog meer factoren een rol spelen bij uitdroging van de bollenmonsters.

Tabel 3: Kwaliteit en bewaarcondities van in 2010 bewaard en in 2011 geogost plantgoed.

	uitdroging	uitval	klister getal	geogost per geplante bol	Ventilatie*	Circulatie*	ethyleen > 100 ppb
	%	%	n	g	m3/uur	m3/uur	dagen
Bedrijf c	6,1	4,8	1,69	28,0	gg	gg	gg
Bedrijf a	6,2	6,1	1,84	27,8	gg	gg	gg
Bedrijf 9	6,6	6,4	2,21	28,1	33	213	0,3
Bedrijf b	6,7	5,9	2,09	27,6	gg	gg	gg
Bedrijf 11	6,7	5,5	1,80	27,6	89	522	0,1
Bedrijf 4	6,9	6,0	2,09	27,0	56	330	9,2
Bedrijf 2	7,0	7,7	1,86	27,6	81	328	0,5
Bedrijf 8	7,1	7,3	2,14	27,8	26	385	1,9
Bedrijf 10	7,9	6,7	2,25	27,7	95	652	0,1
Bedrijf 5	7,9	9,2	2,59	27,6	53	407	0,1
Bedrijf 1	8,9	13,1	3,97	26,4	79	715	47,8
p	0,000	0,004	0,000	0,754	nvt	nvt	nvt
LSD 0,01	0,98	5,08	0,51	2,42	nvt	nvt	nvt

* gemiddeld per m3 bollen over de bewaarperiode, gg = geen gegevens.

Per geplante bol is er tussen de bedrijven geen significant verschil in opbrengst, maar wel in uitdroging. Uitdroging lijkt meer uitval (dwz. per geplante bol met bolmaat 8/9 minder bollen met bolmaat \geq 10 geogost), zie figuur 9, en een hoger klistergetal te veroorzaken.



Figuur 9: Uitdroging tijdens de bewaring en uitval in de teelt.

In 2009 droogden de bollen sterker uit dan in 2010. Achtergrond hierbij is het in 2009 hogere vochtdeficit van de buitenlucht tijdens de bewaarperiode. In Noordwest Nederland + Lelystad (data van het KNMI) was dat in 2009 gemiddeld 3,3 ml/m³ en in 2010 was 2,2 ml/m³ (52% minder wateropname door de lucht in 2010). Na opwarmen met gemiddeld 5 °C wordt dat resp. 7,5 en 6,3 ml/m³ (19% lager).

4.2 In 2012 gebroeide tulpen van in 2011 bewaarde bollen

Ook in 2011 zijn monsters van één partij bollen (cultivar Cheirosa) in 4 zakjes met elk 100 broeibollen (maat 11/12) op de bedrijven bewaard. Voordat de zakjes in de cel in verschillende kisten werden gelegd is het gewicht bepaald. Aan het eind van het bewaarperiode zijn de zakjes weer opgehaald en opnieuw gewogen. De uitdroging varieerde bij het plantgoed van 6,8 tot 9,6% en bij de broeibollen van 6,8 tot 8,7%. De bollen zijn vervolgens bij Karel Bloembollen B.V. gekoeld en daar in januari 2012 gebroeid, zie foto.

Er zijn geen metingen aan de tulpen gedaan, maar de tulpen zijn door het bedrijf visueel op kwaliteit beoordeeld. De resultaten hiervan zijn samengevat in tabel 5.



In de meeste gevallen werden van alle 4 monsters uniforme tulpen gebroeid, zonder afwijkingen. In een plantgoedcel te warm bewaarde broeibollen gaven kortere tulpen dan de rest. Ook werden op enkele bakken enkele tot meerdere bollen met bloemverdroging aan getroffen. De achtergronden hierbij zijn niet duidelijk, maar zeker niet gerelateerd aan ethyleen in de

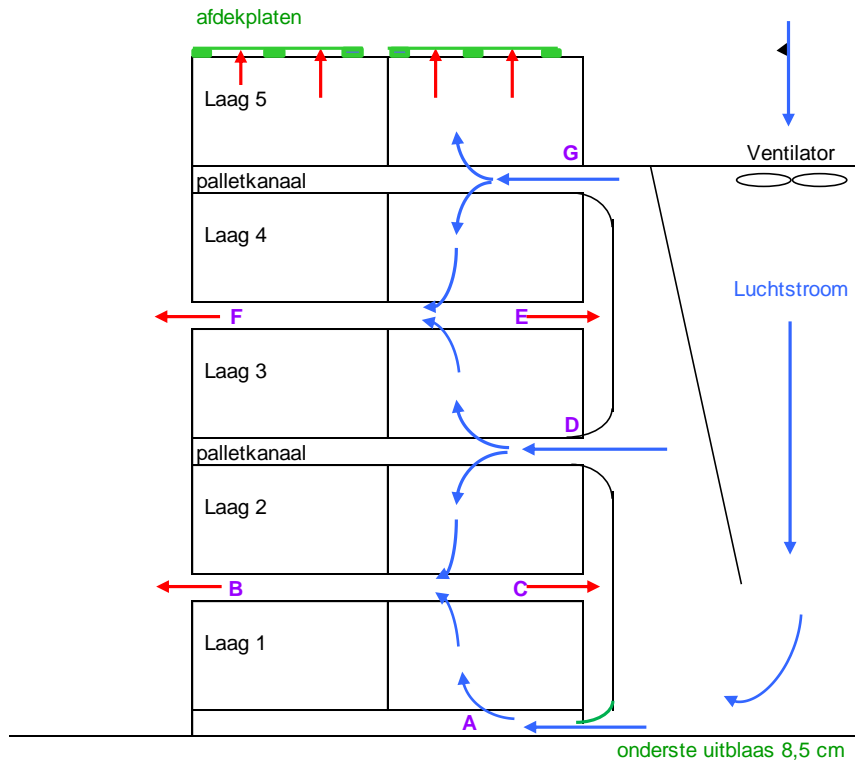
Tabel 4: Visueel beoordeelde broeieresultaten

Bedrijf	Beoordeling	Achtergrond	Ethyleenblootstelling (dgn)	
			> 100 ppb	> 200 ppb
Bedrijf 1	normaal gewas, uniform, geen afwijkingen		0,0	0,0
Bedrijf 2	normaal gewas, uniform, geen afwijkingen		5,8	1,0
Bedrijf 5	normaal gewas, uniform, enkele met bloemverdroging	?	0,4	0,1
Bedrijf 7	normaal gewas, uniform, geen afwijkingen		1,2	0,3
Bedrijf 8	kortere stijve planten, normaal blad uniform, geen afwijkingen	broeibollen te warm bewaard in plantgoedcel	0,2	0,0
Bedrijf 9	2 bakken normaal, uniform, geen afwijkingen, 2x ongelijk	?	0,2	0,0
Bedrijf 10	normaal gewas, uniform, geen afwijkingen		0,2	0,0
Bedrijf 11	normaal gewas, uniform, geen afwijkingen		0,2	0,0
Bedrijf 12	ongelijk, niet uniform, meerdere met bloemverdroging	monsters lagen eerst 10 dagen in de schuur, pas daarna in de cel	2,9	0,0
Bedrijf 13	normaal gewas, maar meerdere met bloemverdroging	?	1,4	0,2
Bedrijf 15	normaal gewas, uniform, geen afwijkingen	gg		

bewaarcel, gezien de zeer korte periodes van blootstelling aan ethyleengehaltes > 100 ppb of > 200 ppb, tabel 5. De “handling” van de zakjes met bollen speelt hierbij vermoedelijk een belangrijke rol. Zo bleek op bedrijf 12 dat de zakjes eerst 10 dagen in de schuur hebben gelegen en pas daarna in de bewaarcel. Ook zijn de zakjes niet in één dag over de bedrijven verdeeld, maar over een periode van 4 dagen. Van de precieze bewaaromstandigheden van elk individueel zakje bollen is te weinig bekend om de afwijkingen te kunnen verklaren.

4.3 Bewaarwanden

Door Bedrijf 12 zijn verbeteringen aan de 2-laags 5 hoog systeemwand laten aanbrengen: De onderste uitblaasopening is verkleind van 17 cm tot 8,5 cm en voor het afdekken van de bovenste kistenlaag zijn afdekplaten laten maken, in groen aangegeven in figuur 10.



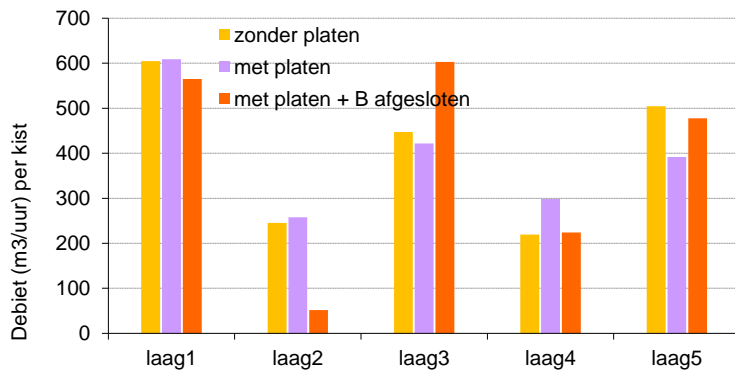
Figuur 10: Schematisch weergegeven 2-laags 5 hoog bewaarstelsel, bedrijf 12.

De kistmaat is 100 x 120 x 93 cm en het oppervlak van de dwarsdoorsnede van het palletkanaal meet $49 \times 17 \text{ cm} \times 2 = 1666 \text{ cm}^2$. De kisten zijn 9 diep gestapeld. Het spleetoppervlak per afdekplaat is $2 \times 36 \text{ cm} \times 4 = 288 \text{ cm}^2$ per kist, totaal = $9 \times 288 = 2592 \text{ cm}^2$. Op de punten A, B, C, D, E, F en G is de lichtsnelheid gemeten.

Er is gemeten zonder afdekplaten (meting 1), met afdekplaten (meting 2) en met palletopening B afgesloten (meting 3). De resultaten zijn samengevat in tabel 5 en figuur 11. Bij de berekening van het debiet per laag is uitgegaan van een lekverlies tussen de uitblaasopeningen van de systeemwand (A, D en G) en de uitmondingen van de palletkanalen B, C, E en F

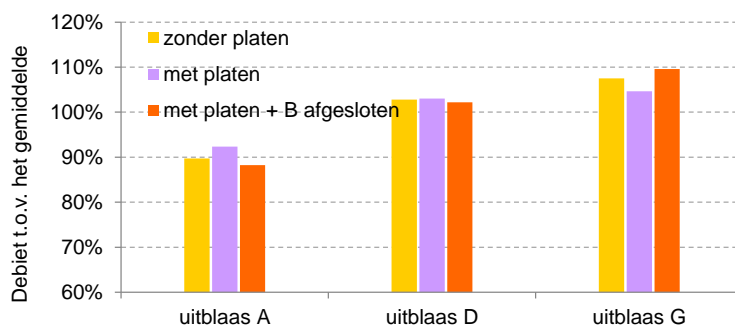
Tabel 5: gemiddeld debiet per kist per laag.

	zonder platen	met platen	met platen + B afgesloten
laag1	605	609	565
laag2	245	258	52
laag3	447	422	603
laag4	220	298	224
laag5	505	392	478
gemiddeld	404	396	384
spreiding	48%	44%	72%



Figuur 11: Luchtverdeling over de lagen van 20%.

Het effect van afdekken is duidelijk: laag 5 gaat van ruim 500 m³ per kist naar minder dan 400 m³. Laag 4 krijgt nu bijna 300 m³ ipv. 220 (een toename van 36%). Het debiet in laag 1 is ondanks de halving van de uitblaasopening nog steeds het hoogst.



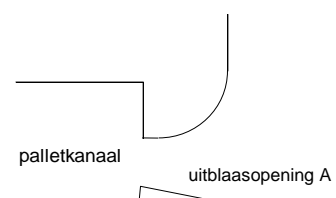
Figuur 12: Verdeling over de uitblaasopeningen

Afsluiten van opening B (einde palletkanaal aan de kant van de celdeur) heeft maar een beperkt effect op vermindering van het debiet van laag 1, maar een groot (negatief) effect op het debiet van laag 2. Achtergrond is dat zowel de lucht uit uitblaasopening A als die uit opening D door palletkanaal BC gaan. Daardoor wordt het debiet uit beide uitblaasopeningen iets minder, en gaat er meer door uitblaas G. De lucht uit uitblaasopening A kan alleen maar door palletkanaal BC, de lucht uit opening D kan via laag 2 door kanaal BC, en via laag 3 door palletkanaal EF. Dit kanaal is aan beide kanten open en heeft daardoor minder weerstand. Wat er nu relatief door de uitblaasopeningen A en D *minder* door gaat, komt er door uitblaasopening G bij, figuur 12.

Door palletkanaal EF stroomt meer lucht afkomstig uit laag 3 waardoor laag 4 minder uitblaasruimte krijgt en de lucht nu meer door laag 5 wordt gedwongen.

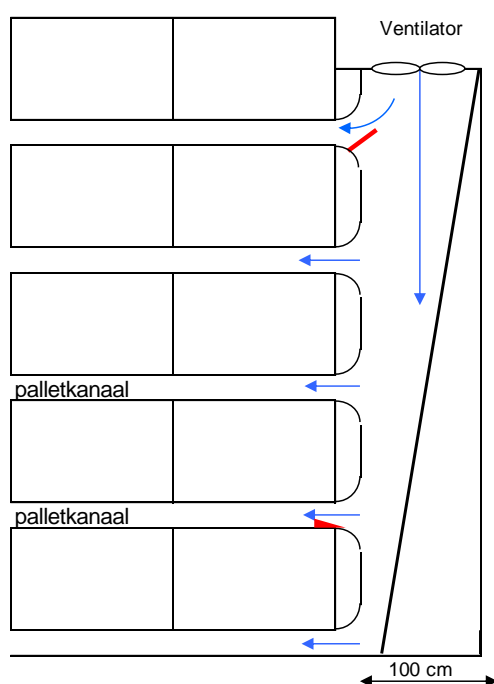
Het afdekken van de bovenste laag met platen heeft nog te weinig effect omdat de spleetopening van 2 cm te groot is. Het totale spleetoppervlak van de 9 kisten is nu 2592 cm². Dit zou kleiner of gelijk moeten zijn aan ongeveer de helft van het oppervlak van de doorsnede van het palletkanaal. Maar omdat het palletkanaal aan beide kanten open is dus ongeveer kleiner of gelijk aan het dubbele hiervan: 1666 cm². Een spleetopening van 1,3 cm i.p.v. nu 2cm zou de luchtverdeling verder verbeteren, waardoor laag 4 meer lucht krijgt. Als gevolg hiervan krijgt laag 3 dan wat minder en laag 2 wat meer.

De onderste uitblaasopening kan nog kleiner want laag 1 krijgt nu nog



teveel. Een driehoekige lat 2 – 3 cm zou kunnen voldoen, maar het resultaat moet worden nagemeten. De verwachting is dat laag 1 dan minder krijgt, laag 2 meer en laag 3 minder. Uiteindelijk moet het mogelijk zijn de luchtverdeling vrijwel gelijkmatig te krijgen. Met de huidige afdekplaten kan al 36% worden terugtoerd, met de aanbevolen verbeteringen is terugtoeren met 50% mogelijk. Dit heeft als resultaat een gelijkmatiger bewaarklimaat over de kisten en een besparing op elektra van ruim 80%.

Op Bedrijf 14 is een nieuw gebouwde systeemwand doorgemeten. Deze éénlaagswand heeft, net als de systeemwanden op Bedrijf 11 een interne schuine plaat waardoor naar beneden toe de wand steeds ondieper wordt, figuur 13.



Figuur 13: Aanpassingen aan de systeemwand, Bedrijf 14.

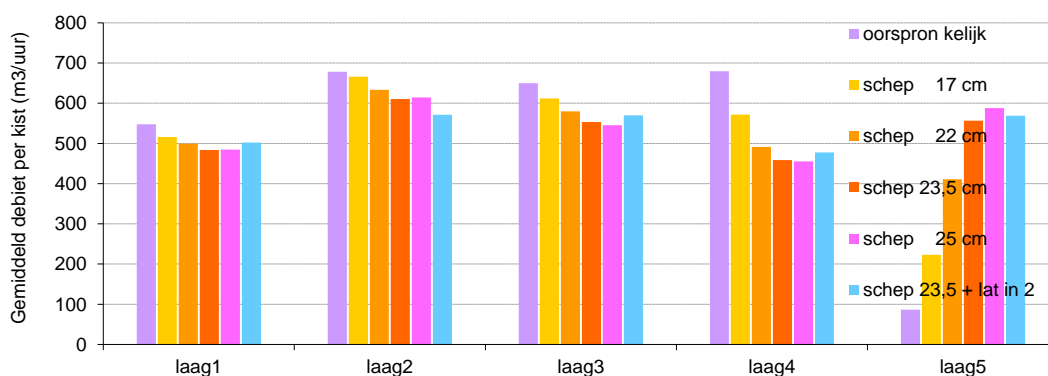
De metingen gaven aan dat de bovenste laag kisten extreem weinig lucht krijgt, tabel 6 en figuur 14. Met scheppen onder een hoek van 45 graden en breedtes variërend van 17 tot 25 cm is nagegaan hoe het debiet per kist in de bovenste laag verbeterd kan worden en hoe dat uitpakt voor de luchtverdeling over de

Tabel 6: Resultaten aanpassingen systeemwand, Bedrijf 14.

	oorspron kelijk	schep 17 cm	schep 22 cm	schep 23,5 cm	schep 25 cm	schep 23,5 + lat in 2
laag1	548	516	499	484	485	502
laag2	678	666	633	611	614	571
laag3	650	612	580	553	545	570
laag4	680	572	491	459	455	478
laag5	87	223	411	557	588	569
gem	528	518	523	533	537	538
min	87	223	411	459	455	478
max	680	666	633	611	614	571
spreiding	56%	43%	21%	14%	15%	9%

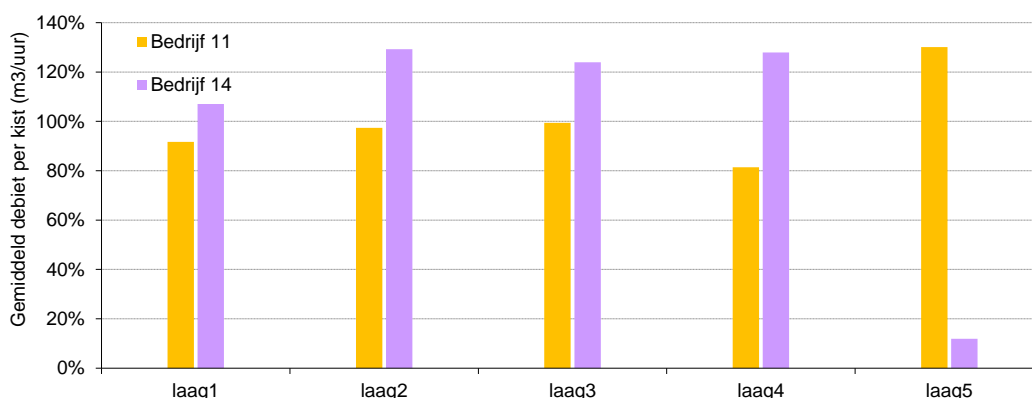
overige lagen. Een schepbreedte van 23,5 cm bleek optimaal, waarbij de spreiding van 56% afnam tot 14%. Met een bredere schep van 25 cm nam de spreiding over de lagen niet verder af. Door in de uitblaasopening van laag 2 een driehoekige lat aan te brengen verminderde het debiet daar iets, hetgeen

aan de andere lagen ten goede kwam. De spreiding verminderde daardoor tot 9%.



Figuur 14: luchtverdeling over de lagen, bedrijf 14.

Hetzelfde type droogwand gaf op Bedrijf 11 een geheel ander luchtverdeling te zien, figuur 15. Daar kwam juist iets teveel lucht door de bovenste laag en door een driehoekige lat aan te brengen werd de spreiding teruggebracht tot 8%.



Figuur 15: Oorspronkelijke luchtverdeling over de lagen, bedrijf 11 en 14.

De achtergronden bij deze grote verschillen in luchtverdeling tussen de twee bedrijven met hetzelfde type systeemwand, zijn samengevat in tabel 7:

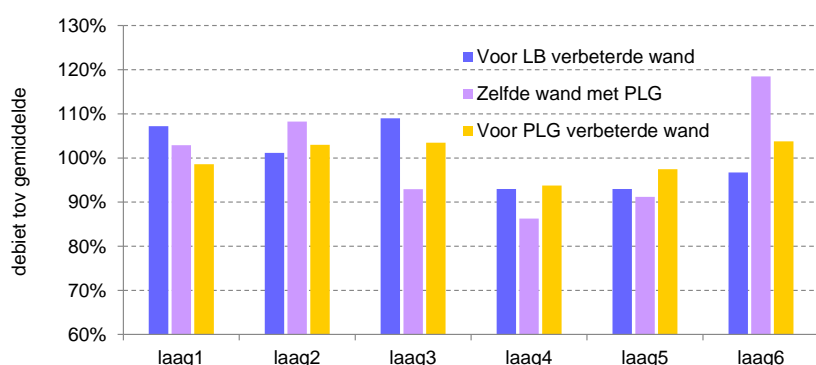
Tabel 7: Verschillen tussen de systeemwanden van Bedrijf 11 en Bedrijf 14.

	Bedrijf 14	Bedrijf 11
Uitblaasopening	afgerond	niet afgerond
stapelingsdiepte	10 diep	5 diep
type bollen	leverbaar	plantgoed
afstand bovenste uitblaasopening tot ventilator	30 cm	72 cm
wanddiepte	100 cm	130 cm

De luchtstroom op Bedrijf 11 ondervindt veel meer weerstand dan de luchtstroom op Bedrijf 14. Bedrijf 11 heeft geen (of nauwelijks) afgeronde uitblaasopeningen, de kistenstapelingsdiepte van 5 diep geeft meer weerstand dan die van 10 diep en de kleinere plantgoedbollen geven meer weerstand dan de grotere broeibollen. Hoe meer weerstand de lucht ondervindt bij het uit de systeemwand door de uitblaasopeningen naar buiten stromen, hoe gelijkmatiger de luchtverdeling. Daarnaast zit bij Bedrijf 14 de ventilator dichterbij de bovenste uitblaasopening zodat de lucht er a.h.w. voorbij schiet, en is de wand minder diep zodat de helling van de schuine plaat steiler is waardoor er minder dwang naar boven is.

Door de aanpassingen (schep op uitblaas 5, 3-hoekige lat in uitblaas 2) is de luchtverdeling op Bedrijf 14 nu gelijkmatiger, terwijl het totale debiet gelijk gebleven is. De ventilatoropbrengst bij 50 Hz is hierbij 22,4 m³ lucht per m³ bollen per watt, tegen 10,4 bij Bedrijf 11. Een-en-ander geeft ook aan dat een op zich goed

ontwerp van een systeemwand onder andere omstandigheden totaal andere resultaten kan opleveren. Met Bedrijf 2 is in vorige seizoenen veel onderzoek naar het verbeteren van de luchtstroom uitgevoerd met leverbare bollen. Met plantgoed voor de verbeterde wanden werden wisselende resultaten gemeten. Dit seizoen zijn metingen uitgevoerd om met plantgoed ervoor de systeemwand (1,70 cm diep met achterwaarts schuin lopende interne plaat, 10 kisten diep x 6 hoog) te verbeteren. De huidige voor leverbare bollen verbeterde systeemwand heeft op de bodem van de wand voor uitblaasopening 1 een schans (40 cm breed, 47°, 75 cm van de uitblaasopening), plus 2 driehoekige latten van 4,5 cm in uitblaasopening 2, plus 2 driehoekige latten van 2,5 cm in uitblaasopening 3 en uitblaasopening 6 is aan de bovenkant met een afronding verkleind naar 11 cm. Met plantgoed ervoor gaf deze wand een minder goede luchtverdeling dan met leverbare bollen ervoor, figuur 16.

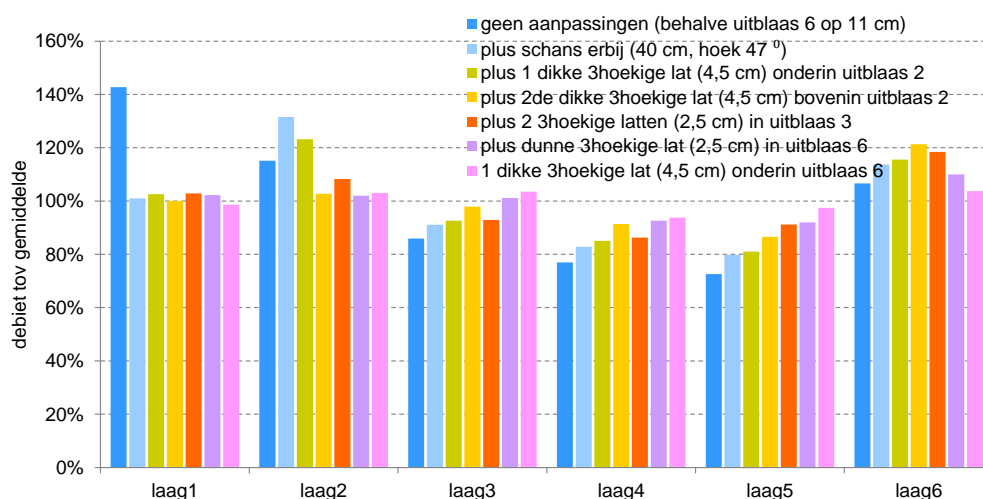


Figuur 16: Verbeterde wanden voor plantgoed (PLG) en leverbaar (LB)

Voorlaag 3 krijgt met plantgoed voor de wand minder lucht dan met leverbare bollen ervoor, en vooral laag 6 kreeg juist meer. Stapsgewijs is vervolgens de wand voor plantgoed verbeterd, figuur 17, door de 3-hoekige latten uit de 3^{de} uitblaasopening te verwijderen, en een 3-hoekige lat in de 6^{de} uitblaasopening aan te brengen. De spreiding komt dan op 5% procent, tabel 8.

Tabel 8: Stapsgewijze verbetering systeemwand voor plantgoed.

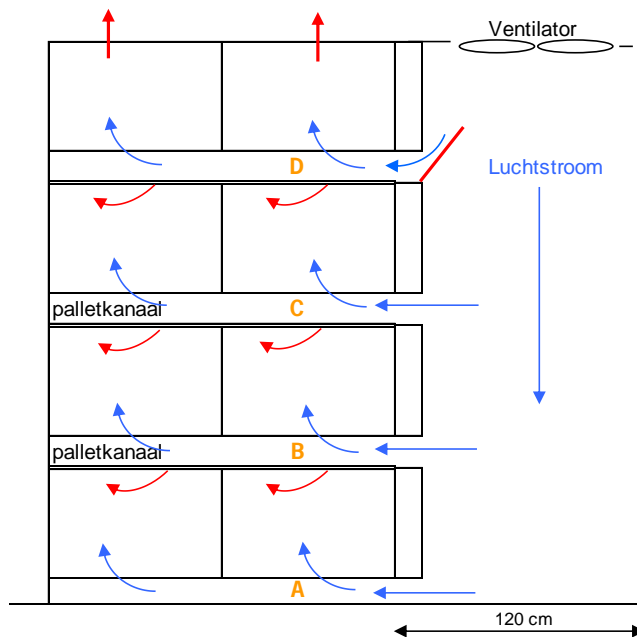
meting	laag1	laag2	laag3	laag4	laag5	laag6	spreiding
a	107%	101%	109%	93%	93%	97%	8%
0	103%	108%	93%	86%	91%	118%	16%
1	143%	115%	86%	77%	73%	107%	35%
2	101%	132%	91%	83%	80%	114%	26%
3	103%	123%	93%	85%	81%	116%	21%
4	100%	103%	98%	91%	87%	121%	17%
5	102%	102%	101%	93%	92%	110%	9%
6	99%	103%	103%	94%	97%	104%	5%



Figuur 17: stap voor stap verbetering systeemwand met plantgoed.

4.4 Aangepaste kuubskist

Op Bedrijf 15 zijn, al sinds 1994, aangepaste kuubskisten in gebruik die 4 hoog x 7 diep voor de 1-laagssysteemwand gestapeld zijn. De aanpassing bestaat uit een gegolfde kistbodem, zie foto, waardoor de doorlatendheid fors toeneemt. Enerzijds door een groter oppervlak, anderzijds doordat de bodemplatten de perforaties nauwelijks meer afsluiten. De uitblaasopening per kist is hierop aangepast: ook deze is groter dan normaal: de uitblaaspleet is 4,5 cm ipv. de gebruikelijke 2,5 cm.



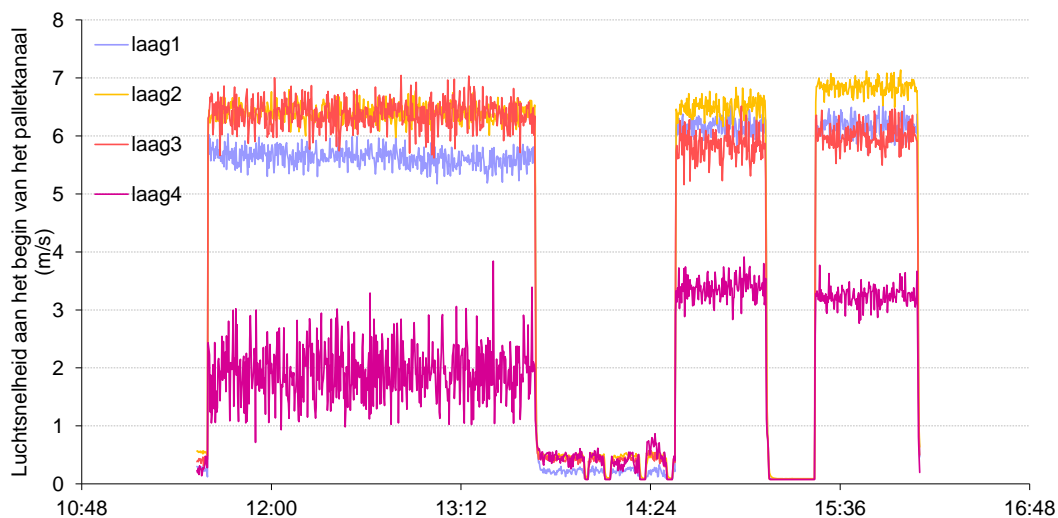
Figuur 18: Schematische weergave systeemwand Bedrijf 15.

Op de 4^{de} uitblaasopening van de systeemwand is een schep geplaatst van 21 cm onder een hoek van minder dan 45 graden, figuur 18.

De kisten van 120 x 150 x 93 cm waren gevuld met tulpenbollen maat 9/10.

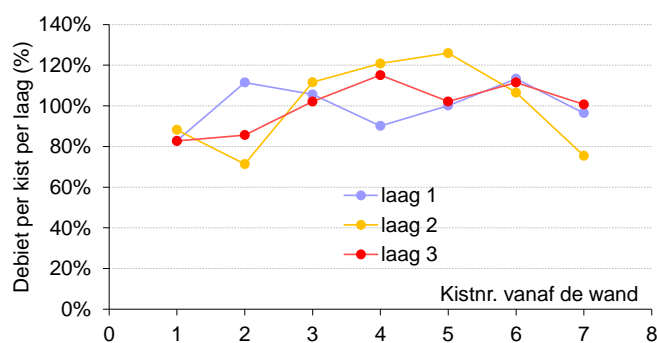
Bij doormeting van de luchtsnelheden aan het begin van de palletkanalen bleek de luchtsnelheid in de 4^{de} laag het laagst en ook erg variabel, figuur 19. De schep is daarop verbreed van 21 naar 27 cm en vervolgens naar 29 cm.

Na het verbreden van de schep met 6 cm tot 27 cm kreeg laag 4 ongeveer 70% meer lucht, tabel 9. Nog 2 cm erbij heeft geen effect. Laag 3 krijgt nu minder lucht maar nog altijd ruim voldoende. Opvallend is ook dat dan de luchtsnelheid in het palletkanaal van laag 4 ook minder variabel wordt.



Figuur 19: Luchtsnelheden aan het begin van het palletkanaal.

	Schep = 21	Schep = 27	Schep = 29
laag1	630	691	690
laag2	715	726	766
laag3	715	652	671
laag4	215	378	362
gemiddeld	569	612	622
spreiding	44%	28%	32%



Figuur 20: luchtverdeling over de kisten per laag.

De gemiddelde luchtopbrengst van de ventilator van 1,5 kW was in dit systeem 11,6 m3/watt. Dit is ruim meer dan een eerdere meting aan een vergelijkbare systeemwand (ook 1-laags, 4 hoog x 7 diep; 1200 liter kisten).

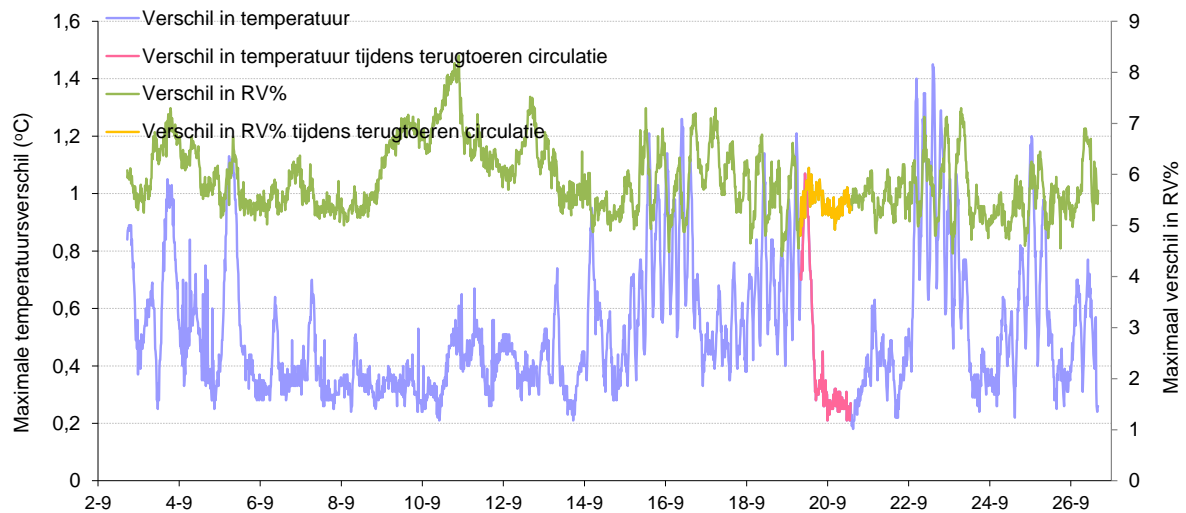
Omdat de weerstand van de golfbodem fors lager is dan bij een gewone kist (het doorlatend oppervlak is minstens 2 maal zo groot, zie foto) is nagegaan of door de verminderde weerstand de kisten het verst van de wand niet buitensporig meer lucht krijgen dan de kisten het dichtst bij de wand. Voor de lagen 1 t/m 3 is daarom met de meetpropeller per spleetopening de luchtsnelheid gemeten, zie figuur 20. Er is wel een trend dat de kisten het verst van de wand de meeste lucht krijgen, maar dit is niet buitensporig. Vermoedelijk gaat door laag 4 meer lucht als er kleinere bollen in de kisten zitten en als de hoek van de schep vergroot wordt naar 45 graden.



4.5 RV- en temperatuurmetingen tussen de bollen

Circulatie heeft als functie het afvoeren van ethyleen (bij tulpenbollen), CO₂, water(damp) en soms ook warmte, en eventueel O₂ aan te voeren, zodat bewaarcondities optimaal zijn en hiermee de kwaliteit van de bollen hoog. Daarnaast is het doel van circuleren het minimaliseren van o.a. temperatuurs- en RV-verschillen tussen kisten (een gelijkmatig bewaarklimaat).

Op bedrijf 14 zijn op 2 september temperatuur- en RV-sensoren geplaatst in 9 verschillende kisten voor de wand. Om na te gaan of de verschillen in temperatuur en RV% tussen kisten bij terugtoeren van de circulatie toenemen is vanaf 19 september gedurende 30 uur teruggetoerd. De resultaten zijn samengevat in figuur 21: meestal is het grootste verschil tussen de kisten ongeveer 0,4 °C en ongeveer 6 RV%, maar kortstondige uitschieters tot 1,4 °C en 8,5 RV% komen ook voor. Tijdens de 30 uur terugtoeren liepen de verschillen in temperatuur of RV% niet op.



Figuur 21: Maximale verschillen tussen kisten in temperatuur en RV%

5 Conclusies & Aanbevelingen

Conclusies:

De 12 bedrijven waarvan tijdens het bewaarseizoen de energie- en achtergrondgegevens zijn verzameld, hadden allen dit jaar een zeer laag berekend percentage zure bollen (0,06 % tot maximaal 1,3%). Door geheel of gedeeltelijk de ventilatie op ethyleenmetingen te sturen en ook de circulatie hierop aan te passen kon hierdoor veel energie bespaard worden.

Op gas is er gemiddeld 27% bespaard, variërend van -15% (op het bedrijf dat de ventilatie niet stuurt op basis van de ethyleenmeting) tot 80%. Bij volledige sturing van de ventilatie op basis van een ethyleengrens van 100 ppb had de gemiddelde besparing 79% kunnen zijn.

Op elektra is door terugtoeren gemiddeld 53% bespaard, variërend van -17% (op het bedrijf dat continue op voltoeren circuleert) tot 95%. Bij terugtoeren evenredig met verminderde ventilatie a.g.v. de lage ethyleenproductie, maar met een minimum frequentie-instelling van 15 Hz, had gemiddeld 84% bespaard kunnen worden.

Op elektra is dus meer bespaard dan op gas. Op het totale energieverbruik (gas voor het opwarmen van buitenlucht voor ventilatie + elektra voor circulatieventilatoren) is bij de bewaring gemiddeld 44% bespaard, variërend van -17% tot 76%.

Net als vorig jaar liet de analyse van de dit jaar gerooide bollen zien dat wanneer plantgoed tijdens de bewaring meer uitdroogde er minder bollen met een bolmaat ≥ 10 geoogst werden. Het totaal gewicht gerooide bollen per geplante bol werd echter niet lager. Sterke uitdroging van plantgoed heeft als achtergrond overmatig ventileren en circuleren met lucht met een hoog vochtdeficit. Dit laatste heeft als achtergrond droge en vooral koude weersomstandigheden. Buitenlucht voor ventilatie wordt opgewarmd tot 20 à 25 graden waardoor het vochtdeficit flink kan toenemen.

De gebroeiide tulpen van op de bedrijven bewaarde monsters bollen waren over het algemeen van goede kwaliteit. Te warm (want in een plantgoedcel) bewaarde broeibollen gaven kortere planten. Bij een geval van meerdere bollen met bloemverdroging bleken de bollenmonsters eerst 10 dagen in de schuur te hebben gelegen voordat ze de bewaarcel ingingen. De blootstelling aan een ethyleengehalte > 100 ppb varieerde van 0,0 dagen tot 5,8 dagen. De blootstelling aan een ethyleengehalte > 200 ppb varieerde van 0,0 dagen tot 1,0 dagen. Blootstelling aan ethyleen heeft dus zeker geen effect op de broeibollen gehad.

Analyse van de luchtverdeling over de kistenlagen voor de systeemwand laat zien dat sommige aanpassingen nog niet ver genoeg gaan en dat de luchtverdeling nog verder kan worden verbeterd: bij het afdekken van de kisten in de bovenste laag voor een 5 hoog tweelaagssysteem kan dit door de spleetopening van 2 cm verder te verkleind tot 1,3 cm. De naar 8,5 cm verkleinde onderste uitblaasopening kan nog verder verkleind worden. Dit moet door metingen worden vastgesteld. De luchtverdeling over de 5 lagen kan hiermee nog gelijkmatiger worden.

Een op zich goed ontwerp van een éénlaagssysteemwand bleek onder andere omstandigheden een geheel andere luchtverdeling over de lagen op te leveren: Bij het ene bedrijf werd een lichte overmaat aan lucht in de bovenste (5^{de}) laag gemeten, bij het andere bedrijf juist een fors tekort. Achtergronden hierbij waren dat bij het laatste bedrijf de kisten 10 i.p.v. 5 diep gestapeld waren, de uitblaasopeningen afgerond en de kistinhoud uit broeibollen bestond i.p.v. plantgoed. Dit heeft een veel lagere weerstand tot gevolg en daardoor een schevere verdeling. Daarnaast is de ventilator dichter op de bovenste uitblaasopening geplaatst waardoor de lucht er a.h.w. voorbij schiet.

Ook deze wand bleek met eenvoudige middelen sterk te verbeteren: een schep in de bovenste laag en een 3-hoekige lat in de 2^{de} uitblaasopening resulteerden in een afname van de spreiding van 56% naar 9%.

Een systeemwand die met leverbare bollen ervoor verbeterd was (spreiding teruggebracht naar 8%) is nu met plantgoed ervoor doorgemeten. De spreiding was nu groter dan met leverbaar ervoor, maar door de 3-hoekige latten uit de 3^{de} uitblaasopening te verwijderen en een 3-hoekige lat in de bovenste uitblaasopening aan te brengen werd de spreiding weer teruggebracht naar 5%.

Doordat de bodemlatten de perforaties in de bodemplaat nauwelijks afdekken geeft de kuubskist met de golfbodem minder luchtweerstand dan een kist met platte bodem. De gemeten luchtopbrengst van 11,6 m³/watt is hoog. De luchtverdeling per laag is niet buitensporig scheef. De verwachting is dat de luchtverdeling in deze kist beter is dan in de gewone kist, maar dit zou nog nader onderzocht moeten worden.

Op een ander bedrijf is in 9 kisten van een rij van 5 hoog x 10 diep met sensoren tussen de bollen de temperatuur en het RV% gedurende ruim 3 weken elk kwartier gelogd. Meestal is het grootste verschil tussen de kisten ongeveer 0,4 °C en ongeveer 6 RV%, maar kortstondige uitschieters tot 1,4 °C en 8,5 RV% komen ook voor. Tijdens 30 uur terugtoeren liepen de verschillen in temperatuur of RV% niet op. Het maximale verschil in temperatuur en RV% tussen 9 kisten in een rij voor de wand werd door 30 uur terugtoeren niet beïnvloed.

Aanbevelingen:

Het aanvullende onderzoek liet ook dit jaar zien dat de bewaarwanden met aanpassingen als een schans, een schep, driehoekige latten in de uitblaasopening en 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 2 keer (soms meer) meer lucht krijgt.

Het wordt bloembollenbedrijven aanbevolen de luchtverdeling over de kistenstapel door te laten meten om op basis hiervan de systeemwand aan te passen en zo de luchtverdeling gelijkmatig te krijgen. Dit zorgt voor een regelmatiger bewaarklimaat en duizenden euro's energiebesparing, tegen geringen materiaals- en arbeidskosten.

Een aspect wat nog verbeterd moet worden is het voorkomen van de soms grote lekkage (>30%) in de kistenstapeling. Vooral bij 2-laagssystemen is lucht- en dus energieverlies hierdoor belangrijk, omdat niet alleen pallets van de kisten goed op elkaar moeten aansluiten, maar ook de bovenrand van de kist met de onderrand van de kist erboven.

De voordelen van golfbodemplaat zouden nader onderzocht moeten worden (luchtopbrengst en luchtverdeling *in* de kist vergelijken met een gewone kist).

De in het State-of-the-Art project ontwikkelde kennis en ervaring met het verbeteren van de luchtverdeling van de verschillende systeemwanden is van grote waarde voor de diverse systeembouwers, toeleveranciers, installateurs en adviseurs. Mogelijk dat het voor deze doelgroep organiseren van demonstratiedagen bij bollenbedrijven in de regio's hiertoe bijdraagt.

6 Communicatie

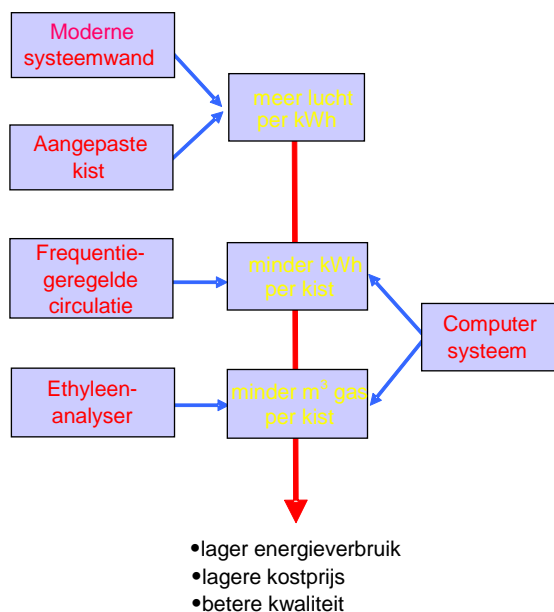
De resultaten van het StArt-project zijn op verschillende bijeenkomsten en lezingen gepresenteerd door middel van PowerPointpresentaties, zie tabel 10. Daarnaast is tijdens de Mechanisatie Beurs te Lisse (10 – 13 januari), op open dagen van PPO in Lisse (10 februari en 15 mei 2012), en op de open dag duurzame bloembollenteelt van de KAVB in Anna Paulowna (15 juni 2012) aandacht aan het StArt-project gegeven door middel van posters en een brochure. Ook zal een artikel in Bloembollennisie verschijnen.

Tabel 10: Overzicht lezingen en bijeenkomsten.

Datum	Locatie	type	aantal aanwezigen	Spreker
14-dec-11	Dirkshorn	studieclub	20	H. Gude
24-jan-12	Kloosterburen	KAVB Groningen	20	H. Gude
13-feb-12	St. Maarten	studieclub	20	H. Gude
20-mrt-12	Voorhout	studieclub	18	B. Bisschops
26-mrt-12	't Zand	studieclub	10	B. Bisschops
16-apr-12	Noordwijkerhout	studieclub	13	B. Bisschops
2-mei-12	Hillegom	studieclub	6	R. de Groot
4-mei-12	Lisse	Hobaho/Keukenhof	20	J. Wildschut
15-jun-12	Anna Paulowna	open dag	>100	J. Wildschut
20-jun-12	Texel	studieclub	25	H. Gude

Bijlage 1: State-of-the-Art bewaren van tulpenbollen

Het principe van State-of-the-Art bewaren van tulpenbollen is samengevat in bijstaand schema. Energiebesparingstechnieken worden hierin gecombineerd toegepast:



Een **moderne droogwand** met afgeronde uitblaasopeningen verlaagt de weerstand zodat met minder energie meer lucht door de bollen kan worden geblazen. Structuren in de wand zoals een schuine plaat verminderen de interne weerstand en verbeteren de luchtverdeling over lagen, waardoor het totale debiet verlaagd kan worden om de minst beluchte kist voldoende te beluchten.

Een **aangepaste kist** (met afgeschuinde balken en minder brede bodemplaten) heeft een betere interne luchtverdeling en een lagere weerstand. Deze kisten zijn op de deelnemende bollenbedrijven echter niet in gebruik. Om toch te kunnen bijdragen aan onderzoek & ontwikkeling van verbeterde palletkisten zijn op het bedrijf Fa. N.J.J. de Wit en Zn in 2008 metingen uitgevoerd aan een door dat bedrijf ism. Omnihout ontwikkelde aangepaste palletkist. De resultaten gaven aanleiding om met Fa. N.J.J. de Wit en Zn de kuubskist verder te ontwikkelen in een nieuw project: "Verbetering Kuubskist". In 2010 is dat project afgerond en de

resultaten zijn veelbelovend: de luchtweerstand in de kist is veel lager waardoor o.m. de droogsnelheid gehalveerd werd.

Terugtoeren van de circulatieventilatoren met een **frequentieregelaar** kan in een aantal omstandigheden:

- bij een grotere bolmaat in de kist, of bij minder volle kisten
- bij een betere luchtverdeling over de kisten
- bij een lagere circulatienorm (bv. <math><250\text{ m}^3/\text{uur}</math>, ipv. 500)
- als er minder kisten voor de wand staan, of
- bij een ventilator met overcapaciteit

Het kWh- verbruik neemt dan af met de 3de macht van het toerental: 10% minder toeren → 27% minder energieverbruik.

Met de **ethyleenanalyser** wordt het ethyleengehalte van de cellucht continue gemeten. Op basis hiervan wordt via de klimaatcomputer de ventilatie gestuurd. Bij de sturing wordt bij bewaartemperaturen tussen de 20 en 25 °C een schadedrempel van 100 ppb aangehouden. Stijgt het ethyleengehalte tot boven deze

ethyleengrens van 100 ppb dan stuurt de [klimaatcomputer](#) de klep verder open totdat het ethyleengehalte weer onder de 100 ppb komt. Ethyleengrens, minimum en maximum klepstand, etc. zijn door de teler zelf in te stellen. Ook de middeltijd (standaard ingesteld op 30 minuten, maximale instelling 60 minuten) en de P-band (standaard op 40 ppb ingesteld, wat betekent dat bij de ingestelde ethyleengrens, meestal dus 100 ppb, *plus* 40 = 140 ppb, de klepstand naar 100% gaat; door die P-band te verhogen naar bv. 80 ppb gaat de klep dan pas bij 180 ppb voor 100% open) zijn door de teler zelf in te stellen waarmee een rustiger klepsturing gerealiseerd kan worden.

De klimaatcomputer registreert daarnaast de voor de berekeningen van het energieverbruik relevante gegevens.

Bijlage 2: Energieverbruik per m³ bollen

Tabel: Energieverbruik per cel en per m³ bollen in 120 dagen, volgens de norm, gerealiseerd en minimaal mogelijk. Energiebesparingen in % en in €/m³ (gasprijs = € 0,32, kWh-prijs = € 0,12).

Bedrijf	Volgens norm 1			Gerealiseerd			Mogelijk			
	cel	per m ³ /120 dgn	kosten €/m ³	cel	per m ³ /120 dgn	% bespaard	cel	per m ³ /120 dgn	% bespaard	
Gas (m³)										
Bedrijf 1	774	6,8	2,17	890	7,8	-15%	36	0,3	95%	2,07
Bedrijf 2	6556	19,2	6,15	5825	17,1	11%	1623	4,8	75%	4,63
Bedrijf 10	2783	12,8	4,09	2869	13,2	-3%	325	1,49	88%	3,61
Bedrijf 12	11414	30,4	9,71	7292	19,4	36%	4232	11,3	63%	6,11
Bedrijf 11	2054	15,1	4,82	2228	16,3	-8%	760	5,6	63%	3,04
Bedrijf 3	2946	23,4	7,48	2796	22,2	5%	339	2,7	88%	6,62
Bedrijf 5	2903	19,5	6,25	568	3,8	80%	274	1,8	91%	5,66
Bedrijf 7	6777	34,5	11,04	6222	31,7	8%	1136	5,8	83%	9,19
Bedrijf 8	7920	37,6	12,02	2875	13,6	64%	1230	5,8	84%	10,16
Bedrijf 9	2198	21,2	6,78	812	7,8	63%	752	7,2	66%	4,46
Bedrijf 13	4278	30,8	9,84	2377	17,1	44%	889	6,4	79%	7,80
Bedrijf 14	10655	29,1	9,31	5985	16,3	44%	3097	8,5	71%	6,60
gemiddeld	5105	23,4	7,5	3238	15,5	27%	1071	5,1	79%	5,83
excl. Bedrijf 1	5499	24,9	8,0	3770	16,2	31%	1370	5,6	77%	6,17
Elektra (kWh)										
Bedrijf 1	21783	190,9	22,91	25547	224	-17%	4560	40,0	79%	18,1
Bedrijf 2	40256	117,9	14,15	17187	50	57%	10290	30,1	74%	10,5
Bedrijf 10	31766	145,8	17,50	19891	91	37%	5124	23,5	84%	14,7
Bedrijf 12	24588	65,4	7,85	12212	32	50%	8264	22,0	66%	5,2
Bedrijf 11	28085	206,0	24,72	4588	34	84%	1319	9,7	95%	23,6
Bedrijf 3	26150	207,4	24,89	15210	121	42%	2135	16,9	92%	22,9
Bedrijf 5	18977	127,8	15,33	8908	60	53%	1817	12,2	90%	13,9
Bedrijf 7	23775	121,0	14,52	1222	6	95%	3107	15,8	87%	12,6
Bedrijf 8	25350	120,3	14,43	5853	28	77%	1676	8,0	93%	13,5
Bedrijf 9	13829	133,2	15,99	2157	21	84%	2081	20,0	85%	13,6
Bedrijf 13	9671	69,5	8,34	4399	32	55%	756	5,4	92%	7,7
Bedrijf 14	31995	87,4	10,48	24338	66	24%	8297	22,7	74%	7,8
gemiddeld	24685	132,7	15,9	11793	63,8	53%	4119	18,9	84%	13,7
excl. Bedrijf 1	24949	127,4	15,3	10542	49,2	60%	4079	16,9	85%	13,3
Totaal energieverbruik (MJ)										
Bedrijf 1	223283	1957	25,08	261241	2290	-17%	42301	371	81%	20,18
Bedrijf 2	592882	1737	20,30	359561	1053	39%	149686	439	75%	15,16
Bedrijf 10	383764	1762	21,58	279925	1285	27%	57537	264	85%	18,29
Bedrijf 12	622714	1656	17,56	366369	974	41%	223226	594	64%	11,32
Bedrijf 11	325018	2384	29,54	119638	878	63%	38588	283	88%	26,60
Bedrijf 3	338957	2689	32,37	235209	1866	31%	31136	247	91%	29,48
Bedrijf 5	272888	1837	21,59	100141	674	63%	26003	175	90%	19,53
Bedrijf 7	452324	2302	25,56	229809	1170	49%	67907	346	85%	21,81
Bedrijf 8	506684	2404	26,46	153784	730	70%	58358	277	88%	23,63
Bedrijf 9	201778	1944	22,76	47984	462	76%	45184	435	78%	18,04
Bedrijf 13	237497	1708	18,19	123205	886	48%	38085	274	84%	15,49
Bedrijf 14	662703	1809	19,79	429529	1173	35%	183587	501	72%	14,37
gemiddeld	401708	2016	23,40	225533	1120	44%	80133	350	82%	19,49
excl. Bedrijf 1	417928	2021	23,25	222287	1014	49%	83572	349	82%	19,43

