

Ethyleengestuurde ventilatie

Energiebesparing in het project “Klep Dicht” en resultaten van aanvullend onderzoek

Jeroen Wildschut, PPO,
Leontine Langner-Noort, DLV Plant

© 2007 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.

Het projectonderdeel "Aanvullend Onderzoek" is uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd door de partijen in de Meerjarenafpraak energie Bloembollen (KAVB, PT, LNV, SenterNovem en telers).



Projectnummer: 360321

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit

Adres : Prof. Van Slogterenweg 2, Lisse

: Postbus 85, 2161 DW Lisse

Tel. : 0252 - 462121

Fax : 0252 - 462100

E-mail : info.ppo@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
1 INLEIDING.....	4
2 VERZAMELDE DATA.....	4
3 ENERGIEBESPARINGEN	5
4 ETHYLEEN IN DE BUITENLUCHT	8
5 ETHYLEEN IN DE CEL	10
6 ETHYLEEN EN CO ₂	13
7 REGELING MET DE KLIMAATCOMPUTER	14
8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....	15

1 Inleiding

Het project "Klep Dicht" is opgezet met als doel de energiebesparingsmogelijkheden door ethyleengestuurde ventilatie van tulpenbollen te demonstreren. In dit project wordt samengewerkt door 5 tulpenbedrijven, DLV Plant, Hatech Gasdetectietechniek BV, Sercom Regeltechniek BV en PPO Bloembollen, Bomen en Fruit.

Van juli t/m oktober worden tulpenbollen in cellen bewaard op een temperatuur van 25 – 20°C. Het op temperatuur houden van de lucht in de cel kost veel energie, afhankelijk van de temperatuur van de buitenlucht en de hoeveelheid te verversen cellucht.

De energiebesparing door ethyleengestuurde ventilatie is evenredig met de mate waarin er minder geventileerd wordt t.o.v. de standaard ventilatienorm van 100 m³ buitenlucht per m³ bollen per uur tot 1 september, daarna met 60 m³ buitenlucht per m³ bollen per uur. De hoeveelheid ventilatielucht wordt meestal geregeld met de zg. klepstand. Eén bedrijf regelt de ventilatiehoeveelheid met een frequentieregelaar (toerental). Dit heeft als voordeel dat behalve op gas ook, en relatief zelfs meer, op elektra wordt bespaard.

Tijdens eerdere bijeenkomsten over de ethyleenanalyse, kwamen een aantal dringende vragen uit de praktijk naar voren.

- *Wat gebeurt er met het ethyleengehalte tijdens een Actellic-behandeling?*
Tijdens de Actellic-behandeling wordt er gedurende 6-12 uur niet geventileerd en kan de ethyleenconcentratie in de bewaarruimte gaan oplopen. Door de analyser kan dan om technische redenen niet worden gemeten. Hier is mogelijk een spanningsveld tussen het zo lang mogelijk niet ventileren voor een goede mijtbestrijding, en een eventueel oplopend ethyleengehalte en de kans op productschade.
- *Hoe zit het met de invloed van het ethyleengehalte in de buitenlucht?*
Uit het project 'Verminderde circulatie' bleek uit metingen dat de hoeveelheid ethyleen in de buitenlucht flink varieerde, afhankelijk van windsnelheid, windrichting en lokale bronnen zoals garages, energiecentrales of bijvoorbeeld een industrieterrein. Het is daarom belangrijk om het ethyleengehalte in de buitenlucht te monitoren. Daarmee kan worden vastgesteld of aansturing van de klep en het eventueel sluiten van de ventilatieklep op basis van ethyleen in de buitenlucht nodig is.
- *Hoe zit het met de ethyleenverdeling in de bewaarruimte?*
Er wordt nu op één plek in de cel gemeten en kwekers vragen zich af of dit voldoende is of dat er meer meetpunten nodig zijn. Er bestaat in de praktijk angst dat er in grote bewaar ruimten 1 meetpunt niet toereikend is en ook of de meting wel voldoende representatief is voor de cel.

Om op deze vragen een antwoord te kunnen geven is daarom door PPO en DLV Plant aanvullend onderzoek gedaan naar het effect van ethyleen in de buitenlucht, naar de verdeling van het ethyleen in de bewaarcel, en naar het gedrag van ethyleen tijdens de periode van de actellicbehandeling.

2 Verzamelde data

Het programma SercoVisie van Sercom geeft o.a. de mogelijkheid de waarden, gemiddeld over 15 minuten, uit te lezen voor het ethyleengehalte, de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid van de cel, de klepstand en de ethyleengrens. Dit betekent dat per parameter 4 x 24 data per dag over de gehele bewaarperiode beschikbaar zijn.

De ethyleensensoren die opgesteld waren voor de metingen van de buitenlucht of voor metingen op meerdere punten tegelijk in de cel, waren niet op de Sercom-computer aangesloten en werden eens per 6 weken direct uitgelezen. Het ethyleengehalte werd hier elke 10 minuten geregistreerd (6 x 24 data per dag). Bij berekeningen waarbij beide bronnen gebruikt werden is gewerkt met uurgemiddelden.

Andere belangrijke data die verzameld zijn: de maximale ventilatiecapaciteit van de cel (m³/uur), het aantal kuubskisten per cel, de gemiddelde hoeveelheid bollen per kuubskist (m³) en de zgn. klepstandkarakteristiek. Deze geeft het verband tussen klepstand en ventilatiehoeveelheid aan. In alle gevallen bleek dit verband vrijwel lineair te zijn (R² tussen 0.983 en 0.998).

3 Energiebesparingen

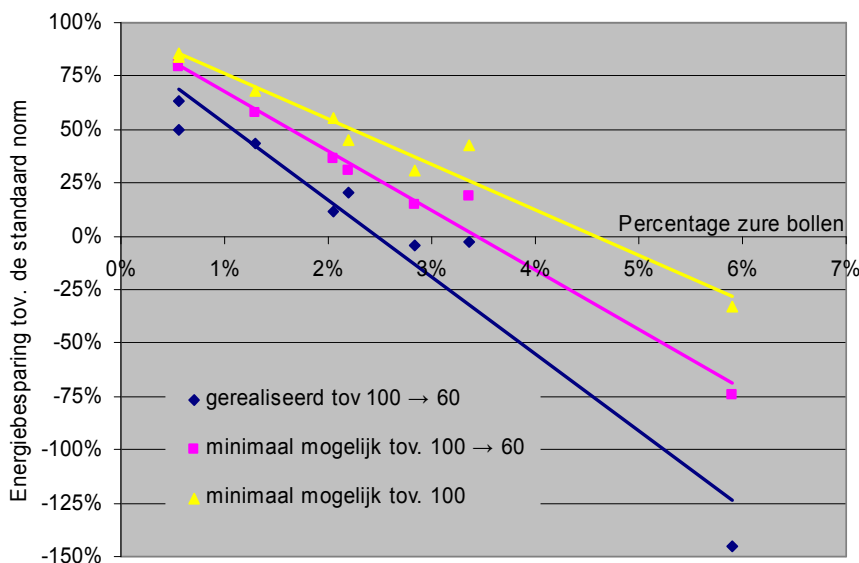
Op basis van de gerealiseerde klepstand (%), de maximale ventilatiecapaciteit van de cel (m3/uur), het aantal kuubskisten per cel, de gemiddelde hoeveelheid bollen per kuubskist (m3), het in de cel gemeten ethyleengehalte (ppb), en het ethyleengehalte van de buitenlucht, kan over de beschouwde bewaarperiode het volgende berekend worden:

- De maximale ventilatiecapaciteit per m3 bollen.
- De gemiddelde gerealiseerde klepstand en ventilatiehoeveelheid per m3 bollen.
- De minimaal mogelijke gemiddelde klepstand waarbij het ethyleengehalte onder de 100 ppb blijft (op basis van meting van ethyleen in de cel *en* in de buitenlucht) en de bijbehorende minimale ventilatiehoeveelheid.
- De minimaal mogelijke gemiddelde klepstand waarbij het ethyleengehalte onder de 100 ppb blijft, zonder rekening te houden met het ethyleengehalte van de buitenlucht, en de bijbehorende minimale ventilatiehoeveelheid.
- De minimaal mogelijke gemiddelde klepstand (op basis van meting van ethyleen in de cel *en* in de buitenlucht), waarbij de minimum klepstand op 15% is ingesteld, en de bijbehorende minimale ventilatiehoeveelheid.
- De resulterende besparingen t.o.v. klepstand en ventilatie volgens de norm van 100 m3 buitenlucht per m3 bollen per uur.
- De resulterende besparingen t.o.v. klepstand en ventilatie volgens de standnorm van 100 m3 buitenlucht per m3 bollen per uur tot 1 september en vervolgens 60 m3/m3/uur.
- Het gemiddelde percentage zure bollen (uitgaande van een ethyleenproductie van 0,14 ml/dag per zure bol).

Basis voor deze berekeningen is de formule: $E^{cel} = E^p / (V^{max} \times K) + E^b$

Waarin E^{cel} = Ethyleengehalte in de cel
 E^p = Ethyleenproductie in de cel
 V^{max} = Maximale ventilatiecapaciteit van de cel
 K = Klepstand
 E^b = Ethyleengehalte van de buitenlucht

Per bedrijf en per cel zijn de resultaten in de tabellen 1 t/m 5 samengevat. Afhankelijk van het percentage zure bollen is er t.o.v. de standaard ventilatienorm een flinke besparing gerealiseerd, nl. tot maximaal 63% (figuur 1. Daar in de praktijk vaak meer geventileerd wordt dan volgens de standaardnorm, zal in die gevallen nog meer bespaard kunnen worden. Op één bedrijf was het percentage zure bollen te hoog om op energieverbruik te kunnen besparen. Hier bewees de sensor zijn nut vooral door kwaliteitsbewaking. Aanvankelijk is niet volledig gestuurd op ethyleen en/of is voor de zekerheid een hoge minimum klepstand ingesteld. Feitelijk had er dus nog meer op energie bespaard kunnen worden, nl. tot maximaal 80%.



Figuur 1: Verband tussen energiebesparing en zuur percentage

Tabel 1

Louis van Haaster	periode	4 augustus 2006	t/m	10 oktober 2006
	geschat	gemiddeld % zuur	0,6%	
Cel 34				
	Klepstand	Ventilatie	Bespaard tov	Bespaard tov norm
	(%)	(m3/m3/uur)	norm =100	=100 → 60
maximaal	100	186		
gerealiseerd gemiddelde	21	39	61%	49%
minimaal mogelijk	8	16	84%	80%
idem, zonder buitenlucht meting	10	19	81%	76%
minimaal mogelijk, ondergrens 15%	16	30	70%	61%

Tabel 2

Jan Schilder	periode	8 augustus 2006	t/m	10 oktober 2006
	geschat	gemiddeld % zuur	0,6%	
Cel 1				
	Klepstand	Ventilatie	Bespaard tov	Bespaard tov norm
	(%)	(m3/m3/uur)	norm =100	=100 → 60
maximaal	100	125		
gerealiseerd gemiddelde	22	28	72%	63%
minimaal mogelijk	12	14	86%	81%
idem, zonder buitenlucht meting	12	15	85%	80%
minimaal mogelijk, ondergrens 15%	17	21	79%	72%

	periode	1 augustus 2006	t/m	4 oktober 2006
	geschat	gemiddeld % zuur	2,2%	
Cel 2				
	Klepstand	Ventilatie	Bespaard tov	Bespaard tov norm
	(%)	(m3/m3/uur)	norm =100	=100 → 60
maximaal	100	127		
gerealiseerd gemiddelde	49	63	37%	21%
minimaal mogelijk	43	55	45%	31%
idem, zonder buitenlucht meting	44	55	45%	30%
minimaal mogelijk, ondergrens 15%	44	56	44%	29%

Vervolg tabel 2

	periode	8 augustus 2006	t/m	10 oktober 2006
	geschat	gemiddeld % zuur	1,3%	
Cel 3				
	Klepstand	Ventilatie	Bespaard tov	Bespaard tov norm
	(%)	(m3/m3/uur)	norm =100	=100 → 60
maximaal	100	122		
gerealiseerd gemiddelde	35	42	58%	44%
minimaal mogelijk	26	32	68%	58%
idem, zonder buitenlucht meting	27	32	68%	57%
minimaal mogelijk, ondergrens 15%	30	36	66%	55%

Tabel 3

Van der Avoird	periode	30 juli 2006	t/m	17 oktober 2006
	geschat	gemiddeld % zuur	5,9%	
Cel 3				
	Klepstand	Ventilatie	Bespaard tov	Bespaard tov norm
	(%)	(m3/m3/uur)	norm =100	=100 → 60
maximaal	100	283		
gerealiseerd gemiddelde	66	187	-87%	-145%
minimaal mogelijk	47	133	-33%	-74%
idem, zonder buitenlucht meting	48	136	-36%	-79%
minimaal mogelijk, ondergrens 15%	49	138	-38%	-81%

Tabel 4

Meskers	periode	10 augustus 2006	t/m	2 november 2006
	geschat	gemiddeld % zuur	2,0%	
Cel 10				
	Klepstand	Ventilatie	Bespaard tov	Bespaard tov norm
	(%)	(m3/m3/uur)	norm =100	=100 → 60
maximaal	100	101		
gerealiseerd gemiddelde	61	62	38%	11%
minimaal mogelijk	44	44	56%	36%
idem, zonder buitenlucht meting	46	46	54%	33%
minimaal mogelijk, ondergrens 15%	44	45	55%	36%

	periode	10 augustus 2006	t/m	1 november 2006
	geschat	gemiddeld % zuur	3,4%	
Cel 11				
	Klepstand	Ventilatie	Bespaard tov	Bespaard tov norm
	(%)	(m3/m3/uur)	norm =100	=100 → 60
maximaal	100	101		
gerealiseerd gemiddelde	71	72	28%	-3%
minimaal mogelijk	56	57	43%	19%
idem, zonder buitenlucht meting	59	59	41%	16%
minimaal mogelijk, ondergrens 15%	58	58	42%	17%

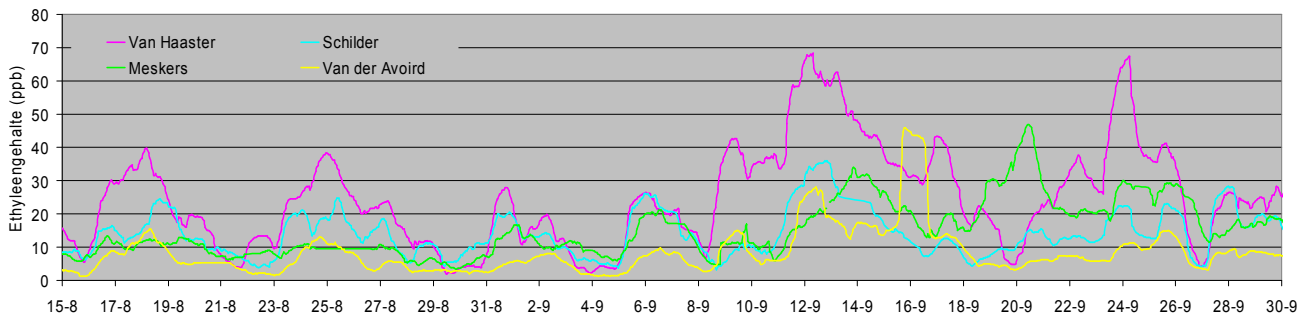
Tabel 5

CNB	periode	7 augustus 2006	t/m	19 september 2006
	geschat	gemiddeld % zuur	2,8%	
Cel 36				
	Klepstand	Ventilatie	Bespaard tov	Bespaard tov norm
	(%)	(m3/m3/uur)	norm =100	=100 → 60
maximaal	100	106		
gerealiseerd gemiddelde	80	85	15%	-4%
minimaal mogelijk	65	69	31%	15%
idem, zonder buitenlucht meting	71	75	25%	7%
minimaal mogelijk, ondergrens 15%	65	70	30%	14%

4 Ethyleen in de buitenlucht

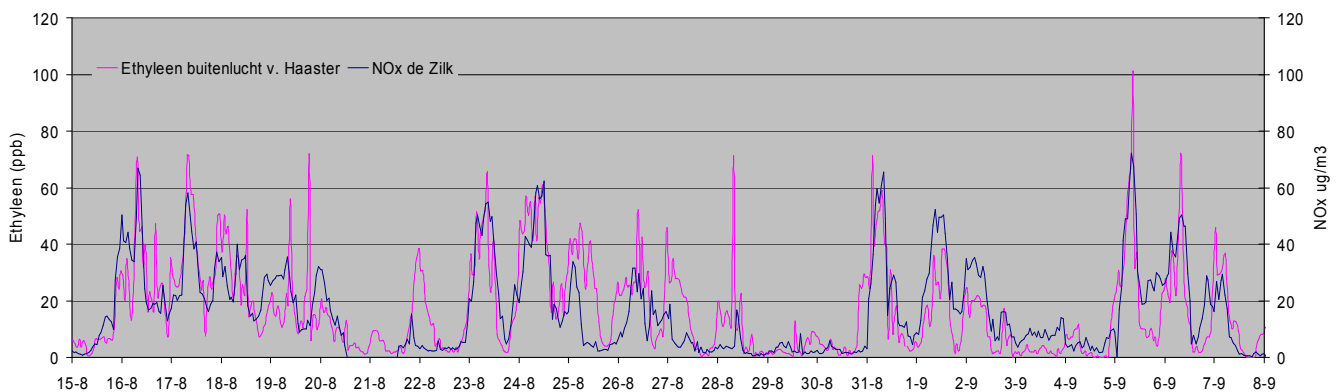
Op alle vijf bedrijven is gedurende de bewaarperiode met een aparte sensor het ethyleengehalte van de buitenlucht gemeten. Deze sensoren zijn in principe in de aanzuiglucht geplaatst, met uitzondering van de buitenmeting bij het CNB. Daar was de sensor aan de rand van het cellencomplex geplaatst, waardoor de meting teveel door af- en aanrijdende vrachtwagens werd beïnvloed.

De metingen op de overige bedrijven gaven veel overeenkomsten te zien, figuur 2.



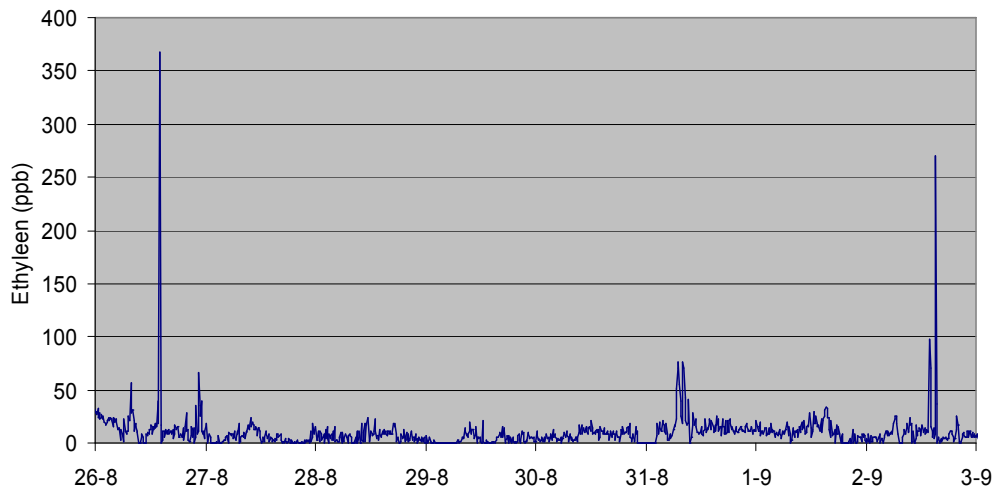
Figuur 2: Voortschrijdend 24 uurs-gemiddelde ethyleen in de buitenlucht

Achtergrond van deze overeenkomsten is het ethyleen, dat vrijkomt bij verbrandingsmotoren (verkeer, energiecentrales, etc.). Bij windstiltes of zwakke wind wordt deze ethyleen niet afgevoerd en loopt het gehalte op. Bij sterkere wind neemt het gehalte weer af. Ter illustratie is in figuur 3 het ethyleengehalte van de buitenlucht bij Van Haaster uitgezet naast het gehalte NO_x (stikstofoxiden die óók bij de verbrandingsprocessen vrijkomen) gemeten in het naburige de Zilk (data van Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit, RIVM).



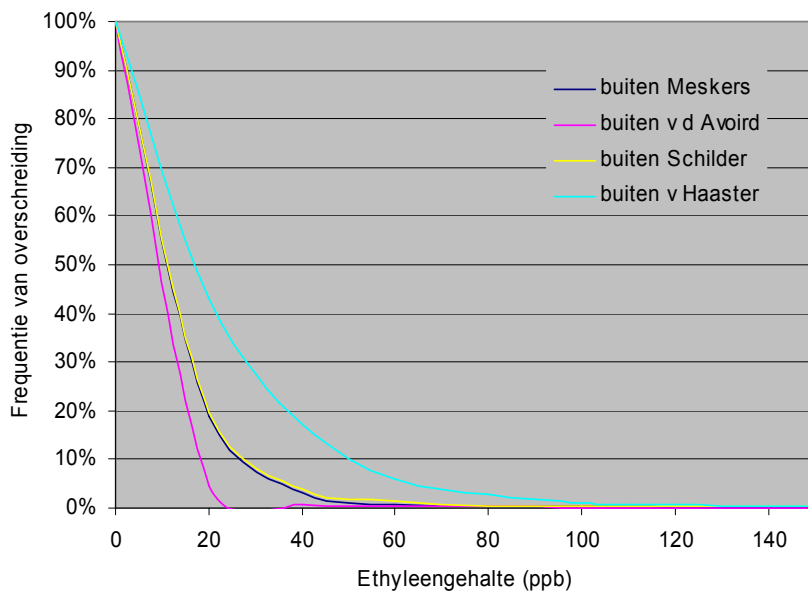
Figuur 3: Ethyleen en NO_x in de buitenlucht (uurgemiddelden)

Naast de algemene schommelingen van het ethyleengehalte op landelijk niveau veroorzaakt door luchtvervuiling, zijn er ook schommelingen veroorzaakt door lokale ethyleenbronnen. Voorbeeld hiervan is het grasmaaien in de weekeinden op het bedrijf van Meskers, figuur 4. Het ethyleengehalte kan dan flink oplopen (idg. tot boven 350 ppb). Deze verhoogde ethyleengehaltes door lokale bronnen zijn echter in het algemeen maar van zeer korte duur en zullen daarom geen schade veroorzaken.



Figuur 4: Pieken in het Ethyleengehalte buitenlucht agv de grasmaaimachine

Belangrijk voor de bewaring van tulpenbollen is de frequentie waarmee het ethyleengehalte in de buitenlucht boven de schadedrempel van 100 ppb uitkomt. Voor de verschillende locaties is dit uitgezet in figuur 5.

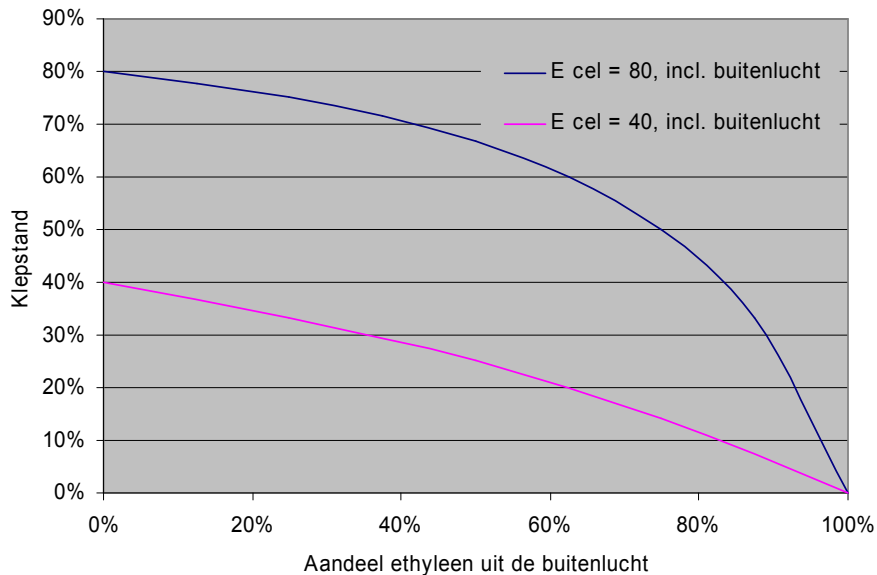


Figuur 5: Frequenties ethyleengehaltes in de buitenlucht

Hieruit valt bijvoorbeeld af te lezen dat voor 17% van de tijd het ethyleengehalte in de buitenlucht bij Van Haaster boven de 40 ppb komt. Op andere locaties is dit percentage veel lager. De frequentie waarmee het ethyleengehalte boven de 100 ppb uitkomt is bij Van Haaster echter minimaal (1,2%) en zal geen schade veroorzaken.

Sturen op uitsluitend in de cellucht gemeten ethyleen, zou bij een groot aandeel ethyleen uit de buitenlucht kunnen leiden tot te hoge klepstanden. Wordt er bijvoorbeeld bij een klepstand van 100% in de cel 80 ppb ethyleen gemeten, dan zou indien het ethyleengehalte van de buitenlucht 0 ppb is, een klepstand van 80% voldoende zijn om het ethyleengehalte onder de 100 ppb te houden. Is het ethyleengehalte van de buitenlucht 40 ppb (het aandeel ethyleen uit de buitenlucht is dan 50%), dan is een klepstand van 67% voldoende om het ethyleengehalte in de cel op 100 ppb te houden. Bij een groter aandeel buitenluchtethyleen kan de klepstand nog verder naar beneden, figuur 6.

Ook hier geldt dat zo'n situatie zelden blijkt voor te komen. In de tabellen 1 t/m 5 is op basis van meting van ethyleen in de cel en in de buitenlucht de minimaal mogelijke klepstand berekend waarbij het ethyleengehalte onder de 100 ppb blijft. Vergeleken met de berekening die alleen op de meting van het ethyleengehalte van de cellucht gebaseerd is, worden slechts enkele procenten verdiend. Een tweede ethyleenmeter plaatsen uitsluitend om ethyleen in de buitenlucht te meten draagt aan energiebesparing dus nauwelijks bij.



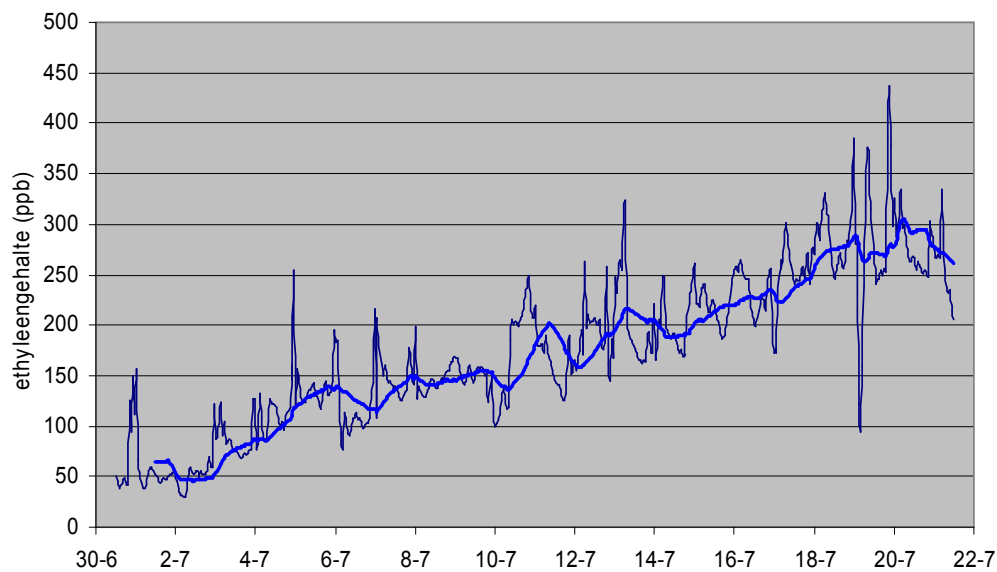
Figuur 6: Klepstanden bij toenemend aandeel ethyleen uit de buitenlucht

5 Ethyleen in de cel

De ethyleenproductie in een bewaarcel is afhankelijk van onder andere:

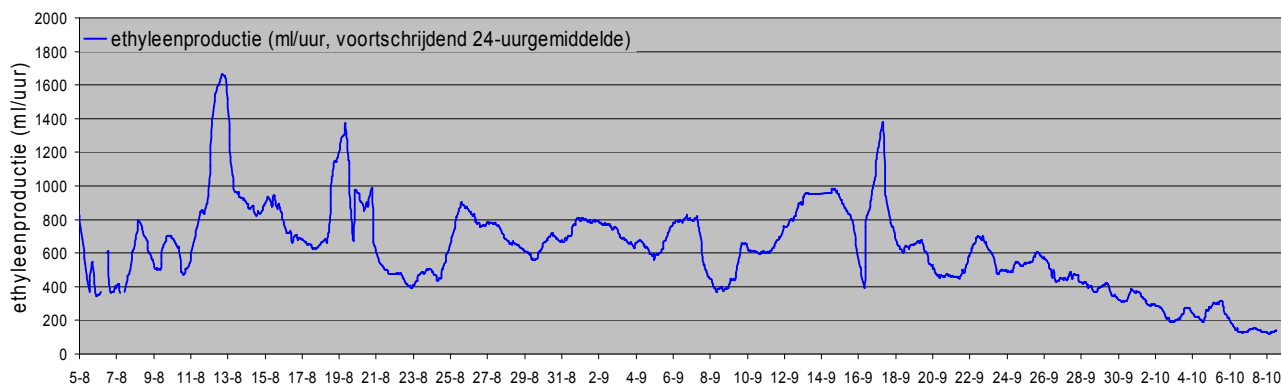
- Het aantal zure bollen in de cel.
- De ethyleenproductie per zure bol (ras afhankelijk: van 0.003 tot 0.793 ml/dag).
- Pel/sorteer-stress (ook gezonde bollen produceren hierdoor meer ethyleen).
- De relatieve luchtvochtigheid.
- De temperatuur.
- De duur van de bewaarperiode (bij lang bewaren neemt de ethyleenproductie per bol af).

De ethyleenproductie in de cel is daarom niet constant, maar fluctueert. In het begin van het bewaarperiode neemt het ethyleengehalte toe wanneer in de cel steeds meer kisten geplaatst worden en het pellen in volle gang is, figuur 7.



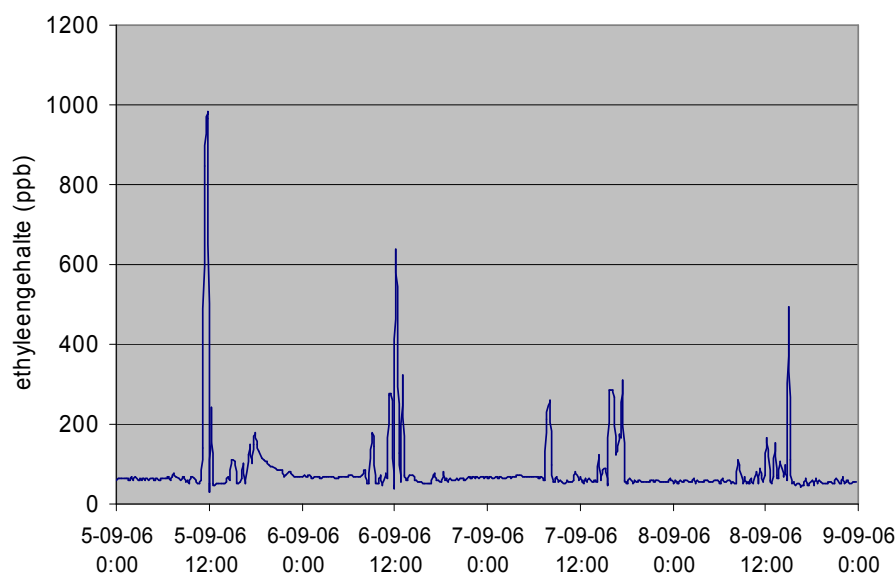
Figuur 7: ethyleengehalte in de cel in het begin van de bewaarperiode (vd Avoird)

Vervolgens schommelt de ethyleenproductie (in ml/uur) tot half september flink rond het gemiddelde, waarna het geleidelijk afneemt tot de cel weer leeg is, figuur 8.



Figuur 8: Ethyleenproductie tijdens het bewaarseizoen (cel 2, Schilder)

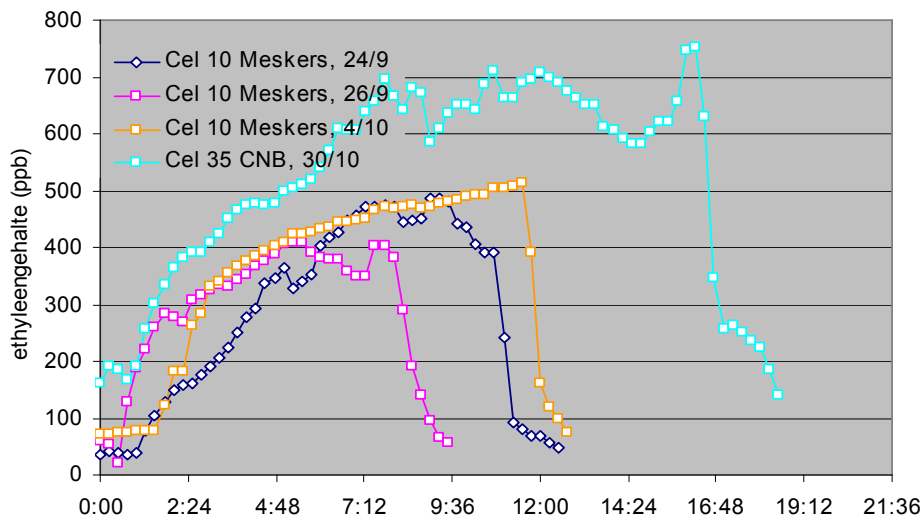
In de cel worden soms flinke, maar kortstondige pieken gemeten. Deze treden op als bv. vrachtwagens de schuur in rijden, of als er met dieselhefrucks de cel in wordt gereden, figuur 9. Doordat dit ethyleen weer snel verdwenen is, is het effect op het gemiddelde ethyleengehalte miniem.



Figuur 9: Pieken in het ethyleengehalte agv. dieselhefrucks in de cel

Nabootsen Actellicbehandeling

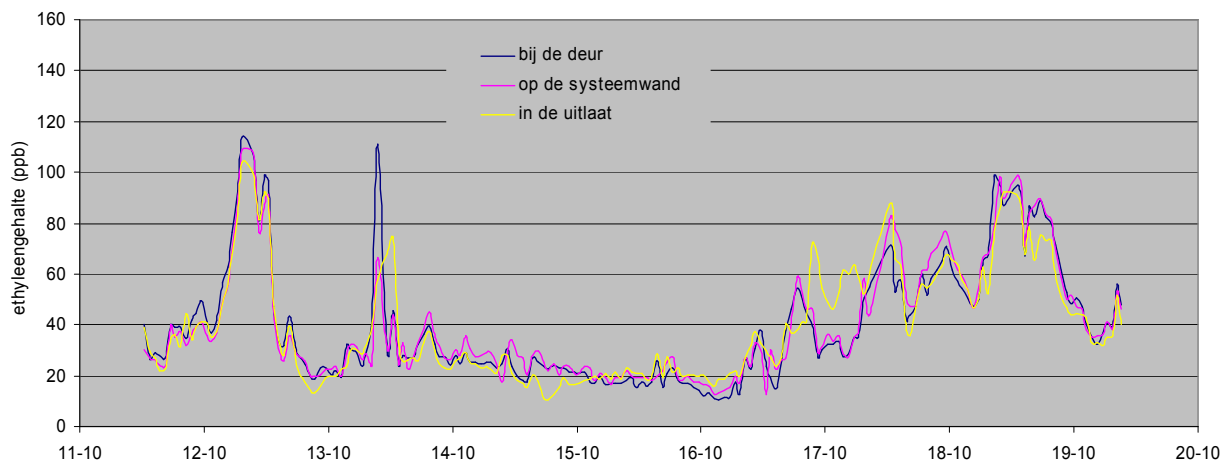
Tijdens het volledig sluiten van de klep (klepstand 0%), zoals dat gebeurt bij de actellicbehandeling, loopt theoretisch bij gelijkblijvende ethyleenproductie het ethyleengehalte sterk en lineair op, waarna het bij het openen van de klep weer snel (exponentieel) afneemt. Bij de simulaties van de actellicbehandeling bleek het ethyleengehalte aanvankelijk sterk en lineair op te lopen, maar de toename nam vervolgens snel af. Bij het open zetten van de klep verdween het ethyleen wel snel. Dit zou er op kunnen wijzen dat de cellen tijdens de simulatie niet luchtdicht waren afgesloten.



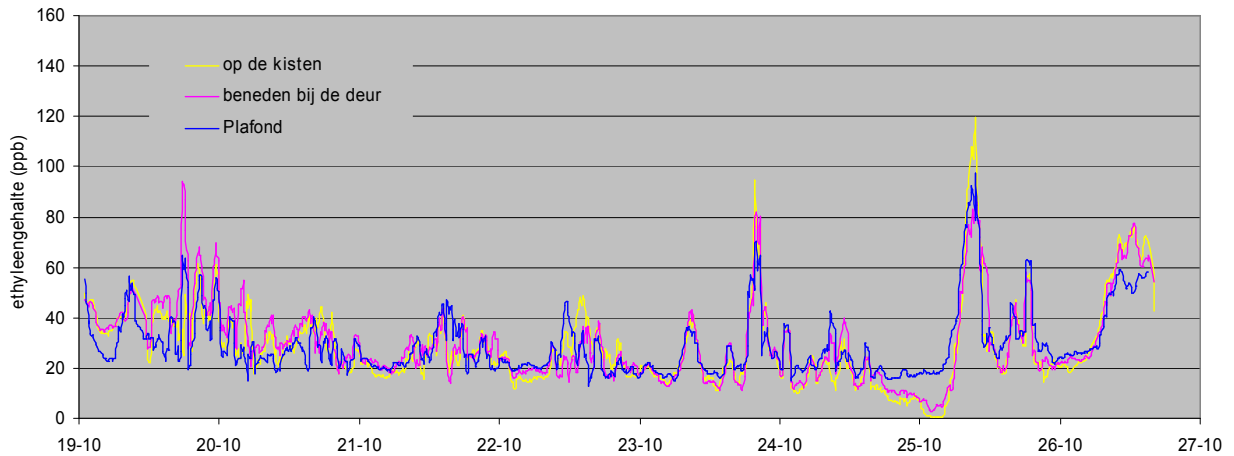
Figuur 10: Het oplopen van het ethyleengehalte tijdens de actellic-simulatie

Metingen op meerdere punten

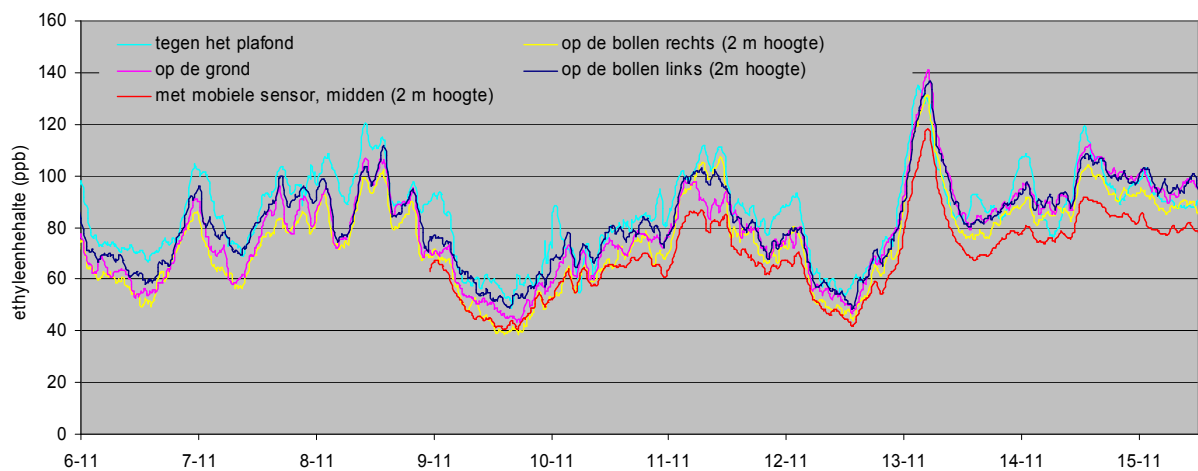
Bij 3 bedrijven zijn gedurende een korte periode (7 tot 10 dagen) op meerdere punten tegelijk ethyleenmetingen verricht om na te gaan of de keuze van het meetpunt van belang is. De resultaten zijn samengevat in de figuren 11 t/m 13. In de cel van CNB waren 5 meetpunten op ongeveer 1200 m² aanwezig. In de cel van van Haaster waren 3 meetpunten op ongeveer 380 m² aanwezig.



Figuur 11: Ethyleenmetingen op 3 plaatsen in de cel (Schilder, cel2)



Figuur 12: Ethyleenmetingen op 3 plaatsen in de cel (Van haaster)

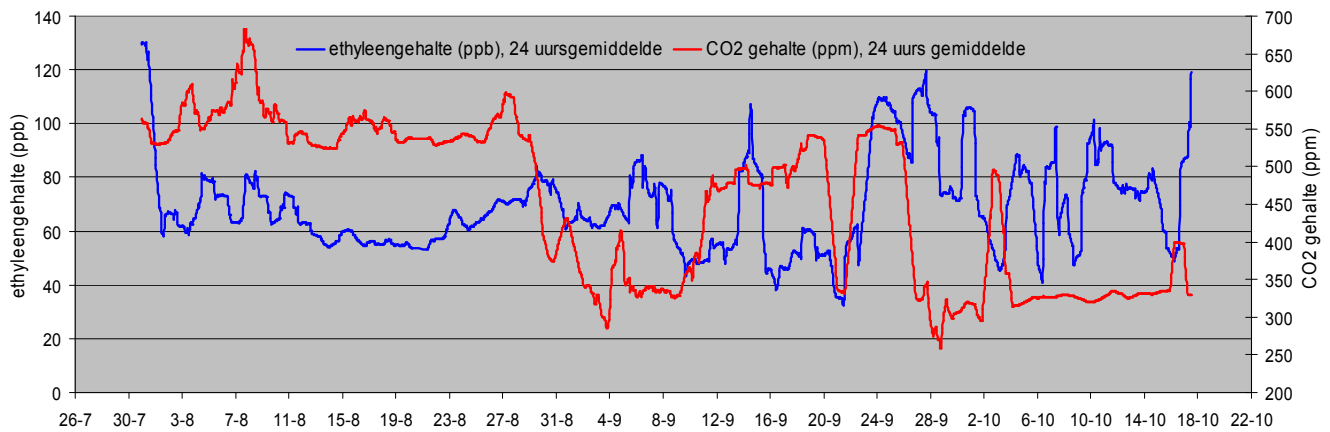


Figuur 13: Ethyleenmetingen op 5 plaatsen in de cel tegelijk (CNB Cel 7)

Uit al deze metingen blijkt dat het weinig uitmaakt waar het meetpunt van de sensor zich bevindt. Er treden soms verschillen naar voren, maar deze zijn kortstondig en klein en zullen voor correcte klepsturing weinig uitmaken.

6 Ethyleen en CO₂

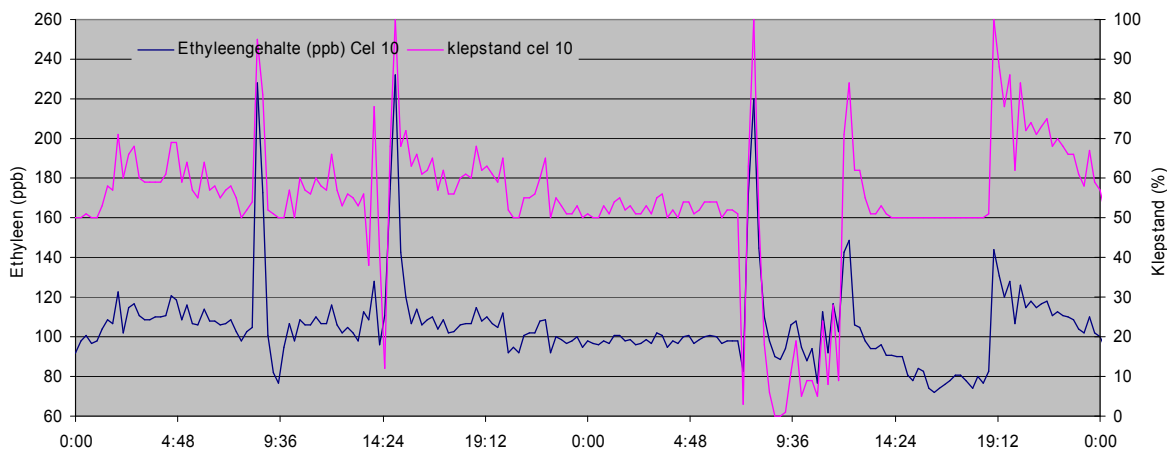
Op het bedrijf van Van der Avoird werd in de cel ook het CO₂-gehalte geregistreerd. Dit gaf de gelegenheid om na te gaan of er tussen CO₂ en ethyleenproductie een correlatie bestaat waardoor het sturen van ventilatie op CO₂ een alternatief zou kunnen zijn voor sturen op ethyleen. In figuur 14 zijn de voortschrijdende 24 uurgemiddelden van CO₂ en ethyleen gedurende de bewaarperiode uitgezet. Op sommige momenten, vooral in de beginperiode, daalt of stijgt het ethyleengehalte enigszins mee met het CO₂ gehalte. Op andere momenten gebeurt juist het omgekeerde. Statistisch gezien is de correlatie nihil (correlatiecoëfficiënt = 0.0614). Het CO₂-gehalte is dus geen betrouwbare parameter om de ventilatie te sturen die bedoeld is om ethyleen af te voeren.



Figuur 14: Ethyleengehalte in de cel (gecorrigeerd voor ethyleen uit de buitenlucht)

7 Regeling met de klimaatcomputer

In de huidige regeling reageert de klepstand direct op het ethyleengehalte. Dit maakt dat de klep flink op en neer zwiëpt, en daarmee ook het ethyleengehalte, figuur 15. Een rustigere instelling zou energiebesparing ten goede komen en ook mogelijke slijtage van het klepsysteem verminderen.



Figuur 15: Klepstand gestuurd door het ethyleengehalte in de cel (Meskers, cel 10).

8 Conclusies en aanbevelingen

Uit het demonstratieproject Klep Dicht en het aanvullend onderzoek naar het effect van ethyleen in de buitenlucht, naar de verdeling van het ethyleen in de bewaarcel, en naar het gedrag van ethyleen tijdens de periode van de actellicbehandeling, komen de volgende conclusies en aanbevelingen:

Energiebesparing

- De gerealiseerde energiebesparing door ethyleengestuurde ventilatie hangt af van het percentage zure bollen.
- Bij een percentage zure bollen > 2,5% zijn er t.o.v. de standaard ventilatienorm van 100 m³ tot 1 september en vervolgens 60 m³ geen energiebesparingmogelijkheden.
- Bij een percentage zure bollen < 0,5% is er t.o.v. de standaardnorm een energiebesparing van maximaal 63% gerealiseerd.
- Bij een “scherpere” instelling had nog bij 3,5% zure bollen energie bespaard kunnen worden.
- Bij een percentage zure bollen < 0,5% had de besparing dan meer dan 80% kunnen zijn.
- Uitgaande van een minimum klepstand van 15%, zou dat meer dan 72% kunnen zijn.
- Aangezien in de praktijk vaak ruim boven de standaardnorm wordt geventileerd, kan er in die gevallen nog een grotere energiebesparing worden gerealiseerd.
- Door het invoeren van een zekere vertraging van de reactie van de klepstand op het ethyleensignaal zal onnodige klepbeweging worden voorkomen en energiebesparing nog verder kunnen toenemen.

Ethyleen in de buitenlucht

- De extra energiebesparing door ook het ethyleengehalte van de buitenlucht te meten is slechts enkele procenten.
- Het ethyleen in de buitenlucht komt uit dezelfde bron als stikstofoxiden (NO_x), namelijk de landelijke luchtvervuiling door verbrandingsmotoren. In periodes van windstilte of zeer zwakke wind worden deze gassen niet afgevoerd en de gehalten lopen daarom op. Bij meer wind nemen de gehalten dan weer af.
- Slechts 1 – 2% van de duur van de bewaarperiode, komt het ethyleengehalte van de buitenlucht boven de 100 ppb. Schade wordt hiervan niet verwacht.
- Zeer lokale ethyleenbronnen (als vrachtwagens in de schuur of een grasmaaimachine) zorgen voor grote, maar zeer kortstondige pieken in het ethyleengehalte van de aanzuiglucht. Het effect op het gemiddelde ethyleengehalte tijdens de bewaarperiode is echter miniem.

Ethyleen in de bewaarcel

- De ethyleenproductie in de cel is gedurende de bewaarperiode niet constant.
- Vanaf het begin van de bewaarperiode tot/met het pellen, loopt de ethyleenproductie op.
- Tot half september fluctueert het ethyleengehalte flink, om daarna langzaam af te nemen.
- Pieken in het ethyleengehalte van de cellucht kunnen hoog zijn (door bv. het gebruik van een dieselheftruck), maar dragen door de kortstondigheid nauwelijks bij tot een verhoogd gemiddeld ethyleengehalte.
- Na het sluiten van de klep loopt het ethyleengehalte in de cel aanvankelijk snel op, maar na enkele uren neemt deze toename weer snel af. Achtergrond bij deze afname is onduidelijk, maar wijst waarschijnlijk op lekkende cellen.
- Wanneer de klep weer opengaat, daalt het ethyleengehalte zeer snel tot het oorspronkelijke niveau.
- Op verschillende punten in de cel wordt vrijwel hetzelfde ethyleengehalte gemeten. Hoewel de plaatsing van de sensor voor de uitlaatopening de meest logische lijkt, maakt het in de praktijk weinig uit waar de sensor in de cel geplaatst wordt. Gaat de deur vaak, lang en volledig open dan is plaatsing vlak bij de deur af te raden.
- Hoewel CO₂-productie niet volkomen los van ethyleenproductie staat, is het CO₂ gehalte geen betrouwbare parameter om ventilatie te sturen die bedoeld is om ethyleen af te voeren.

Nader onderzoek zou gericht moeten worden op de volgende aspecten.

- ***De gehanteerde schadedrempel van 100 ppb.***

Indien deze per ras verschilt en bijvoorbeeld op 150 ppb gesteld kan worden, dan zou er potentieel nog veel meer energie bespaard kunnen worden.

- ***Wat gebeurt er precies bij de actellic nabootsing.***

De verwachting was, dat het ethyleengehalte vanaf het sluiten van de cel, lineair zou oplopen tot het moment dat er weer geventileerd wordt. Dat het ethyleengehalte na zo'n 6 tot 8 uur nauwelijks nog toeneemt, is feitelijk onbegrepen.

- ***Gedurende het bewaarseizoen fluctueert de ethyleenproductie in de cel sterk.***

Het effect van elk van de op pagina 11 genoemde factoren op ethyleenproductie in de cel is wel bekend (in ieder geval kwalitatief), maar in hoeverre de waargenomen fluctuaties aan welke factoren kunnen worden toegeschreven, is nog niet aangetoond.