

Cursus

Koeling en Productkwaliteit

Frank van de Geijn

Alex van Schaik

Matthijs Montsma

Colofon



Vraaggericht | Vakmanschap | Kennisnetwerk | Innovatief

Titel	Cursus Koeling en Productkwaliteit Hardfruit
Auteur(s)	Frank van de Geijn, Alex van Schaik, Matthijs Montsma
Publicatiedatum	Januari 2012

Wageningen UR Food & Biobased Research
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 480 084
E-mail: info.fbr@wur.nl
Internet: www.wur.nl

© Wageningen UR Food & Biobased Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for inaccuracies in this report.

Inhoudsopgave

1 Inleiding	7
2 Product	8
2.1 Ademhaling	8
2.1.1 Invloed van temperatuur op ademhaling	11
2.1.2 Invloed van O ₂ en CO ₂ op ademhaling	12
2.1.3 Volgorde in remming ademhaling	15
2.1.4 Afwijkingen in volgorde	16
2.1.5 Conditie zijn meer dan een waarde	17
2.1.6 Invloed van condities op kwaliteit	17
2.2 Bewaarkwaliteit en pluktijdstip	20
2.2.1 Rijpheid, bepalen van....	20
2.2.2 Pluktijdstip en planning	23
2.2.3 Rijpheid, omgaan met....	23
2.3 Bewaarkwaliteit en minerale samenstelling	25
2.4 Eigen ervaringen	27
2.4.1 Grondslag	28
2.4.2 Dracht	28
2.4.3 Vruchtmaat	29
2.5 Bewaarafwijkingen	29
2.5.1 Scald	29
2.5.2 Schilbruin, softscald	31
2.5.3 Vochtverlies	31
2.5.4 Schilvlekjes	33
2.5.5 Rot en schimmels	34
2.5.6 Glazigheid	37
2.5.7 Vruchtvleesbruin (VVB)	38
2.5.8 Klokhuisbruin (KHB)	38
2.5.9 Lage temperatuurbederf (LTB)	38
2.5.10 Ouderdomsbederf (OB) en buikziek	39
2.5.11 O ₂ en CO ₂ schade	40
2.5.12 Hol en bruin Conference	42
2.5.13 Uitwendige CO ₂ schade	43
2.5.14 Stip/Boomstip	44
2.5.15 Zacht	45
2.5.16 Lenticelspot	45
2.5.17 Overige	46
3 Techniek	47
3.1 Koelinstallatie	47

3.1.1	Warmtebonnen	47
3.1.2	Basis van koeltechniek	49
3.1.3	Onderdelen van de koelinstallatie	50
3.1.3.1	Verdamper	50
3.1.3.2	Expansieventiel	50
3.1.3.3	Compressor en condensor	51
3.1.3.4	Meet en regeltechniek	51
3.1.3.5	Overige onderdelen van een koelinstallatie	53
3.1.4	Systeemkeuze koelinstallatie	55
3.1.4.1	Directe expansie (DX-systemen)	55
3.1.4.2	Directe pompsystemen	56
3.1.4.3	Indirecte pompsystemen	57
3.1.4.4	Conclusie	58
3.2	Isolatie	59
3.2.1	Materiaal	59
3.2.2	Vloerisolatie	60
3.2.3	Onderhoud	60
3.2.4	Condens	60
3.2.5	Gasdichtheid van ULO-cellen	61
3.2.5.1	Bepaling van cm ² lekkage	61
3.2.5.2	Lekzoeken	61
3.2.5.3	Lekzoeken tijdens bewaring	63
3.3	Voorzieningen op de cel	63
3.3.1	Over- en onderdrukbeveiliging	63
3.3.2	Longen	64
3.3.3	Meetkraantje en testbuis	64
3.3.4	Doorkoppelbuis	64
3.3.5	Controleluik	64
3.3.6	Watermeting	65
3.3.7	Overigen	65
3.4	ULO installatie	67
3.4.1	Meet- en regelapparatuur	67
3.4.1.1	Meetprincipes O ₂ -meters	67
3.4.1.2	Meetprincipes CO ₂ -meters	68
3.4.1.3	Ijken O ₂ - en CO ₂ -meters	68
3.4.2	Regelen O ₂ -inlaat (beluchten)	69
3.4.3	Regelen CO ₂ (scrubben)	69
3.4.3.1	Scrubben met kalk	70
3.4.3.2	Scrubben met Actieve kool	72
3.4.3.3	Ondersteunende kalk bij actieve koolscrubber	73

3.4.4	Stikstof inzet	74
3.4.4.1	Machine of anders	75
4	Product en techniek	77
4.1	Bewaarcondities	77
4.1.1	Naamgeving bewaarmethoden	77
4.1.2	Algemene opmerkingen over condities	80
4.1.3	Toelichting 'stuurfactoren'	81
4.1.4	Gecombineerde bewaring	82
4.2	Start bewaar seizoen	82
4.2.1	Stapeling	83
4.2.2	Temperatuurinstelling	84
4.2.3	Luchthoeveelheid	84
4.2.4	Ontdooiing	86
4.2.5	Inkoelen en bewaren	87
4.2.6	Vochtverlies en koelwerking	88
4.2.7	Instelling alarmen en waakvoelers	89
4.2.8	Ijken	90
4.3	Opmerkingen start bewaring	90
4.4	Praktische aspecten afdekken perencellen	91
4.5	Watermeten	91
4.6	Inslagbeoordeling kwaliteit fruit	91
4.7	Celcontroles	92
4.8	Ontsmetten van koelcel en fust	92
4.9	Veiligheid	93
5	Energie management	95
5.1	Wat is het energieverbruik van mijn koelinstallatie?	95
5.1.1	Verbruikers	95
5.1.2	Registratie	95
5.2	Waar sta ik met mijn installatie	96
5.2.1	Normverbruik fruitbewaring	96
5.2.2	Verlagen energieverbruik is meer registreren	97
5.2.3	Instellingen en registratie van bewaarinstallatie	97
5.3	Hoe verlaag ik verantwoord het energieverbruik	97
5.4	Betere instellingen op celniveau	98
5.4.1	Ventilatorinstellingen	98
5.4.2	Koelacties	98
5.4.3	Koeltijden	99
5.4.4	Ontdooi instellingen	99
5.4.5	Rust en regelmaat in koelen.	99
5.4.6	Temperatuurvariaties.	99

5.4.7	Benutting verdamper	100
5.4.8	Verdamperdruk instellingen	100
5.4.9	Ingrijpen in koeltijd	100
5.4.10	Absorptie- en regeneratietijd scrubber	101
5.4.11	Afwijkingen setpunt zuurstof en CO ₂	101
5.4.12	Stikstofinjectie	101
5.5	Betere instellingen op installatieniveau	101
5.5.1	Centrale zuigdruk	101
5.5.2	Centrale persdruk/condensatietemperatuur	101
5.5.3	Gelijktijdigheid in koelvraag	102
5.5.4	Verwarmingslint	102
5.5.5	Carterverwarming	102
5.6	Algemene bespaarmogelijkheden	102
5.6.1	Verlaging omgevingstemperatuur cellen	102
5.6.2	Beladingsgraad cellen	102
5.6.3	Vervuiling installatieonderdelen	103
5.7	Energiebesparingen met technische investeringen	103
6	Exploitatie koelhuis	105
6.1	Investeringskosten	105
6.1.1	Loods	105
6.1.2	Celisolatie, deuren, gasdichtheid, luiken	105
6.1.3	Koeltechniek	105
6.1.4	CA installatie (zoals scrubber, meet- en regeltechniek, PVC materiaal)	106
6.1.5	Elektrische installatie	106
6.2	Totaal investering	106
6.3	Exploitatiekosten	106
7	Organisatie en bereikbaarheid	108

1 Inleiding

Deze cursusbundel is bedoeld om zoveel mogelijk facetten van het bewaren van hardfruit te belichten dit betreft ook achtergronden van processen in het fruit zelf maar ook de technische processen van koeling en ULO-bewaring.

Niet alle onderdelen kunnen in detail besproken, wel wordt aan het einde van de syllabus een scheiding gemaakt tussen de hoofd- en bijzaken.

In het kort worden de volgende onderwerpen besproken en beschreven:

- Achtergronden van het product en de productkwaliteit
- Invloeden van bewaaromstandigheden
- Bewaaromstandigheden
- Bewaarafwijkingen met beschrijving en oorzaken
- Technische onderdelen bewaarfaciliteit en werking
- Operationele bewaring

In het laatste deel van de cursus(map) wordt de combinatie van het gebruik van de techniek en de producteigenschappen voor een optimaal bewaarresultaat toegelicht.

Deze cursusbundel is opgesteld voor het ondersteunen van een algemene bewaarcursus voor hardfruit, maar is ook te gebruiken voor startende bewaarders die een toegepaste handleiding willen. Tevens is het cursus bedoeld als lesstof voor de module bewaring van de fruitteelt academie. De cursusinhoud is zoveel mogelijk bijgewerkt naar de huidige stand van zaken over koel- en CA techniek maar zeker ook productkwaliteit.

Aan dit stuk kunnen geen rechten worden ontleend.

2 Product

2.1 Ademhaling

Een belangrijk kenmerk van levende organismen is de groei en ontwikkeling die aan de boom plaatsvindt via het assimilatie proces. Tijdens de groeifase vindt opbouw plaats zoals vorming van suikers, zuren en mineralen maar ook diverse andere inhoudsstoffen alsmede de structuur van de vrucht zoals bijvoorbeeld de stevigheid.

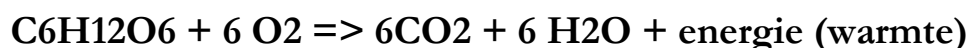
Bij het assimilatie proces worden met behulp van zonlicht, kooldioxide en water diverse suikers worden gevormd. De assimilaten worden vanuit het blad in de vorm van sorbitol vervoerd naar de vrucht waar vervolgens deze sorbitol wordt omgezet in diverse suikers bv. fructose, glucose en saccharose. Al tijdens de groeifase is er ademhaling bij de vruchten die geleidelijk afneemt tot aan het plukmoment.

Ook na de groeifase aan de boom is de vrucht een levend product en maakt ook nog een zekere ontwikkeling door. Zo lang het product, en dus de vruchten, leven is er sprake van een actieve stofwisseling waar energie voor nodig is en het ademhalingsproces nog intact is.

De energievoorziening voor diverse levensprocessen komen vooral uit de verbranding van koolhydraten. Deze voorraad energie wordt tijdens assimilatie in de vrucht vastgelegd of opgeslagen. Factoren die invloed hebben op de assimilatie, hebben dus vervolgens ook een invloed op de energievoorraad (zetmeel en suikers). Kort een opsomming van de invloeden:

- Stress door het klimaat; combinaties van een hoge temperatuur en een lage relatieve luchtvochtigheid is een nadelig effect alsmede , lage temperatuur en weinig zon tijdens de groeifase.
- Grondvocht; door gebrek aan bodemvocht, raakt boom en vrucht uit balans, zeker in combinatie met klimaatstress, dit kan een specifieke invloed hebben op de minerale samenstelling
- Dracht; vooral de blad/vrucht verhouding bepaalt de energievoorraad waarbij een verhouding van 25 : 1 een redelijke norm is. In de beginfase van de groei bepaald ook het beschikbare blad de assimilatie.
- Nutriëntgehalten; zowel aanwezigheid als beschikbaarheid in bodem is belangrijk; K is noodzakelijk voor zetmeelaanmaak
- Bladkwaliteit; bladbeschadiging door zware hagel, spint, schurft, bladval, zomersnoei verminderen de assimilatie

Uiteindelijk wordt gedurende de naoogstfase de energievoorraad in de vrucht omgezet via onderstaande (vereenvoudigde) formule.



Het ademhalingsproces in de vrucht is een heel ingewikkeld proces wat plaatsvindt in de cellen in het zogenaamde Mitochondrium. Dit zijn in feite de energiecentrales van de cellen. Het ademhalingsproces is een keten van omzetting van inhoudsstoffen waarbij zuurstof wordt opgenomen en CO₂ en water vrijkomen plus uiteraard energie in de vorm van ATP (adenosine trifosfaat). Dit is in feite de biologische energiedrager.

Het ademhalingsproces wordt ook wel de Krebscyclus genoemd naar de ontdekker hiervan. Het proces is te onderscheiden in 3 grote stappen de glycolyse, citroenzuurcyclus en de terminale eindoxidatie.

Bij de glycolyse is het eindproduct pyrodruivenzuur. Hierbij ligt wel een belangrijk aanknopingspunt voor de toepassing van bewaarcondities bv DCS. Als er te weinig zuurstof in de vrucht zit zal het pyrodruivenzuur niet in de volgende stap van de glycolyse terecht komen maar omgezet worden in alcohol. Dit is dan de stof die we bij de DCS bewaring als marker gebruiken om het zuurstofgehalte in de cel te regelen.

Omzetting: pyrodruivenzuur $\longleftrightarrow$ Acetaldehyde $\longleftrightarrow$ Ethanol

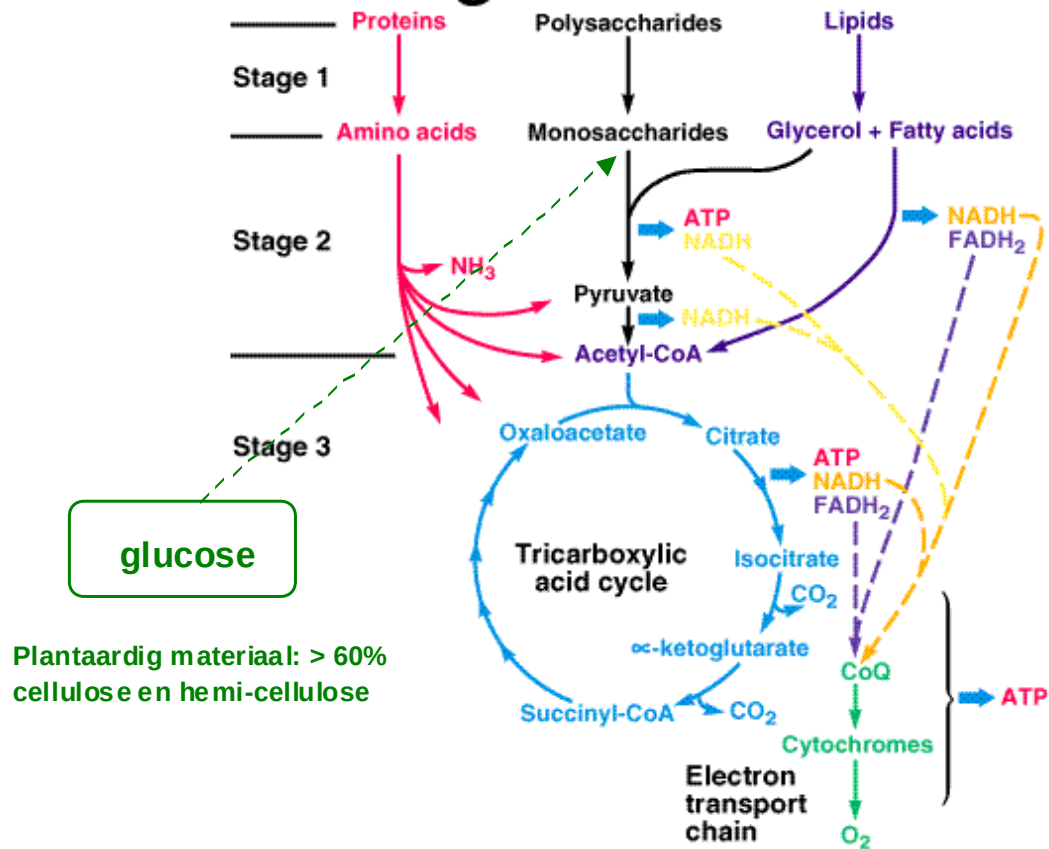
Echter het proces kan ook weer omgekeerd verlopen zodat ethanol uiteindelijk weer omgezet wordt in druivenzuur. Dit betekent dat alcohol in de vrucht actief omgezet kan worden bij een als het zuurstofgehalte hoger is. .

Met dit proces kan de vrucht zich redden in zuurstofarme (anaerobe) omstandigheden. Maar het nadeel is dat per molecuul verbrande suiker het geleverde energie gehalte laag is.

Als de ademhaling normaal verloopt doordat het pyrodruivenzuur via de citroenzuurcyclus in de terminale oxidatie terecht komt is de energie winst veel groter doordat in deze stappen meer ATP afgegeven kan worden.

Overigens dit verklaart ook waarom specifiek de CO₂ productie heel sterk stijgt als we in dit lage zuurstofgebied terecht komen (fermentatie zone).

Three Stages of Catabolism



Figuur 1 Biochemisch traject ademhaling

Na de oogst stopt de opbouw van koolhydraten maar treden wel veranderingen op in de samenstelling van diverse koolhydraten. Door verbranding in de naoogstfase wordt de aanwezige energievoorraad langzamerhand minder. Let wel, vaak heeft de vrucht na het oogstmoment nog een voorraad zetmeel die nog in suikers omgezet kan worden. We zien de suikerwaarden in de eerste weken / maanden van de bewaring dus meestal nog stijgen (ongeveer 1 %). Na het bereiken van een maximale suikerwaarde, treedt een definitieve daling op die de veroudering inluidt. Echter niet alleen de suikers worden als basis voor de ademhaling gebruikt, vooral de zuren, zoals appelzuur, dienen als bron. Het zuurgehalte in de vrucht is aan het einde van de bewaring soms gehalveerd.

Het verloop van de koolhydratenvoorraad kunnen we voor een deel vaststellen met de lugoltoets. Snijden we in de weken voor de pluk vruchten door, dan is aan de hand van de blauw/zwart-verkleuring via de zogenaamde lugoltoets de aanwezigheid van zetmeel te constateren. We kunnen echter alleen constateren of zetmeel aanwezig is. De hoeveelheid is onbekend. We kunnen de hoeveelheid hooguit afleiden aan de afbraaksnelheid. Logischerwijs geven kleinere zetmeelvoorraden een snelle verandering van het “lugolbeeld” en geven grote hoeveelheden een trage verandering. Het totale suikergehalte van de vrucht gemeten in het sap varieert van 10 tot

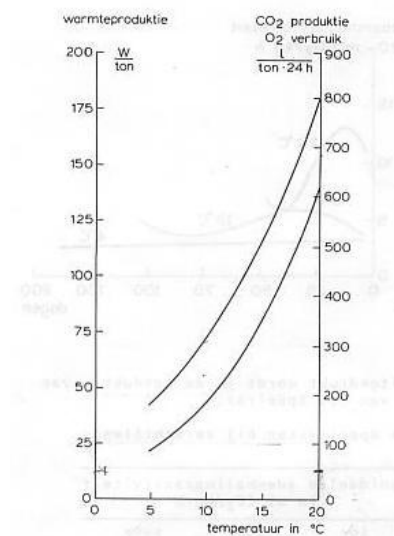
soms we 16 %. Het spreekt voor zichzelf dat dit tevens een belangrijke basis is voor de smaak van de vruchten.

Het optimaliseren van de omstandigheden na de oogst is gericht op een zo traag mogelijk verloop van de afbraak van reservestoffen in de vrucht. Hiermee blijft de kwaliteit en de smaak zo lang mogelijk behouden. Deze vereenvoudiging van de werkelijkheid is handig om het basisproces uit te leggen. In de vrucht spelen echter een eindeloos aantal processen. Deze worden elk op tal van manieren door de bewaaromstandigheden beïnvloedt. Zo weten we uit ervaring dat het verlagen van de temperatuur bij veel rassen een verminderde afbraak van suikers geeft, maar dat naar rato bijvoorbeeld de transportfunctie van afvalstoffen sterker wordt verminderd.

Hierdoor treedt bij een aantal rassen een vergiftiging op door een onbalans tussen productie en transport. Let wel geen vrucht reageert exact hetzelfde, dus de optimale omstandigheden blijft altijd een gulden middenweg.

2.1.1 Invloed van temperatuur op ademhaling

Door het verlagen van de temperatuur vertragen praktisch alle levensprocessen. Bij vruchten neemt de warmteproductie door het verlagen van de temperatuur sterk afneemt. De hoeveelheid warmte die een vrucht produceert, is het resultaat van verbranding van koolhydraten. Een mindere warmteproductie betekent dus ook minder verbranding van koolhydraten.



Figuur 2 Invloed van temperatuur op warmteproductie

De grootste invloed van de temperatuur op de warmteproductie speelt bij hogere temperaturen. Zo is het verlagen van de temperatuur van 20 naar 15°C veel belangrijker dan het verlagen van 10 naar 5°C of van 5 naar 0°C. Toch geeft een verlaging van de temperatuur in het traject van 5 naar 0°C per graad altijd nog een beperking van ongeveer 8-9 % warmteproductie. Onthouden moet worden dat het verwijderen van veldwarmte direct na de oogst enorme kwaliteitsvoordelen kan hebben. Door de temperatuur snel te verlagen wordt de rijping van de vrucht

(ethyleenontwikkeling) vertraagd waardoor kwaliteitsoordeel. Vooral voor producten met een kortere totale bewaarduur is het optimaliseren van dit traject vaak belangrijk voor een kwaliteitsverbetering.

Voor de duidelijkheid de warmteproductie is een gevolg van het ademhalingsproces waardoor er een rechtstreekse koppeling in activiteit is. Als we bijvoorbeeld de CO_2 productie ofwel de zuurstofopname weten kunnen we ook de warmteproductie uitrekenen. Dit valt overigens direct uit de ademhalingsformule af te leiden. Let wel de ademhalingssnelheid ofwel warmteproductie is per vrucht, vruchtsoort, boomgaard of rijpheid verschillend kan zijn, maar altijd wel binnen een bepaalde marge valt zoals aangegeven in Figuur 2.

2.1.2 *Invloed van O_2 en CO_2 op ademhaling*

Door het wegnemen of minimaliseren van de beschikbare zuurstof vermindert ook de ademhaling. Een balans tussen alle bewaaromstandigheden (temperatuur, vochtigheid, zuurstof, CO_2) is bij het verlagen van het zuurstof erg belangrijk. Een appel met een temperatuur van 20 °C (dus met een zeer hoge ademhalingsactiviteit), bewaren onder 1% O_2 is dus vragen om problemen. Zelfs al geldt hierbij het principe dat het gebrek aan O_2 , de ademhaling zou moeten verlagen. Dit punt maakt bijvoorbeeld het toepassen van MA verpakking (Modified Atmosphere) in een keten, waar de temperatuur niet onder controle is, bijzonder moeilijk. De verpakking moet een specifieke doorlaatbaarheid hebben gebaseerd op het product en de ademhalingsactiviteit. Als door afwijkende temperaturen de ademhaling op een totaal ander niveau ligt kunnen grote problemen ontstaan.

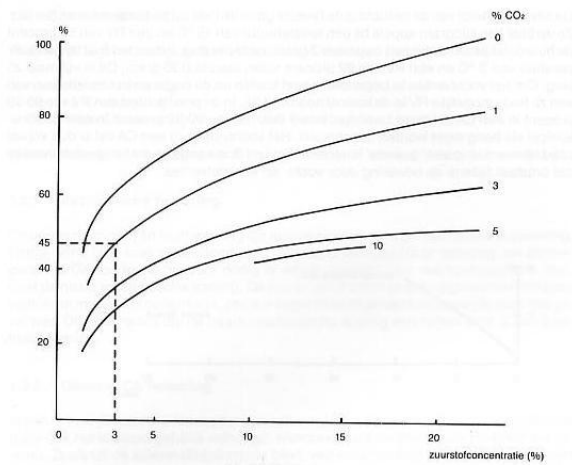
Ook het verhogen van de CO_2 concentratie vermindert de ademhaling. Een hoger CO_2 percentage betekent enerzijds dat hierdoor minder O_2 in de lucht aanwezig is, en anderzijds een narcosewerking van het CO_2 . Een verhoogd CO_2 werkt kan dus in zekere mate vergiftigend werken bij een te hoog gehalte.

De invloed van combinaties van O_2 - en CO_2 -spanningen op de ademhalingsactiviteit is o.a. onderzocht door Fidler en North, en uiteindelijk ook onder Nederlandse omstandigheden indertijd getoetst door het Sprenger Instituut (tegenwoordig FBR). In onderstaand figuur (figuur 3) is de invloed van zowel zuurstof als CO_2 concentraties op de relatieve ademhalingssnelheid weergegeven voor appels. Hierbij is te zien dat het verhogen van CO_2 al snel een vermindering van de ademhaling betekent. Maar wel zodanig dat het effect afneemt naarmate het CO_2 gehalte hoger is.

Verder ook duidelijk dat het effect ook afhankelijk is van de zuurstof concentratie. Bij nog hogere zuurstofgehalten is de reductie van de ademhaling door gelijk percentage CO_2 hoger.

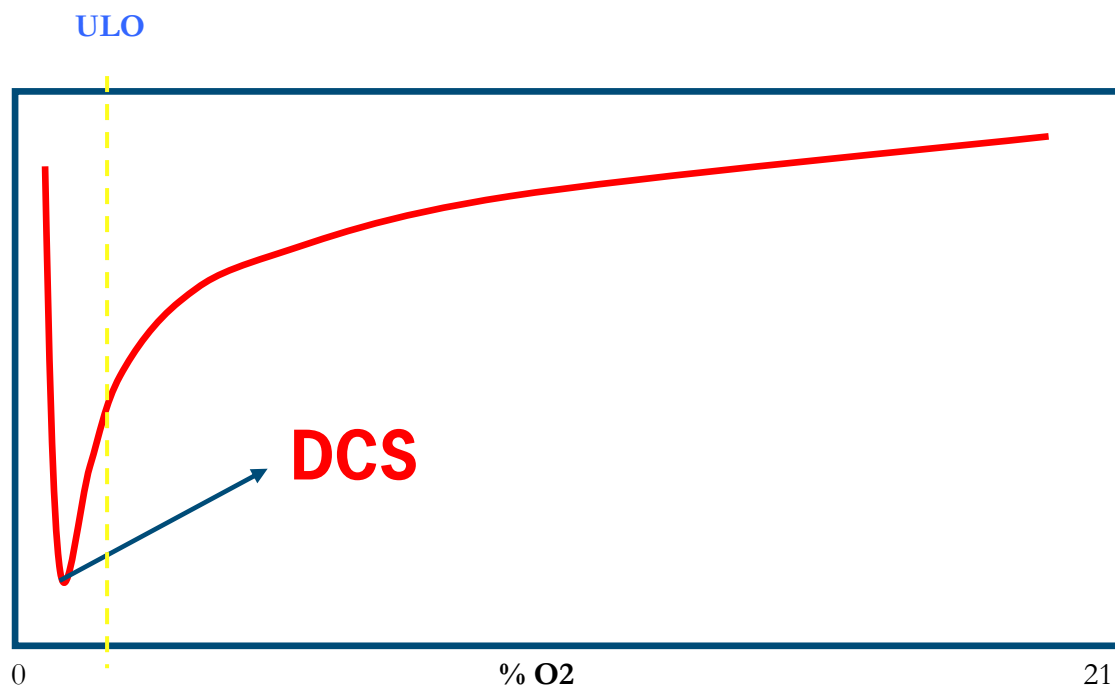
De snelheid van de ademhaling tijdens de bewaring varieert ook enigermate. In de beginperiode is deze meestal gedurende eerste 4-6 weken duidelijk wat hoger. Dit komt door de aanpassing van de vruchten aan de lage temperatuur. Er zijn dan biochemische veranderingen nodig die energie vereisen. Daarna daalt de ademhaling tot een laagste niveau wat correspondeert met de actuele

bewaarcondities. Als het product weer rijper wordt kan de ademhaling weer wat gaan stijgen aan het einde van de bewaarperiode.



Figuur 3 Relatieve ademhalingssnelheid bij verschillende O₂ en CO₂ condities

Zie ook www.koudecentraal.nl



Figuur 4 Schematisch weergave CO₂ -productie in DCS omstandigheden

Overige invloeden

Naast temperatuur, O₂ en CO₂ worden ook andere invloeden op de ademhalingsactiviteit genoemd. Ethyleen (C₂H₄) is hierbij het meest bekend, maar ook de mate van vochtverlies lijkt een bepaalde rol te spelen. Beide zaken (vocht en ethyleen) zijn net als CO₂ rest- of

eindproducten van de verbranding, ademhaling of andere afbraakprocessen. Bij ethyleen is de gedachte dat door het wegnemen van de ethyleenconcentratie de auto katalytische invloed van dit gas vervalt. Ethyleen werkt tweeledig op vruchten. In de eerste plaats zet ethyleen aan tot extra ethyleenproductie (sneeuwbaaleffect) van het product. In de tweede plaats vergroot het de gevoeligheid van het product voor ethyleen. Toch wordt ook steeds meer ook een positieve rol voor ethyleen gezien. Door de aanwezigheid van ethyleen kunnen bepaalde beschadigingen sneller hersteld worden. Denk hierbij bijvoorbeeld maar aan de invloed van ethyleen op schilvlekjes. Het volledig wegnemen van ethyleen leidt tot meer vlekjes.

Het is belangrijk voor de begripsvorm de specifieke rol van het gasvormige rijpingshormoon ethyleen nog wat nader toe te lichten. Zodra een appel of peer geplukt is, versnelt de start van het climacterium en begint de ethyleen productie op gang te komen. Bij sommige rassen is het noodzakelijk dat er eerst een korte periode van een lage temperatuur is. Maar in de koeling gebeurt dit al automatisch.

Ook tijdens de ULO bewaring wordt langzamerhand meer ethyleen geproduceerd wat deels in de cel ophoopt. In ULO omstandigheden heeft een gehalte van 1 ppm, gedurende een langer tijd al enige invloed op het rijpingsproces bij bv Elstar. Meestal zijn de gehalten echter veel hoger tot wel 40 ppm (parts per million, delen per miljoen). Echter dit is afhankelijk van veel factoren zoals de echte ethyleen productie van de partij fruit. Dit is met name afhankelijk van het rijpingsstadium en het ras. Maar in de ULO-bewaring ook van de actuele bewaarcondities en hoe de apparatuur is ingesteld zoals de bv. de actieve koolscrubber die ook ethyleen wegvangt. Belangrijk is hierbij de rol van O_2 en CO_2 te vermelden. Zowel een laag zuurstof- als hoog CO_2 -percentage vermindert de ethyleen productie zeer sterk. Maar het belangrijkste effect is dat ook de gevoeligheid voor ethyleen sterk vermindert. Dit is eigenlijk een cruciaal en belangrijk effect van CA en dus ULO bewaring.

Dat de ademhaling van de vrucht toeneemt bij hogere ethyleen gehalten is voornamelijk toe te schrijven aan het rijpingseffect van ethyleen. Als een vrucht door de ethyleen gaat rijpen wordt de ademhaling ook beïnvloed.

Er zijn ook middelen die erop gebaseerd zijn om de ethyleenproductie te verminderen en zodoende de houdbaarheid te verbeteren zoals SmartFresh en Retain. Vooral de toepassing van SmartFresh heeft een grote vlucht genomen wereldwijd maar ook in Nederland. De effecten van SmartFresh zijn erop gebaseerd dat de ethyleen productie ook tijdens de distributie periode wordt beperkt waardoor een belangrijk effect op de hardheid. Het werkingsprincipe berust op de werkzame stof 1-MCP. Deze stof gaat op de zogenaamde receptor voor ethyleen gaan zitten. Dit betekent dat de ethyleen moleculen hun werk niet meer kunnen doen waardoor de vrucht dus niet of nauwelijks meer kan rijpen. Het lijkt erop of het complete rijpingsproces wordt stilgezet op het moment van toepassing. Door de toepassing met SmartFresh wordt ook de ademhaling duidelijk geremd. *Zie ook www.smartfresh.com*

Vochtverlies zou eenzelfde soort invloed op de ademhaling kunnen hebben als CO_2 . Door een hoge vochtigheid rondom de vrucht, lukt het de vrucht niet meer om vocht af te staan die vanuit de diverse processen vrijkomt. Tot op heden is deze redenering vooral hypothetisch. Maar water

werkt niet blokkerend op bijvoorbeeld de processen in de ademhalingsketen dus bv op de diverse enzymen die het ademhalingsproces stimuleren. Wel weten we dat door een verhoging van vochtigheid rondom de vrucht bepaalde processen in de vrucht stilvallen of vertragen. Vooral de afvoer van afvalstoffen (mogelijk azijnzuren) komt op een lager niveau te liggen. Bij hoog temperatuur producten (Boskoop) maar ook bij Conference peren is vastgesteld dat het minimaliseren van het vochtverlies door koeltechnische of verpakkingsmaatregelen tot inwendige problemen (bruinverkleuring) kunnen leiden. Waarschijnlijk blokkeert een te hoog vochtgehalte in de vrucht de diffusie van allerlei gassen, en dus ook van CO₂ en zuurstof.

2.1.3 *Volgorde in remming ademhaling*

De belangrijkste stuurfactor voor activiteitsvermindering is verlagen van de (vrucht)temperatuur. Hierna kan het meest effectief (en minst risicovol) het zuurstofpercentage worden verlaagd. Pas hierna kunnen we kijken welk extra effect een hoger CO₂ percentage betekent. Bij deze redenering gaan we uit van de minimale waarden voor O₂ en temperatuur die mogelijk zijn. De activiteit van de ademhaling kunnen we overigens op vele manieren uitdrukken. Een gebruikelijke maat die in de praktijk gehanteerd wordt is liter/ton fruit/24 uur echter het ook wel uitgedrukt in ml/kg/uur. Meestal wordt dit gebruikt voor CO₂ -productie maar kan ook gebruikt worden voor zuurstofconsumptie. Bij een normale ademhaling is de productie van CO₂ evenredig aan de consumptie van zuurstof, de zogenaamde RQ is dan 1.

Bij het verlagen van de temperatuur gaan we tot de grens van LTB (Laag Temperatuur Bederf). Dit geldt met name voor de appels: bij een continue blootstelling aan te lage temperatuur vormen zich afwijkingen in de vrucht bv. inwendige bruinverkleuring. Dit kan ook bevroeringsschade zijn wat vooral bij de peren de grenswaarde is.. Het is belangrijk te weten dat niet alleen een temperatuurkeuze belangrijk is, maar hiernaast ook de gehanteerde tijd dat een product onder een bepaalde temperatuur wordt opgeslagen. Kort (enkele uren) een te lage temperatuur, lijkt niet snel schade op te leveren. Soms leidt zelfs lang (enkele weken) een lagere temperatuur niet tot schade. Een tijdige of tussentijdse verhoging van de temperatuur om koudeschade te voorkomen (herstelperiode) is echter wel zeer belangrijk en wordt ook wel genoemd om eventuele schade in de vrucht te voorkomen. Diverse appellassen zijn vooral gevoelig in de beginperiode van de bewaring. Het langzamer naar beneden brengen van de bewaar temperatuur is een methode om lage temperatuur bederf te voorkomen. Door bv. het product bij 6 graden C in te koelen en deze in een periode van bv enkele weken te laten dalen naar de uiteindelijke bewaar temperatuur.

Na het optimaliseren van de temperatuur zoeken we de ondergrens van het O₂ op, het niveau waarop anaërobe ademhaling (gisting) start. Onder deze omstandigheden zal de invloed van andere factoren zoals het verhoging van CO₂ of het verlagen van ethyleen vaak beperkt zijn. Maar afhankelijk van de toleranties van het product (denk aan rode bessen met ongeveer 25 % CO₂) kan het CO₂ ook voor andere doeleinden, zoals het remmen van schimmelgroei, gebruikt worden. De ondergrens voor zuurstof opzoeken is vooral bedoeld voor de appel. Bij de peren

zakt het zuurstofgehalte meestal niet tot hele lage waarden omdat we anders hol en bruin kunnen verwachten.

Pas na optimalisatie van temperatuur, zuurstof en CO₂ waarden, komt een eventuele verlaging van ethyleen aan bod om nog een extra kwaliteitseffect te geven.

De combinatiemogelijkheden tussen de diverse conditiewaarden zijn enorm in aantal. Van de meeste mogelijkheden weten we nog nauwelijks of er voor- of nadelen aan verbonden zijn.

Oorzaak van dit gebrek aan kennis is de jaarlijks verschillende gevoeligheid voor de condities. Als voorbeeld geldt de grotere gevoeligheid voor CO₂ bij grovere Elstar van lichte gronden (voorjaar 2001). Terwijl de landelijke condities voor dergelijke partijen een waarde aangeven van 2.0 tot 2.5 %, ontstaan door een overgevoeligheid diverse bruinverkleuringen in het vruchtvlees.

De realisatie en de snelheid van daling van de zuurstofcondities rondom het product is tegenwoordig gevarieerder. Tot dusverre was bij de appel het uitgangspunt dat een snelle daling de voorkeur had vooral om de hardheid van de appel op peil te houden. Echter hierbij zijn per ras verschillen in aanpak ontstaan. Dit is mede veroorzaakt door de mogelijkheid om SmartFresh toe te passen.

Verder is het bij peren helemaal niet gewenst om snel het zuurstofgehalte te laten dalen bij de Conference peren, een wachtperiode van 3 tot 4 weken voordat het zuurstofgehalte naar beneden gebracht wordt is normaal, daarna wordt geleidelijk het zuurstofgehalte naar beneden gebracht.

In omstandigheden waarbij de zuurstof praktisch niet verlaagd kan worden, bijvoorbeeld in expeditieruimten of cellen die vanwege snelle productbewegingen te kort op condities staan kan het tijdelijk verhogen van het CO₂ percentage of het verlagen van ethyleen een bijdrage aan de kwaliteit leveren.

2.1.4 Afwijkingen in volgorde

Dat de bovenstaande volgorde in ademhalingsremmen niet altijd opgaat, blijkt uit het volgende. De grote invloed van temperatuur op kwaliteit is beperkt onder omstandigheden met een lager zuurstof percentage. Blijkbaar is onder lage temperaturen het gebrek aan zuurstof zo bepalend voor de ademhalingsactiviteit (en specifieke processen die de kwaliteit beïnvloeden) dat deze belangrijker wordt als de optimale temperatuur. Sterker nog, de LTB (Laag Temperatuur Bederf) grens lijkt door het verlagen van het O₂ % omhoog te gaan. Hierdoor loopt een partij onder ULO omstandigheden dus eerder inwendige problemen op in de vorm van een verkleuring van het vruchtvlees. Dit valt overigens wel te verklaren. De vrucht heeft voldoende energie nodig om te overleven en alle levensprocessen aan de gang te houden. Als dit niet meer kan doordat we tegelijkertijd bezig zijn de bewaar temperatuur als wel de CA condities te strak aan te houden ontstaan er toch problemen in vrucht die zich vertalen soms in zichtbare afwijkingen.

Hetzelfde effect zien we bij CO₂. Een 10 tot 15 jaar geleden werd nog regelmatig voor CA bewaring gekozen waarbij de procentuele verhoging van CO₂ een gelijke daling van het zuurstofpercentage betekende, de zogenaamde eenzijdig geregelde CA bewaring. Golden Delicious werd bewaard bij 5-6 % CO₂ in combinatie met 15-16 % zuurstof. Reden was de grote invloed van CO₂ op de ademhaling (en kwaliteit) bij hogere O₂ waarden. Bij lagere O₂ waarden

neemt de invloed van een hoger CO₂ percentage echter sterk af, en neemt ook het gevaar op CO₂ schade toe. Zo belangrijk als CO₂ is bij hoge O₂ waarden, zo onbelangrijk of zelfs gevaarlijk is CO₂ bij lage O₂ waarden.

Aan de andere kant is bij 'ULO cellen' met problemen om het lage zuurstofpercentage te realiseren en te handhaven, een voldoende hoog CO₂ percentage zeer veel waard. Immers door het hogere O₂ neemt de invloed van CO₂ weer toe.

Ook voor ethyleen geldt een zelfde werking. Bij hogere O₂waarden is een voordeel te behalen met het verwijderen van de ethyleen in de cellucht. Echter bij de huidige lage O₂waarden in ULO cellen is het voordeel beperkt. Feitelijk is een eventuele keuze tussen laag O₂ en laag ethyleen terug te brengen naar wat het makkelijkst is te realiseren. Gezien de huidige inrichting van ULO installaties is vooralsnog de keuze gemaakt voor laag O₂.

Aanvullingen kunnen echter altijd. Zo blijft ethyleenbeheer bij laag O₂ een voordeel, maar een zeer klein voordeel. Eerder beschreven we ook dat te lage ethyleen gehalten kunnen leiden tot specifieke problemen.

Echter voor peren geldt een iets andere benadering. Peren worden sowieso bij een hoger zuurstofgehalte (3%) bewaard, dus lijkt het aantrekkelijk om ethyleen op een laag niveau te houden. Er is ook onderzoek of op deze manier de kwaliteit van peren in de bewaring nog beter gestuurd kan worden..

2.1.5 Conditie zijn meer dan een waarde

Voor alle duidelijkheid is een bewaarconditie meer dan een absolute waarde. Hierom is een landelijke lijst met geadviseerde condities vaak alleen maar een richtlijn. Alleen een juiste toepassing van de condities geeft een goed bewaarresultaat. Later wordt ingegaan op onderstaande vragen als:

- Variabele temperatuur instelling, inkoelen anders dan bewaarfase?
- Hoe snel op temperatuur, op zuurstof en op CO₂ waarde?
- Wat zijn de toleranties voor de verschillende waarden?
- Wat kunnen we compenseren bij afwijking van één van de waarden?
- Etc.

2.1.6 Invloed van condities op kwaliteit

Kwaliteit laat zich op verschillende manieren beschrijven. In de onderstaande tabel (tabel 1) worden een aantal kwaliteitszaken benoemd en wordt aangegeven hoe de verschillende condities hier aan bij kunnen dragen. Voor een deel zijn het algemene kwaliteitszaken en voor een deel is het de invloed op specifieke bewaarafwijkingen. Op bewaarafwijkingen wordt later in de cursusmap ingegaan.

Het mag duidelijk zijn dat het koelhuis geen ziekenhuis is. Juist de optimale condities, voor extreme lange bewaartijd etc., vragen een optimaal product. Het is zeker niet zo dat we door de

goede bewaar technieken de aandacht voor de inslagkwaliteit kunnen verminderen. Het tegendeel is waar. Hoe strakker of extremer de bewaarcondities, des te belangrijker wordt de inslagkwaliteit.

Kwaliteitsdoel	Voornamelijk beïnvloed door:
Beter behoud van groene grondkleur	Hoog CO ₂ en lage temperatuur
Beter behoud van hardheid	Laag O ₂
Langer uitstalleven	Laag O ₂ en ethyleen, lage temperatuur
Minder klokhuisbruin	Lager O ₂ (laag CO ₂)
Geen of minder scald	Laag O ₂ (laag ethyleen) en lage temperatuur
Minder rot en schimmels	Laag O ₂ en lage temperatuur, hoger CO ₂
Minimaal vochtverlies	Optimale temperatuur, juiste koeling
Etc.	

Tabel 1 Invloed van bewaarcondities op kwaliteit

Zeer belangrijkste kwaliteitsdoel is ook de smaak van de appel of de peer. Dit is uiteindelijk het belangrijkste criterium waarop de consument de vrucht beoordeelt en ook verder beslist voor een herhalingsaankoop. De smaak van de vrucht is een heel complexe aangelegenheid omdat dit bepaald wordt door de structuur van de vrucht (hardheid, sappigheid) in combinatie met een groot aantal geur- en biochemische stoffen in de vrucht.

Op hoofdlijnen kunnen we de smaak van de vrucht indelen in 3 elementen, zie figuur:

- textuur
- aroma
- smaak

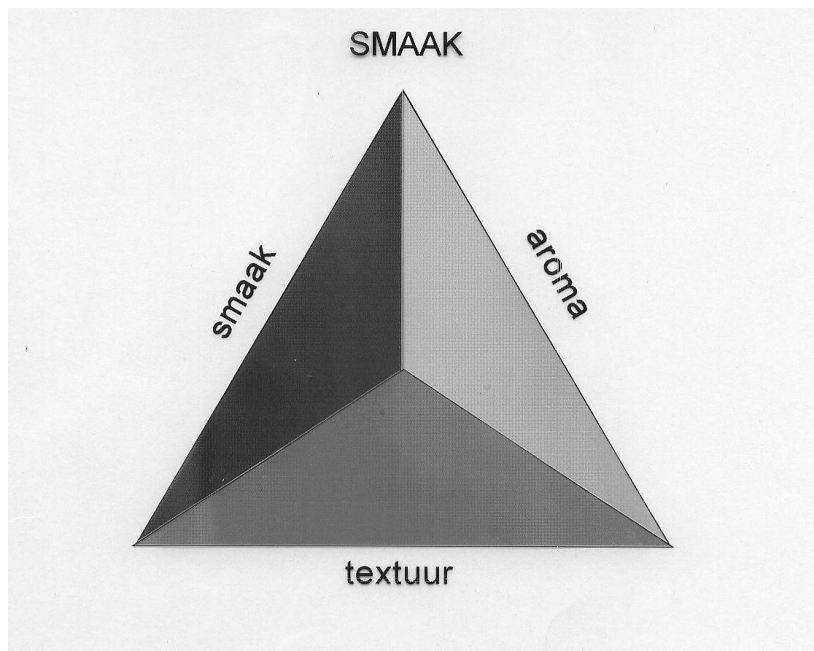
Met *textuur* wordt hier bedoeld de vastheid, stevigheid van de vrucht die we ook wel meten met de penetrometer. Als de vrucht steviger is komt er bij het doorbijten ook meer sap vrij, dus sappigheid neemt ook toe. De textuur van de vrucht kan dan ook beschouwd worden als de basis van de smaak, zie figuur 5.

Met de echte *smaak* wordt hier met name bedoeld de verhouding tussen het zuurgehalte en het suikergehalte. Dit is sterk afhankelijk per ras, pluktijdstip en bewaarconditie.

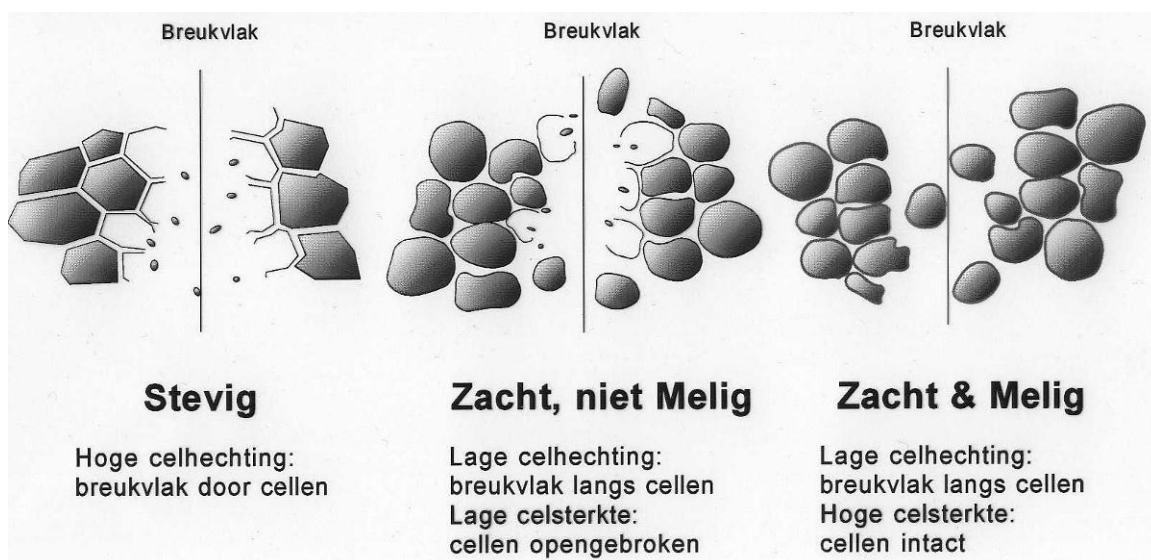
Met aroma wordt eigenlijk bedoeld de geur van de appel. Dit is het totaal van geurstoffen die we “ruiken” in de mond als we de appel doorbijten. Het aroma is vooral ook rasgebonden, anders gezegd aan het aroma van de vrucht kunnen herkennen we eigenlijk het ras. Ieder ras produceert een specifiek eigen palet aan aromastoffen.

Duidelijk is dat vooral de bewaarconditie in samenhang met het pluktijdstip en ook herkomst een grote invloed heeft op de smaakeigenschappen van de vruchten. Het gaat te ver om al deze invloeden precies te duiden. Maar de juiste smaakeigenschappen blijven toch een compromis en de gewenste smaak is afhankelijk van de bestemming van het fruit en de beoogde consument. Als voorbeeld een tegenstelling die we vaak tegenkomen. Fruit wat we vroeg plukken rijpt minder snel, heeft een hoge hardheid, groene grondkleur en kan lang bewaard worden.

Anderzijds kan de smaak onvoldoende zijn omdat het aroma nog tekortschiet en ook het suikergehalte te laag is waardoor de appel als zuur wordt ervaren. Stringente bewaarcondities kunnen dit nog verergeren. Anderzijds kunnen we ons de situatie voorstellen van laat geplukt product met een hele goede smaak en aroma potentie, maar met een lagere hardheid en snellere rijping wat betekent dat dit minder lang bewaard kan worden.



Figuur 5 De zogenaamde smaakdriehoek van fruit



Figuur 6 Smaakbeleving bij respectievelijk stevige en zachte appelen.

2.2 Bewaarkwaliteit en pluktijdstip

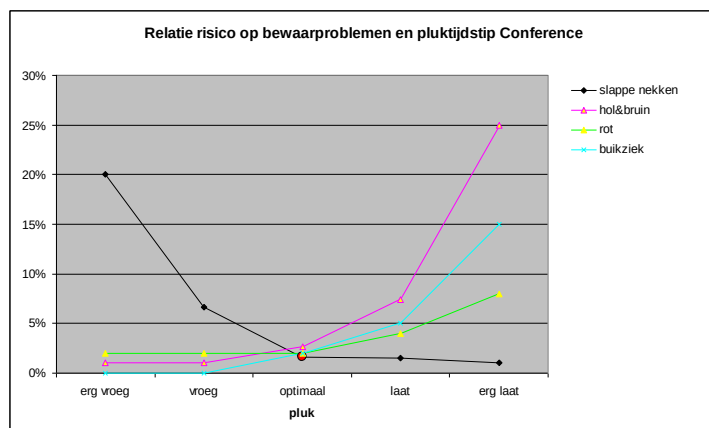
2.2.1 Rijpheid, bepalen van....

Over het juiste pluktijdstip is al wel 30 jaar discussie, en dit zal nog wel een 30 jaar voortduren. Een keuze voor een pluktijdstip moet gebaseerd worden op het afzetdoel. Lang bewaren betekent een ander pluktijdstip dan een afzet op korte termijn. Engeland vraagt andere kwaliteitscriteria dan een afzet via huisverkoop.

Het juiste pluktijdstip kunnen we natuurlijk definiëren op 2 manieren. In de eerste plaats praten we natuurlijk over het zogenaamde fysiologische rijpheidstadium dus het juiste pluktijdstip voor langdurige bewaring.

Natuurlijk spelen ook marktcriteria een belangrijke rol zoals kleurvorming etc. bij de uiteindelijke keuze van het pluktijdstip waardoor meestal een compromis plaatsvindt tussen het fysiologisch optimale stadium en de aanvullende criteria.

Een duidelijk voorbeeld hiervan wordt weergegeven in figuur 6 voor de Conference peren. Hierbij is duidelijk te zien dat er een optimaal moment is of kan zijn waarbij het risico op bv bewaarafwijkingen het laagste is. Dit optimale moment is voor iedere bewaarpartij of boomgaard en per seizoen verschillend. Het optimale moment zou opgevat kunnen worden als een relatieve korte periode maar meer gericht op de praktische omstandigheden kan dit wel een week zijn. In deze week kan nog geoogst worden waarbij de risico's beheersbaar zijn in verband met de risico's op bewaarafwijkingen. We noemen een dergelijke periode het plukvenster. Belangrijk is nu om dit "plukvenster" voor regio's, bedrijven of beter nog boomgaarden te kunnen voorspellen en aan te duiden.



Figuur 7 Invloed van pluktijdstip bewaarafwijkingen bij Conference peren.

Methoden om pluktijdstip te voorspellen

Er zijn diverse methoden om het pluktijdstip te voorspellen. Enerzijds zijn dit methoden die een grove aanwijzing geven, dus ongeveer de periode aangeven wanneer globaal de pluk kan starten in een bepaalde regio. Verder zijn er methoden die specifiekere zijn qua voorspelling per bedrijf of boomgaard en ook kwaliteitsindicatie geven van het product.

- DFB methode (Days from Full Bloom).

Met deze methode wordt het aantal dagen aangegeven vanaf het moment van volle bloei tot aan het begin van de oogst. Bij ieder ras is dit min of meer een vast aantal dagen. Dit is een grove methode om vooral het begin van de pluk aan te duiden.

- T-stadium

Hierbij wordt rond het tijdstip van vruchtzetting de hoek gemeten tussen steel en vrucht(wangen). Vormt deze hoek een 90° (ofwel het T-stadium), dan geldt vanaf dit moment tot het optimale pluktijdstip een redelijk vast aantal dagen. Deze methode kan als regionale voorspelling prima worden gebruikt.

- Groei Graad Uren

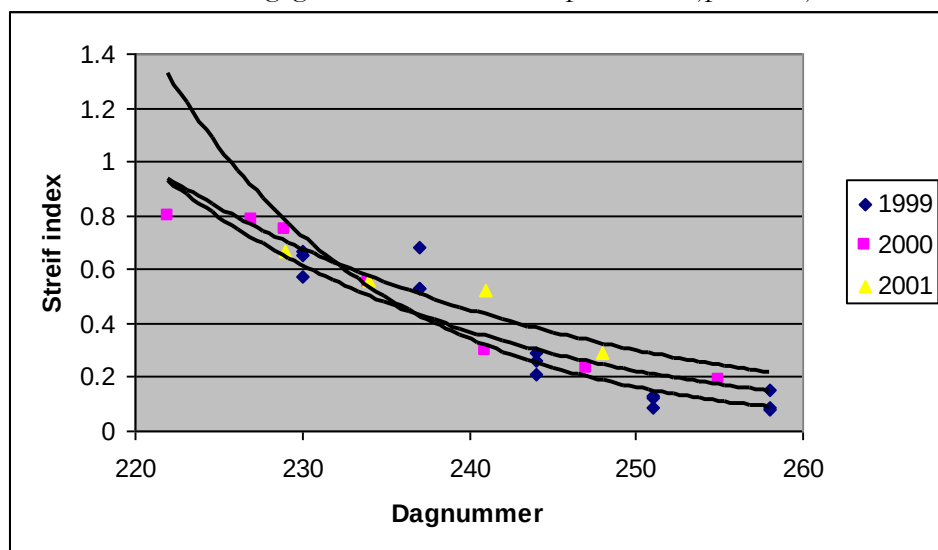
Met deze methode wordt over een bepaalde periode tijdens de celdelingfase de temperatuur en de tijd bij deze temperatuur. Dit geeft een wat preciezere indicatie van begin van de oogstperiode en wordt voor enkele nieuwe rassen momenteel gebruikt.

- Streif-index

In jarenlang onderzoek in buitenland en PPO-Fruit in samenwerking diverse andere kennisinstellingen en Consultants is een systeem ontwikkeld voor een regionaal pluktijdstip voorspellingen voor de lange bewaring. De gebruikte methode is gebaseerd op de Streif-methode. Met onderstaande formule wordt de zogenaamde Streif-index berekend. Over jaren blijkt fruit met een specifieke index na (lange) bewaring de beste kwaliteit (waaronder smaak) te hebben.

$$\text{Streif-index} = \text{hardheid} / (\text{suiker} * \text{zetmeel})$$

De Streif-index daalt in de laatste weken voor de pluk met een bepaald patroon. In figuur 2 wordt een voorbeeld gegeven voor het verloop van de rijpheid bij Santana.



Figuur 8 Verloop Streif-index bij Santana

In tabel 2 worden voor de liefhebber de formules weergegeven voor verschillende rassen. Per ras is een optimale Streif-index bekend, welke een beste kwaliteit na lange bewaring en uitstal garandeert.

Ras	Formule	Streefwaarde voor Streif-index
Conference	-	0.11 of 5.9 kg
Boskoop	$1*(34.8(26*(\log(\text{index}))))$	niet in gebruik
Cox's	$1*(29.2(17.55*(\log(\text{index}))))$	0.18
Elstar	$1*(17.1(55.1*(\text{index})))$	0.32
Jonagold	$1*(49.2(19.3*(\log(\text{index}))))$	0.08
Golden	$1*(39.9(17.5*(\log(\text{index}))))$	0.06

Tabel 2 Formule voor verloop Streif-index en optimale waarde

Ervaringen leren dat het belang van een juist pluktijdstip van jaar tot jaar verschilt. In een aantal jaren moeten de optimale pluktijdstippen zeer nauwkeurig opgevolgd worden. Vooral bij Elstar zijn hier veel voorbeelden van te vinden. In andere jaren lijken de gevolgen van een afwijkend pluktijdstip vaak heel erg mee te vallen. Denk hierbij aan een tweede of zelfs derde pluk Elstar die ondanks lang bewaren een prima kwaliteit heeft.

De wens is om op perceelniveau een eenvoudige en passende voorspelling te doen voor het pluktijdstip. Er zijn systemen bekend waarbij aan de hand van de verandering van rijpingskenmerken (verloop hardheid, stijging zetmeelontkleuring, verloop suiker etc) de individuele rijpheid van een partij wordt berekend.

- Genetische markers

Om tegemoet te komen aan een nauwkeurige voorspelling van het pluktijdstip per bedrijf op boomgaard is een toets ontwikkeld op genetische basis. Dit is in eerste instantie voor de Conference peer ontwikkeld maar komt ook beschikbaar voor de appel. De methode is gebaseerd op de meting van de activiteit van een aantal genen die te maken hebben met rijping en ook de gevoeligheid voor bewaar afwijkingen.

De teler perst het sap uit een aantal vruchten op een daartoe bestemd kaartje wat vervolgens naar het bedrijf NSure wordt gestuurd die op commerciële basis binnen 2 dagen de pluktijdstip voorspelling geeft. Deze methode wordt gebruikt maar wordt ook nog steeds verder verbeterd.

- Lugol-toets

Nog voor de Streif-index als belangrijkste methode voor rijpheidmetingen werd gebruikt is in het verleden veel gebruik gemaakt van de Lugol of jodium toets. Afhankelijk van het percentage ontcleuring, werd het juiste pluktijdstip gekozen. We weten dat het bepalen van de rijpheid op basis van één van de rijpheidindicatoren gevaarlijk is.

Zo blijkt al enkele jaren dat uitgaande van een moment in de 1e week van september de zetmeelontcleuring bij Conference in Midden Limburg 60 % is, in Zeeland en Betuwe 40 % en in Noord-Holland op dat moment maar liefst 65 %. Ook de snelheid van het doorlopen van de ontcleuringstadia verschilt van bedrijf tot bedrijf en van regio tot regio. Vaak vooral afhankelijk van de voorraad zetmeel.

Voor peren lijkt deze toets minder geschikt omdat per peer en ook per seizoen de variatie groot is.

2.2.2 *Pluktijdstip en planning*

De bedrijfssituatie bepaalt uiteindelijk het gekozen pluktijdstip. Er is dus wel een fysiologisch optimaal moment, maar uiteindelijk is dit slechts één van de factoren die uiteindelijk het plukmoment voor u als teler bepaalt. De andere factoren zijn o.a.

- Afzet en beoogde markt(wijze, moment)
- Beschikbaarheid van personeel
- Wens voor specifieke kwaliteitseisen (bijv. hogere hardheid, meer blos, meer of minder maat)
- Weersomstandigheden
- Persoonlijke situatie
- Veiligheidstermijnen gewasbeschermingsmiddelen
- Gebruik van SmartFresh

Het ontbreken van kennis om het optimale moment (op bedrijfsniveau) te bepalen is één van de belangrijkste redenen waarom jaarlijks te rijp of soms juist te onrijp wordt geplukt. De landelijk bepaalde pluktijdstippen zijn weliswaar moeilijk te vertalen naar individuele percelen maar kunnen wel prima als uitgangspunt gebruikt worden. Gelukkig wordt door individuele telers en adviesorganisaties steeds meer werk gemaakt van de rijpheidmetingen. Informatie over het beste fysiologische moment van plukken, kan op bedrijfsniveau worden vertaald naar een praktisch moment. Zijn er belangrijkere redenen om op een ander moment te plukken, dan is het alleen nog een kwestie van... de bewaardoelen aanpassen!

2.2.3 *Rijpheid, omgaan met....*

Is de keuze gemaakt voor het pluktijdstip, dan is het belangrijk te weten welke kwaliteitsgevolgen deze keuze heeft. Vastleggen van de rijpheid (vooral kwaliteitsparameters als suiker, zetmeelontkleuring en hardheid) zijn belangrijk om later in de bewaring juiste keuzes te maken (welke cel eerder open etc). Verder kunt u met deze gegevens de partij definiëren als vroeg, normaal of laat geplukt. Tegenwoordig wordt ook steeds meer informatie van een partij of cel gevraagd door de afnemers. Door de inslaggegevens op een gestructureerde manier te verzamelen kan deze informatie dus meerdere doelen kennen.

Ook is het pluktijdstip bepalend voor de keuze van de bewaarcondities. Latere pluk bij peren betekent automatisch een langere wachtperiode voor de bewaring. Voor de appel is een bepaald pluktijdstip een voorwaarde voor de toepassing van SmartFresh

Voorbeeld Een vroeg pluk Jonagold (anders zou de maat te groot worden) die door het vroege pluktijdstip, gevoeliger zal zijn voor scald. Eventuele seizoen- of perceelsgevoeligheid meegerekend moet deze partij onder een streng ULO regime bewaard worden. Langere tijd boven de 1 % O₂, kan al snel tot problemen leiden.

Ondanks een niet optimaal pluktijdstip kan door de juiste behandeling tijdens inslag, bewaring en verwerking, vervelende gevolgen (tabel 3) beperkt worden.

RAS	VROEGE PLUK	LATE PLUK
Algemeen	Slappe vruchten Ontbreken van smaak en/of aroma Ontbreken van roodkleuring (blos) Ontbreken van maat	Vette waslaag Ouderdomsbederf Zacht Gele grondkleur Gevoeligheid voor C O ₂ Schimmeldruk Meer vochtverlies Gevoeliger voor mechanische schade
Cox's O.P.	Stip	Klokhuisbruin
Jonagold	Scald	Vruchtvrlesbruin
Boskoop	Scald Klokhuisbruin Stip	Vruchtvrlesbruin
Golden Del	Stip Scald	Ouderdomsscald
Elstar	Slappe vruchten	Schilvlekjes Vruchtvrlesbruin Lenticelspot
Nieuwe rassen - Kanzi - - Rubens - Junami	Te weinig smaak, schilstip Te weinig kleur en smaak Stip, kleine maat	Inwendig bruin, lenticel breakdown Inwendige afwijkingen Meligheid?
Conference	Hoog vochtverlies door kleinere maat en dus slappe nekken	Buikziek Hol- en bruin (CO ₂ schade) scald
Doyenné d C.		Buikziek Inwendig bruin en hol
B.A.Lucas, St. Remy	Zwartverkleuring schil na opwarming	

Tabel 3 Risico van belangrijkste afwijkingen en kwaliteitskenmerken als gevolg van gekozen pluktijdstip

2.3 Bewaarkwaliteit en minerale samenstelling

De minerale samenstelling van producten zijn en worden regelmatig gebruikt om de bewaarbaarheid van partijen te voorspellen. Rond 1990 was een landelijk netwerk beschikbaar als een bruikbaar voorspellingsstelsel op basis van minerale analyse.

Hierbij is toen naar Ca en K gehalten gekeken in verband met het risico op kurkstip. Door de ontwikkeling van ULO bewaring is het probleem met stip zodanig verkleind dat er weinig reden meer is voor uitgebreide minerale analyses. Maar enkele nieuwe rassen zijn zodanig stipgevoelig ondanks toepassing van ULO dat een voorspelling via de minerale analyse weer belangstelling krijgt. Naast de specifieke invloed op bewaarafwijkingen heeft calcium ook een specifieke invloed op de structuur van de vrucht en de rijping. Calcium is een belangrijke stof voor de inbouw in de celwanden van de vrucht en zorgt er tevens voor dat de rijping minder snel verloopt. Bij partijen met een laag calcium gehalte is wel vastgesteld dat de ademhalingssnelheid hoger is.

Bij de analyses blijken sommige jaren op te vallen, maar kunnen ook individuele partijen grote afwijkingen vertonen. Een kern van het probleem van de minerale analyse is naast de omslachtigheid van de analyse en de kosten, de analyse feitelijk op partijbasis moet worden toegepast. Landelijke gemiddelden zeggen te weinig. Willen we iets met minerale samenstelling doen, dan moet dit perceel gebonden worden uitgevoerd. Weten dat een bepaalde regio een matig Ca-gehalte heeft, terwijl een eigen perceel perfecte gehalten laat zien, is zo goed als zinloos.

Voorbeeld

In 2000 zijn diverse minerale analyse uitgevoerd bij Elstar voor percelen uit midden Betuwe. De gehalten lagen hoog, zeker voor Elstar. Tijdens de bewaring begin 2001 blijken er grote problemen met stip en inwendige schade bij Elstar. Nader onderzoek levert voor een specifieke regio (lichte gronden in Limburg) een Ca gehalte op van maximaal 50 % van de norm.

Voorbeeld

Een teler in rivierengebied laat jaarlijks zijn cellen controleren. Temperatuur, O₂ en CO₂ worden medio februari getest en goedgevonden. Ander halve maand later belt hij met de constatering dat 25 % van Jonagold bruin zijn. Symptomen van LTB verschijnen. Om één of andere reden is op 1.5 graad Celsius deze partij verongelukt door te lage temperaturen. Analyse levert een extreem gebrek aan K op. De partij blijkt afkomstig van een slecht groeiend perceel met veel wateroverlast (kwelwater).

Om een beeld te geven van de mogelijkheden van minerale analyse volgt hieronder een voorbeeld van een individuele analyse uitslag. Basis van deze analyse is een optimaal niveau voor de hoofdelementen gekoppeld aan de gemiddelde maat van de partij. Afhankelijk van de maat is namelijk een optimale waarde bekend van de elementen.

Monsternummer	Naam		Plaats		Monsteraanduiding	
268231			Veld 1 a		ELS	
mg/100 gram versgewicht						
Element	Stikstof (N)	Fosfaat (P)	Kalium (K)	Magn. (Mg)	Calcium (Ca)	Zwavel (S)
Analyse	50	10,6	137	7,5	5,2	5,5
Waardering/ Gemiddelde groep	N	L	N	H	H	5,1
mg/1000 gram versgewicht						
Element	Mn	Fe	Cu	Zn	B	Al
Analyse	6,2	29,0	3,6	11,0	22,1	69
Gemiddelde groep	7.7	23.4	4.0	8.7	23.3	37

Tabel 4 Uitslag vruchtanalyse

De opmerkingen bij bovenstaande analyse zijn:

Het lage P en (normale) K gehalte zal de partij mogelijk een mindere smaak (subjectief) en bloskleur geven. Verder betekent het lage P niveau een grotere gevoeligheid voor lage temperatuur. Advies is om deze partij (ook 1e pluk) op een hogere temperatuur te bewaren (net onder 1.8-2.0 °C). Deze partij heeft een redelijke bewaarverwachting.

Bij de bovenstaande analyse wordt per element bekeken of deze van de optimale waarde afwijkt. Blijken meerdere elementen te wijzen op een zelfde bewaarprobleem, dan wordt een waarschuwing gegeven. Als de bewaarafwijkingen met een aangepaste bewaarconditie te verminderen is, dan wordt hier in de analyse op gewezen.

In tabel 5 wordt per mineraal element de relatie weergegeven met bepaalde bewaarafwijkingen. Dit schema is uiteraard nooit volledig. Een probleem vormen de verschillende interacties die elementen met elkaar en met bijvoorbeeld weersomstandigheden, pluktijdstip, bewaarcondities kunnen hebben. Verder is het erg moeilijk om een specifiek niveau per element aan te geven dat als normaal of 'probleemloos' kan worden betiteld. In tabel 5 wordt aangegeven of een hoog of laag niveau tot specifieke kwaliteitsproblemen leidt.

Afwijking/ Kwaliteitsaspect	Hoofdelementen					Spore elementen			
	N	P	K	Mg	Ca	Fe	Mn	Bo	Zn
Kleinere maat	H	L	L		L				
Minder smaak	H		L						
Minder blokleur	H	L	L	H		H			
Minder zuur	L		L		L				
Lagere hardheid (> verlies)	H	L			L			H	
Verruwing	H		L					L	L
Minder grondkleur (geler)	L				L				
Scald	H	L	H	L	L	L	L	H/L	
Schilbruin/softscald	H								
Minder vochtverlies			H						
KHB	H	H	H/L	L					
Schilvlekjes	H			L					
Rot en schimmels	H/L	L	H	H	L				
Glazigheid	H		H	H	L			H	
LTB	H	L	L	L	L				
VVB	L		L	L	L			L	
Jonathanspot	H							L	
Stip	H		H	H	L				
Zacht	H	L	H	H	L				
OB	L	L	H	H/L	L			H	
Opletten met K en Mg					H				
N gebrek		H							
Boomstip								L	

Tabel 5 Relatie tussen minerale samenstelling en specifieke bewaarafwijkingen

Over de meeste relaties tussen minerale samenstelling en bewaarafwijkingen en kwaliteitszaken zijn de onderzoekers en deskundigen het eens.

Omtrent specifieke bewaarafwijkingen bij nieuwe rassen is minerale analyse weer hernieuwd in de belangstelling komen staan en gaat er toe leiden dat op perceelsniveau vooral het calcium niveau in de vrucht wordt aangepast via een consequent bespuitingsschema met calcium chloride of calciumnitraat

2.4 Eigen ervaringen

Los van alle cijfermatigheden zult u ook zelf ervaringen hebben met uw percelen en/of partijen. Gebleken is dat sommige partijen gewoon niet te bewaren zijn. Meestal is dit wel terug te voeren

op een afwijkende minerale samenstelling of op een specifieke rijpheid, maar hiermee is het probleem nog niet opgelost. Sommige grondslagen zullen altijd gevoeliger zijn voor problemen dan anderen. Elke perceel kent zijn beperkingen. Let op de volgende zaken:

- Houd rekening met invloed van toegepaste groeiregulering (chemisch of mechanisch)
- Spuit voldoende Ca, ook als tijdsdruk of omstandigheden dit nauwelijks toelaten
- Afspuiten onder ongunstige omstandigheden zijn juist essentieel
- Registreer zoveel mogelijk ervaringen in zowel positieve als negatieve zin

2.4.1 *Grondslag*

Over het algemeen hebben vruchten van een wisselende grondslag meer problemen dan van een egale grond. Dit zal voor een deel veroorzaakt worden door verschillen in rijpheid en deels door verschillen in minerale samenstelling. Belangrijk is het om bij deze percelen niet te veel naar uiterlijkheden als maat of kleur te kijken, omdat dit weinig tot niets zegt over de feitelijke rijpheid. Analyses hebben hier weinig tot geen zin omdat de spreiding het feitelijke probleem is, denk bijvoorbeeld aan zandbanen door het perceel. Deze partijen zijn meestal matig bewaarbaar. Een lichte grondslag staat bekend om een mindere bewaarbaarheid. Dit blijkt onder andere uit de hogere gevoeligheid ook voor een specifiek inwendige bruinverkleuring voor Elstar die is gegroeid op zandgrond. Hiervoor wordt ook een apart bewaarregime voor aangehouden. Echter zware grond geven mogelijk weer specifieke problemen met lage K gehalten door o.a. Kalium fixatie en hierdoor LTB (Laag Temperatuur Bederf) verschijnselen. Vroege gronden geven vaak een minder lange bewaring dan late gronden. Dit komt voor een deel door het vroege pluktijdstip en de gemiddeld wat hogere seizoenstemperaturen. De mogelijke heden die er momenteel zijn met fertigatie leiden ook weer tot nieuwe discussies hoe hiermee om te gaan qua voedingsmedium.

2.4.2 *Dracht*

Percelen met een mindere dracht zijn minder goed of slechts kort te bewaren. Steeds weer zien we in deze partijen het eerste de jaarspecifieke problemen optreden. Om problemen voor te zijn, is het advies niet te bewaren, zeker niet als dit om gevoelige producten als Elstar of Boskoop. Het grootste probleem is het verschil in rijpheid en de onbalans in minerale samenstelling. Dit resulteert vaak in problemen met lage hardheid, meligheid en zelfs stip.

Alleen met een zeer nette doorpluk (vooral bij Elstar) is vaak nog wel een redelijke kwaliteit te oogsten. Zorg wel dat gedurende de bewaring alle puntjes op de I staan. Dus, snel afkoelen, snel bereiken van condities en even goed niet te lang bewaren. Deze partijen vragen ook een intensievere controle tijdens de bewaring.

Van mindere drachtjaren bij o.a. Boskoop is bekend dat juist dit partijen zijn die op een relatief hoge O₂ waarde problemen met alcohol vorming krijgen, soms juist in de minst rijpe vruchten. Voor de Conference peren is de relatie niet altijd geheel duidelijk, maar ook hier is het meestal zo dat een mindere dracht leidt tot een snellere rijping tijdens bewaring en distributie.

2.4.3 *Vruchtmaat*

Is de dracht goed, maar de vruchtmaat toch erg groot, dan nog blijken de grovere maten het eerste bewaarproblemen te geven. De oorzaak ligt in veel gevallen bij het verdunnende effect van de maatontwikkeling op het Calcium gehalte. Vaak hebben vruchten die groot uitgroeien ook een andere celopbouw door meestal een langere groeiperiode. In veel gevallen zijn het vruchten van bloemen die het eerste bloeiden en toch kans hebben gezien te zetten en uit te groeien. Deze appels hebben meestal tijdens de celdelingfase ook minder calcium import gehad door het ontbreken van de clusterbladeren. In de teeltfase kan het verstandig zijn deze grovere vruchten uit te dunnen om de gelijkheid binnen de partij te vergroten.

Bij peren is vruchtmaat soms wel erg bepalend voor de kwaliteitsontwikkeling tijdens de bewaring. Grotere vruchten geven meestal een meer kans op inwendig bruin terwijl een kleinere vruchtmaat meestal leidt tot meer vochtverlies en slappe nekken.

2.5 **Bewaarafwijkingen**

In de voorgaande paragrafen worden al diverse bewaarafwijkingen genoemd. Deze afwijkingen worden hierna in willekeurige volgorde besproken en toelicht.

2.5.1 *Scald*

Scald is bruinverkleuring van de schil.. De bruinverkleuring is een oxidatie (verbranding) van de alfa farnasen in de schil. Hierdoor ontstaan zogenaamde triënen, die de bruinverkleuring verzorgen. Bij het ontstaan van scald spelen nog talloze processen. Het belangrijkste dat we in de bewaring kunnen doen is dat we de oxidatie moeten voorkomen. Simpel gezegd doen wij dit o.a door het wegnemen van het zuurstof in de cellucht. Liefst alles, maar ervaringen leren dat we met de huidige ULO waarde van 1 % feitelijk scald vorming uitbannen, tenminste als we praten over appels die in Nederland gegroeid zijn. Bij appels die in Zuid Europa gegroeid zijn kunnen we scald niet tegenhouden met 1% zuurstof. De rest van de strijd tegen scald is voor moeder natuur. Immers ook van natuur heeft het product een weerstand tegen de oxidatie in de vorm van natuurlijke antioxidanten (vitamine C, vitamine E, anthocyanen etc). Afhankelijk van de groeiomstandigheden (vooral de temperatuur in laatste weken voor de pluk) is door de vorming van vitamine C de scald gevoeligheid van jaar tot jaar verschillend.

Warme periode voor de pluk => meer problemen met scald



Figuur 9 Superficial scald op appel

Er is eigenlijk sprake van 2 soorten scald. De belangrijkste is het zogenaamde superficial scald wat enigermate bruine ingezonken plekken op de schil veroorzaakt. Daarnaast is er nog het ouderdomsscald of met meer internationale term senescent scald. Dit is een wat vage bruine verkleuring op de schil en komt vooral voor bij appels die laat geplukt zijn.

Door de afhankelijkheid van de temperatuur voor de plukperiode treden problemen met scald juist op in meer warmere klimaten. Juist deze landen zijn aangewezen op chemische antioxidanten om de scald onder controle te houden. Hier helpt zelfs verlagen van O_2 tijdens het bewaren in een aantal seizoenen onvoldoende.

Gevoelig voor scald zijn Jonagold, Golden en Boskoop en import rassen als Granny S. staan ook bekend als scald gevoelig. In andere rassen zie je het verschijnsel ook wel eens. Vroege pluk geeft meer schade bij superficial scald

Constaateert u scald na bewaring, dan heeft de cel langere tijd meestal niet op de juiste O_2 conditie gestaan. Van gevoelige partijen in een gevoelig seizoen weten we dat zuurstofpercentages van 1,5 % al geen garantie meer geven op een scald vrij eindresultaat. Ook het tussentijds oplopen van het O_2 en vervolgens weer zakken (onstabiliteit gedurende 1 maand) geeft geen vrijbrief. Cellen die vanaf het begin tot einde keurig op regime hebben gestaan zullen scald vrij blijven. Let wel, in extreme situaties kan dan na uitslag in enkele weken tijd toch scald optreden.

Scald lijkt te worden beïnvloed door ophoping van schadelijke gassen (en vochtigheid?).

Hierdoor is het probleem midden in de kist groter dan bovenop. Productcontrole op scald door een controleluik heeft alleen zin als we dieper in de kist een monster hebben ingegraven. Door dit monster op kamertemperatuur te brengen is een beeld te krijgen.

Op Conference-peren die in Nederland of België zijn gegroeid komt sporadisch ook wel eens een afwijking voor die op scald lijkt en treedt vooral op aan de steelkant van de vrucht. Bekend is dat Conference-peren die in Italië gegroeid zijn wel gevoelig zijn voor scald.

Bij de appel kan scald ook uitstekend bestreden worden met SmartFresh maar zeker ook met DCS en DCA/ILOS. Door het afbouwen van de DPA toepassing zullen deze methoden meer opgang gaan maken.

2.5.2 *Schilbruin, softscald*

In tegenstelling tot scald komen we soortgelijke symptomen tegen die een minder duidelijke oorzaak hebben. Schilbruin wordt beschreven als een scaldachtig verschijnsel. Opvallend is dat de bruinverkleuring niet doortrekt, ook niet in de uitslagperiode. Ook een duidelijk verschil met de ‘gewone’ scald is dat deze afwijking vooral optreedt in later geplukte partijen. Mn in Golden komt dit probleem nog wel eens voor.



Figuur 10 Softscald op appel

In een aantal gevallen lijkt de bruinverkleuring haast leerachtig (iets verzonken) te worden. Internationaal wordt dan over softscald gesproken. Ook nu is nog steeds alleen de schil beschadigd. Gezien de beperkte problemen met deze afwijking wordt er weinig of geen onderzoek aan dit verschijnsel gedaan. Wat we weten is dat een snelle afkoeling (van sterk opgewarmde partijen) oorzakelijk is. Rijpere partijen zijn gevoeliger. Het beeld komt in Nederland weinig voor. Het beeld komt bij Santana ook wel voor en wordt via een juist bewaarprotocol ook zoveel mogelijk tegengegaan. Soms kan het ook optreden bij lang bewaarde Jonagold, er vormen zich dan vreemde patronen op de vrucht. Er wordt wel aangenomen dat Softscald ook een vorm van lage temperatuur bederf is.

2.5.3 *Vochtverlies*

Een noodzakelijk gevolg van bewaring is vochtverlies. Bij teveel verlies treedt rimpeling op (vooral taaie nekken bij Conference zijn bekend), bij te weinig vochtverlies vergroten we het risico op vooral inwendige bewaarafwijkingen.

Als norm geldt een verlies van ongeveer 3 liter per ton per maand bij de appel. Omgerekend komt dit neer op 1 liter per 10 ton per dag. Het totale vochtverlies bestaat uit een optelling van het vochtverlies van het moment van pluk totdat de cellucht in evenwicht is (vaak 1 tot 1,5 maand later) en het verlies gedurende de bewaring.

Het verlies tussen het moment van pluk tot het moment dat de cellucht gestabiliseerd is, is globaal een 1 tot 1.5 % van het vruchtgewicht. De afkoelingssnelheid en tijd tussen steelbreuk en gestabiliseerde luchtsamenstelling zijn de belangrijke beïnvloedende factoren. Des te langer warm, des te meer vochtverlies. Én des te warmer, des te meer vochtverlies. Zaak dus om de producttemperatuur zo snel mogelijk op een lage waarde te hebben en de cel zo snel mogelijk in de evenwichtssituatie te brengen. Belangrijke uitzondering vormen de rassen die juist graag vocht willen verliezen. Door een tragere afkoeling etc. is in de beginperiode van de bewaring eenvoudig veel vocht te verliezen.



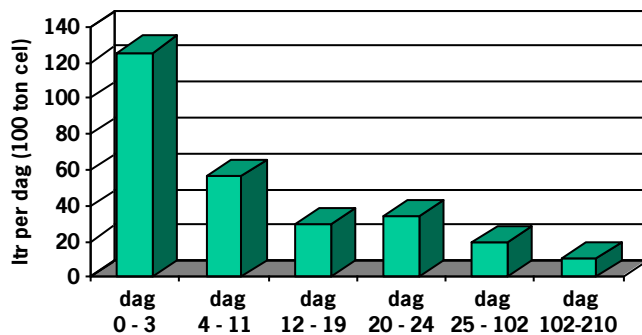
Figuur 11 Extreem vochtverlies bij Conference en Elstar

Gedurende de bewaring is het vochtverlies simpel gezegd het verschil tussen wat de vrucht afgeeft en wat de omgeving (vooral de verdamper) onttrekt. Denk ook aan fust en vloeren die tot een 1.5 % extra vochtonttrekking (gerelateerd aan vruchtgewicht) kunnen geven. Alleen al droge kisten kunnen maximaal 1,4 % vocht onttrekken. Nat maken van kisten scheelt de helft, mits de kisten snel in de cel gezet worden omdat anders dit 'hangvocht' alweer is verdampt.

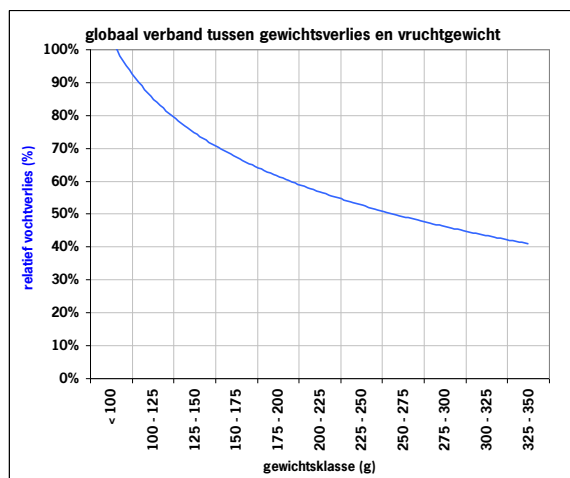
Slappe vruchten (of rimpeling) treedt op rond gemiddeld 4 % totaal gewichtverlies bij de appel. Voor Conference-peren zijn de eerste symptomen van slappe nekken al bij 2-3 % vochtverlies zichtbaar vooral bij de steelinplant.

Voor vochtopname door fust, vloer en verlies in de inslagperiode moeten we 1-1.5 % verlies accepteren. Resteert een maximale 2.5 % voor de appel die verdeeld over de bewaar maanden uit de vrucht kan komen en 1-1.5% voor de peren.

Het maattraject is vooral bij peren erg bepalend zoals eerder genoemd en weergegeven in figuur 12 kleinere peren veel meer verlies. Dit betekent overigens ook dat het pluktijdstip hierbij bepalend is voor de peren, dit vertoont altijd een evenredig verband met de maatsortering. Wat bij peren ook kan optreden in een ergere vorm zijn drukplekken door het vochtverlies. Vooral onderin de kist wordt dit probleem zichtbaar.



Figuur 12 Vochtverlies tijdens verschillende fasen in de bewaring bij Conference-peren



Figuur 13 Verband tussen vochtverlies en maatsortering bij Conference-peren

2.5.4 Schilvlekjes

Schilvlekjes zijn een specifiek Elstar probleem. Weliswaar worden er soortgelijke vlekjes gevonden op andere rassen, maar de verschijningsvormen zijn redelijk divers. Diverse proeven met aangetekende plekken op de schil tijdens de pluk, geven aan dat de echte schilvlekjes bij de pluk nauwelijks te zien zijn. Nogmaals, onze Elstar kent tal van schilafwijkingen, dus ongetwijfeld zijn op verschillende momenten diverse vlekjes te vinden. Het komt in de bewaring voor vanaf december en wordt bijna nooit gevonden in gewone gekoelde bewaring. Het zit meestal op de niet bloskant van de vrucht en meestal aan de steelkant.

Bij schilvlekjes is een directe relatie met CO_2 door FBR aangetoond. Hoger CO_2 levert meer schilvlekjes op. We ervaren wel dat de invloed van CO_2 per jaar kan verschillen. Binnen het DCS onderzoek hebben we juist een beperkt voordeel van een hoger CO_2 percentage gezien op het optreden van schilvlekjes. Opvallend is dat boven 4 % CO_2 de schade niet verder toeneemt. Overigens ontstaan dan andere CO_2 vlekken.

Ook hogere temperaturen betekenen vaak meer schilvlekjes. Verlagen van temperatuur onder de lage O_2 omstandigheden levert een voordeel op in de vorm van minder schilvlekjes, maar maakt de risico's op inwendige problemen weer groter. Het verlagen van CO_2 bij Elstar betekent meer

verlies van grondkleur. Toepassing van SmartFresh in combinatie met ULO kan bij gevoelige partijen de aantasting versterken.

Bij bewaarders is de tendens aanwezig om te kiezen voor een lager CO₂ percentage bij een bepaalde gevoeligheid voor schilvlekjes. Het zuurstofpercentage wordt langzamerhand steeds verder verlaagd. Onderzoek naar het effect van zeer laag zuurstof (DCS bewaring) geeft een flinke vermindering van de aantasting en is actueel een hele belangrijke reden waarom deze vorm van bewaring steeds meer toegepast wordt.

Ook is bewezen dat de aanwezigheid van ethyleen in de cel een bepaalde invloed heeft. Als er heel weinig ethyleen of bij kunstmatige verwijdering komen veel meer schilvlekjes voor.



Figuur 14 Schilvlekjes op Elstar en microscopische opname van schilvlekje

Een hypothese voor het schilvlekjes probleem is ook een combinatie van schilkwiteit en vocht. Bekend is dat partijen die dicht, nat en lichtarm opgroeien meer risico hebben. Natte seizoenen geven meer schade. Toch kan ook een 3-jarige Red Elstar in de schilvlekjes lopen. Vaak is deze partij dan extreem nat in de cel gezet of onder extreem vochtige omstandigheden bewaard. Licht in de boom is een belangrijke factor. Ongekleurde appels zijn veel gevoeliger voor schilvlekjes. Met de teelt (boomvorm) wordt hier nadrukkelijk rekening mee gehouden. Ook zijn er momenteel mutanten die minder schilvlekjes lijken te ontwikkelen. Echter dit zal ook met oudere opstanden bewezen moeten worden.

2.5.5 Rot en schimmels

Er zijn diverse schimmels op de vruchten die tijdens bewaring leiden tot rot. Dit zijn ook schimmels die via een verwonding in de vrucht komen zoals Botrytis, Penicilium en Fytophthora. Nectria, Gloeosporium en Monilia zijn latente infecties die bijvoorbeeld via bloei- en klokhuisinfectie de vrucht aantasten.

Er komen vooral bij peren ook een aantal nieuwe schimmels voren zoals Phacidiopycnis en Phialophora en Mucor. Dit zijn vooral bodemschimmels die binnenkomen via opspattende gronddeeltjes. Rot en schimmels zijn feitelijk geen bewaarafwijking, maar kunnen het

bewaarResultaat flink reduceren. Partijen met meer dan 20 % uitval door rot en schimmels komen af en toe voor. Dit zijn echter steeds partijen die bijzonder zwak (rijp, fysiologisch zwak etc) zijn. Oorzaken zijn tal van boomgaardfactoren en de kwaliteit van het afsputten. Vergeet echter zeker niet het belang van fysiologisch zwakkere partijen en uitgestelde pluk.

Andere reden is dat er minder residu op de vruchten gewenst is vanwege de richtlijnen van de retail waardoor het afsputten van het fruit verminderd, dit vergroot de kans op rot.

Door verminderde bespuitingen tegen schimmels kan ook makkelijk spatschurft optreden in de bewaring. Dit kan in sommige gevallen forse schade geven in de vorm van vlekjes op de schil.

Elstar en Golden zijn gevoelig maar ook Conference-peren kunnen dit krijgen.

Door de hoge vochtigheid in de koelcel om problemen met slappe vruchten te voorkomen, neemt de ontwikkeling van schimmelgroei sneller toe. Overdracht van schimmels van de ene partij op de andere komt weinig voor. Wel betekent een hoog percentage rot binnen een partij in één koelcel wel een grote aanvoer van vocht waardoor ook de vochtigheid sterk toeneemt.

Voorbeeld

Een loonkoeler maakte melding van enorme vochtverliezen. Productcontrole vanuit het luik levert geen verklaring op. Kwaliteit was prima, peren nog strak. Door de extreme hoeveelheden gemeten vocht wordt de installatie verder geoptimaliseerd. Helaas met minimaal resultaat.

Uiteindelijk wordt de cel uit nood geopend. Slechts een partij van 10 % van de cellading was door een rot % van meer dan 20 procent oorzaak van de hoge watermetingen.

Partijen met een hoog percentage rot leveren vaak een strakke partij na bewaring op. Door de hogere RV ontwikkelt het rot zich weliswaar flink in de gevoelige partijen, maar verliezen de gezonde vruchten ook duidelijk minder vocht.

Vooraf de temperatuur heeft een belangrijke remmende invloed op schimmelgroei. Zie de tabel hieronder.

Van een aantal schimmels is bekend dat deze onder verhoogd CO₂ % een duidelijk lagere ontwikkeling hebben. Bij rode bessen bewaring wordt met succes met een CO₂ van 20-25 % getracht de Botritus ontwikkeling langdurig stil te leggen.

Vaak worden in bepaalde partijen klokhuisschimmel geconstateerd wat eventueel kan resulteren in klokhuissrot of versnelde rijping. Het komt vooral voor in rassen die een verwantschap hebben met Red Delicious typen en ook de Boskoop. Dit kunnen allerlei schimmels zijn die via bloei infectie binnenkomen dan wel via een open klokhuis.



Figuur 15 Botrytis Conference en Elstar



Figuur 16 Phialophora op Conference-peren



Figuur 17 Gloeosporium Conference

2.5.6 Glazigheid

Glazigheid is geen bewaarafwijking, maar wel een afwijking waar we in bewaring terdege rekening mee moeten houden. Dit probleem speelt vooral in seizoenen met hoge temperaturen vlak voor en tijdens de pluk. Meestal is het probleem bij de late zomerrassen, maar ook Gloster en Gala staan bekend om dit fenomeen, bij de nieuwe rassen Kanzi en Rubens komt glazigheid ook voor. . Franse Fuij en Breaburn die bij loonkoelers nog wel eens in Nederlandse cellen komen te staan, hebben bijna altijd een flink percentage glazigheid.

Ervaringen leren dat als bij een doorsnede van de vrucht, minder dan 20 % van het oppervlak aangetast is, er geen gevolgen in bewaring ontstaan. Op een andere manier bekeken: als er globaal een ring om het klokhuis wordt gevormd door de glazigheid is er tijdens bewaring grote kans bruinverkleuring in het klokhuis. Door de glazige ring om het klokhuis wordt de doorlaatbaarheid van CO₂ en O₂ verminderd waardoor in de appel een anaerobe situatie ontstaat en de vrucht naar alcohol gaat smaken. Bij grotere aantasting bestaat een risico op beschadiging van vruchtweefsel, versterkt door CO₂. Glazige partijen kunnen door het traag inkoelen (meer vochtverlies) en een lager CO₂ % (dan geadviseerd) meestal prima bewaard worden. Ook geforceerd vochtverlies in de bewaar maanden kan het wegtrekken van glazigheid stimuleren.

Glazigheid wordt veroorzaakt doordat het assimilaat Sorbitol welke vanuit het blad niet tijdig omgezet kan worden in opslagsuikers. Het enzym wat moet zorgen woorden omzetting ontbreekt, de suikers trekken veel water aan en wat terecht komt in de intercellulaire ruimten, waardoor het glazige beeld ontstaat. Het komt ook wel voor bij warme groeiomstandigheden in combinatie met een lage dracht. Bij peren komt glazigheid vrijwel nooit voor, het kan alleen optreden als peren in de cel bevroren.



Figuur 17 Glazigheid bij appel

2.5.7 *Vruchtvliesbruin (VVB)*

Vruchtvliesbruin is een verzamelnaam voor alle bruinverkleuringen die we tegenkomen in het vruchtvlies. Het is beter een onderscheid te maken tussen de verschillende vormen van bruinverkleuring.

- Klokhuisbruin
- Laag temperatuurbederf
- Ouderdomsbederf en buikziek
- Inwendige O₂ en CO₂ schade

2.5.8 *Klokhuisbruin (KHB)*

KHB staat voor een bruinverkleuring van het klokhuis. Vooral Boskoop, Cox's O.P. en Kanzi staan bekend om de stervormige verkleuring rondom de carpellen van het klokhuis. Vooral natte en zonarme groeiseizoenen staan bekend om meer problemen. Door het kiezen van een lager CO₂ percentage is het probleem te verminderen. Van zowel te vroege als te late pluk is bekend dat het problemen oplevert. "Op tijd" plukken dus. Voor O₂ % is wel een duidelijke richting te vinden, bij Boskoop is vastgesteld dat in ULO omstandigheden (1% O₂) de beste bestrijding geeft van klokhuisbruin.



Figuur 18 Klokhuisbruin Santana

2.5.9 *Laag temperatuurbederf (LTB)*

Kenmerkend voor LTB is een gezond vruchtwefsel (sappig en stevig), maar een bruinverkleuring van het vruchtvlies tussen 0.5 tot 1 cm van de schil. Maar er zijn ook vormen bekend waarbij in de zone van 0.5 cm onder de schil een wat korrelige bruine structuur ontstaat.

Dit komt wel eens voor bij Jonagold en is ook een verschijnsel wat bij de Kanzi optreedt. De mate van bruinverkleuring is sterk wisselend van ras tot ras en komt ook in vele variaties voor. Maar belangrijke gevoelige rassen zijn Santana, Cox's, Elstar, Boskoop maar ook bij de Kanzi. Maar bijna alle appelrassen kennen wel verschijningsvormen van LTB. Oorzaak ligt tussen een partij gevoeligheid (mineralen en klimaat) en te lage temperaturen. We treffen partijen aan die ondanks toepassing van de geldende bewaarcondities, problemen krijgen met LTB. Koudere groeiseizoenen (lage temperaturen in de celdelingperiode) staan borg voor meer problemen. We weten dat door het verlagen van het zuurstofpercentage (ULO condities) en verhogen van het CO₂ de problemen groter worden. Ook het vochtverlies heeft een grote invloed. Meestal is de oplossing om onder de ULO omstandigheden (bij gevoelige partijen), de temperatuur te verhogen. Dit levert 2 voordelen op. De vruchttemperatuur komt verder van LTB grens te liggen en door de hogere bewaar temperatuur treedt meer vochtverlies op. Constateert u in een vroeg stadium een bruinverkleuring van het vruchtvlees, haal de cel dan van de ULO condities en ventileer maximaal met een iets hogere temperatuur. Doel is de ophoping van afvalstoffen door de hogere vruchtactiviteit en de grotere vochtonttrekking te verminderen. Voorwaarde voor deze actie is dat de partij nog een reserve heeft. In sommige gevallen is de kwaliteit dusdanig slecht dat de hersteltijd voor het wegtrekken van de bruinverkleuring te lang duurt. De uitwendige kwaliteit vervalt dan in vormen van ouderdomsbederf.



Figuur 19 Laag temperatuurbederf

2.5.10 Ouderdomsbederf (OB) en buikzieke

Ouderdomsbederf is de belangrijkste bewaarafwijking en ook een vorm van vruchtvleesbruin. Door een te lange bewaring van ongeschikte partijen loopt de eetkwaliteit zowel direct uit de cel als na uitstal snel terug. Het vruchtweefsel wordt melig en zacht. Vaak concentreert de zwakke

structuur zich aan de rode kant van de vrucht. Bij een extreme aantasting kleurt het weefsel bruin. Vooral bij Cox's is het barsten ("bol") van de vruchtschil een bekend fenomeen.

Onderscheidt tussen LTB en OB is in een latere fase van de bewaring bijzonder moeilijk. Blijft een vroege aantasting van LTB te lang onopgemerkt, dan levert dit vanzelf OB verschijnselen op. Het verscherpen van de bewaarcondities om het optreden van OB te voorkomen is een dilemma. Immers hierdoor is er kans groot dat LTB problemen optreden.

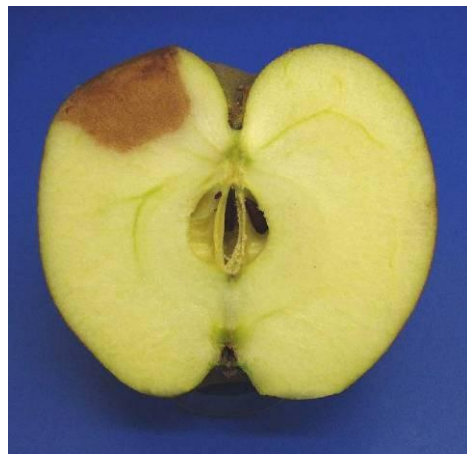
Bij peren verschijnt ouderdomsbederf in de vorm van buikziek. De peren worden zacht, en krijgen een kenmerkende bruine verkleuring van de vaatbundels naar de steel. De oorzaak ligt vaak bij een te hoge bewaartemperatuur of bij een te late pluk. In een latere fase van buikziek wordt het weefsel rondom het klokhuis zacht.



Figuur 20 Inwendig ouderdomsbederf

2.5.11 O_2 en CO_2 schade

Helaas komt jaarlijks nog steeds (of steeds meer) schade voor als gevolg van een verkeerde O_2 of CO_2 condities. Soms echter zonder dat van de geadviseerde waarde is afgeweken. Een partij gevoeligheid is hier dan als enige oorzaak aan te wijzen. Maar ook omdat bewaarders op eigen houtje de condities gaan verlagen om op deze manier DCS te creëren zonder afdoende controle. De verschijnselen van O_2 en CO_2 schade komen in verschillende vormen voor, zowel inwendig als uitwendig.



Figuur 21 Lage zuurstofschade

De inwendige verschijnselen zijn vaak een min of meer scherp afgetekende bruinverkleuring van dieper gelegen CO_2 schade die maanden eerder is ontstaan, wordt gekenmerkt door het opdrogen van het vruchtvlees waardoor holten ontstaan.

Het onderscheiden van zichtbare O_2 of CO_2 schade is moeilijk. Vooral omdat het meestal de combinatie van deze twee betreft (in het ergste geval speelt ook de temperatuur nog een rol). Zuurstofschade is als 'verse schade' wel vrij duidelijk te proeven. Los van eventuele bruinverkleuring is dan een smaakafwijking (alcohol) te constateren. Let wel, bij zure appels of koude vruchten is alcohol moeilijk te proeven. Voor een duidelijke bepaling dient u een laboratorium te benaderen.



Figuur 22 CO_2 schade inwendig Elstar

2.5.12 *Hol en bruin Conference*

Bij Conference is de verschijningsvorm van CO₂ schade vergelijkbaar met bovenstaande beschrijving. In eerste instantie een bruinverkleuring van het vruchtvlees wat in eerste instantie wat glazig is. De bruine plek kan zich uitbreiden naar een groot gedeelte van het inwendige van de peer maar nooit verder dan ongeveer 1 cm van de schil. Het kan zijn dat de peer alleen bruin blijft van binnen maar bijna altijd treedt ook holtevorming op. Overigens kan het ook zijn dat er alleen maar holle plekjes gevonden worden of zaad carpellen die enigszins bruin zijn. Er zijn dus heel veel stadia die we kunnen tegenkomen wat betreft deze afwijkingen.

De afwijking heeft 2 duidelijke fasen. Het probleem van hol en bruin kan optreden na ongeveer 6 weken nadat de ULO condities zijn gerealiseerd in de bewaring maar kan ook nog optreden na 6 tot 7 maanden. Vaak heeft dit ook weer te maken met een tekort aan vochtverlies.

Hol en bruin worden net zoals veel van de andere afwijkingen door tal van oorzaken beïnvloedt. Duidelijk is dat de rijpheid van de vrucht een grote rol speelt. Alles dat met minder dan 5.5 kg hardheid (kleine plunjer) wordt geplukt is potentieel gevaarlijk. Los hiervan of gecombineerd is het pluktijdstip van de peren een zeer belangrijke invloedsfactor. Bij latere plukken, neemt de gevoeligheid sterk toe. Bij de regionale pluktijdstip advisering wordt meestal een einddatum aangehouden. Na deze datum mogen eigenlijk geen peren meer in de ULO geplaatst worden.

Verder weten we dat het te vroeg realiseren van de ULO condities afgestraft wordt. Peren moeten minimaal 3 weken alleen mechanisch gekoeld worden. Pas hierna kan eventueel versneld of in langzamer tempo de gewenste ULO condities worden toegepast. De laatste jaren wordt de wachtperiode voor CA bij rijper geplukte peren opgerekt naar 4 weken met een langzamer dalingstempo van het zuurstof.

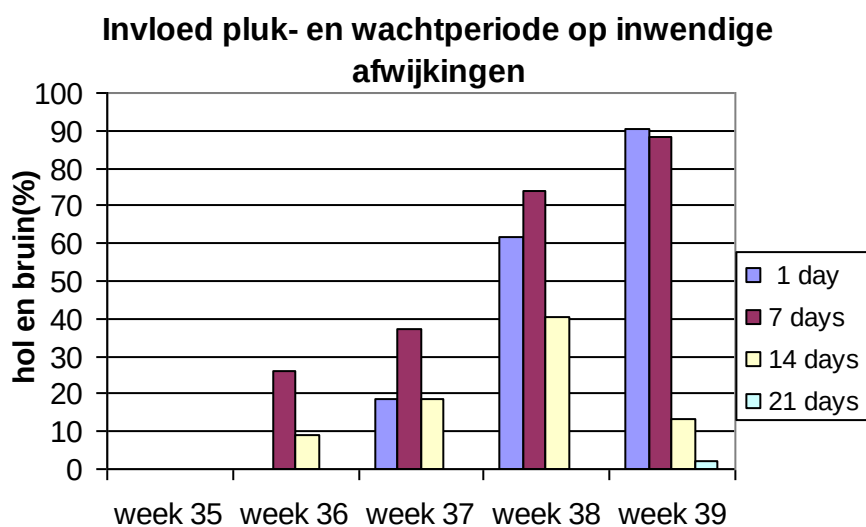
In figuur 17 is het verband uitgezet tussen de wachtperiode en het pluktijdstip en het optreden van hol en bruin. Bij latere pluk en kortere wachtperiode neemt de gevoeligheid voor hol en bruin toe.

Naast bovenstaande oorzaken spelen ook de verhoudingen in O₂ en CO₂ een rol. Ervaringen leren dat Conference bij laag zuurstofpercentage bewaard kan worden, mits het CO₂ extreem laag is. Omdat dit lage CO₂ niet altijd te realiseren is, kiezen veel bewaarders voor een hoger O₂ percentage. Hiervoor is ook een vuistregel beschikbaar, bij elke één tiende verhoging van het CO₂ gehalte dient het zuurstofgehalte met drietiende verhoogd te worden. Dit wordt wel toegepast bij kleinere bewaarders waar de scrubbercapaciteit onvoldoende is.

Het probleem kan zich ook openbaren in Doyenné du Comice, echter dit ras is minder gevoelig. Bij dit ras zien we meestal een bruinere stip boven het klokhuis.



Figuur 23 Hol en bruin Conference



Figuur 24 Invloed van pluk- en wachtperiode op de ontwikkeling van hol en bruin bij Conference-peren

Een probleem met CO₂ die vooral bij Elstar voorkomt (met uitzondering ook bij Golden) is de zogenaamde uitwendige CO₂ beschadiging (ook wel appelmoesvlek genoemd). De verschijningsvorm wordt getypeerd door één of meerdere grillige bruine vlekken op de schil (doorsnede van gulden). De schil is tussen de lenticellen in duidelijk verzonken en licht bruin verkleurd. De geconstateerde schade loopt niet verder in de bewaring of uitstalperiode. Direct onder de schil is het weefsel minimaal verkleurd, maar nog steeds stevig. De schade komt vooral voor op (bleke) vruchten meer van binnen uit de boom. Bij appels die enigermate van zonnebrand geleden hebben is er ook meer kans op schade. Elstar lijkt het gevoeligst te zijn maar bij Jonagold komt het ook duidelijk voor. Ook Golden Delicious is heel gevoelig, vooral de

minder rijpe appels. Er zijn partijen bekend die heel gevoelig zijn, hierbij wordt een geleidelijk stijging van het CO₂ gehalte aangehouden

De schade ontstaat in de eerste weken van de bewaring. Ervaringen leren dat de vruchten blijkbaar een grote gevoeligheid voor CO₂ hebben. Kijk dus uit met CO₂ in de eerste dagen van de inslag. Er zijn aanwijzingen dat vocht het probleem kan vergroten. Soms ontstaat de schade al na enkele dagen ongecontroleerd CO₂ beheer. Vergeet niet dat in een ULO cel (die een weekend ongecontroleerd dicht blijft, soms 5 % CO₂ kan ontstaan. Ook direct na het verlagen van het zuurstofpercentage met behulp van stikstof (N₂) is de gevoeligheid voor CO₂ bij Elstar groot. Laatst ingezette partijen geven de meeste schade, de eerder ingezette partijen de minste. Het is raadzaam om dus ook bij een snelle zuurstofdaling het CO₂ % goed te beheren. Als appels nog in “warme”conditie als laatste in de ULO gezet worden is de kans ook heel groot op de schade.



Figuur 25 Uitwendig CO₂ schade Elstar (appelmoesvlekken)

2.5.14 *Stip/Boomstip*

Stip of kurkstip is een 100 % fysiologisch afwijking. Waarschijnlijk is stip naast het optreden van scald de meest onderzochte bewaarafwijking wereldwijd. We weten er dus blijkbaar behoorlijk wat van.. Het vroegtijdig signaleren van het probleem begint met analyse van de mineralen. Vooral de K (+Mg)/Ca verhouding geeft een classificatie voor de kans op stip (en zacht). Zonder analyse weten we bijzonder weinig. Een duidelijke trend is dat het optreden van stip de laatste 10 jaar tot een minimum beperkt is gebleven. De aandacht voor pluktijdstip (bij vroege pluk meer aantasting) en de toepassing van geoptimaliseerde ULO condities hebben het probleem

aanzienlijk verkleind. Toch komen jaarlijks bepaalde partijen (grof, half behang etc.) nog in aanmerking.

Voor alle duidelijkheid is boomstip qua verschijningsvorm weliswaar op één lijn te zetten met kurkstip, maar het is wel degelijk iets anders. Boomstip ontstaan vooral door onbalans in de vochtvoorziening in de laatste weken voor de pluk. Vooral zandgronden hebben bijna elk jaar wel een uitvalpercentage met boomstip. Opvallend is dat deze partijen niet per definitie ook bewaarstip ontwikkelen. Het is voor alle duidelijkheid ook niet uitgesloten. Het feit dat de vrucht aan de boom al fysiologische problemen krijgt geeft aan dat het niet een geweldig sterke vrucht is. De stip komt in en op de appel in vele variaties voor, zoals gezegd hebben we te maken met boomstip, maar gevaarlijker is de bewaarstip die zich in- en op de vrucht kan ontwikkelen. Ook is er een vorm die we schilstip noemen een groter gedeelte van de schil aantasten. Soms is dit ook geconcentreerd rondom de lenticellen. Dit kan al gebeuren vrij snel na de pluk in de bewaring zoals wel eens bij de Kanzi geconstateerd. Er zijn grote verschillen tussen de rassen, Cox's en Boskoop zijn zeer gevoelig, Elstar is nauwelijks gevoelig, Jonagold enigermate.



Figuur 26 Kurkstip

2.5.15 *Zacht*

Zacht wordt in één adem genoemd met stip. Ook onderzoek in het verleden richtte zich op de combinatie van stip en zacht. Tegenwoordig wordt het zacht veel eerder als een vorm van ouderdomsbederf beschreven.

2.5.16 *Lenticelspot*

De spot (vlekjes) die optreden bij deze afwijking concentreren zich heel vaak rond de lenticellen. Door veroudering van de vrucht (en misschien beschadiging van de lenticellen door bijvoorbeeld Calciumbespuitingen) worden de lenticellen aangetast. Deze verkleuren zwart. Kenmerken voor dit verschijnsel is dat de kwaliteit van de partij vaak zwak is. Oplossingen met bewaarcondities zijn minder goed te geven. Ook in deze situatie blijkt de Kanzi gevoelig. Gerichte bespuitingen

met calcium kunnen het probleem voorkomen. Ook Golden Delicious is heel gevoelig, vooral de minder rijpe appels. De andere rassen hebben weinig problemen Elstar is enigermate gevoelig.



Figuur 26 Lenticelspot

2.5.17 Overige

Natuurlijk zullen er steeds afwijkingen voorkomen die door een combinatie van techniek en product ontstaan. Helaas zijn de mogelijkheden voor uitgebreid onderzoek voor specifieke bewaarafwijkingen minimaal.

Bekend of minder bekend is de schade door koelmiddelen of olie. Het bekendst is misschien nog wel ammoniakschade. Dit is herkenbaar door lenticel beschadiging (zwarte of groene randjes). In het middel van de lenticellen is een wit puntje zichtbaar. Het beeld is sterk verschillend binnen de cel en binnen de kist.

3 Techniek

3.1 Koelinstallatie

3.1.1 Warmtebronnen

Doel van het koelen is het onttrekken van warmte aan de ruimte. Bij de bewaring van vers product is het belangrijk een snelle gelijkmatige warmteafvoer tijdens de inslagperiode te realiseren. Na het inkoelen is een gelijkmatige temperatuur gedurende de rest van het bewaarperiode belangrijk. Met gelijkmatig wordt hier bedoeld dat in de tijd en op plaatsen binnen de cel de temperatuur zoveel mogelijk constant dient te zijn.

De warmte in een koelcel is van een aantal bronnen afkomstig:

Veldwarmte

Het meest bepalend voor de inkoelcapaciteit is de veldwarmte. Dit is het verschil in warmteinhoud van het product (en verpakking) bij de inbrengtemperatuur en bij de uiteindelijke bewaar temperatuur. Uitgangspunt voor warmteinhoud is een getal van ongeveer 4.0 kJ per kg product per graad verschil (K). Naast het verschil in temperatuur tussen het moment van inslag en de uiteindelijke bewaar temperatuur is dus ook het gewicht belangrijk. Koelinstallaties worden ingericht op een inslag van een gekozen aantal ton per dag van een bepaalde temperatuur. Globaal kan moet per 10 ton inslaghoeveelheid een 10-12 kW koelvermogen beschikbaar zijn. Is een zekere koelcapaciteit geïnstalleerd, dan is bij een hogere inslagtemperatuur (en dus een grotere afkoeling oftewel meer warmte) alleen de inslaghoeveelheid aan te passen. Zorg echter dat al het product in een gekoelde ruimte terecht komt. Laat nooit product buiten staan met de gedachte dat de warmte er in de nacht wel uittrekt. Bijvoorbeeld bij peren kan dit totaal verkeerd uitpakken omdat er dan hol en bruin kan optreden tijdens de bewaring

Ademhalingswarmte

De ademhalingswarmte hangt sterk samen met de producttemperatuur en de bewaarcondities. Met een snelle afkoeling is de ademhalingswarmte een ondergeschikte warmtebron. Uiteraard is het niveau van deze warmtebron tijdens de inslag door gemiddeld hogere temperatuur iets hoger. Tijdens de bewaarperiode, zeker onder optimale ULO omstandigheden, is de warmteproductie door ademhaling vaak beperkt.

Warmte door instraling

Tijdens het bewaren in de warmere voorjaar- en zomermaanden, speelt de instraling door de isolatie een grote rol als warmtebron. Door een uitgebalanceerde isolatie is de instraling te beperken. Tijdens strenge vorst kan de instraling ook negatief zijn. Dit merken we vooral in cellen die hoger in temperatuur staan (Boskoop). Door de negatieve instraling vallen de koeluren terug naar nihil. Als de regelvoeler in zo'n situatie tegen de koude isolatie hangt, lijkt de

temperatuur in de cel zonder koelen toch gehandhaafd te worden, terwijl het product (door de ademhalingswarmte) langzaam oploopt. Door een goede verdeling van de ingestraalde kou, is het oplopen van de producttemperatuur te voorkomen.

De instralingwarmte is sterk te beïnvloeden door twee zaken. Een van de belangrijkste lijkt de isolatiewaarde. Deze waarde wordt uitgedrukt in het aantal Watt dat per m² oppervlakte per graad verschil (K) tussen binnen en buiten instraalt. Naast instraling blijkt ook het verschil in binnen en buitentemperatuur erg belangrijk. In de nok van de meeste loodsen kan door warmteophoping een temperatuur ontstaan aan de buitenzijde van de cel van meer dan 35 °C. De warmteophoping wordt beïnvloed door de kleur van het dak. Door met ventilatie deze warmte af te voeren kan de instralingwarmte vaak nog beter verkleind worden dan met het kiezen voor dikkere isolatie.

Ontdooiwarmte

Los van de methode van ontdooiing, brengt ontdooiing altijd warmte in de cel. De totale warmte-inbreng door ontdooien komt overeen met het aantal keer ontdooien x tijd x vermogen. Door het ontdooivermogen optimaal toe te passen is de ontdooitijd te optimaliseren. Vooral in de instelling van de ontdooibeëindigingstemperatuur is voordeel te halen. Waarom immers het verdamperblok verder opwarmen als deze al volledig vrij van ijs is? Ook is het aantal keer ontdooien is wel eens onnodig hoog. Elke keer dat de ontdooiklok een actie aangeeft moet het volledige verdamperblok weer worden opgewarmd. Helaas zijn voor de optimale instellingen weinig tot geen richtlijnen te geven. Het belangrijkste is dat met een visuele beoordeling van het verdamperblok en o.a. met het interpreteren van de koeluren een redelijke optimalisatie te maken is. Tijdens het inkoelen, vooral onder natte omstandigheden, moet rekening gehouden worden met extra ontdooiacties. Naast de warmte die door het ontdooien in de cel wordt gebracht betekent het ontdooien dat er op dat moment niet gekoeld kan worden. Voor deze 'niet koeltijd' moet met een berekende benodigde koelcapaciteit gecompenseerd worden.

Ventilatiwarmte

Door de tijd dat deuren geopend zijn en eventuele luchtinlaat die dat met zich meebrengt moet steeds een zeker aantal m³ lucht afgekoeld worden. Het betreft hier dus de warmte als gevolg van luchtwisselingen. Deze luchtwisselingen spelen vooral in de periode van inslag en in cellen die regelmatig open en dicht gaan. In werkcellen speelt ligt de ventilatiwarmte al snel boven de 20 % van totale warmtelast. In dichte ULO-cellen is het aantal luchtwisselingen minimaal, maar vergeet zeker niet de warmte inbreng door de actieve koolscrubber.

Ventilatorwarmte

De warmte-inbreng door de ventilatoren van de verdamper wordt nog wel eens onderschat. Vanwege het gewenste minimale temperatuursverschil binnen de cel draaien de ventilatoren meestal continu. Hierdoor is het belangrijk de m³-prestatie per opgenomen, of beter nog het afgegeven, vermogen te beoordelen. Helaas zijn beschikbare gegevens over de warmteproductie van de ventilatoren moeizaam verkrijgbaar en staan eigen metingen door de altijd weer specifieke

omgevingsomstandigheden stevast ter discussie bij de producenten van ventilatoren. Bij veel installaties is het mogelijk later in het seizoen door het afschakelen van ventilatoren toch een goede temperatuurverdeling te handhaven en te voldoen aan de eisen ten aanzien van de vochtonttrekking. Zelfs tijdens het inkoelen kan in sommige gevallen al begonnen worden met het uitschakelen van ventilatoren. Met uitschakelen wordt dan bedoeld dat de totale ventilatietijd verminderd wordt door een puls/pauzeregeling of door een nadraaitijd in te stellen. Naast het effect op de energierekening is levert in een aantal gevallen de verminderde warmte inbreng zelfs een voordeel op in de vochtonttrekking.

Overigen

Tijdens inslag spelen nog tal van kleinere warmtebronnen een rol. Denk hierbij aan verlichtingswarmte, warmte tijdens de inslag door heftruck of personen. Hiernaast speelt ook de warmteproductie van scrubkalk en eventueel de injectie van stikstof.

3.1.2 Basis van koeltechniek

Om te weten wat in een koelinstallatie nu feitelijk gebeurt, is wat basiskennis nodig. Faseveranderingen (van vloeistof naar damp en van damp naar vloeistof) staan hierbij centraal. Als we water als koelmiddel zouden gebruiken, dan zien wij het volgende bij het doorlopen van verschillende fases.

Faseverandering

Vanuit vaste fase (ijs) wordt door warmtetoevoer uiteindelijk de vloeibare fase bereikt. Zo lang als er een combinatie van water en ijs is, blijft de temperatuur 0 °C. Om deze reden kunnen we smeltend ijs gebruiken bij het ijken van temperatuurvoelers (constante zekere temperatuur) en andersom bevriezend water bij de nachtvorstbestrijding. Dit geldt echter alleen onder onze atmosferische druk.

Eenmaal volledig vloeibaar, gaat het water bij 100 °C over in de gasfase. Zo lang als er vloeistof en gas (damp) aanwezigheid is, blijft de temperatuur ondanks de toevoer van warmte 100 °C. Pas als alle vloeistof is verdampt, treedt door toevoer van warmte een oververhitting op.

Druk

In een afgesloten ruimte zal de druk door verdamping (warmte toevoer) van vloeibaar water oplopen totdat de verzadigde dampdruk is bereikt. Op dit moment stopt de verdamping. Stel hierbij een gesloten jerrycan benzine voor. Door de druk iets lager te houden (kleine opening in de jerrycan), blijft er vloeistof verdampen, mits er uiteraard vloeistof beschikbaar is. Bij een koelinstallatie doen we feitelijk hetzelfde.

Vloeibaar koudemiddel wordt via een expansieventiel (scheiding hoge en lage druk) in een verdamper gebracht. Binnen de verdamper kan al het koudemiddel verdampen door de warmteaanvoer vanuit de koelcel. Voorwaarde is dat de specifieke druk waarbij het koudemiddel verdampt in stand wordt gehouden. Dit wordt gerealiseerd door een compressor die de damp

afvoert. De rest van het principe van het koelsysteem wordt bij de onderdelen van de koelinstallatie besproken.

3.1.3 Onderdelen van de koelinstallatie

3.1.3.1 Verdamper

De verdamper is voor de fruitbewaring zondermeer het belangrijkste onderdeel van de koelinstallatie. Deze moet immers door het verdampende (en dus warmte aantrekkende) koudemiddel, de ruimte koelen. Door warmtetoevoer uit de cel gaat het koudemiddel in de verdamper koken (verdampen). Dit gebeurt doordat de compressor de druk in de verdamper onder de verzadigde dampdruk houdt.

De warmte in de cel wordt door de ventilatoren achter of voor de verdamper over een lamellenpakket geblazen of gezogen. Via de lamellen komt de warmte bij de buizen en vindt de opwarming van het koudemiddel plaats. Het koudemiddel stroomt dus door de buizen heen. Aan het begin van de koperen leiding is praktisch al het koudemiddel vloeibaar. Gaande weg dat het vloeibare koudemiddel in de verdamper door de cellucht wordt opgewarmd, verdampt een groter deel. Aan het einde van de verdamper moet alle freon (= koudemiddel) verdampt zijn. De hoeveelheid freon die in de verdamper wordt ingespoten wordt geregeld door het expansieventiel.

Verdamper kan ook warmte wisselaar zijn denk aan glycol koeling

3.1.3.2 Expansieventiel

Het expansieventiel regelt voor een groot deel de benutting van het verdamperoppervlak. Het dient als scheiding tussen het hoge druk gedeelte (vloeibaar koudemiddel) en het lage druk (vloeibare/gasvormige koudemiddel) gedeelte van de installatie. Er zijn tal van verschillende expansieventielen beschikbaar. Belangrijk is te weten dat expansieventielen een bepaalde minimale drukval nodig hebben om voldoende en stabiel te kunnen regelen.

Uit oogpunt van energieverbruik lijkt het interessant om het verschil tussen de hoge druk en de lage druk zijde van de installatie zo klein mogelijk te maken. Dit drukverschil moet immers door de compressor steeds gehandhaafd worden. Hoe groter het drukverschil des te meer arbeid de compressor moet verrichten.

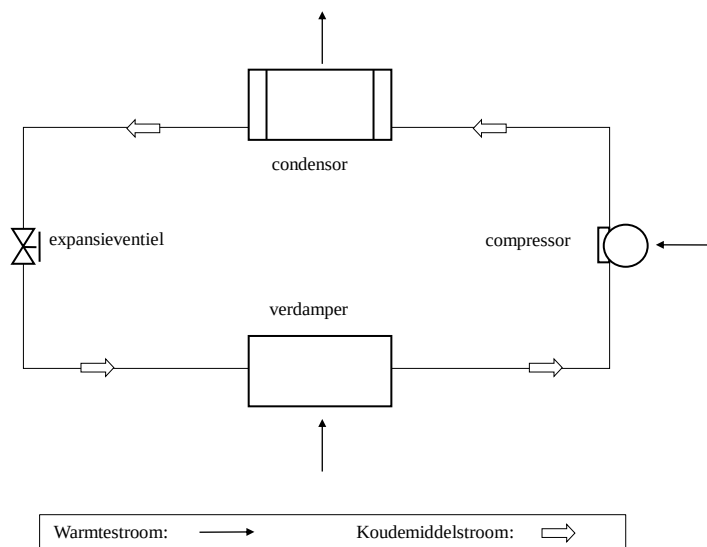
Door een te kleine terugval in druk over het ventiel, bijvoorbeeld door een te lage druk voor het expansieventiel, functioneert het minder, wordt de koudemiddelverdeling minder en loopt uiteindelijk de benutting van het verdamperoppervlak terug. Hierdoor neemt de koeltijd toe en worden de omstandigheden waaronder gekoeld wordt minder gunstig. Uiteindelijk wordt zo juist meer energie verbruikt en erger nog de toename in koeluren onder ongunstige omstandigheden betekent een groter vochtverlies van het product.

Nieuwe installaties worden veelal uitgerust met elektronische expansieventielen die ten opzichte van gangbare thermostatische expansieventielen nauwkeuriger zijn. De oververhitting is over het hele regelgebied constant en een lagere condensordruk is mogelijk.

3.1.3.3 Compressor en condensor

Zoals het expansieventiel de scheiding is tussen de hoge druk vloeistofzijde en de lage druk vloeistof/dampzijde, zo is de compressor de scheiding tussen de lage druk dampzijde en de hoge druk dampzijde. Door het samendrukken van het aangezogen koudemiddel wordt de druk verhoogd. Doel hiervan is om de gewenste condensatiedruk te bereiken. Door gasvormig koudemiddel onder hoge druk af te laten koelen met meestal koude buitenlucht, condenseert de freon. Ook met luchttemperaturen van 25 graden kan nog voldoende condensatie optreden om dat de condensatietemperatuur bij de meeste koudemiddelen bij een gekozen druk op ongeveer 40 graden ligt. De meeste condensors worden geregeld op een condensatietemperatuur en bijbehorende druk van ongeveer 40 graden (15 K verschil met de buitenlucht). Vanuit de condensor loopt de vloeibare freon (nog steeds onder hoge druk) naar het vloeistofverzamelvat van waaruit het expansieventiel wordt bediend.

Hiermee is de koelkringloop voltooid.



Figuur 1: Schematische weergave van de koelkringloop van een koelinstallatie.

3.1.3.4 Meet en regeltechniek

Zowel de koeltechnische installatie als de celbediening is voorzien van tal van meet-, regel- en beveiligingsapparatuur. Alles wat met de daadwerkelijke werking van de koelinstallatie te maken heeft, wordt door de koelinstallateur ingesteld en bediend. De celinstellingen zijn steeds meer voor rekening van bewaarder (of in goed overleg ook voor de installateur). Tot de bediening van de installatie (dus bedoeld voor de installateur) hoort o.a.:

- Capaciteitsschakeling van de compressoren
Wanneer wordt welke compressor(stap) bij- of afgeschakeld. De regeling is meestal opgenomen in een specifieke PLC of stappenregelaar. In de regeling is vaak opgenomen dat niet steeds dezelfde compressor als eerste start. Steeds meer wordt de compressor die in de bewaarperiode de cellen van capaciteit voorziet uitgevoerd met een toerenregeling. Zo is de capaciteit van de compressor traploos regelbaar en kan er prima gereageerd worden op buitenomstandigheden of veranderende druk of belasting die invloed hebben op de capaciteit van de compressor.
- Capaciteitregeling condensorventilatoren
Op basis van een drukmeting wordt één of juist meerdere condensorventilatoren (liefs in toeren) bij- of afgeschakeld. Op deze manier wordt een stabiele condensordruk gerealiseerd. Door een stabiele condensordruk of persdruk (druk/temperatuur waarbij het koelmiddel condenseert) is ook de vloeistofdruk voor het expansieventiel stabiel waardoor deze beter functioneert.
- Thermische beveiligingen
- Drukbeveiliging
De installatie is zowel op hoge als op lage druk beveiligd. Bij te hoge drukken bestaat kans op schade aan de compressor. Bij een te lage druk (onder de atmosferische druk) bestaat het risico dat via kleine lekkages buitenlucht (met vocht) in de installatie terecht komt. Het vocht is desastreus voor de werking van de installatie. Bij de meeste installaties is ook de oliedruk beveiligd. Deze pressostaat voorkomt dat de compressor bij te lage oliedruk draait.

De instellingen die de bewaarder bij de koelinstallatie doet, zijn zeer afhankelijk van merk en type van de regelapparatuur. Hieronder volgt een opsomming van de minimaal in te stellen zaken:

- Inkoel- of bewaarstand
De meeste installaties kennen een zogenaamde inkoel- en bewaarstand. Tijdens inkoelen wordt (ingesteld door installateur) vaak eerder en sneller compressorcapaciteit bij geschakeld. Ook ligt de gewenste zuigdruk of verdamperdruk (druk/temperatuur waarbij het koelmiddel verdampt) vaak iets lager om de verdamper hiermee kouder te maken en hierdoor meer verdampercapaciteit te krijgen. Bij een aantal regelaars is de inkoelstand ook gekoppeld aan de hoeveelheid luchtcirculatie.
- Circulatie
De hoeveelheid luchtbeweging is vaak op tal van manieren in te stellen.
- Ontdooiing

Naast de keuze voor de methode van ontdooien (lucht, elektrisch, heetgas of anders) is ook het aantal keer ontdooien per dag in te stellen. Bij een aantal regelaars is hierbij de ontdooiing gekoppeld aan de gemaakte koeluren. Per uur koelen kan dan voor een ontdooiing gekozen worden.

Soms is ook de maximale ontdooitijd of de beëindigingtemperatuur nog door de bewaarder in te stellen. In een aantal gevallen moet u hiervoor de schakelkast in.

- **Temperatuur**

Uiteraard moet u als bewaarder de temperatuur in kunnen stellen. Voor fruit zeker op 0.1 graad nauwkeurig. Naast de absolute instelwaarde, is vaak ook een ijk instelling aanwezig om grotere afwijkingen van voelers te kunnen corrigeren. Dit bijstellen kan meestal beter aan de installateur overgelaten worden. Het controleren op juistheid is echter wel een taak voor de bewaarder. Schrijf de afwijking op en confronteer de installateur hiermee. De procedure van ijken wordt later in de cursus besproken.

- **Differentie**

Naast de instelling van de temperatuur is ook de instelling van de differentie belangrijk. Differentie is het verschil in temperatuur tussen starten en stoppen van de installatie. Een norm voor de differentie is niet goed te geven. Tegenwoordig wordt veel vaker naar het resultaat van de differentie gekeken in de vorm van het aantal koelacties per etmaal. De variatie in temperatuur vinden we minder belangrijk omdat dit alleen de variatie op de plaats van de voeler weergeeft.

3.1.3.5 Overige onderdelen van een koelinstallatie

Een volledige toelichting bij de koelinstallatie is zinloos. Immers elke installatie heeft zijn eigen kenmerken en onderdelen. Getracht wordt een lijst met onderdelen te bespreken die bij het gebruik en beoordeling van de installatie van toepassing zijn.

- **Carterverwarming**

De carterverwarming verwarmt het carter van de compressor om hiermee te voorkomen dat de freon in de olie indampst. Freon heeft de neiging om naar de koudste plaats van de installatie te bewegen. Bij ingedampste freon ontstaat bij het opstarten van de compressor een schuimvorming die geen goede smerwerking meer heeft. De carterverwarming wordt meestal via de hoofdschakelaar geschakeld. Dus als deze uitgezet wordt, moet bij het weer aanzetten van de installatie een wachttijd aangehouden worden om de carters eerst op te warmen.

- **Kijkglas**

Om de aanwezigheid van voldoende vloeibare freon te kunnen beoordelen is de koelinstallatie voorzien van kijkglazen. Meestal is deze in ieder geval in de vloeistofleiding na de droger geplaatst, dicht bij de compressorunit. In het glas mogen geen bellen te zien zijn nadat de installatie is opgestart. Gasbellen betekenen vaak een tekort aan koudemiddel. Om te beoordelen of de installatie daadwerkelijk voldoende koudemiddel heeft, is het belangrijk dat bij belasting van alle compressoren en een evenredig aantal cellen (vergelijkbare capaciteit?)

geen bellen in het kijkglas ontstaan. De meeste kijkglazen zijn voorzien van een vochtindicator.

Bij nieuwe installaties is vaak voor de verst gelegen cel ook een kijkglas gemonteerd. Door leidinglengte en weerstand is het een goede controlemanier voor voldoende freon voor elk van de expansieventielen.

- Vloeistofafscheider

De vloeistofafscheider is opgenomen in de zuigleiding van de installatie. Deze haalt het grootste deel van de vloeistofdelen uit het koudemiddel afkomstig van de verdamper. Dit ter bescherming van de compressor. De compressor is immers een gaspomp, en raakt uiteindelijk flink beschadigd door het comprimeren van vloeistofdelen.

Vooraf bij systemen met een heetgasontdooiing is een vloeistofafscheider noodzakelijk. De kans dat ineens een verdampervulling met vloeibaar koudemiddel na het ontdooien aangezogen wordt, is bij heetgasontdooiing namelijk groot. Bij andere installaties is het ter beoordeling van de installateur om de afscheider te plaatsen. Vanwege de wens om de expansieventielen steeds scherper in te stellen is het advies om een afscheider te plaatsen. Extreme ijsvorming rond de afscheider of aan de zuigzijde van de compressor, betekent dat één of meer verdamper niet alle vloeistof verdampt en dus deze terugvoert naar de compressor. Meestal zit de verdamper dan stijf in het ijs, soms is een defect expansieventiel de oorzaak.

- Warmtewisselaar

Met de nieuwe generatie koelmiddelen hebben we een probleem extra (overigens net als bij R22) om vóór de expansieventielen voldoende vloeibaar koelmiddel te leveren met voldoende druk. Door lange leidingafstanden en weerstand vanwege diverse onderdelen ontstaan gaande weg (door de drukval) dampbellen in de vloeistof. Om de vloeistof voor het expansieventiel te verbeteren wordt ervoor gekozen deze te onderkoelen (bij gelijke druk kouder te maken, dus als het ware ‘dieper’ te condenseren).

- Manometers

Een koelinstallatie is als het goed is, voorzien van minimaal een tweetal manometers. Een blauwe (lage druk) en een rode (hoge druk). Op de buitenschaal is (eventueel koelmiddelafhankelijk) een temperatuur af te lezen die overeenkomt met een bepaalde druk. De lage druk (zuigdruk) ligt op ongeveer 3 bar, meestal refererend met een verdampingstemperatuur van -7 of -8 °C. Dit is de druk/temperatuur waarbij het koudemiddel in de verdamper verdampt. Helaas wordt de drukmeting door leidingweerstand iets vertroebeld. Meestal blijkt een drukval voor te komen van 0.5 tot 1 °C. Bij de compressorunit meten we dus een -7 °C, terwijl op de (verst gelegen) cel ligt de druk rond de -6 °C. Door een slechte leiding dimensionering loopt de drukval bij een aantal installaties ver op. Het is goed een monteur de drukverschillen binnen de installatie op te laten meten. De hoge druk (persdruk) manometer zal een temperatuur aangeven tussen de 35 en 40 °C. Tijdens strenge kou, kan het probleem ontstaan dat de druk onvoldoende oploopt. Dit wordt veroorzaakt door een te grote afkoeling van het condensoroppervlakte. Hierdoor is

uiteindelijk de druk voor het expansieventiel te gering, en zullen al voor het expansieventiel gasbellen ontstaan.

- Frequentieregeling

Steeds meer installaties worden uitgevoerd met een frequentieregeling (toerenregeling) van de compressor. Het doel van deze regelaar is dat door het traploos regelen van vaak één compressor(stap), vrij exact de gewenste zuigdruk wordt gerealiseerd. Sommige systemen hebben een zuigdruk die per cel is in te stellen, sommige kennen een groepenindeling van cellen (de -1 cellen, de +4 cellen etc). Afhankelijk van de vragende cel wordt het toerental van de compressor gekozen. Is de druk in de verdamper te laag, dan toert de machine iets af, is de druk te hoog, dan wordt het toerental iets vergroot. Door een koelcompressor op een lager toerental te laten draaien met bijbehorende lagere frequentie, neemt het opgenomen vermogen van de machine sterker af dan de koelcapaciteit. De energieprestatie van de machine neemt dus toe.

- Olie huishouding

Bij koelinstallaties is een juiste smering van de compressor erg belangrijk. Helaas laat veel olie zich door het koudemiddel meesleuren in de installatie, waar het feitelijk geen enkele functie vervult. Een goede koelinstallatie vraagt dus om een goede inrichting van de oliehuishouding. Een onderdeel is de olieafscheider. Deze tracht de olie zoveel mogelijk in de buurt van de compressorunit te houden. De afscheider scheidt het koelmiddel van de olie. De weggevangen olie wordt vaak via een voorraadvat teruggevoerd naar de compressoren. De verdeling van de olie over de verschillende carters wordt door een olieniveauleringsstelsel verzorgd. Bij het aanschakelen van één compressor zou dit namelijk anders teveel olie wegtrekken waardoor de een volgende bijschakelende compressor te weinig olie kan hebben. De carters van de compressor zijn voorzien van een vlotterstelsel die het niveau op het juiste peil proberen te houden. De oliehuishouding moet bij de jaarlijkse controle door de installateur worden beoordeeld.

3.1.4 *Systeemkeuze koelinstallatie*

3.1.4.1 Directe expansie (DX-systemen)

Installaties op basis van directe expansie (volgens Figuur 1) zien we op de meeste bedrijven. Een compressor comprimeert hierbij een gasvormig koudemiddel tot boven de condensatietemperatuur. In de condensor condenseert dit gas tot vloeistof (nog steeds onder hoge druk). Via een vloeistofvat wordt via een expansieventiel de druk verlaagd waardoor het koelmiddel verdampt op de zogenaamde zuigdruk. Dit verdampen gebeurt uiteraard in de koelcel. Het koelmiddel volledig in gasfase wordt door de compressor aangezogen. Het koudemiddel bepaalt onder andere de drukken waarbij de verschillende fases in de installatie worden doorlopen. Hieraan is ook de bruikbaarheid voor bepaalde toepassingen gekoppeld. Bij DX-systemen zien we meestal het koudemiddel R404a, R407c, R507 en R134a. Middelen als R22 worden alleen nog in bestaande installaties getolereerd, maar is in 2011 alleen nog te verkrijgen

als gerecycled koudemiddel. Vanaf 2015 mag er helemaal geen R22 of de met R22 gemengde servicekoudemiddelen meer gebruikt worden.

Voordelen

- Lage koelmiddelinhoud
- Lage kostprijs
- Laag energieverbruik

Nadelen

- Optimale benutting verdamperoppervlak moeilijk
- Sterk wisselende resultaten met niveau vochtverlies (zowel hoog als laag)

3.1.4.2 Directe pompsystemen

Een nadeel van directe expansiesystemen is het expansieventiel. Dit ventiel bepaald de vulling van de verdamper. Hierbij moet voorkomen worden dat aan het einde van de verdamper nog natte damp aanwezig is die door de compressor aangezogen kan worden. Aan de andere kant moet de verdamper wel in hoge mate benut worden. Met directe pompsystemen wordt de koelcyclus gedeeld in een verdampercircuit en een compressorcircuit (zie Figuur 2). Op compressorniveau is een sterke gelijkenis met de DX-installatie te vinden. De compressor comprimeert het aangezogen gasvormige koudemiddel tot boven de condensatietemperatuur. In de condensor condenseert dit gas (onder hoge druk). In plaats van afvoer naar de verdamper wordt met de hoge druk vloeistof via expansie een buffervat gevuld.

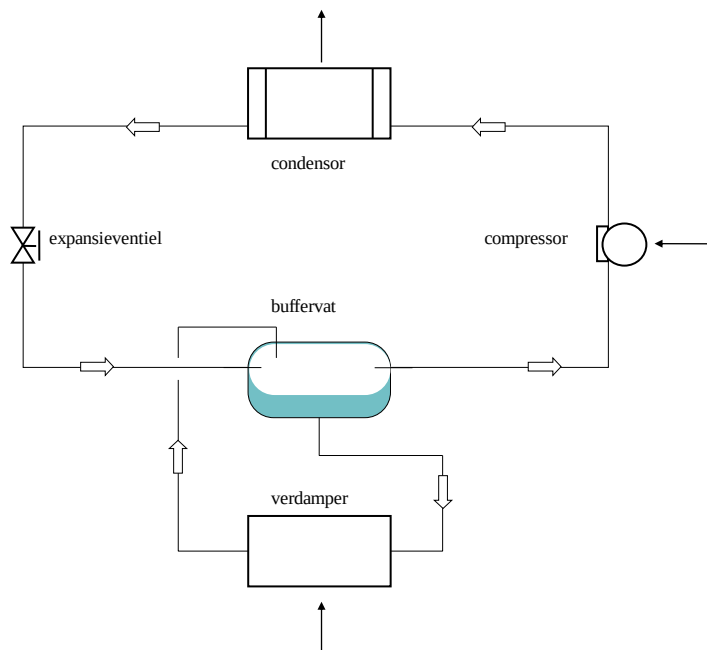
Met pompen wordt het vloeibare koudemiddel (lage druk) naar de verdamper gebracht. De verdamper wordt volledig bevoeid met koudemiddel, zodat een optimale warmteoverdracht plaats kan vinden. Een mengsel van vloeistof en gas wordt teruggevoerd naar het buffervat. Duidelijk zal zijn dat deze systemen door de opzet van het systeem en de maximale vulling van de verdamper een beduidend grotere koelmiddelinhoud hebben. Met de nieuwe koudemiddelen wordt dit een kostbare zaak, zeker als er een lekkage optreedt.

Voordelen

- Optimale benutting verdamperoppervlak beter mogelijk
- Koelen bij kleiner delta T mogelijk
- Minimaal vochtverlies is mogelijk

Nadelen

- Grote koelmiddelinhoud
- Hoge kostprijs



Figuur 2: Schematisch overzicht van een direct pompsysteem.

3.1.4.3 Indirecte pompsystemen

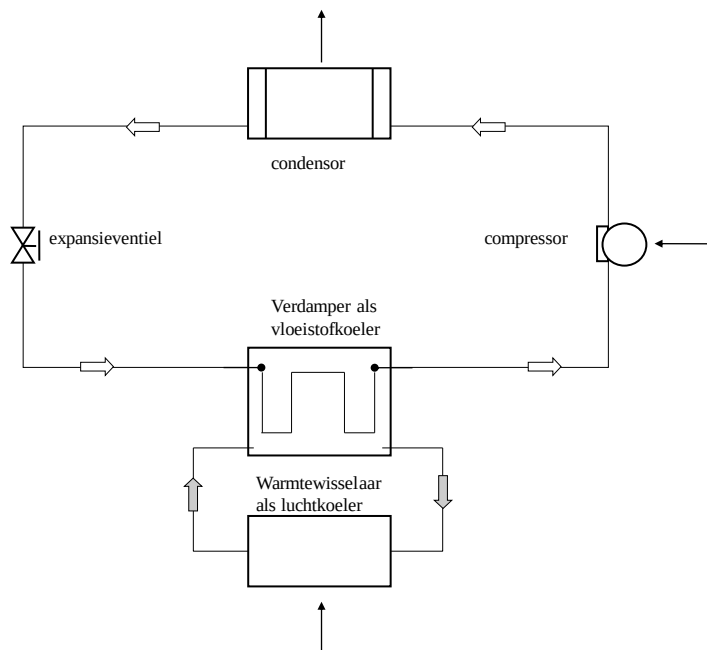
Om de grote en vaak dure koudemiddelinhoud te verkleinen kan gekozen worden voor indirecte pompsystemen (zie Figuur 3). Hierbij wordt het buffervat van het directe pompsysteem vervangen door een warmtewisselaar met een primair en secundair koudemiddel. Aan de zijde van het primaire koudemiddel (Ammoniak, R404a etc.) is de installatie redelijk te vergelijken met een DX-systeem. De verdamper is hier alleen vervangen door de warmtewisselaar.

Achter de warmtewisselaar is een secundaire koudedragers aanwezig (bijvoorbeeld glycol) die naar de cel wordt verpompt. Deze draagt de koude via de 'verdampers' over aan de cellucht.

Een voordeel van een indirect pompsysteem is de relatief eenvoudige aanleg van het installatiegedeelte in de cel. Vergelijk dit met het plaatsen van radiatoren in een CV installatie.

Verder is het temperatuurverschil ten opzichte van een DX-systeem flink te verkleinen zonder problemen te krijgen met de vulling en dus de warmteoverdracht van de verdamper.

Helaas heeft elk voordeel een nadeel en blijkt de totale investering in een dergelijke installatie flink tegen te vallen. We zien hier vaak meerprijzen van > 60% (is dit nog steeds zo?) ten opzichte van DX-systemen. Hiernaast is de installatie energetisch niet gunstig. Hierbij spelen onder andere de diverse verbruikers (pompen) in het systeem en de warmtewisselaar een rol. Een ander verhoging van het energieverbruik wordt veroorzaakt doordat, uitgaande van een gelijke aangevoerde koudemiddeltemperatuur, de koeler op basis van glycol al snel 20-30% meer koeluren moet maken om dezelfde warmte af te voeren.



Figuur 3: Schematisch overzicht van een indirect pompsysteem.

Voordelen

- Optimale benutting verdamperoppervlak
- Koelen bij kleiner delta T mogelijk
- Risicovolle koudemiddelen blijven in machinekamer
- Minimaal vochtverlies is mogelijk

Nadelen

- Hoge kostprijs
- Hoog energieverbruik

3.1.4.4 Conclusie

Vanuit het oogpunt van de productkwaliteit, en dan voornamelijk de minimalisatie van het vochtverlies, lijken de indirecte systemen de beste kans te maken. ‘Beste kans’, want in de praktijk blijken er meer zaken het resultaat sterk te beïnvloeden. Selectie van installatieonderdelen, met op de eerste plaats de verdamper, is misschien wel van grotere invloed dan het achterliggende systeem. Hiernaast blijkt ook het benutten van de installatie door optimale instellingen de resultaten sterk te beïnvloeden. Ervaringen leren dat er DX-installaties bestaan die betere resultaten boeken dan een directe pompsysteem. Met alleen een goede systeemkeuze zijn we er dus niet. Zeker zo belangrijk zijn:

- Selectie van componenten
 - a) Verdamper

- b) Compressor (vooral inkoelcapaciteit)
- Stabiliteit van systeem, drukken etc.

3.2 Isolatie

3.2.1 Materiaal

In de fruitbewaring wordt voor 95 % van de gevallen gekozen voor PUR sandwichpanelen als wandisolatie. Vanuit het verleden komen nog cellen voor opgebouwd uit, kurkmeel, vlas, tempex plaatjes, combinaties van diverse materialen etc. Tempex (polystyreen) zien we nog sporadisch, zowel als kale platen, maar ook als sandwichpanelen of in de vorm van het zogenaamde polypro systeem al dan niet bespoten met PUR-schuim.

Het belangrijkste kenmerk van isolatie is de isolatiewaarde. Dit wordt weergegeven door de K-waarde (veelal U-waarde genoemd) en geeft het aantal Watt die per m² door een wand stroomt bij een aantal graden temperatuurverschil (K) tussen de binnen en buitentemperatuur. Met buitentemperatuur wordt bedoeld de temperatuur van de lucht rondom de cel. Dit kan direct de buitenlucht zijn, maar ook de lucht in bijvoorbeeld de zolderruimte. De eenheid is W/m².K. Tegenwoordig komen we ook de R of Rc waarde veel tegen. Deze waarde kent de eenheid m²K/Watt (en staat ongeveer gelijk aan 1/K-waarde).

Bij het typeren van de isolatiewaarden bestaan grote discussies of de warmteoverdracht coëfficiënten (overdracht van buitenlucht op buitenwand, en binnenwand op binnenlucht) wel of niet bij de beschrijving van de isolatiewaarde moeten staan. Hetzelfde geldt t.a.v. de discussie of dat koudebruggen in de bevestiging of montage van isolatieonderdelen gecorrigeerd moeten worden in de uiteindelijke isolatiewaarde.

Al jaren zijn er eindeloze discussies over de stabiliteit en de juistheid van de isolatiewaarde. Door het uitdampen van blaasmiddelen of door opname van vocht zou deze waarde sterk terugvallen. Problemen die duidelijk zijn toe te wijzen op verminderde isolatie zijn echter moeilijk te vinden, noch bij PS (tempex) noch bij PUR.

De uitgangspunten voor isolatie dikten zijn:

	Tussenwanden	Buitenwanden	Plafond
Cellen boven nul graden	100 mm PUR	120 mm PUR	120 mm PUR
	150 mm PS	170 mm PS	170 mm PS
Cellen onder nul graden	120 mm PUR	140 mm PUR	140 mm PUR
	170 mm PS	200 mm PS	200 mm PS

Bewaring van producten boven nul die tot ver in de zomer doorloopt, kan om het aantal koeluren te besparen, een zwaardere isolatie vragen. Economisch komt dit waarschijnlijk niet uit, omdat de verbetering van de K-waarde slechts een zeer beperkte bijdrage levert aan de totale

warmtebalans. Doorslaggevende reden om te kiezen voor de zwaardere isolatie is het kleiner aantal draaiuren die het vochtverlies van het product beperken.

Beperken van instraling begint met het zorgen voor beperkte buitentemperaturen. Donkere dak- of wandkleuren om cellenblokken zijn dus uit den boze. Hetzelfde geldt voor lichtplaten. Een goede ventilatie in de nok van de schuur (eventueel met een thermostaat geregelde ventilator) die 5 graden temperatuur reductie geeft, heeft meer zin dan 2 cm dikker isoleren.

3.2.2 *Vloerisolatie*

Om dezelfde reden als de dikkere isolatie, wordt ook voor vloerisolatie gekozen. Rekenmodellen geven aan dat vloerisolatie alleen economisch rendoert, als de grondwaterstand hoger dan 1 m onder maaiveld staat. De energiebesparing valt dus mee. Vaak wordt echter om bouwkundige reden al gekozen voor vloerisolatie. Wapening stellen op isolatieplaten gaat namelijk veel beter dan op een zandbed.

De belangrijkste reden voor de keuze van vloerisolatie is dat we de plaatselijke warmte instroom zo beperkt mogelijk willen houden. Omdat vloeren altijd iets vocht aantrekken, en door een plaatselijk iets hogere temperatuur die voor ontvochtiging van het product op de vloer zorgen, is vloerisolatie juist bij vochtonttrekking gevoelige rassen (Conference, Elstar) gewenst.

3.2.3 *Onderhoud*

Het isolatiepakket vraagt weinig tot geen onderhoud. Reiniging van de isolatiepanelen is eenvoudig te doen met een water en een zeep. Kijk uit dat bij gebruik van een hogedrukreiniger geen gasdichte afwerking of kit beschadigd wordt.

3.2.4 *Condens*

Met de huidige isolatiepanelen speelt vocht een beperkte rol. Door de temperatuursverschillen tussen binnen en buitenzijde van de isolatie, bestaat de kans dat er condens optreedt aan de buitenzijde van de isolatie (warme kant). Vaak wordt dit door drogende buitenomstandigheden (wind, lagere RV) snel afgevoerd, maar een vochtige warm celplafond kan dit toch tot vochtophoping leiden. Om deze reden worden naden in de isolatie hier dampdicht afgewerkt. Door de opbouw van wandisolatie op bestaande vloeren is aan de buitenzijde van de cel meestal een vochtbaan te zien. Vanwege de koudebrug van de vloer, condenseert op de koude vloer vocht uit de buitenlucht. Het is dus voor alle duidelijkheid geen vocht die uit de cel stroomt. De kou kan ook door de buitenste paneelplaat omhoog geleiden waardoor vaak ook de onderste meter van de isolatiewand vochtig wordt. Helaas is aan dit probleem weinig te doen zonder dat dit enorme kosten met zich meebrengt. Dat dit problemen geeft voor de levensduur van de isolatie is nog niet ervaren.

3.2.5 Gasdichtheid van ULO-cellen

Gasdichtheid is de belangrijkste voorwaarde voor ULO-bewaring. Zonder gasdichtheid is alleen met enorme energieverstopping (productie van stikstof) en de nodige bijkomende problemen een cel op regime te houden. Het komt er feitelijk op neer dat zonder voldoende gasdichtheid, de totale investering voor ULO min of meer zinloos is.

Besteedt dus maximale aandacht aan de gasdichtheid. Controleer die cellen die het voorgaande jaar problemen hadden om het gewenste zuurstofgehalte te halen. De vloer-wand verbinding is één van de zwakste plaatsen. Probeer over deze verbinding zo weinig mogelijk te rijden. Verder raakt de aanhechting makkelijk los bij een continue vochtbelasting (water op vloer). In paragraaf 3.2.5.2 over lekzoeken worden meer lekgevoelige plaatsen beschreven.

3.2.5.1 Bepaling van cm^2 lekkage

Aanbieders van isolatie beschrijven in hun offerte een gasdichtheid van minder dan 0.20 of 0.35 cm^2 lek per 100 m^3 celinhoud. Deze beschrijving van gasdichtheid is de enige die concreet te meten en vast te leggen is. Helaas is de meetmethode wel gevoelig voor omgevingsfactoren. Ervaringen leren namelijk dat een lekttest met deze methode geen garantie levert voor een probleemloos bewaarperiode. Toch is er in het verleden (bij gebrek aan beter) een lijst gemaakt van maximale lekgroottes voor verschillende ULO-bewaarsystemen.

Gewone CA-bewaring	6 cm^2
ULO-bewaring met kalk	0.8 cm^2
ULO-bewaring met scrubber (O_2 arm)	0.5 cm^2
ULO-bewaring met scrubber	0.2 cm^2
DCS bewaring of gelijkwaardig	0.1 cm^2

Maximale lekgrootte voor verschillende toepassingen (in $\text{cm}^2/100 \text{ m}^3$ celinhoud)

De methode voor het meten van het aantal cm^2 lekkage werkt als volgt. De cel wordt met een luchtpomp (regelbaar in capaciteit) op een constante over- of onderdruk gehouden. Gedurende langere tijd (15 minuten) moet een gekozen pompcapaciteit een constante onder- of overdruk geven. In veel gevallen verloopt gedurende de 15 minuten de over- of onderdruk een fractie, waardoor een zekere meetfout optreedt. Door temperatuurschommelingen, drukwisselingen of een langzaam verloop van de druk is het bijzonder moeilijk de druk exact gelijk te houden gedurende de 15 minuten. Na het stabiliseren van de druk wordt de hoeveelheid ingebrachte of onttrokken hoeveelheid lucht (met een gasmeter) gemeten. In een tabel is een lekkage per m^2 te bepalen. Groot nadeel van deze methode is dat we alleen weten of de cel wel of niet aan de norm voldoet. We weten nog niet waar eventuele lekkage zich voordoet.

3.2.5.2 Lekzoeken

Het zoeken van lekken gaat als volgt. De cel wordt (bij voorkeur als de cel koud is) met een pomp (stofzuiger) op onderdruk gezogen. Ook als de cel voor het eerst gebruikt gaat worden, is het testen op deze manier wenselijk. Afhankelijk van de constructie van de wanden en het plafond kan een maximale onderdruk gekozen worden, zodanig dat de onderdrukklep open gaat. Controleer altijd eerst of deze klep niet vastgeplakt zit. Voor een test is 10 mm waterkolom onderdruk het meest optimaal. Echter sommige cellen beginnen bij 5-6 mm waterkolom onderdruk vervaarlijk te kraken. De oude polypro- of tempex cellen kunnen een onderdruk van meer dan 5-6 mm waterkolom niet aan. Onderdruk is prima te meten met een micromanometer (schaal 0-50 mm waterkolom). Controleer in de cel met een rookkaars of spuit met zeepsop alle lekgevoelige plaatsen. Gebruik ruim water (minimaal 15 liter sopwater per cel).

Let op, een redelijk dichte cel bouwt in enkele minuten een onderdruk op. Zorg dat u altijd de cel uit kunt komen. Door de onderdruk 'plakken' de meeste deuren stevig tegen het kozijn!

Lekgevoelige plaatsen zijn:

- deur
- alle doorvoeringen
- scheuren in de vloer
- aansluiting wand op vloer
- stootranden
- controleluiken
- beluchtingpijpen
- ophanging verdamper
- ophangpunten elektriciteitskabels (lamp) en afvoerbuis verdamperwater

Naast de bovenstaande plaatsen dienen de volgende voorzieningen gecontroleerd te worden.

- Watersloten. Controleer aan het begin van het bewaarstadium of alle watersloten met voldoende water gevuld zijn.
- Over- en onderdrukbeveiliging. Controleer bij welke druk de over- en onderdrukkleppen opengaan. In de meeste gevallen is dit namelijk al eerder dan bij 10 mm waterkolom. Verzwaar de kleppen eventueel. Controleer of de rubber afsluiters van de overdrukkleppen soepel open en dichtgaan en niet blijven hangen. Maak ze schoon en smeer ze in met talkpoeder. Vergeet een eventuele beluchtingventilator niet. Ook deze heeft aan de onderzijde vaak een ingebouwde onderdrukklep.
- Longen. Van welk materiaal de longen ook zijn, ze zijn gevoelig voor beschadiging. Controleer deze daarom altijd op lekkages. Concentreert u zich op de naden. Eventueel is de dichtheid van de long tijdens het bewaarstadium te controleren door het O₂ te meten (via de meetnippel). Is dit duidelijk hoger dan het zuurstofpercentage in de cel, dan komt er op één of andere manier buitenlucht in de long.

- Deuren. Door de onderdruk wordt een deur tegen het kozijn gezogen. Hierdoor kan de deur tijdens het testen dicht zijn dan later in het gebruik als ULO cel. Test de deur eventueel apart ook op overdruk. Hierbij dus aan de buitenzijde met zeepsop spuiten!

3.2.5.3 Lekzoeken tijdens bewaring

Tijdens de bewaring blijkt meestal pas of de cel echt gasdichtheid is als condities niet gehaald of in stand gehouden kunnen worden. Op dat moment is er weinig te doen aan het herstellen van lekkages. Wel kan aan de buitenzijde van de cel met de nodige voorzichtigheid gezocht worden naar lekkages. Door de koeling van de cel (inclusief ventilatoren) uit te zetten en eventueel een aanwezige stikstof overdruk op de cel te laten brengen kan aan de buitenzijde met een zuurstof- of CO₂-meter ‘gesnuffeld’ worden of ergens cellucht met lager zuurstof/hoger CO₂ uittreedt. Herstellen van deze plaatsen blijft op dat moment moeilijk, maar de resultaten kunnen wel bij het openen van de cel meegenomen worden in de herstelplannen.

3.3 Voorzieningen op de cel

3.3.1 Over- en onderdrukbeveiliging

Elke koelcel moet beveiligd zijn met een over- en onderdrukbeveiliging. Deze zorgt ervoor dat bij sterke onderdruk, veroorzaakt door bijvoorbeeld een felle en lange koelactie, of door storing in het scrubbersysteem, tijdig lucht ingelaten wordt. De klep voorkomt dus het imploderen van de cel. In veel gevallen is dezelfde klep ook voorzien van een overdrukzijde. Bij een grote luchtinlaat of een grote hoeveelheid injectie van stikstof, kan hiermee voorkomen worden dat de cel op te grote overdruk komt te staan. Vooral de deuren worden nog wel eens van het kozijn afgedrukt door overdruk.

Een belangrijk nadeel van de beveiligingskleppen is dat ze kunnen lekken. Door het niet goed terugzakken op de afsluitrubber of door vastplakken, ontstaan regelmatig problemen met de klep. Een handige manier om te controleren of de klep lekt is door deze af te binden met een plastic zak.

Verwijder de zak echter direct, zodra u weet of de klep lekt. Te vaak blijkt bij het lekzoeken de klep buiten bedrijf. De onderdruk die voor het testen nodig is kan grote schade aan de cel veroorzaken.

De beste plaats voor een over- en onderdrukbeveiliging is een druk neutrale plaats in de cel. Achter de verdamper is de kans bijvoorbeeld erg groot dat door de onderdruk achter de koeler het ventiel onnodig opengetrokken wordt. Om onnodige gaten in de cel te voorkomen wordt de klep vaak aan het einde van de long gemonteerd. Pas als de long is leeg getrokken wordt bij ongeveer 10 mm waterkolom onderdruk de klep geopend.

3.3.2 *Longen*

Longen hebben de functie de cel te bufferen op drukverschillen. Door wisselende luchtdrukken als gevolg van atmosferische veranderingen en door temperatuurverschillen door koeling en opwarming binnen de cel ontstaan flinke drukverschillen. Om deze enigszins op te vangen is een stuk flexibele cel gemaakt in de vorm van een long. Helaas werkt een long alleen als er iets overdruk op de cel ontstaat door ingelaten of inkomende lucht. Door de pijp waarmee de long op de cel is aangesloten schuin op de verdamper te richten, zorgt de verdamper voor een lichte luchtstroom en overdruk in de longen. Bij een koelactie is de krimp van de lucht zo groot dat deze lucht tegen de stroom van de ventilatorlucht ingaat.

De long heeft een aantal nadelen. Belangrijkste is dat de long lang niet altijd functioneert. Verder is een long gevoelig voor beschadiging. Een ander nadeel is dat de lucht in de long onder ongeïsoleerde kappen opwarmt en hierdoor regelmatig warmte lucht in de cel inbrengt.

3.3.3 *Meetkraantje en testbuis*

Om handmeting mogelijk te maken en voor meting van onderdruk wordt elke ULO-cel voorzien van een meetkraantje. Hier past de slang van de handmatige O₂- en CO₂-meter precies op. De testbuis kan worden gebruikt voor incidentele inblaas van stikstof, voor zover hiervoor geen vast verdeelsysteem is aangelegd. Verder wordt de buis gebruikt voor het plaatsen van de stofzuiger voor het op onder- of overdruk brengen van de cel voor de lekdichtheidsmeting. Vroeger werd de testbuis veel gebruikt voor het plaatsen van een thermometer.

3.3.4 *Doorkoppelbuis*

Om lucht van de ene cel door te kunnen sluisen naar andere cellen zijn een aantal koelhuizen uitgevoerd met een doorkoppelbuis. Op deze manier is een cel die belucht wordt (overdruk), om te voorkomen dat het O₂ te ver zakt, door te koppelen met een cel die wel O₂-arme lucht kan gebruiken. Tevens kan het nuttig zijn om cellen door te koppelen waarvan er één kritisch is qua lekdichtheid.

De doorkoppelbuis wordt eveneens gebruikt om cellen tijdens de N₂-injectie met elkaar te verbinden. De restlucht uit de cel waar N₂ wordt ingeblazen (al snel lager als 21 %) kan zo doorgegeven worden naar een cel die ook in zuurstof verlaagd moet worden. De praktijk is echter vaak dat cellen niet tegelijkertijd worden verlaagd in O₂. Zorg er wel voor dat voor het openen van cellen de kleppen van de doorkoppelleiding wordt gesloten. U zult niet de eerste zijn die een cel opnieuw moet afbranden.

3.3.5 *Controleluik*

Elke ULO-cel moet voorzien zijn van een te openen controleluik. We willen immers tijdens de bewaring zonder de bewaarcondities teveel te verstoren, voor zowel een productcontrole, het

beoordelen van de verdamper (ijsvrij) en een meting van de producttemperatuur, in de cel kunnen. Ook bij verkoop uit de cel houdt een koopman altijd graag een aantal vruchten in zijn hand. Controleluiken kunnen aangebracht worden in het plafond van de cel, in de zijwand op de balustrade en eventueel in de deur. Voor de veiligheid van mensen (ULO veiligheidseisen) is er een strikte eis dat controle luiken altijd op slot zitten.

3.3.6 *Watermeting*

Hedendaagse fruitbewaring betekent ook het meten van het condenswater van de verdamper. Om een beeld te krijgen van het vochtverlies (zowel bij teveel als te weinig) moet het condenswater van de verdamper worden opgevangen. Vaak is het een probleem om het condenswater op een centrale plaats te krijgen door lange leidingen, lekkende doorvoeringen, etc. Ook het bevriezen van leidingen leidt regelmatig tot meetproblemen. De condenswaterafvoer is vanaf de verdamper voorzien van een overloop T-stuk. Bij verstopping of bevriezing buiten de cel, voorkomt dit overlooppunt dat het water over de rand van de lekbak over de kisten loopt. Het T-stuk moet dus altijd strak tegen de wand worden gemonteerd. Na het T-stuk wordt een waterslot opgenomen om de gasdichtheid te waarborgen. In een vorstgevoelige omgeving (of perencel) wordt de leiding voorzien van een verwarmingslint (autotrace). Belangrijk is dat het verwarmingslint uitgeschakeld kan worden wanneer de cel niet in gebruik is of wanneer de bewaartemperatuur boven nul is. Het condenswater wordt uiteindelijk opgevangen in meettonnen. Per verdamper wel te verstaan om de verschillende werking van verdampers te ontdekken en informatie over het product te kunnen krijgen. Tegenwoordig zijn er ook elektronische watermeters die goed voldoen en die naar wens ook zijn aangesloten op de centrale meetcomputer.

3.3.7 *Overigen*

In en aan de cel komen we nog een aantal andere zaken tegen:

- **Stootranden**
Ter bescherming van de wanden kan een stootrand opgenomen worden. Het is zaak deze iets vrij van de wand te monteren. Vooral bij de lange smalle cellen mag een stootrand eigenlijk niet meer nodig zijn. Blijf letten op de invloed van de stootrand op de luchtstroming. Verder is het zaak de gasdichtheid onder de stootrand op te nemen. Aan de buitenkant van de stootrand zal gasdichte coating te snel beschadigen.?
- **Afscherming koeler**
Om de luchtstroming van de verdamper te dwingen door en langs het product te stromen worden kortsluitroutes steeds meer professioneel afgewerkt met bijvoorbeeld zeildoek.
- **Signalering luchtstroming**
Om de luchtstroming van de cel goed in beeld te krijgen, is het plakken van een aantal stroken wegenlint een handige manier om te constateren of bijvoorbeeld alle ventilatoren nog draaien (en in welke richting).

- Opvoerpomp

Om er zeker van te zijn dat de lucht die door een centrale O₂-meter wordt gemeten, niet door lekkages wordt beïnvloed, hebben een aantal bewaarders in de cel een pompje gemonteerd om met overdruk lucht naar de meetplaats te brengen. Eventueel kan dit pompje ook cellucht van de ene, naar een ander cel overbrengen. Vanwege de regelmatige uitval van deze pompjes, is het zaak ze bij een PVC-doorvoering (minimaal 100 mm) te monteren of in de buurt van het controleluik.

- Afvoerputjes

Oudere cellen zijn vaak uitgevoerd met een afvoerputje om condenswater van de verdamper af te kunnen voeren. Met het tegenwoordige watermeten, is vocht dat nodig is voor de stankafsluiter (of waterslot) niet meer aanwezig. Vaak zijn de putjes bron van lekkages. Bewaarders die bewust het water op de vloer laten lopen kunnen wel een afvoerput in de cel opnemen.

- Verlichting

Alle cellen dienen ruim verlicht te zijn. Zorg altijd voor afgeschermd armaturen en laat de montage met voldoende kit gebeuren. De meeste elektriciens weten niet wat gasdichtheid is in tegenstelling tot de koel, CA- en isolatie-installateur. Plaats Tl-armaturen in de richting van de luchtstroom. Zo is het geen opstakel voor de luchtstroming.

Vaak is een bouwlamp gemonteerd boven de deur een prima lichtbron. Deze is eventueel ook te gebruiken voor extra warmtebron als er ontvochtigd moet worden. Vergeet echter niet per ongeluk de lamp aan te laten! Het is raadzaam een schakelaar met signaallamp te plaatsen naast de deur.

- Beluchtingbuizen

In voormalige éénzijdig geregelde CA-cellen werd het CO₂-gehalte in de cel geregeld met een beluchtingbuis achter de verdamper. Door een regelkraan of een aantal 'gaatjes' open te zetten kan handmatig lucht worden ingelaten. Onder extremere omstandigheden kan zoveel lucht ingezogen worden dat de overdruk in de cel verder lucht inlaat blokkeert. Om dit probleem te voorkomen, wordt een 2^e regelkraan elders in de cel gemonteerd voor het verliezen van de overdruk.

De beluchtingbuizen worden in de tegenwoordige ULO-techniek slechts beperkt toegepast. De regeling is vrij grof, maar kunnen bijvoorbeeld voor het CO₂ vrij houden van cellen in de eerste weken van de inslag (Conference) prima gebruikt worden. Ook bij het openen van de cellen gaat het beluchten met deze buizen erg snel.

Probleem bij de buizen is de grote kans op lekkages. Vooral de buis die achter de verdamper uitkomt, heeft maar een kleine lekkage nodig om een grote O₂ inlaat te verzorgen. Laat de inlaatbuis van de beluchtingbuizen achter de continu draaiende verdamperventilator uit komen om ook tijdens deelventilatie lucht aan te zuigen.

3.4 ULO installatie

3.4.1 Meet- en regelapparatuur

De meet- en regelapparatuur voor ULO-cellen bestaat voornamelijk uit een O₂-en CO₂-meter. Mogelijk dat in de toekomst een ethyleenmeter of alcoholmeting wordt toegevoegd. Ethyleenmeters worden in Nederland nu alleen toegepast om ethyleenniveaus te meten. Met regelen op ethyleen is op dit moment nog weinig ervaring. Ook meten en regelen met ethanolmeters wordt op dit moment niet in de praktijk toegepast, alhoewel bij beschikbaarheid van een accurate sensor dit goed mogelijk is. Op gebied van meters is een uitgebreide keuzemogelijkheid aanwezig. Zowel in prijs als in methode. Belangrijk is dat ook de duurste meters regelmatig geijkt moeten worden. Wat levensduur betreft bestaat de ervaring dat ook duurdere meters een beperkte levensduur hebben. Duurdere meters onderscheiden zich meestal alleen in design en bedieningsmogelijkheden. Om deze reden kiezen veel bewaarders dan ook voor goedkopere meters. Bij het meten is de juistheid van het aangevoerde luchtmonster belangrijk. Hier zijn en worden met grote regelmaat fouten mee gemaakt. Door lekkages in de meetleiding, lekkende kleppenstraten etc. blijkt de conditie op de cel nogal eens anders te zijn dan op de centrale meting.

ZORG ALTIJD VOOR EEN HERHAALDE METING VAN O₂ EN/OF CO₂ DIRECT OP DE CEL

In de tegenwoordige centrale (geautomatiseerde) meet- en regelsystemen wordt ook uit de rondgevoerde scrubberlucht een luchtmonster getrokken voor het bepalen van de waarden. Bij aparte meetleidingen wordt steeds vaker voor een (vervangbaar) luchtpompje in cel gekozen. Deze voert met overdruk lucht naar de meter. Door de overdruk wordt voorkomen dat buitenlucht in de meetleiding instroomt.

Constateert u verschillen in de centrale meting en een meting direct op de cel, dan is als het O₂ centraal hoger en het CO₂ centraal lager is, sprake van een lekkage in het meetcircuit. Bij andere afwijkingen is de kans op een ijkfout groter.

3.4.1.1 Meetprincipes O₂-meters

Zuurstof kan met verschillende meetprincipes gemeten worden. Volumetrisch, paramagnetisch en elektrochemisch.

Volumetrisch

Een volumetrische meting betreft meting met bijvoorbeeld de fyrite meter. Door een chemische reactie van O₂ in een meetvloeistof vindt een volumeverandering plaats. Deze methode is beperkt nauwkeurig, maar is zeer sterk afhankelijk van de netheid van meten. Sommige bewaarders meten

met deze methode beter dan andere met veel modernere meters. Oude fyrite meters worden nog met regelmaat gebruikt als controlemeters.

Elektrochemisch

In deze elektrochemische meetcellen leidt een luchtmonster tot een verandering van spanning door de aanwezigheid van O_2 . De meters hebben een beperkte levensduur (8 maanden tot 2.5 jaar). De prijs van deze meter is vaak de reden dat veel bewaarders voor deze methode kiezen. Het uitgangssignaal is bruikbaar om regelapparatuur mee aan te sturen. Let echter op jaarkosten in verband met het vervangen van meetcellen.

Paramagnetisch

Door cellucht in een meetcel te voeren, verandert het magnetische veld. Dit wordt vertaald in een meetsignaal. Het meetsignaal kan worden gebruikt om regelapparatuur aan te sturen.

3.4.1.2 Meetprincipes CO_2 -meters

Volumemetrisch

De werking van dit meetprincipe is gelijk aan die van O_2 , alleen gebaseerd op andere vloeistoffen. Vooral door de grotere tolerantie bij het meten van CO_2 is deze meetmethode prima toepasbaar. Vaak is een klein volume verandering in de vloeistofkolom een teken dat er enig CO_2 in de cel aanwezig is. Grotere veranderingen betekenen bijvoorbeeld een verzadiging van kalk.

Infra Rood

CO_2 absorbeert IR-stralen. Via deze absorptie is de hoeveelheid CO_2 te bepalen. Er zijn 2 principes. Het meten van de absorptie van de IR-stralen, en het meten van de drukgolf die het absorberen van CO_2 veroorzaakt. Bij deze laatste methode wordt meetlucht in een meetcel opgesloten en doorschoten met een bundel IR. De drukgolf (=geluid) wordt met een microfoon opgevangen en vertaald in een meetsignaal.

3.4.1.3 Ijken O_2 - en CO_2 -meters

Alle meters, van goedkoop tot duur moeten worden geijkt met ijkgas. Noteer bij elke ijking welke afwijking u constateert. Afwijking ten opzichte van ijkgas betekent bij fyrite meters het vervangen van de vloeistof. Meetapparatuur met elektrochemische meetcellen moeten opgestuurd worden voor een servicebeurt of vragen een nieuwe meetcel. Elektronische meetapparatuur moet alleen worden geijkt na een voldoende lange opwarmtijd. Bij sommige meters is dit meer dan 2 uur. De meeste meters kennen een nulpuntinstelling en een range- of spaninstelling. Het is belangrijk eerst de nulpuntinstelling te controleren en pas hierna een range- of spaninstelling. De nulpuntinstelling kan worden gecontroleerd en eventueel worden bijgesteld met een ijkgas met 100% N_2 . Let wel op dat de ijktijd beperkt blijft omdat N_2 een drogend effect heeft en zo de

ijking kan beïnvloeden. Voor CO₂ is het ook mogelijk het nulpunt met buitenlucht in te stellen (0.03% CO₂) omdat het CO₂-niveau in de cel zeer laag is.

De spaninstelling voor zowel de zuurstof- als de CO₂-meter kan het beste met een ijkgas waarvan de gassamenstelling zo dicht mogelijk bij de gewenste regimes ligt. Voor ULO-bewaring dus met een ijkgas met 1% tot 2% O₂ en 3% tot 4% CO₂ (rest is stikstof).

3.4.2 Regelen O₂-inlaat (beluchten)

Het inlaten van zuurstof (dus eigenlijk buitenlucht met 20,9% O₂) is nodig om te laag zuurstof in de cel te voorkomen. De eenvoudigste manier is een deur of luik op een kier zetten. Probleem is dat de schommelingen van het O₂ te groot worden. Een ander probleem is de mogelijkheid van automatiseren.

Wat belangrijk is, is dat de manier van inlaten van buitenlucht niet belangrijk is. Wel is belangrijk dat de maximale hoeveelheid luchtinlaat van ongeveer 10 tot 15 liter per minuut (op cel van 250 m³ bruto inhoud) kan worden gehaald en dat de inbrenghoeveelheid niet door ongrijpbare zaken wordt beïnvloedt. Het laatste komt regelmatig voor bij niet aangedreven beluchting via de beluchtingpijp aan de achterzijde (onderdrukzijde) van de verdamper. Zonder of met te weinig plaatselijke onderdruk wordt hier namelijk geen of te weinig lucht ingelaten.

Of de lucht via een ventilator, persluchtsysteem of scrubber binnen komt is minder belangrijk. Alleen moet de hoeveelheid voldoende fijn te regelen zijn. Ervaringen leren dat beter continu een klein beetje dan veel in één keer kan worden belucht. Dit heeft te maken met de continue overdruk die bij het continue beluchten in de cel ontstaat. Bij het beluchten via het leidingsysteem van de scrubber moet rekening gehouden worden met de verkleining van de scrubbercapaciteit voor het verwijderen van CO₂. De scrubber kan immers maar één actie tegelijkertijd uitvoeren.

3.4.3 Regelen CO₂ (scrubben)

Het regelen van CO₂ kan op verschillende manieren, met elk zijn eigen voor- en nadelen. In een CA-cel kan door het inlaten van buitenlucht zonder CO₂ (beluchten) voorkomen worden dat het CO₂ te hoog wordt. Dit speelt o.a. in perencellen gedurende de eerste weken na inslag.

Denk niet dat een open luik voldoende lucht inlaat, maar meet ook regelmatig de daadwerkelijke CO₂-waarde in de cel. De meeste schades treden in deze periode op.

Vanwege de drogende werking van vaak warme beluchtinglucht moet onnodige luchtinlaat voorkomen worden. We zien rond de inlaatplek in perencellen bij continu beluchten vaak plaatselijk een gele en slappe vrucht als gevolg van de enorme warmte-inbreng.

In een ULO-cel moet het CO₂ op een andere manier verwijderd worden. Met buitenlucht verdringen lukt niet meer omdat we een lagere O₂-waarde willen nastreven. We zijn hier dus aangewezen op één of andere manier van binding van CO₂.

3.4.3.1 Scrubben met kalk

Gebluste kalk, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, geeft samen met CO_2 een chemische reactie. Er ontstaat calciumcarbonaat, water en warmte. De gebluste kalk is verkrijgbaar in zakken van 20 of 25 kg. Let erop dat geen plastic in de verpakking is opgenomen, anders is de werking erg laag. Verder is verse kalk iets warm en zacht. Het gebeurt dat u oude kalk krijgt aangeboden die al voor een deel verzadigd is met CO_2 . Door de absorptie van CO_2 zullen deze zakken zwaarder zijn. Controleer dus wat u binnenkrijgt. Ook een aantal bouwkalkstoffen kunnen als scrubkalk worden gebruikt, maar let op de milieubelasting van het aandeel cement.

Door kalk in een ULO-cel te leggen, wordt CO_2 automatisch gebonden. Nadeel is dat alle CO_2 gebonden wordt, zolang de CO_2 -binding de productie van CO_2 door het fruit kan bijbenen.

Praktijk is dat cellen met een gewenste CO_2 van 1% en lager prima met 'losse' kalk zijn te helpen. Alleen in de beginweken zullen actieve producten zoals Cox's O.P. tijdelijk op een hogere CO_2 uitkomen doordat het aanbod van CO_2 groter is dan de opname door de kalk.

Pas nadat alle gebluste kalk is omgezet, stijgt het CO_2 in de cel. Door echter voldoende kalk in de cel te plaatsen is het CO_2 -percentage een volledig seizoen op gewenste waarde te houden. De hoeveelheid kalk per cel is in onderstaande tabel opgenomen. Bij verzadigde kalk is de stijging van het CO_2 zeer sterk. Was eerder het CO_2 redelijk stabiel, dan loopt vooral boven de 1 % (bij scrubben zonder kalkhoes) het CO_2 snel op.

Cellen gescrubt met kalk vragen, rasafhankelijk, een bepaalde hoeveelheid kalk. Deze hoeveelheid is uitgedrukt in kg kalk per ton fruit, opgesplitst naar de eerste maand en elke maand langer.

Uitgangspunt voor de berekening van de kalkhoeveelheden is de ademhaling van de appels en peren bij de landelijk geadviseerde ULO-regimes. Wordt een hoger O_2 -percentage en/of een lager CO_2 -percentage aangehouden dan zal extra kalk nodig zijn. Verder is in deze berekening uitgegaan van een zuurstofverlaging in drie weken na het gasdicht sluiten van de cel. Bij die cellen waar verwacht wordt dat dit aanzienlijk langer duurt, moet meer kalk worden geplaatst. Voor cellen die met een stikstofvoorziening versneld op regime worden gebracht, is in een extra kolom de gecorrigeerde kalkhoeveelheden voor de eerste maand aangegeven. Wees niet te zuinig met kalk omdat anders halverwege het bewaarseizoen bijgezet moet worden (= verbreken van condities).

Ras	Kalk 1e maand	Kalk 1e maand bij versnelde O ₂ daling	Kalk elke maand Langer
Elstar	6.0	4.0	3.5
Gala	4.0	3.0	3.0
Cox's O.P.	13.0	8.0	6.0
Boskoop	11.1	7.0	5.0
Gloster	3.0	2.0	2.0
Golden Del.	2.0	2.0	1.5
Jonagold	2.0	2.0	1.5
Conference	3.0		2.5
Doyenné d. C.	4.0		3.0

Tabel 6 Kalkhoeveelheden bij geadviseerd ULO-regime

Het gebruik van kalk bestaat uit niet meer dan een stapel met de berekende hoeveelheden. Bij cellen met een minimaal CO₂-percentage (minder dan 1%), kunnen de kalkzakken los gestapeld op pallets worden. Meestal worden op één laag een 4 tot 5 zakken per pallet gelegd. Per 2 lagen wordt een pallet of een raamwerk gelegd voor de nodige ventilatieruimte.

In cellen met een hoger CO₂-percentage, is het wenselijk de kalk af te schermen van de cellucht. Dit kan door de kalk buiten de cel in een kalkkast te plaatsen, en met kranen wel of niet op de cel aan te sluiten. Probleem hierbij is vaak de problemen met de gasdichtheid van de kalkkast. Een andere methode is om de kalk in de cel te plaatsen, afgeschermd in een grote plastic zak. Er zijn zelfs specifieke kalkhoezen in de handel. De zak of hoes wordt voorzien van een ventilator die indien nodig de cellucht in de hoes brengt. Door kleine gaatjes of een overdrukklep in de hoes kan de CO₂-arme lucht weer de cel instromen. De aansturing van de ventilator kan automatisch via het meet- en regelsysteem, maar ook handmatig (of met een tijdklokje). Zorg voor een zo dicht mogelijke verpakking van de kalk. De goedkopere plastic kalkzakken zijn vaak maar één jaar te gebruiken. Hierna zult u merken dat het CO₂ in de cel te laag blijft omdat het CO₂ door lekkages van de zak of dwars door het verouderde plastic, de kalk weet te bereiken. Vooral in cellen met producten die weinig CO₂ produceren (Jonagold) speelt dit probleem, en juist deze rassen hebben veel voordeel van het hogere CO₂.

Kalk produceert warmte, en neemt ook nog plek in beslag in de cel. Ook tellen de jaarkosten van de kalk flink mee in de exploitatie. Vooral als u ook de afvoer van de kalk meetelt. De gevolgen van de warmteproductie zijn te verkleinen door kisten in de directe omgeving van de kalk af te schermen met plastic. Span echter nooit plastic voor palletopeningen en luchtspleten omdat hierlangs de warmte juist moet worden afgevoerd.

Als u de kalk bovenop de stapel plaatst, verdeelt de koude lucht van de verdamper de warmte van de kalk over de cel. Zorg wel voor een afscherming van het product onder de kalk. Let er ook goed op dat er geen kalkzakken beschadigen. Kalk is bijna niet van het product te poetsen.

Kalk kan direct uit de cel nog uitgestrooid worden. Een enkele dag later wordt de kalk hard en is deze alleen met een vijzel klein te krijgen. Scrubkalk is bruikbaar voor het verhogen van de pH van de grond, echter alleen functioneel bij toepassing van grote hoeveelheden.

Zowel door de warmteproductie als door het vrijkomen van water (uit de chemische reactie) zal de kalk bij uitslag nat zijn. Bij gebruik van kalkhoezen zal in het onderste deel van de hoes zelfs water staan. Dit is voor het grootste deel condensvorming. Zorg dus dat voeding en ventilator op de kalkhoes op veilige hoogte zijn gemonteerd. Kalk neemt door de binding van CO₂ toe in gewicht. Pallets die bij inslag nog net met de heftruck zijn te liften, zullen bij uitslag en totale verzadiging een 30 tot 40 % in gewicht zijn toegenomen. Houd hier rekening mee!

Mocht de kalk tijdens het seizoen verzadigd raken, dan is wisseling bij lage buitentemperaturen verstandig. Zet de koeling inclusief ventilatoren uit en zet de heftruck klaar voor de cel. Gebruik géén gastruck. Deze valt uit als de zuurstofarme lucht uit de cel komt zakken. Open de deur en haal de oude kalk uit de cel, en sluit de deur weer. Wissel de kalk en open opnieuw de cel. Zet de kalk op zijn plaats en sluit eventueel de kalkventilator aan. Sluit de deur. Onder gunstige omstandigheden hoeft deze wisseling niet meer dan 2% verhoging van het zuurstofpercentage te betekenen. Sommige bewaarders laten het O₂ in de laatste dagen voor het wisselen iets dieper wegzakken om iets meer marge te behalen. Werk overigens altijd met minimaal 2 personen en let opdat geen cellucht wordt ingeademd.

3.4.3.2 Scrubben met Actieve kool

Bij een scrubber wordt gebruik gemaakt van de 'binding eigenschappen' van actieve kool. Dit vasthouden en loslaten van CO₂ maakt dat CO₂ wordt gebonden, door cellucht met CO₂ door een koolvat te leiden, en CO₂-arme lucht de scrubber verlaat. Dit is echter van korte duur, want al snel begint de CO₂ in de uitlaat van scrubber langzaam op te lopen. De meeste vaten met actieve kool zijn in een 5 tot 10 minuten verzadigd. Deze verzadiging kan worden gemeten door in de retourlucht naar de cel CO₂ te meten. Is het vat met actieve kool verzadigd, dan wordt evenveel CO₂ van de cel gehaald als er retour wordt gebracht. Ervaringen leren dat in deze tijd mogelijk wel andere gassen uit de cellucht worden gefilterd zoals ethyleen.

Na verzadiging met CO₂ kan het vat met buitenlucht (zonder CO₂) worden gereinigd (regenereren). Ook hier is een curve te maken van hoe snel het koolvat is gereinigd. Des te zuiverder de kool wordt gereinigd, des te meer er een volgende scrubactie aan CO₂ weer kan worden gebonden. Nadeel is dat vooral het verwijderen van de laatste tienden CO₂ veel tijd (lees scrubbercapaciteit) kost. Uit capaciteitsoverwegingen wordt dus nog wel eens besloten de tijden te verkorten. Aan het einde van deze regeneratieactie kan het vat weer op de cel worden aangesloten.

Nadeel van bovenstaande werkwijze is dat aan het einde van de regeneratietijd het koolvat is verzadigd met O₂ rijke (buiten)lucht. Als elke scrubactie (dus 1 x absorberen en 1 x regenereren) een inbreng van één vat O₂-rijke buitenlucht betekent, komen vooral cellen die veel gescrubt moeten worden (Cox's, Boskoop etc) in de problemen met de zuurstofwaarde. Dit is de reden dat alle systemen die op dit moment worden aangeboden min of meer O₂ arm zijn. Er zijn

verschillende oplossingen met een gelijk doel om per scrubactie de zuurstofinbreng van de scrubber te minimaliseren.

O₂-arme long

De oudste en bewezen manier van O₂-armer maken van scrubbers is gebruik van een scrubberlong. Deze long is aangesloten op de scrubber en heeft dus weinig of niets te maken met de long die op de cellen is aangesloten.

Met het toepassen van de scrubberlong wordt aan het einde van een absorptieactie de zuurstofarme lucht, van de cel waarop werd gescrubt, tijdelijk opgeslagen in de scrubberlong. Dus in plaats van de O₂-arme lucht (verzadigd met CO₂) in het scrubbervat naar buiten te blazen met het starten van het regenereren, wordt deze in de long geparkeerd. De instelling van de vultijd van de long komt vrij precies, maar is met handige rekenregels eenvoudig in te stellen. Na het vullen van de long wordt het koolvat verder gereinigd met buitenlucht tijdens de regeneratieactie. Aan het einde van het regenereren of voorafgaande van het absorberen wordt de zuurstofarme inhoud van de scrubberlong in het vat teruggebracht en hiermee O₂ armer gemaakt. Afhankelijk van de instellingen zal in de eerste seconden van de nieuwe scrubactie toch een 12-15% zuurstof naar de cel stromen. De instelling van de longvul- en longleeg tijd is zodanig dat het zuurstof in de scrubberlong een 4-5% hoger is dan het gemiddelde van de cellen waarop wordt gescrubt.

Dubbelvat

Naast het longvul- en longleeg principe zijn er ook een aantal alternatieven om de scrubber zuurstofarm te maken. Eén methode is het gebruik van een dubbel scrubbervat. In het ene vat wordt geabsorbeerd in het andere wordt geregenereerd. Bij de omschakeling van absorberen naar regenereren wordt de zuurstofarme inhoud van één van de scrubbervaten in de andere overgepompt.

N₂-ondersteuning

Een andere manier om scrubbers zuurstofarm te maken is het ondersteunen van de scrubber met een stikstofmachine. In plaats van de long te gebruiken wordt de te scrubben cel gebruikt om de O₂-arme lucht tijdelijk op te slaan. Omdat dit systeem maar een beperkt resultaat heeft, vooral als de cel te snel de overdruk verliest, is ondersteuning met een N₂-machine noodzakelijk. Hiermee is een cel als het ware extra te ondersteunen om de overdruk te garanderen.

3.4.3.3 Ondersteunende kalk bij actieve koolscrubber

Het blijkt zinvol om cellen die met een actieve koolscrubber gescrubt worden, met ondersteunende kalk te helpen. Door de kalk wordt voorkomen dat tijdens de zuurstofverlaging periode (1^e 3 weken na sluiting cel) de scrubber zuurstof in de cel brengt. Een aantal zakken is vaak al voldoende. In onderstaande tabel staan de hoeveelheden. Doel is dat op deze manier de cel een week tot 10 dagen eerder op regime komt.

Ras	Zonder snelle O ₂ daling	Met snelle O ₂ daling
Elstar	3.0	2.0
Cox's O.P. / Boskoop	6.0	3.0
Conference / Doyenné	2.0	
Gala, Gloster, Jonagold, Golden	1.5	1.0

Tabel 7 Kalkhoeveelheden als ondersteuning van de scrubber

3.4.4 Stikstof inzet

Stikstofmachines behoren steeds meer tot de vaste apparatuur voor de bewaarder. De machine is voor een goede bewaring niet noodzakelijk, maar geeft een stuk zekerheid en maakt perfecte bewaring mogelijk. Een stikstofmachine of stikstof van andere bron wordt om een aantal redenen ingezet:

- cellen snel van 21 % terug te brengen naar gewenste lage waarde (eventueel ook later in het seizoen)
- cellen te helpen die door lekkages te hoog in O₂ blijven
- cellen te spoelen
- scrubbersysteem te ondersteunen

De inzet van stikstof om cellen snel af te branden (O₂ verlagen) betekent allereerst dat het fruit snel onder de optimale omstandigheden ligt. Bij Cox's O.P. is het verlies van hardheid in de eerste maand (bij een zuurstofpercentage van hoger dan 3 %) meer dan 1.5 kg. Door te plukken en snel op conditie te brengen (onder voorwaarden), kan het verlies in deze weken beperkt blijven tot een 0.5 kg. Denk ook aan het tussentijds afbranden van cellen 1^e en 2^e pluk of een combinatiecel Cox's en Boskoop.

Bij peren speelt juist een extra gevoeligheid voor snel verlagen van het zuurstofpercentage. Voor een bewaarcomplex met voornamelijk peren is aanschaf voor een stikstofmachine dus minder snel aan de orde.

Naast het verlagen van het O₂ in de beginperiode van het bewaarstadium, behoort ook het tussentijds afbranden van cellen tot de redenen om een machine aan te schaffen. Sommige huisverkopers willen beschikken over kleine partijen en openen cellen soms meer dan 4 maal waarna de cel weer wordt terug gebracht in zuurstof.

Een verkeerde reden, maar wel echte praktijk, is het toepassen van stikstof om cellen op conditie te houden. Zijn cellen van zichzelf te lek, dan maken sommige bewaarders liever de nodige energiekosten, dan eens goed op lektheid te controleren. Helaas blijken sommige cellen zeer moeilijk gasdicht te krijgen.

Een minder bekende reden van het toepassen van stikstof is het spoelen van cellen met stikstof. Bij een aantal systemen is een korte stikstofinjectie in de regeling opgenomen om cellen steeds

van verse lucht te voorzien. Of dit daadwerkelijk tot een kwaliteitsverbetering leidt is moeilijk in kaart te brengen, maar nadelig lijkt het in ieder geval niet.

Het principe is dat hoe sneller een cel op zijn zuurstofwaarde staat, hoe beter o.a. het hardheidsbehoud is. Hierbij moeten wel een aantal opmerkingen worden gemaakt.

- Peren vormen een strikte uitzondering. Deze moeten minimaal 3 weken alleen gekoeld blijven waarna het effect van een snelle zuurstofdaling op de kwaliteit niet (meer) aanwezig is.
- Alcohol treedt in de eerste weken van bewaring bij een hoger O_2 op dan later in het bewaarstadium. Vandaar het advies een grens van 4-5 % O_2 aan te houden en hierna op natuurlijke wijze door te zakken naar de geadviseerde waarde.
- De gevoeligheid in eerste weken voor CO_2 is groter. Tijdens de stikstof inblaas lijkt de CO_2 productie gering. Pas op voor een sterke stijging van CO_2 nadat de stikstof inblaas stopt. Juist dan is de gevoeligheid van het product het grootst.

3.4.4.1 Machine of anders

Stikstof kan op verschillende manieren worden toegepast:

- Eigen machine
Bij een globaal 500 ton bewaring, is investeren in een eigen machine zinvol. Bij minder tonnage kan, uiteraard met minder gemak, een machine of los gas gehuurd worden. Er is een groot aanbod van machines elk met specifieke systemen. Het voert te ver hierop uitgebreid in te gaan. Wel is het belangrijk de volgende zaken goed in overweging te nemen.
 - Stikstofproductie bij 1% O_2 en 99% N_2 in m^3 . Sommige machines zijn minder geschikt om een hoge zuiverheid stikstof te produceren. Vooral bij het toepassing van stikstof om cellen op regime te houden is een hogere zuiverheid belangrijk.
 - Stikstofproductie bij 4% O_2 en 96% N_2 in m^3 . De zuiverheid van 4 % wordt vooral toegepast om cellen snel te verlagen. Het debiet is bij deze zuiverheid hoger dan bij de instelling van 1% O_2 en 99% N_2 .
 - Stroomverbruik. Informeer naar het opgenomen vermogen van de elektromotor van de compressor. Bij toepassing van een stikstofmachine om een cel op regime te houden, is het stroomverbruik belangrijker. Tijdens de zuurstofdaling van enkele dagen per cel is bij een 3 kW motor het stroomverbruik te beperkt.
 - Onderhoudskosten. Tijdige filter- en oliewisselingen zijn belangrijk bij de meeste stikstofmachines. Maak dus duidelijke afspraken hierover met de leverancier en bespreek de onderhoudskosten. Vaak wordt het aantal draaiuren door de machine zelf geregistreerd en kan zo op tijd onderhoud gepleegd worden.
 - Een aantal machines zijn geschikt om in een circulatie systeem te plaatsen. In dit systeem wordt in eerste instantie van buitenlucht stikstof gemaakt (van bepaalde zuiverheid), en naar de cel geblazen. De cel komt op overdruk en kan deze overdruk terugleveren aan de machine. Door een retourleiding van de cel aan te leggen, kan in plaats van buitenlucht,

een mengsel van buitenlucht en cellucht als aanzuig van de N₂-machine worden gebruikt. De zuiverheid van de machine neemt hierdoor toe, of bij een gelijke zuiverheid neemt de m³ productie toe. Op deze manier verloopt de zuurstofverlaging sneller. Dit systeem is niet op alle stikstofmachines functioneel te benutten. Het is vooral voor de toepassing om regelmatig af te branden of om cellen 'te helpen' zinvol.

- Er zijn tal van N₂-systemen op de markt. De belangrijkste zijn Pressure Swing Adsorbers (PSA), Vacuum Swing Adsorbers (VSA) en membraanmachines. Op basis van bovenstaande kenmerken en specificaties kan een keuze gemaakt worden.

- Machine huren

Bij een klein aantal cellen of alleen een incidentele inzet van stikstof is het beter een stikstofmachine te huren. Let hierbij wel op de aansluitwaarde van de machine. Menig bewaarder is zonder stroom komen te zitten door tijdens inslag een stikstofmachine aan te zetten. Een ander probleem vormt de draairichting van de compressormotor. Gelukkig zijn de meeste machines inmiddels beveiligd, maar anders gaat het nog wel eens mis. Een goed alternatief is om met een groep van 3-4 telers een iets grotere machine gezamenlijk te kopen.

- 'Los' gas

Als laatste optie wordt door een aantal bewaarders gekozen voor los gas. Deze wordt aangeboden door een aantal gasproducenten in vloeibare vorm (cryol-vaten) of gasvormig (batterij 12 flessen). Door de stikstof langzaam vanuit vat of fles in de cel te blazen is voordelig een cel af te branden. Het kost wel de nodige aandacht. Daalt het zuurstofpercentage namelijk met meer dan 3-4 % per dag, dan ligt het verbruik te hoog en zijn uiteindelijk de kosten per kg te hoog in vergelijking met het huren van een machine. Belangrijk is de beschikbaarheid van de flessen en vaten.

4 Product en techniek

4.1 Bewaarcondities

De geadviseerde Nederlandse bewaarcondities voor appels en peren zijn gebaseerd op uitgebreid onderzoek. Hierbij wordt onderzocht welke conditie (O_2 , CO_2 en temperatuur) de beste kwaliteit geeft na een bewaarperiode, zonder dat hierbij specifieke afwijkingen optreden. Omdat verschillen in bewaarmogelijkheden van jaar tot jaar verschillen en omdat er bij veel producten ook een grote invloed is van herkomst en rijpheid worden deze variabelen meestal in het onderzoek opgenomen. Dit betekent dan ook dat voor enige richting voor bewaarcondities al snel minimaal 3-5 jaar onderzoek nodig is.

Bij de ontwikkeling van nieuwe rassen richt het bewaaronderzoek zich meestal op het optimaliseren van het kwaliteitbehoud. In latere fase richten we het onderzoek meestal op specifieke kwaliteitsproblemen. Zo is bij Conference het onderzoek (KwaliCon) gericht op de mate van vochtverlies en het optreden van slappe nekken specifiek voor de steeds langere bewaring. Eerder werd al veel onderzoek gedaan naar het ontstaan van hol&bruin.

Bij Elstar is veel onderzoek gedaan naar schilvlekjes en inwendig bruin. Op basis van nieuwe inzichten uit onderzoek worden bewaarcondities steeds op detail aangepast. Hiernaast wordt natuurlijk ook de jaarlijkse bewaarervaring verwerkt in het verbeteren van de condities.

In het verleden was er een landelijk overleg tussen onderzoek en adviespartijen over de bewaarcondities. Inmiddels trekken de meeste partijen hun eigen plan, al dan niet onderbouwd met (internationale) onderzoeksgegevens en praktijkervaringen.

De meest actuele bewaarcondities van FBR worden jaarlijks gepubliceerd in de Fruitteelt. De wijzigingen zijn deels gebaseerd op nieuw onderzoek en deels op praktijkervaringen. Verder in deze rapportage worden de geadviseerde bewaarcondities beschreven.

De geadviseerde condities gelden in principe alleen voor fruit dat de juiste uitgangskwaliteit heeft. Het belangrijkste criterium hiervoor is de rijpheid. Alleen fruit geplukt binnen het juiste plukvenster kan optimaal worden bewaard. Fruit dat te vroeg of te laat is geplukt komt in principe niet voor langere bewaring in aanmerking of vraagt om afwijkende condities. Verder gelden de condities voor product van normaal producerende bomen. Percelen met grote variatie in dracht zijn per definitie minder bewaarbaar.

4.1.1 *Naamgeving bewaarmethoden*

Er bestaan voor de fruitbewaring een aantal bewaarmethoden te weten mechanische koeling, CA bewaring, ULO bewaring en DCS bewaring. In de loop van de jaren zijn enkele varianten hierop ontstaan, maar de genoemde methoden blijven de basis.

Mechanische bewaring

Bij mechanische bewaring ook wel NA (Normal Air), RA (Regular Air) of koeling genoemd, is de temperatuur het enige mechanisme dat invloed heeft op de ademhaling van het product. In Nederland worden vooral cellen die dienst doen als sorteer- of conditioneerruimte als mechanische cel gebruikt. Hiernaast wordt mechanisch koeling ingezet voor korte termijn opslag van peren. In het buitenland is de introductie van CA bewaring nog gaande en wordt mechanische koeling ook veel ingezet voor de langere bewaring.

Door het inzetten van SmartFresh is het gebruik van mechanische gekoelde cellen weer toegenomen. Vooral bij Elstar geeft deze combinatie voor een bewaring tot februari een reductie van schilvlekjes met een behoud van algemene kwaliteit. Bij mechanische bewaring blijft het opletten voor lage temperatuurbederf of bevriezing. Juist omdat hier de neiging bestaat een zo laag mogelijke temperatuur toe te passen.

Tegenwoordige panelencellen zijn zo gasdicht dat door CO₂ ophoping, schade aan het product kan optreden. Hiernaast is te hoog CO₂ gevaarlijk voor de persoonlijke veiligheid. Een gerichte beluchting of luchtverversing van mechanische koelcellen is daarom noodzakelijk. Meestal wordt een opening achter een draaiende verdamperventilator gemaakt. Deze doorvoering is eventueel te regelen in openinggrootte. Met een handmeting kan gecontroleerd worden of de cel voldoende vrij is van CO₂.

(Eenzijdig geregelde) CA bewaring

In de CA (Controlled Atmosphere) bewaring wordt de ademhaling verminderd, door naast een lage temperatuur, een hoger CO₂ % aan te houden. Dit CO₂ ontstaat door ademhaling van het product in de min of meer gesloten celruimte. CA bewaring is alleen bij die rassen mogelijk die CO₂ kunnen verdragen (zie lijst van bewaarcondities). Op het moment dat de cel het toelaatbare CO₂ % bereikt, moet met buitenlucht (zonder CO₂) geventileerd worden. In gesloten cellen kan binnen een dag tot meer dan 2 % CO₂ worden gevormd. Zeker bij hogere producttemperaturen. Hou hier rekening mee.

Bij CA bewaring hoeft alleen maar het CO₂ of O₂ gehalte gemeten te worden. De som van beide concentraties is immers 21 %. CA bewaring wordt beperkt toegepast maar kan mechanische bewaring op eenvoudige wijze verbeteren.

In oude conditielijsten wordt nog een conditie weergegeven voor de zogenaamde CA scrub bewaring. Feitelijk is deze methode gebaseerd op de oude situatie waarbij vanwege een beperkte gasdichtheid voor een hogere zuurstofwaarde wordt aangehouden (3 % en hoger). Het systeem van CA scrub is vanwege beperkte kwaliteitvoordelen volledig vervangen door ULO bewaring. Overigens past de term CA scrub prima bij Ca bewaring van peren vanwege het hoge zuurstofniveau.

ULO bewaring

ULO staat voor ULTRA LOW OXYGEN ofwel bewaring bij zeer lage vast zuurstofpercentage. Internationaal is de term ULO minder bekend en wordt ULO als vorm van CA bewaring beschouwd. ULO bewaring is een methode waarbij de ademhaling geminimaliseerd wordt door naast een lage temperatuur het zuurstofpercentage te verlagen en hierbij een passend CO₂ toe te passen. Het lage zuurstofniveau verhoogt de gevoeligheid voor lage temperatuur en hoog koolzuurgas. Vandaar ook, dat in de advisering bij ULO condities een vaak hogere temperatuur en lager CO₂ percentage wordt geadviseerd ten opzichte van mechanische of CA bewaring. Naast hogere risico's is bij een laag zuurstof de toegevoegde waarde van een lagere temperatuur of hoger CO₂ beperkt.

In de advisering geldt het percentage van 1.0 tot 1.2 % voor appels. Voor peren geldt een onderwaarde van 3 %. ULO bewaring betekent een beter behoud van hardheid en onderdrukken van bewaarziekten zoals klokhuisbruin, scald, kurkstip, spatschurft etc.

DCS bewaring

DCS bewaring is een bewaarmethode waarbij op basis van productrespons de bewaarconditie wordt aangepast. Vooralsnog is deze methode gericht op het vinden van de ondergrens van de zuurstofwaarde. DCS is een vorm van ULO met een dynamisch zuurstofpercentage.

Het zuurstofpercentage wordt op een voorgeschreven manier verlaagd tot een reactie van het product in de vorm van alcoholvorming wordt gevonden. Dit punt geeft de ondergrens aan. De waarnemingen worden aan de verschillende herkomsten/partijen/plukken in de cel gedaan omdat elke partij zijn grens kent. Zo weinig mogelijk herkomsten per cel is dus een voordeel. Bij DCS bewaring is het belangrijk de zuurstofdaling volgens een voorgeschreven wijze uit te voeren. Te vroege of te snelle daling leidt tot een vroegtijdige alcoholvorming op hoge zuurstofniveaus. Met DCS bewaring kan juist in de uitstalfase een prima behoud van hardheid worden gerealiseerd. Verder vermindert DCS bewaring de aantasting door schilvlekjes.

DCS bewaring is een Nederlandse vinding. Internationaal zijn andere bewaar technieken die eveneens van een lager zuurstof gebruik maken om een maximale kwaliteit behoud te realiseren. Zo wordt in Italië en Duitsland het Harvest Watch (DCA) systeem gebruikt waarbij op basis van chlorofylfluorescentie metingen een signaal (grote verandering) wordt gemeten die overeen zou komen met de ondergrens in zuurstof. Deze metingen worden gedaan aan een beperkt aantal appels.

In Zuid-Afrika is een systeem ILOS (Initial Low Oxygen Stress) in gebruik die juist van de alcoholontwikkeling gebruik maakt om de bewaring te verbeteren. Juist in de beginfase van bewaring wordt het zuurstof verlaagd om enige ethanol te ontwikkelen. Dit alcohol beperkt de hoge gevoeligheid voor scald.

DCE

Op dit moment lopen diverse onderzoeken om uit de ethyleenstatus van het product/cel/herkomst informatie te verzamelen om meer grip te krijgen op de kwaliteit(ontwikkeling). De uitdaging is om op detailniveau de ethyleen te kunnen meten en vooral uit het verloop van de meetwaarden een indruk te krijgen van de productkwaliteit. In een verder stadium kan het ethyleenniveau in de cel gestuurd worden om hiermee de kwaliteit positief te beïnvloeden.

SmartFresh

Het toepassen van SmartFresh kan ook als bewaarmethode worden gezien. In eerdere hoofdstukken is SmartFresh (werking en kwaliteitseffect) van uitgebreid besproken. De specifieke en actuele werkwijze staat beschreven in de gebruiksaanbevelingen van Agrofresh. Toepassen van SmartFresh betekent op punten een andere omgang met ULO condities. Zo is het belang van een snelle zuurstofverlaging bij normale ULO bewaring voor maximaal hardheid behoud bij gebruik van SmartFresh veel minder belangrijk.

Op dit moment verkent Agrofresh of door het toepassen van SmartFresh geen andere temperaturen kunnen worden toegepast onder andere om hiermee energie te besparen.

4.1.2 Algemene opmerkingen over condities

Afwijken van geadviseerde condities hoeft niet altijd funest te zijn. Kennis van het eigen product speelt een zeer belangrijke rol en leidt soms tot bewust andere condities. Over het algemeen loopt u als bewaarder bij afwijkende condities wel een groter risico op bewaarproblemen. In de situatie dat u voor derden koelt is het zeer belangrijk de condities af te stemmen op de landelijke advieswaarden of om de schriftelijke informatie van de opdrachtgever op te volgen. De risico's van afwijkingen in bewaarcondities zijn in onderstaande tabel samengevat.

Afwijking	Gevolg
Temperatuur lager dan geadviseerd	Bevriezing of LTB
Temperatuur hoger dan geadviseerd	Snellere afleving
CO ₂ lager dan geadviseerd	Minder groene grondkleur en snellere afleving
CO ₂ hoger dan geadviseerd	CO ₂ schade (o.a. hol in peren)
Zuurstof lager dan geadviseerd	O ₂ bederf dus alcoholvorming en gevoeliger voor LTB en CO ₂ schade
Zuurstof hoger dan geadviseerd	Snellere afleving en bewaarziekten zoals scald en KHB

Tabel 8 Gevolgen van afwijkende bewaarcondities

Bewaarcondities kennen naast de genoemde waarden ook een traject waarin deze bereikt moeten worden. Denk bijvoorbeeld maar aan het moment en de snelheid van zuurstof daling. In onderstaande paragrafen wordt hierop een toelichting gegeven.

4.1.3 Toelichting 'stuurfactoren'

Temperatuur

De geadviseerde temperatuur betreft de producttemperatuur. Bijna alle installaties worden geregeld op basis van de voeler van de thermostaat achter de verdamper (een luchtmeting dus). Dit is meestal de warmste (lucht)temperatuur in de cel die voldoende in temperatuur varieert om de koeltechniek hierop te regelen. Omdat een luchttemperatuur niet één op één vertaald kan worden naar een producttemperatuur is het belangrijk om met productvoeler(s) of handmetingen te bepalen wat de werkelijke temperatuur van de vruchten is. Beoordeel altijd de producttemperatuur zowel op de warmste als koudste plaats in de cel. Meest kritisch is de temperatuur op de koudste temperatuur. Op deze plaats moet temperatuurschade worden voorkomen.

Kooldioxide (CO₂, koolzuurgas)

Bij rassen met een advieswaarde voor CO₂ < 1 % CO₂, moet een percentage tussen de 0.7 en 0.9 % worden aangehouden. Waarden lager dan 0.7 % CO₂ geven technische problemen (scrubbercapaciteit onvoldoende) en zijn uit kwaliteitsoogpunt niet zinvol meer. Vooral de eerste weken van de bewaring is een strikt beheer van laag CO₂ % belangrijk, terwijl dit technisch vaak een hele strijd is vanwege de hogere ademhaling (CO₂ productie) door de hogere producttemperatuur en ontbrekende CA condities.

In de praktijk zal de CO₂ waarde in de cel binnen een dag variëren (gemeten net voor een scrubactie of net na een actie). Het maximale verschil in CO₂ waarden binnen één dag is niet vastgelegd en wordt sterk bepaald door de praktische werking van de aanwezige apparatuur. Het streven is een variatie in CO₂ te accepteren van 0.1 % hoger en lager dan de streefwaarde bij CO₂ percentages onder de 2 %. Bij CO₂ percentages hoger dan 2 % is een variatie van 0.3 % plus en min de streefwaarde geen probleem. Het daggemiddelde moet op de advieswaarde uitkomen.

Zuurstof (O₂)

Met het geadviseerd percentage zuurstof wordt het gemiddelde percentage bedoeld. Door bijvoorbeeld 1,2 % als ondergrens te zien en dus vanaf dit punt te beluchten, ligt het gemiddelde zuurstofpercentage vaak duidelijk boven de 1,2 %. Door het beluchten ontstaat immers al snel een schommeling van enkele tienden procenten. Zoals al eerder beschreven geven bij ULO bewaring juiste de laatste tienden zuurstof de meerwaarde. Handhaaf dus de advieswaarde als gemiddelde en accepteer een schommeling van +/- 0,2 %. Voorkom dat op een zelfde dag door beluchten het zuurstof teveel oploopt en hier direct met stikstof een correctie wordt uitgevoerd. Dit kan door de beluchtingtijden en stikstof injectietijden per afwijking kort in te stellen.

Ethyleen

Ethyleen staat bekend als een belangrijk rijpingshormoon. Het verwijderen of laag houden van ethyleen betekent echter een flinke investering. Het verwijderen van ethyleen kan bij sommige

rassen een positieve invloed op de kwaliteit hebben. Meestal heeft het verwijderen van ethyleen alleen effect als hiermee zeer lage concentraties (< 1 ppm) behaald worden. Zeker als het zuurstof op ULO condities wordt gehouden.

Metten en regelen van ethyleen komt met nieuwe meettechnieken meer in beeld. Echter de afweging blijft of de kwaliteitverbeteringen uitgaande van de huidige condities de investeringen verantwoorden.

4.1.4 *Gecombineerde bewaring*

Het combineren van verschillende rassen in één cel is een noodmaatregel, maar daarom nog niet altijd te voorkomen. Door het steeds vaker doorplukken per ras, worden de partijen met gelijke uitgangskwaliteit kleiner. Een juiste combinatie van rassen in één cel heeft dan altijd de voorkeur boven halfvolle cellen. De hoofdregels van gecombineerde bewaring zijn:

- Kies het CO₂ percentage van het ras met de laagst geadviseerde waarde
- Kies de temperatuur van het ras met de hoogste geadviseerde waarde
- Kies de bewaarduur van het kortst te bewaren ras.

Een afwijking naar de veilige kant van het bewaaradvies, dus verhogen van temperatuur en verlagen van koolzuurgas betekent wel altijd verkorting van bewaring

4.2 **Start bewaar seizoen**

Elk nieuw of eerste bewaar seizoen vraagt alle aandacht voor het gebruik van de cellen. De belangrijkste zaken zijn in de onderstaande checklist opgenomen.

- Schoonmaken en reinigen van koelcellen, eventueel ontsmetten samen met het fust
- Controleren gasdichtheid cellen en eventuele reparatie
- Controleren werking over- en onderdrukklep en long
- Schoonsoelen lekbakken verdampers
- Voeding op carterverwarming koelinstallatie om carter op te warmen
- Opstarten koelinstallaties en controleren drukken
- Controleren kijkglas op voldoende koudemiddel; zorg dat minimaal 60 % van de cellen vragend zijn bij centrale installaties
- IJken temperatuurvoelers
- Schoonmaken condensor
- Controleren ventilatoren op werking, aanloop en draairichting
- Bepalen of controleren op welke stand (schakelkast of regelaar), welke ventilatoren draaien
- IJken zuurstof en koolzuurgasmeter
- Instellen nieuwe bewaarcondities
- Aanpassen alarmen en instellingen waakvoelers

- Aanpassen ontdooiing voor de inkoel situatie
- Instellen op inkoelstand (o.a. continue ventilatie)
- Aanvullende kalk bij Actieve Kool Scrubbers
- Toepassing stikstof voor snelle zuurstofdaling
- Vloer nat, cel koud!

Een deel van de bovenstaande zaken kan door de koelinstallateur worden uitgevoerd, maar in veel gevallen is het verstandig vanuit eigen verantwoordelijkheid een aanvullende controle uit te voeren.

4.2.1 *Stapelning*

Fruitcellen worden ontworpen op basis van de meest voorkomende kistmaat. In de uitblaasrichting van de verdamper wordt tussen wand en kist 15 cm luchtspleet aangehouden. Tussen de slagen wordt 10 cm aangehouden. In de diepte van de cellen mogen de kisten tegen elkaar aan staan, maar door stapelhoogte en stapelscheefte zal hier toch ruimte verloren gaan (2-5 cm). Aan beide kanten van de cel moet een ruimte beschikbaar zijn die afhangt van de totale diepte van de cel.

De lucht moet eenvoudig vanuit de verdamper over het product langs de tegenoverstaande wand naar beneden kunnen. Bij beperkt celdiepte van minder dan 7.5 meter kan volstaan worden met 25 cm, maar zeker bij diepe cellen van meer dan 12.5 meter moet rekening gehouden worden met een ruimte tot zelfs 50 cm. Aan de aanzuigkant van de verdamper is dient dezelfde ruimte beschikbaar te zijn. De lucht moet niet vanwege een beperkte doorgang via andere routes kunnen kortsluiten. Zorg dat aan de deurzijde eventueel extra ruimte beschikbaar is voor heftruckbewegingen.

De ruimte boven de kisten is beperkt tot de uitblaashoogte van de verdamper. Wordt er toch hoger gestapeld dan moet de luchtstroom met geleidingsplaten over de hoger gestapelde kisten worden geleid. Zorg dat de ruimte boven de kisten altijd vergelijkbaar is met de ruimte die aan de achter- en voorwand wordt aangehouden. Uitzonderingen bevestigen de regel.

Voorkomen moet worden dat door een te beperkte hoogte de luchthoeveelheid tot enorme luchtsnelheden leidt. Ook hier geldt dat er ervaringen zijn met een ruimte tussen product en plafond van maximaal 15 cm. Echter de risico's op problemen zijn hier erg groot. Teveel ruimte kan echter weer tot te lage snelheden leiden waardoor problemen optreden met worp.

Een goede belijning op de vloer voorkomt schade aan isolatie en maakt het stapelen makkelijker.

Goede stapeling leidt tot een optimale luchtstroom die koud/warmte overal brengt en haalt. Trends om kisten volledig als blok te stapelen blijken op een aantal plaatsen goede resultaten te geven. Voorwaarde blijft dat er op zijn minst per slag (in de uitblaasrichting van de verdamper) een gelijksoortige kist wordt gebruikt. De lucht moet immers wel ergens langs kunnen.

Afhankelijk van het type ventilator en de beschikbaarheid van de ruimte voor luchtbeweging zal door een blokkering in de luchtstroom, ophoping van warmte kunnen optreden.

Bij het toepassen van lengtespleten meten we ongeveer 50 % van het luchttransport in de spleten en 50 % door de palletopeningen. Vooral bij wisselend fustgebruik (verschillende hoogtematen) vervalt de transportmogelijkheid door de palletopeningen en moet alle warmte door de spleten afgevoerd worden. Zorg dat dit mogelijk is.

Een technisch bepalende factor voor het resultaat is de luchtkarakteristiek van de verdamperventilatoren. Door een grote externe weerstand in de vorm van de stapeling van het product of een enorm drukverschil tussen blaaszijde en zuigzijde van de verdamper, nemen de worp en/of de m³ luchtproductie van de ventilatoren zienderogen af.

4.2.2 *Temperatuurinstelling*

De regelthermostaat moet zodanig worden ingesteld dat de gewenste producttemperatuur behaald wordt. Hiervoor kan het nodig zijn de ingestelde temperatuur van de regelthermostaat meer dan 0.5 graad lager te stellen dan de gewenste productwaarde. Ga er in geen geval vanuit dat bij een instelwaarde van 1 graad het product ook inderdaad 1 graad wordt. Er spelen namelijk diverse zaken die tot de producttemperatuur leiden:

- Luchttemperatuur is iets anders als producttemperatuur
- Binnen de cel is altijd enig verschil in producttemperatuur; het streven is een kleiner verschil dan 0.5 graad (koudste en warmste plaats).
- De luchttemperatuur maakt met koelacties ook een zekere variatie door. Instellen op 1 graad betekent in de aanzuig van de verdamper meestal een variatie van 1 tot ongeveer 1.5 graad (0,5 graad differentie). De uitblaastemperatuur van de verdamper kan tijdens een koelactie echt dalen tot ongeveer 4 graden onder de aanzuigtemperatuur (-3 graden bij een 1 graadcel).

Doel is het bereiken van een gemiddelde producttemperatuur volgens advieswaarde. Zolang de koudste producttemperatuur in de cel niet meer dan 0.2 graad kouder is dan de gewenste producttemperatuur is dit geen probleem.

4.2.3 *Luchthoeveelheid*

Bij het ontwerp van de cel wordt gekozen voor een bepaalde luchtproductie per bruto celinhoud om hiermee de warmte voldoende uit de kist te halen. Deze luchtverplaatsing (in m³/uur per m³ lege celinhoud) wordt CV (circulatievoud) genoemd. Hierbij wordt een normgetal van 50 tot 65 genoemd.

Het vertrekpunt bij elke installatie tijdens het inkoelen is een continue luchtcirculatie, waarbij alle ventilatoren dus maximaal ventileren. Zowel tijdens een koelactie als hierna wordt continu gecirculeerd. Alleen tijdens ontdooien (met heetgas of elektrisch) gaan de ventilatoren uit. Bij luchtontdooiing (ontdooien met de ventilatorwarmte) wordt uiteraard gewoon doorgecirculeerd.

Juist bij Conference kan de lagere circulatietijd tot een gunstigere verdeling van het vochtverlies leiden. Zeker als de Conference afgedekt is, lijkt de noodzaak van een continu circulatie beperkt. Hou echter in alle gevallen wel scherp de producttemperatuur op de koudste en warmste plaats in de cel in de gaten.

Luchtcirculatie heeft ook invloed op het (plaatselijk) invriezen van het verdamperblok. Ontstaat dit probleem dan is meer circuleren gewenst.

Bij de keuze voor een verminderde ventilatie bestaat de voorkeur voor een tijdregeling. Dus met alle ventilatoren aan gedurende een kortere tijd ventileren. Denk hierbij bij voorbeeld aan het instellen van een circulatietijd na een koelactie of het interval circuleren (bijvoorbeeld 10 minuten aan/5 minuten uit tussen de koelacties in.

Het verminderen van de luchthoeveelheid door het aanpassen van het toerental van de ventilatoren gaat vaak ook ten kosten van de stuwkracht van de ventilatoren. Hierdoor komt de lucht vooral in diepere en hogere cellen niet meer goed rond en ontstaan warme en ongeventileerde plaatsen. De gevolgen van een toerenregeling van ventilatoren op de luchthoeveelheid en eigenschappen is sterk afhankelijk van het type ventilator.

Om te zorgen voor een juiste benutting van de geïnstalleerde hoeveelheid lucht is het in ieder geval belangrijk om valse luchtstromingen zoveel mogelijk te voorkomen. Door een verdamperoppervlakte te kiezen die een groot deel van de breedte van de cel afdekt is de ruimte naast de koeler vaak beperkt. De overblijvende ruimte naast en onder de koeler moet met bijvoorbeeld zeildoek worden afgeschermd.

4.2.4 *Ontdooiing*

Tijdens de inslag moet de verdamper bij voorkeur met regelmaat ontdooid worden. Zorg dat na elke ontdooiactie de verdamper schoon (ijsvrij) is. Hou vooral de eerste dagen van het volrijden van de cel de verdamper goed in de gaten. Door de lange draaitijden vanwege de hoge warmtebelasting, de deuropeningen (vochtinbreng) en vocht in/aan kisten en product, is de ijsvorming groter. Inslag van nat product of inkoelen tijdens regenachtig weer betekent automatisch vaker ontdooien. Exacte instellingen zijn alleen op celniveau te bepalen door de verdamper goed in de gaten te houden. In onderstaande tabel wordt enige richting gegeven.

Product	Bewaar temperatuur (°C)	Aantal acties per etmaal	Maximale ontdooitijd per actie	Type ontdooiing	Instelling ontdooi- beëindigings- temperatuur
Peren	-0.5 tot -1	4	30 minuten	Elektrisch of heetgas	12 graden
Appels	+1	2	30 minuten	Lucht (ventilatie) (evt. elektrisch of heetgas)	7 graden
Appels	+4	2	30 minuten	Lucht (ventilatie)	5 graden

Tabel 9 Uitgangspunten voor ontdooi instellingen

Vóór het afsluiten voor ULO bewaring van de cel moet de verdamper nog van dichtbij gecontroleerd worden. Een klein beetje ijs achter in de verdamper is op afstand namelijk niet te zien. Eenmaal een begin in ijsvorming geeft vaak het gehele bewaar seizoen problemen en leidt tot capaciteitsverlies van de verdamper.

Blijkt de bovenstaande instelling onvoldoende, dan moet in eerste instantie beoordeeld worden of de ingestelde beëindigingstemperatuur gehaald wordt of dat de ontdooiing op tijd (30 minuten) wordt uitgeschakeld. Soms zit de blokvoeler op een plaats in de verdamper die snel ontdooit of wordt vanuit het systeem te weinig warmte (bijvoorbeeld heetgas) geleverd. Dan kan het nodig zijn de 30 minuten te verlengen of de beëindigingstemperatuur te verhogen. Pas als dit onderzocht is, kan bij blijvende problemen een groter aantal ontdooiacties per etmaal gekozen worden. Na een twee tot drie weken moet het aantal of de tijd van de ontdooiacties verkleind kunnen worden. Warmte inbreng en energieverbruik van ontdooiingsystemen moet immers zoveel mogelijk beperkt worden.

Bij veel celregelaars kan een uitdruip tijd ingesteld worden. Dit is een periode na het ontdooien waarin smeltwater nog de gelegenheid krijgt van de lamellen te stromen. Hiernaast kan ook een aanvriestijd ingesteld worden. De vloeistofklep van de koelinstallatie gaat dan open waardoor het koudemiddel in de verdamper verdampt. Zonder werkende ventilatoren bevriezen de resterende waterdruppels. Dit alles ten doel om de warmte (en water) van het ontdooien niet de cel in te blazen.

Om te controleren of een koeler echt schoon is kan op enig moment een reeks van ontdooiacties kort achter elkaar worden uitgevoerd. Hiervoor is het wel belangrijk om de ontdooibeëindigingstemperatuur te verhogen zodat er iets langer wordt ontdooit. Doel is om plaatsen met hardnekkig ijs in de koeler te bereiken. Op basis van het gemeten condenswater kan beoordeeld worden of al het ijs is verwijderd. Zolang er duidelijk condenswater van de koeler komt is deze namelijk niet ijsvrij.

4.2.5 Inkoelen en bewaren

Veel koelinstallaties hebben de mogelijkheid om een keuze te maken tussen stand inkoelen en bewaren. In de meeste gevallen komt het erop neer dat in de inkoelstand met een maximale compressorcapaciteit gekoeld wordt. In de inkoelstand, schakelen meerdere compressoren in of schakelen deze sneller. De grotere compressorcapaciteit verlaagt de verdampingsdruk en dus ook de verdampingstemperatuur van het koudemiddel met als gevolg een koudere verdamper (= meer capaciteit). Vaak staat op de stand inkoelen ook de ventilatiehoeveelheid automatisch op zijn hoogste stand. Het is zaak dit per installatie te controleren.

In de bewaarstand wordt bij diverse installaties de compressorcapaciteit per cel beperkt. Naast een minder energieverbruik is de capaciteit van de installatie/verdamer zo uitgelegd dat de ontvochtiging van de verdamper bij de bewaarstand optimaal hoort te zijn. Schakel pas na minimaal één week na het bereiken van de gewenste vruchttemperatuur over op bewaarstand. Moderne regelingen hebben de functie van inkoelen en bewaren gekoppeld aan de celregeling. Bij inkoelen wordt op basis van een ingestelde temperatuur en differentie gekoeld. Bij bewaren gebeurt het koelen op basis van een estafette of mogen/moeten regeling (bijvoorbeeld 1 maal per uur terugkoelen naar ingestelde waarde).

4.2.6 *Vochtverlies en koelwerking*

In veel literatuur wordt een direct verband beschreven tussen de vochtonttrekking van een koeler en de instelling van de koelinstallatie. Niets is minder waar. Door het koude verdamperoppervlak (meestal ook nog onder nul °C), en de relatief vochtige lucht in de cel slaat vocht neer op het koude verdamperoppervlak. De omstandigheden waaronder op een koeler meer of minder vocht neerslaat, zijn echter nog tot op heden een punt van discussie. Veel koelinstallateurs, literatuurbronnen geven een directe relatie weer tussen het gekozen temperatuurverschil (verschil tussen de verdampingstemperatuur van het koudemiddel en de celtemperatuur) en het vochtverlies. Een groter temperatuurverschil leidt tot een groter vochtverlies. In de bewaarpraktijk lijkt dit echter maar voor een beperkt deel waar. De achtergrond van de misvatting zit voor een groot deel in het feit dat de bewaring voor fruit feitelijk uit twee fases bestaat:

- inkoelen
- bewaren

Tijdens het inkoelen zal vanwege het grote warmte aanbod veel van de capaciteit van de installatie gevraagd worden. De meeste koelinstallaties worden zo ontworpen dat een zeker tonnage binnen een zo beperkt mogelijke periode afgekoeld kan worden. Tijdens het inkoelen (beladen van de cel) zullen de koeluren van inkoelcellen tussen de 5 en 23,5 uur per dag liggen. In verband met de ontdooiperiode (= niet koelen) nooit 24 uur.

Tijdens het bewaren is het warmteaanbod veel geringer. Met de koeler die ontworpen is om de inslagwarmte snel af te voeren kan dan binnen 1 tot 4 uur de cel op temperatuur gehouden worden.

Door de koeler kouder te maken (de verdampingstemperatuur van het koudemiddel te verlagen) en dus het temperatuurverschil (TV) met de celluchttemperatuur te vergroten, wordt ook de

capaciteit van de koeler vergroot. De grotere koelcapaciteit leidt automatisch tot een kortere koeltijd op de cel.

Aangezien juist de koeltijd tot vochtonttrekking van de cellucht leidt, kan door het beperken van de koeltijd deze tijd worden beperkt. De keuze wordt dus langer koelen met een kleiner TV (en dus minder condensanslag per minuut) of juist korter koelen met een groter TV. Het uiteindelijke verschil zal afhangen hoe goed de installatie (vooral de verdamper) bij de verschillende instellingen daadwerkelijk functioneert. Denk hierbij vooral aan de koudemiddelverdeling over de verdamper bij het verschillende TV. In de praktijk kan de verdeling bij een kleiner TV zodanig tegenvallen dat de koeltijd bij een kleiner TV vele malen groter is dan bij een groter TV en hierdoor bij een klein TV juist veel meer vocht condenseert door de langere koelperiode.

Vochtverliezen kunnen geminimaliseerd worden door een koeler optimaal te benutten en zo een minimale koeltijd te creëren bij een bij voorkeur klein temperatuurverschil. Veel monteurs hebben de neiging om bij uw opmerking over teveel koeluren het TV te vergroten (groter TV = meer koelcapaciteit). Hierdoor zal het probleem van vochtverlies echter niet of nauwelijks verbeteren. Belangrijker is het dat de monteur bij eenzelfde TV of zelfs een kleiner TV de koeluren terug weet te brengen. Dit kan bijvoorbeeld gedaan worden door het verkleinen van de oververhitting van de verdamper, het verhogen van een te lage voordruk van het expansieventiel, het onderkoelen van het koudemiddel etc. Een goede monteur weet hier raad mee.

4.2.7 *Instelling alarmen en waakvoelers*

De ervaring leert dan instellingen van alarmen niet te krap ingesteld moeten worden. Door een regelmatig alarm is de waarschuwing al snel niet effectief meer. De juiste waaktemperatuur is sterk afhankelijk van de instellingen van de koelinstallatie en de plaats van de voeler. Bij sommige koelcellen wordt de waakvoeler vast op de tegenoverliggende wand van de verdamper geplaatst, bij andere wordt de voeler tussen het product geplaatst. Afhankelijk van de lucht die langs de voeler kan stromen, moet de instelling worden gedaan. Uiteindelijk moet een vertaling gemaakt worden van de waaktemperatuur naar de producttemperatuur.

Komt het ingrijpen van de waakvoeler met regelmaat voor, dan moet in overleg met de installateur/adviseur een oplossing gezocht worden. De instelling van de waakvoeler is ook al tijdens het inkoelen erg belangrijk.

Bij de alarmering rond de zuurstof en CO₂ waarde is voor het zuurstof vooral de onderwaarde en voor de CO₂ de bovenwaarde belangrijk. Bij zowel het zuurstofpercentage als bij het CO₂ % is een marge van 0.2-0.3 % acceptabel. Wel moet bij een alarm direct actie ondernomen worden. Let wel voor Conference cellen is de alarmering tijdens het inkoelen erg belangrijk. In deze periode mag absoluut niet méér CO₂ opgebouwd worden.

Hoog zuurstofalarm en laag CO₂ alarm werkt vaak alleen verstorend. Meestal is hier immers weinig aan te doen. Immers blijkt een cel te lek, of is deze korte tijd ervoor open geweest, dan is het niet zinvol hier via de alarmen steeds weer op te worden gewezen.

4.2.8 Ijken

Ijk of controleer alle temperatuurvoelers ieder jaar. Doe enkele ijsklontjes (bij voorkeur van gedestilleerd water) in een thermoskan. Vul dit aan met water zodat de klontjes net onder water staan. Laat het ijs voor de helft smelten (halfuurtje laten staan). Roer tijdens het ijken de voeler door het water. Zonder roeren is ijken zinloos. Een elektrabuis met enkele gaatjes onderin waarin de voeler kan worden gestoken is een prima handvat om te kunnen roeren. Op deze manier is het roeren makkelijker en is contact tussen voeler en fleswand/ijsklontjes niet mogelijk. Terwijl één persoon roert kan een andere de aflezing controleren. Noteer de afwijking op een sticker en plak deze op de thermostaat of thermometer. Laat het bijstellen van de thermostaat over aan de installateur. Deze kan bij te grote afwijking namelijk concluderen dat de voeler vervangen moet worden.

Zuurstof en CO₂ meters dienen frequent gecontroleerd te worden. Bijstellen van waarden moet gebeuren als de afwijkingen meer dan 0.2 % bedragen (in het belangrijke meetbereik). Pas de frequentie van ijken aan op de geconstateerde afwijkingen. Controle dient in praktijk minimaal 1 maal per week te gebeuren.

4.3 Opmerkingen start bewaring

Hieronder worden de belangrijkste zaken beschreven voor de start van de bewaring.

- Leg waak- of productvoeler (koudste) op koudste plaats in de cel (controleer deze plaats hiernaast ook met een geijkte handthermometer). De laagste temperatuur meten we meestal ergens in de uitblaas van de verdamper.
- Productvoeler (warmste) ingraven in de 2^e kist van de vloer en de 2^e stapel van de wand in de stapel onder de koeler.
- Stel ontthooing ruim in en breidt dit uit of verkort deze o.b.v. waarneming van ijs- of rijpvorming op het verdamperblok.
- Zet de ontthooibeëindigingstemperatuur op zeker 10 graden. Klim regelmatig naar de koeler toe voor een controle van dichtbij.
- Stel de ingestelde temperatuur zodanig in dat de waakvoeler geen alarmering geeft. Dit is vaak even zoeken. Blijft met de handthermometer in product controleren er zorg ervoor dat de koudste producttemperatuur op advieswaarde blijft.
- Stel de differentie zo groot dat ongeveer 25-50 koelacties per dag gemaakt worden. Tijdens een dag met productinbreng zal dit aantal door de lange koeltijden duidelijk lager zijn.
- Instelling waakvoeler afhankelijk van plaats ongeveer 1 graad lager dan de koudste producttemperatuur.
- Meet het % CO₂ in de cel vanaf het moment dat de eerste producten ingeslagen worden. Het CO₂ % moet onder de 1.0 % blijven. Pas de mate van beluchting aan op de meetwaarde, teveel beluchten geeft een verhoging van het vochtverlies.
- Bereidt voldoende monsterzakken voor.
- Streef naar een producttemperatuur gemiddelde koudste en warmste voeler

- Streef naar een verschil in voelertemperatuur (koudste / warmste) van kleiner dan 0.5 graad.
- Noteer vanaf inbreng laatste inslag liters onttrokken vocht.
- Cel op temperatuur dan streven naar 25 acties per etmaal
- Omstellen naar bewaarstand en reduceren luchtcirculatietijden.

4.4 Praktische aspecten afdekken perencellen

Het afdekken gebeurt om het vochtverlies tijdens bewaring zoveel mogelijk te beperken. Gebruik hiervoor ongeperforeerde plastic. Dit wordt op rollen geleverd op de maat van de kist. Ook zijn zogenaamde plastic mutsen beschikbaar. Wees zorgvuldig op het aanbrengen er mogen geen naden of spleten ontstaan anders ontstaat er weer teveel plaatselijk verlies. Kisten met ruime spleten zullen een beperkt voordeel van afdekken hebben.

Belangrijke discussie is wanneer het afdekken kan of moet plaatsvinden. In het KwaliCon onderzoek is vastgesteld dat =direct na de pluk afgedekt kan worden zonder merkbare negatieve effecten op de productkwaliteit. Echter hierbij is wel het uitgangspunt dat de koelinstallatie voldoende capaciteit heeft. Bij afgedekte peren kisten dient de producttemperatuur van maximaal 0°C binnen 5-7 dagen te worden gerealiseerd. Om deze afkoeling te realiseren zal mogelijk moeten worden voorgekoeld. Zeker de laatste kisten in een cel (onder de verdamper bij de deur) dienen voorgekoeld geplaatst te worden.

Afgedekte kisten vragen extra aandacht voor de temperatuurinstellingen.

Zorg er altijd voor dat in één cel ofwel afgedekte peren staan ofwel alleen niet afgedekte peren

4.5 Watermeten

Voor een indruk van het vochtverlies van het product is watermeten gewenst. Wekelijks meten is meer dan voldoende. Vaker meten geeft een verstoord beeld door de dagelijkse schommelingen. Naast een beeld van vochtverlies van het product is het ook een signaal dat verdamper of lekbak ijsvrij is. Loopt de gemeten hoeveelheid condenswater sterk terug, beoordeel dan zeker de verdamper.

Zolang als de cel open is, is watermeten voor een indruk van het vochtverlies van het product zinloos. Wel kan het als indicatie gelden voor ijsvorming in de verdamper. Alleen CA cellen of mechanische cellen die langere tijd 'dicht' zijn, geven een eerlijk beeld.

4.6 Inslagbeoordeling kwaliteit fruit

Om de kwaliteit tijdens de bewaring enigermate te kunnen volgen is het belangrijk om de inslagkwaliteit van het fruit vast te leggen. Hierbij moet gedacht worden aan grondkleur, penetrometerwaarde en voor zover mogelijk de brixwaarde. Voor het eigen fruit is dit belangrijk vanwege inzicht in het kwaliteitsverloop. Als voor derden wordt bewaard is belangrijk om gegevens van de inslagkwaliteit te hebben in verband met eventueel ontstaan van kwaliteitsgebreken tijdens bewaring.

4.7 Celcontroles

Celcontroles moeten uitgevoerd worden aan representatieve monsters. Monster dus altijd product uit meerdere stapelkisten. Zorg voor voldoende monsters van elke partij in de cel. Een partij is een hoeveelheid fruit van één herkomst (perceel / leeftijd) die in een aaneengesloten periode van maximaal 5 dagen binnenkomt. De monsters worden steeds uit de laatst aangevoerde lading van een partij genomen.

Hoe de productcontrole wordt uitgevoerd is afhankelijk van de mogelijkheden op de cel en eventuele uitrusting met bijv. luiken etc. Monsters kunnen achter de inspectieluiken geplaatst worden of in de vorm van voorraadkisten per herkomst achter de deur. Realiseer dan wel dat de monsters nooit op een ideale plek staan qua temperatuur, vochtigheid etc.

Monsters van achter de deur kan echter alleen als er de beschikking is over stikstof separator.

Bij een controle wordt door één persoon snel de deur geopend terwijl de tweede persoon snel de eerste rij kisten eruit pakt. Voordeel van dit systeem is dat er een betere kijk is op de totale kwaliteit terwijl vooraf er ook geen aparte monsters hoeven worden klaargemaakt. Na het beoordelen of eventueel monsters worden de kisten weer terug geplaatst.

Voor elke celcontrole zijn per partij minimaal 10-15 vruchten nodig voor direct beoordeling en beoordeling na uitstal.

Belangrijke aandachtspunten voor kwaliteitscontrole zijn:

Conference 4 tot 5 weken na de realisatie van het ULO regime vindt een controle op "Hol en bruin" (minimaal 15 vruchten) plaats. In geval van monsterzakken is er een reservemonster beschikbaar voor aanvullende controle als het eerste monster reden tot twifelen geeft.

Vanaf februari vindt minimaal eens per 1½ maand een controle plaats op hardheid, inwendige kwaliteit en overige kwaliteit, steeds direct uit de cel.

Appels Bij een lange(re) bewaarperiode wordt vanaf januari minimaal eens per 1½ maand gecontroleerd op uit- en inwendige afwijkingen aan 15 vruchten. Bij alle rassen gebeurt dit direct na de cel. Bij Elstar, Jonagold en Cox wordt de kwaliteit in overleg ook na enkele dagen uitstalling bij 18°C beoordeeld. Dit om respectievelijk schilvlekjes, scald, lage temperatuurbederf en stipontwikkeling aan te tonen.

4.8 Ontsmetten van koelcel en fust

Schimmelgroei tijdens bewaring is het teken van hoge luchtvochtigheid in de cel in combinatie met de aanwezigheid van specifieke schimmels. De hoge vochtigheid kan veroorzaakt worden door een grote 'levering' van vocht vanuit het product (bijvoorbeeld nat geplukt, hoog percentage rot, nat fust, hoge vochtafgifte) of door een minimale onttrekking door de koelinstallatie. Dit laatste is voor bijvoorbeeld perenbewaring gunstig, waarbij het nadeel van schimmelgroei op fust, wanden en vruchten wel voor lief genomen moet worden. Bekend zijn zware schimmelontwikkeling juist bij de warme cellen (Boskoop).

Is fust of wanden bedekt met een laag schimmels, dan behoren deze in de meeste gevallen tot schimmels die algemeen voorkomen. Gerichte bestrijding in de boomgaard is niet relevant.

Fust of wanden met schimmels moeten worden schoon gemaakt. In veel gevallen is het effect van ontsmetten beperkt. Dit kan komen doordat ontsmette kisten weer enige tijd in de boomgaard staan en hier herbesmet raken bij vochtig weer.

Ontsmetten van fust kan met in de markt aanwezige ontsmettingsmiddelen en technieken.

4.9 Veiligheid

Een CA of ULO cel is bij betreding dodelijk. Bij diverse bewaarders zijn recent en in het verleden kleine en fatale ongelukken voorgekomen met de ULO cellen. Praktisch iedereen die iets met ULO bewaring te maken heeft kent wel een voorbeeld, en meestal van heel dichtbij. ULO bewaring betekent twee zaken:

- Het CO₂ in de lucht werkt als vergif
- Het ontbreken van voldoende zuurstof stelt het functioneren van de hersenen op nul.

Een sluitend protocol voor een maximale veiligheid rond het werken met ULO cellen is bijzonder moeilijk te maken. Uiteindelijk heeft elke bewaarder zijn eigen verantwoordelijkheid, maar moet in de praktijk nog wel te werken zijn. De onderstaande tekst is opgesteld door FBR naar aanleiding van een dodelijke afloop van een productcontrole maar sluit niet uit dat ergens iets kan gebeuren.

Veiligheid rondom ULO cellen

“Wederom zijn we opgeschrikt door een sterfgeval van een fruitbewaarder. De details van het ongeval zijn bij ons niet bekend, maar ook deze keer krijgen we een bevestiging dat zowel mensen die bekend zijn met de gevaren van ULO als mensen die de gevaren niet kennen een groot risico lopen in en om ULO cellen.”

Bedachtzaamheid bij het werken met ULO cellen is voor iedereen essentieel. Bedenktijd voor als het mis gaat is er niet !!!

Dit ongeval is voor een FBR ook een reden om weer naar interne procedures te kijken. Vanuit eigen ervaring met de onderzoeksfaciliteiten van A&F kennen we het gevaar van laag zuurstof of vreemde condities.

Hiernaast realiseren we ons steeds meer de voorbeeld- en de voorlichtende functie die we hebben bij ons werk onderweg. Ongelukken zoals die de laatste jaren gebeurt zijn, moeten vooral het bewustzijn van mensen die met ULO cellen voor veilig werken voor langere tijd vergroten.

Feitelijk dienen alle werkzaamheden die met het betreden/openen van een ULO cel te maken hebben voorzien te zijn van een reeks van veiligheidsmaatregelen. De veiligheid van een ULO cel wordt in basis gemaakt door cellen af te sluiten. Vooral mensen, onbekend met laag zuurstof, mogen niet de kans krijgen via deur of luik de cel te betreden. Alles moet dicht en op slot (sleutel eruit!!!). Deuren alleen op de knevels sluiten is onvoldoende gebleken. Zorg dat de deurklinken verwijderd zijn.

- Eén van de belangrijkste veiligheidsvoorziening is een adequate tweede persoon die tijdens celhandelingen aanwezig is en een noodprocedure kan starten.
- Zorg voor duidelijkheid over de noodprocedure.
- Betreden van of reiken in een cel onder laag zuurstof is met welke techniek dan ook uit den boze. De werkruimte is veel te klein om noodmaatregelen uit te voeren. Cellen die net geopend zijn, mogen niet zondermeer betreedt worden. Het op voldoende hoog zuurstof brengen van de gehele cel, kan afhankelijk van de situatie uren in beslag nemen. Een juiste zuurstofmeting voor het betreden van de cel is wel het minste. Hou hier met name rekening met de plaats van meten. Klim dus zeker niet zomaar omhoog.
- Zorg dat monsters voor kwaliteit beoordeling eenvoudig bereikbaar zijn. Te ver reiken om het product te pakken geeft grote risico's. Ook bij deze controles is de aanwezigheid van een tweede persoon noodzakelijk.
- Zorg voor voldoende luchtverversing in de loods om zuurstofarme lucht uit de cellen af te voeren. Neem een veiligheidsmeter mee bij handelingen rond CA cellen.

Het zal duidelijk zijn dat deze instructies nooit compleet kunnen zijn. De toevalligheid van omstandigheden kunnen maken dat er toch gevaren bestaan. Bedachtzaamheid is het belangrijkste en kijken naar de buurman is in deze uit den boze.

Fameuze fouten die in de loop van de jaren bekend zijn geworden zijn:

- Kalk wisselen met gasheftruck. Motor slaat af etc....
- Productcontrole: probleempartij staat net te ver weg...
- Productcontrole boven op ladder op 5 meter hoogte. Verkeerde hap lucht....
- Beoordelen verdamper. Kan er net bij
- Ongewenst bezoek of zoekende gasten. Kijken of ie misschien in de cel is....
- Kijk maar in de cel, is nog open (maar wel met 7 % CO₂ erop)
- Heeft u kleine kinderen let dan vooral op spelende vriendjes

Vergrendel ULO cellen zoveel mogelijk. De kleine knevels zijn onvoldoende. Een hangslot, een duidelijke waarschuwing en het demonteren van de deurhendel leveren nog de beste resultaten op. Let wel dat een fatale fout in de sector met huidige 'persgekte over veiligheid' desastreuze gevolgen kan hebben, niet alleen voor uzelf.

5 Energie management

5.1 Wat is het energieverbruik van mijn koelinstallatie?

5.1.1 Verbruikers

In dit hoofdstuk staat het elektriciteitsverbruik van fruitbewaring centraal, op de meeste bedrijven is dit verbruik ook het hoofdaandeel van het energieverbruik. Het exacte aandeel van verschillende verbruikers binnen het fruitbedrijf is moeilijk te bepalen. De koelinstallatie verbruikt 70% tot 90% van het totale verbruik. De overige verbruikers op het fruitbedrijf, nemen zo'n 10% tot 35% van het totale energieverbruik tot hun rekening.

Denk hierbij aan verbruik van sorteerinstallatie, verlichting en basisverbruik, huishoudelijk verbruik, fertigatiestations, pompen onderbemaling, laadstations voor heftrucks, verwarming, verbruik winkel, perslucht.

5.1.2 Registratie

Het totale energieverbruik kunt u via de maandelijks of jaarlijkse afrekening van het energiebedrijf inzien.

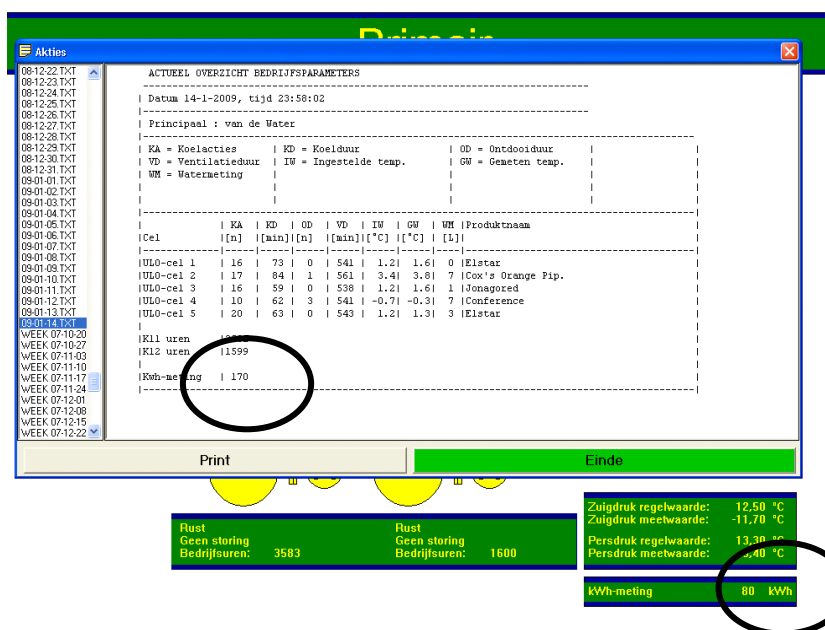
Bij deze registratie zal niet alleen het totale kWh verbruik maar ook het gebruik per cel moeten worden vastgelegd. Het verdient zelfs de voorkeur juist op het moment van wijzigen van celgebruik (bijvoorbeeld een uitslagmoment) een registratiemoment van de kWh te hebben.

Voorbeeld registratie kWh

Datum	KWh (dag)	KWh (nacht)	Totaal verbruik	Tonnage alle cellen in gebruik	kWh per ton per dag
14-1-2009	82	88	170	490	0,35
15-1-2009	92	108	200	490	0,41
16-1-2009	70	80	150	490	0,31

Zo herkent u het energieverbruik van specifieke cellen en kan gericht worden geoptimaliseerd. Voor frequentere registratie zal zelf meer geregistreerd moeten worden. Een lijst bij de centrale (meterkast) of decentrale (voeding koel- en CA-installatie) die handmatige ingevuld wordt voldoet in eerste instantie prima.

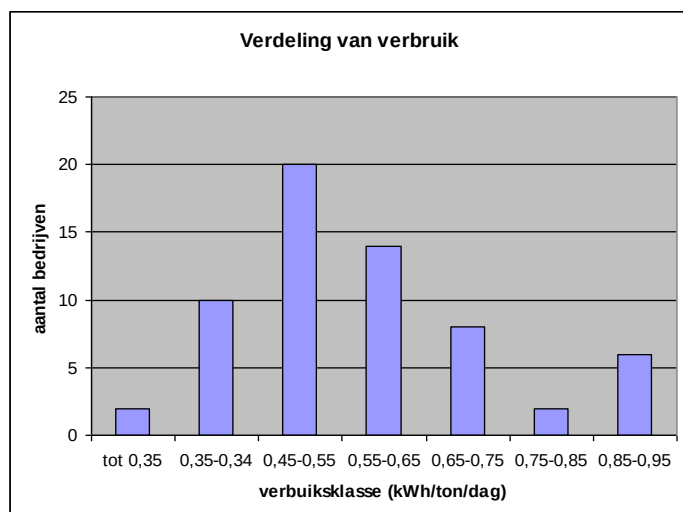
Bedrijven met naar inschatting meer dan 15 % verbruik door overige elektraverbruikers en een totaalverbruik van 100.000 kWh op jaarbasis kunnen beter een aparte kWh-meter installeren. Zorg voor een totaal registratie dus inclusief het verbruik van de CA apparatuur. Dit kan een belangrijke energieverbruiker zijn voor het optimaal bewaren van fruit. Kies bij voorkeur voor een kWh registratie waarbij waarden in het automatische meet – en registratiesysteem worden opgenomen. Zo is bij controle van condities in één oogopslag ook het verbruik te beoordelen.



5.2 Waar sta ik met mijn installatie

5.2.1 Normverbruik fruitbewaring

Energieverbruik van een tonnage fruitopslag is afhankelijk van een aantal variabelen. Belangrijkste variabele is het moment van fruitopslag. Tijdens de inkoelfase wordt grofweg een factor 2 hoger energieverbruik geregistreerd. Tijdens de bewaarfase is het verbruik van de installatie afhankelijk van de energiezuinige inrichting en de instellingen. Het verbruik is te vergelijken in de vorm van het aantal kilowattuur (KWh) per ton gebruikte opslagruimte per dag. Eventueel kan in plaats van “ton gebruikte opslagruimte” ook de “gekoelde m³” worden gebruikt. Uit eerdere studies blijkt dat in een vergelijkbare periode van registratie het verbruik van verschillende locaties meer dan een factor 2 kan verschillen.



Grafiek 1 verdeling energieverbruik

Uit energieonderzoek in de fruitbewaring is gebleken dat er een verdeling van elektra als in onderstaande figuur. De figuur is opgebouwd met de kWh registratie van ongeveer 60 bedrijven met koeling verspreid over het hele land in de maanden november en december. Het gemiddeld verbruik blijkt ongeveer 0,5 kWh per ton per dag. Duidelijk is dat in het verbruik van diverse locaties in dezelfde maanden met fruitbewaring als uitgangspunt een groot verschil wordt geconstateerd.

Voor elke individueel bedrijf is het belangrijk te weten waar men staat met het energieverbruik. Bij een gemiddeld of bovengemiddeld gebruik is nog veel voordeel te behalen. Blijkt uw verbruik al laag dan is dat een goed gegeven, maar zal het wellicht moeilijker zijn op eenvoudige wijze het energieverbruik verder te verlagen.

5.2.2 Verlagen energieverbruik is meer registreren

Om een afname van energieverbruik te realiseren zal de totale registratie van de koel- en CA-installatie geanalyseerd moeten worden. Hiermee krijgt u inzicht in welke energieverbruikers binnen de installatie welke bijdragen leveren in het totale verbruik. Duidelijk is dat elk van de onderdelen van de koel- en CA-installatie in werking ook zijn invloed kan hebben op de kwaliteit van het fruit.

5.2.3 Instellingen en registratie van bewaarinstallatie

De koel- en CA-installatie vormen het energieverbruik afhankelijk van de instellingen die u doet. Temperatuur- ontdooi- en ventilatorinstellingen, maar ook instellingen van de CA installatie zoals absorptie- en regeneratietijden hebben direct invloed op het energieverbruik. Veel van deze instellingen worden gedaan in meer of minder geautomatiseerde regelsystemen en door u (handmatig) of door het systeem bepaalt aan de hand van temperatuur- en O₂- en CO₂-metingen. Registratie van bewaarcondities en draaitijden geven veel informatie over de werking van de technische installatie. Aangezien veel van de zaken direct met elkaar in verband staan kan het wijzigen van één instelling tot wijzingen van registraties van andere waarden of tijden leiden. Zo heeft het aantal scrubacties invloed op de celtemperatuur en het O₂ niveau en hiermee dus ook op het energieverbruik. Registratie levert een prima inzicht in het gedrag van de koelinstallatie op veranderingen in instellingen maar ook van veranderde weersomstandigheden en verschillende producten.

Binnen de instelmogelijkheden van een koel- en CA-installatie onderscheiden we steeds minimaal twee niveaus. Op celniveau kunnen de meeste instellingen door de bewaarder worden ingesteld. Het verdient de voorkeur instellingen waarvan u het effect niet volledig kunt overzien alleen in overleg met de installateur te veranderen. Hiernaast zijn instelmogelijkheden op installatieniveau mogelijk. Deze kunt u het beste aan uw installateur overlaten. Op basis van de registratiecijfers is het wel uw taak als bewaarder om uw installateur attent te maken op instellingen en meetwaarden.

5.3 Hoe verlaag ik verantwoord het energieverbruik

Weet u het energieverbruik van uw koel- en CA-installatie, dan is de vraag hoe u dit op basis van alle informatie op een verantwoorde manier kan verlagen. Hierbij zijn de volgende wegen te bewandelen:

- 1) Betere instellingen op celniveau.
- 2) Betere instellingen op installatieniveau.
- 3) Algemene besparingen.
- 4) Technische investeringen.

Een beter gebruik van de installatie houdt in dat met instellingen van zowel de koel- als CA-installatie op cel- en installatieniveau het energieverbruik wordt verlaagd. Uiteraard moeten de effecten op het klimaat en belangrijker nog de productkwaliteit goed beoordeeld worden.

Het uiteindelijke resultaat is altijd een combinatie van de hieronder beschreven mogelijkheden. Hierbij zal de interpretatie van registratie steeds als uitgangspunt worden genomen. Alle energiebesparingen zijn gebaseerd op een cel met een opslagcapaciteit van 100 ton en 35 kW koelcapaciteit. Dit is een energieverbruik van 50 kWh per dag.

5.4 Betere instellingen op celniveau

5.4.1 Ventilatorinstellingen

Doel van circulatie in een cel is het bereiken van een uniform klimaat (vooral producttemperatuur). Registratie van temperaturen op meerdere plaatsen is dus belangrijk als informatie om wijzigingen te kunnen doen. Gebleken is dat uitschakelen van ventilatoren op moment dat het gewenste doel is bereikt de beste manier is om energie te besparen. Niet alleen besparen we het opgenomen vermogen van de ventilator ook de ingebrachte warmte (motor- en bewegingswarmte) hoeft niet meer te worden teruggekoeld. Bij elkaar opgeteld kan tot bijna 27% bespaard worden. Hiermee is een aanpassing in de ventilatorinstelling de belangrijkste om energie te besparen. Het beperken van luchtbeweging door het verminderen van het toerental is minder geschikt omdat hiermee een onduidelijke karakteristiek van de ventilator ontstaat.

- a) Zorg dat na een koelactie ventilatoren enkele minuten door blijven draaien om aanwezige koude in de cel te verspreiden.
- b) Tijdens inkoelen blijkt het regelmatig stoppen van de luchtbeweging sneller tot een egalere producttemperatuur te leiden (geldt alleen als koelcapaciteit zo groot is dat er al snel minder dan voltijds gekoeld hoeft te worden)
- c) Tijdens bewaren blijkt in minimaal 80 % van de cellen het halveren van de luchtcirculatietijd met een puls-pauze schakeling (bijvoorbeeld 4 schakelmomenten per uur) tot een betere temperatuurverdeling te leiden. Voorbeeld instelling is 2 minuten nadraaitijd na koelactie en hierna 5 minuten pauze en 5 minuten puls.
- d) Sommige cellen laten bij het beperken van de circulatie een nadelig effect zien in temperatuurverdeling en vochtverlies. Zorg dat u de registratie op orde heeft.
- e) Werkcellen vragen geen 100 % circulatie. Deze kunnen in de meeste gevallen volstaan met circuleren tijdens koelactie (automatisch). Zorg wel voor voldoende ontdooiing.

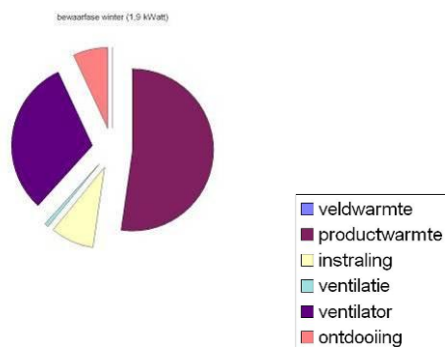
5.4.2 Koelacties

Als een keuze gemaakt moet worden voor het aantal koelacties is een koelactie per uur (ongeveer 25 per etmaal) een prima uitgangspunt. Zorg ervoor dat bij beperkte koeltijden de tijd per

koelactie niet korter wordt dan 2-3 minuten. Wanneer per etmaal 20 minuten minder gekoeld wordt kan dit leiden tot 8-20% minder energieverbruik.

5.4.3 Koeltijden

Koeltijden zijn sterk afhankelijk van de gekozen verdampertemperatuur. Hoe lager deze temperatuur hoe groter de capaciteit en korter de koeltijd. Echter een lagere verdampertemperatuur wordt bereikt door een lagere verdampingstemperatuur en –druk en leidt zo tot een slechter rendement van de compressorunit.



5.4.4 Ontdooi instellingen

Bewaarcellen boven 1.5 graad producttemperatuur kunnen zonder energetische ontdooiing ijsvrij gehouden worden. Hier kan met enige ventilatorwarmte dus worden volstaan. Werkcellen of cellen met lagere producttemperaturen vragen een energetische ontdooiing. De frequentie varieert maar meestal is één actie per etmaal of minder voldoende. Wanneer 1 ontdooiactie verminderd wordt, wordt 12% per dag bespaard, bij heetgas ontdooiing is dit 3.3% per dag. Visuele controle van verdamperoppervlakte op aanwezigheid van ijs na einde ontdooiing is belangrijk. De ontdooibeëindigingstemperatuur dient zodanig ingesteld te worden dat de verdamper op het laatste punt net ijsvrij is.

5.4.5 Rust en regelmaat in koelen.

Aan de hand van een dagelijks of wekelijkse registratie van koeluren en koelacties is prima te beoordelen hoe stabiel een installatie werkt. Juist de meest stabiele installaties geven de beste resultaten. Dit betreft dus niet alleen een stabiel beeld per cel in de tijd maar ook tussen cellen op een zelfde moment. We komen regelmatig installaties tegen waar het aantal koelacties varieert van 10 tot 80 per etmaal terwijl het type cel en product identiek is.

5.4.6 Temperatuurvariaties.

Bij bewaarcellen is de wens voor een zo stabiel mogelijk celklimaat. Voor werk- of sorteercellen is dit echter veel minder belangrijk en is een veel grotere temperatuurvariatie mogelijk. Hiermee is het frequent inschakelen van de cel door regelmatige deuropeningen te verminderen en behoudt de centrale koelinstallatie zijn regelmaat.

5.4.7 *Benutting verdamper*

Bij elk koelsysteem is het benutten van het verdamperoppervlakte zeer belangrijk. Het hele systeem wordt immers opgestart om in zo kort mogelijke tijd de ruimte/product op gewenste temperatuur te brengen. Door een mindere benutting van de verdamper (oververhitting) nemen de koeluren (en vaak ontvochtiging) toe. De oververhitting leidt tot hogere zuiggastemperatuur en geeft een nadelig effect op het rendement van de compressor en totale installatie. Als een ventiel 5% minder koudemiddel inspuit kan dat 11% schelen op het energieverbruik. Alle maatregelen die een betere benutting van het verdamperoppervlak geven zijn dus gewenst. Wijzigingen van instellingen dienen echter wel in nauw overleg met koelinstallateur te worden gedaan. Getracht moet worden de zogenaamde oververhitting tot een minimum te beperken.



Hiernaast is het belangrijk dat elke pijp van de verdamper evenredig aan het proces deelneemt. We ervaren dat door omstandigheden niet elke pijp evenredig bijdraagt aan het warmtewisselend vermogen. Onder andere de verdeling van het koudemiddel is hiervan de oorzaak. Voldoende druk voor het verdeelpunt is een belangrijk uitgangspunt. Ondersteuning van de koelinstallateur in oplossen is noodzakelijk.

5.4.8 *Verdamperdruk instellingen*

De temperatuur waarbij het koudemiddel in de verdamper verdampt bepaalt in eerste instantie de capaciteit van de verdamper en hiermee de koeltijd. Lagere verdampingstemperaturen leiden tot een hogere capaciteit. Echter een lagere verdampingstemperatuur wordt veroorzaakt door een lagere druk waardoor de compressor rendement verliest. Het verschil in energieverbruik is beschreven bij de pers- en zuigdruk instellingen. Praktijk is om een verdampingstemperatuur van minimaal 6 tot 7 graden lager dan de celtemperatuur aan te houden.

5.4.9 *Ingrijpen in koeltijd*

Met een maximale koeltijd kan voorkomen worden dat in een storingsituatie een cel te lang blijft koelen. Soms wordt deze functie ook verzorgd door een waakthermostaat. Zorg ervoor dat instellingen het normale koelbedrijf niet verstoren. Het vroegtijdig beëindigen van een koelactie leidt tot toename van koeluren door onrustig koelgedrag en leidt hierdoor direct tot hoger energieverbruik. Zowel de waakthermostaat als een eventuele instelling van maximale koeltijd dient dus alleen een duidelijke afwijking van normaal koelgedrag te bewaken.

5.4.10 *Absorptie- en regeneratietijd scrubber*

Per cel of installatie is met een absorptie en regeneratietijd de benutting van de actieve kool van een scrubber in te stellen. Omdat elke absorptieactie warme lucht de cel in brengt is het zo effectief mogelijk benutten van de kool belangrijk. Nodeloos lucht rondpompen terwijl de kool al verzadigd is moet voorkomen worden. Door middel van een meting van de luchtwaarden van de scrubber kunnen de instellingen worden geoptimaliseerd. Door een nauwkeurige afstelling wordt ongeveer 56 minuten per dag minder tijd geschrubd wat overeen kan komen met 2.5% lager energieverbruik.

5.4.11 *Afwijkingen setpunt zuurstof en CO₂*

Bij veel systemen is de brandbreedte voor het regelen van het zuurstof- en CO₂-percentage te smal. Hierdoor wordt bijvoorbeeld op dezelfde dag belucht (O₂ te hoog) en N₂ geïnjecteerd (O₂ te laag). Hiernaast moet kritisch naar de tijden van beluchten en N₂ injecteren worden gekeken.

5.4.12 *Stikstofinjectie*

Een onderschatte oorzaak van energieverbruik is het gebruik van stikstof om lekke cellen op regime te houden. Een oplossing is het verbeteren van de lekdichtheid van de cellen. Op een aantal bewaarlocaties zal ook met het beter instellen van de CO₂-scrubber een verminderde verbruik van stikstof ontstaan. Per dag 15 minuten injecteren kost al snel 3% van het gemiddelde verbruik.

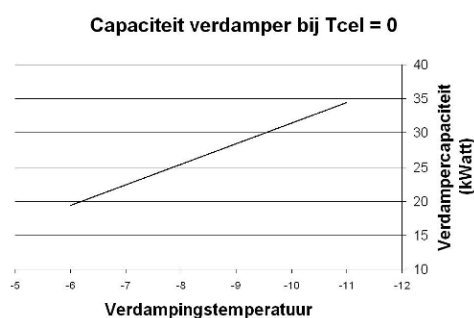
5.5 **Betere instellingen op installatieniveau**

5.5.1 *Centrale zuigdruk*

Het rendement van de compressor wordt beïnvloed door de zuig- en persdruk van de installatie. Deze hangen direct samen met de verdamping- en condensatietemperatuur. Het verkleinen van het verschil tussen verdamping- en condensatietemperatuur bespaard per graad bijna 2 % energieverbruik als gevolg van een rendementsverbetering van de compressor. Afstemming van gewenste verdampingstemperatuur op compressorniveau op de gewenste waarden op celniveau is dus één manier van energiebesparing. Bij het optimaliseren van zuigdrukken moet voldoende rekening gehouden worden met leidingverlies. Soms is een centrale verdampingstemperatuur van -12 °C nodig om op verdamperniveau op -7 °C te verdampen.

5.5.2 *Centrale persdruk/condensatietemperatuur*

Elke graad lagere condensatietemperatuur levert eveneens bijna 2 % minder energieverbruik op. Vooral in de bewaarperiode kan vanwege de lagere buitentemperaturen een lagere condensatietemperatuur worden aangehouden. Let wel dat de uiteindelijke druk voor de verdamper (verdeling koudemiddel) niet te laag wordt. We zien met regelmaat prima werkende installaties met een condensatietemperatuur van +15 °C.



5.5.3 *Gelijktijdigheid in koelvraag*

Huidige regelingen geven veel mogelijkheden om koelvraag zo gelijkmatig mogelijk te houden. Er kan zelfs direct ingesteld worden hoeveel cellen (koelcapaciteit) gelijktijdig kunnen worden gekoeld. Hierop kan de compressorcapaciteit prima worden afgesteld.

5.5.4 *Verwarmingslint*

Op diverse bedrijven is een aanzienlijke lengte verwarmingslint aanwezig om condenswaterafvoeren ijsvrij te houden. Het aanschakelen dient afgestemd te worden op het gebruik van de cellen. Indien een 10 meter lang lint onnodig aanstaat kost dit 2.4 kWh per dag. Dit komt overeen met 2.5% vermindering in het energieverbruik.

5.5.5 *Carterverwarming*

De verwarming van carters bij compressoren voorkomt indampen van koudemiddel in de olie. Uit veiligheid of gemak blijven deze elementen jaarrond aan terwijl in de bewaarfase vaak maximaal 1 compressor aangeschakeld is. Een compressor die niet in bedrijf is verbruikt dan 3.36 kWh per dag teveel, wat bijna 3.5% scheelt in het verbruik.

5.6 **Algemene bespaarmogelijkheden**

5.6.1 *Verlaging omgevingstemperatuur cellen*

Warmte-instraling proberen we met toereikende isolatie zoveel mogelijk te voorkomen. Naast een dikkere en hoogwaardige isolatie is het verlagen van de omgevingstemperatuur om de cellen zeer effectief. Elke 5 graden verlaging heeft een gelijke waarde als 2 cm isolatiemateriaal.

5.6.2 *Beladingsgraad cellen*

Optimale vulling van cellen voorkomt niet alleen verkeerde en inefficiënte luchtstroom ook het stroomverbruik is altijd duurder. Feitelijk draagt een lege koude cel (met enkele pallet) zeker zoveel bij aan het energieverbruik als een gevulde cel. Gebrek aan buffering is een deel van de verklaring. Minimaliseer dus het aantal en de periode dat cellen niet geheel gevuld toch gekoeld worden of besluit een zeer ruime temperatuurvariatie te accepteren.

5.6.3 *Vervuiling installatieonderdelen*

Zowel verdamper als condensers vragen om een regelmatige schoonmaakbeurt. Vervuiling leidt direct tot hogere energieverbruik en inefficiënt koelen.

5.7 **Energiebesparingen met technische investeringen**

Naast het optimaliseren van de bestaande installatie door een kritische blik op registratie en instellingen kunnen ook technische investeringen tot een lager verbruik leiden. Uiteraard komen deze maatregelen alleen tot hun recht als wederom met registratie en optimaliseren van instellingen de installatie kritisch beoordeeld blijft. Hieronder volgen de belangrijkste voor de handliggende opties:

- **Automatisering en visualisering van de koel- en CA-regelingen**

Vergemakkelijken van inzicht in de installatie leidt eerder tot energieverlaging. Uiteraard moet het inzicht gevolgd worden door maatregelen.

- **Toepassen van elektronische expansieventielen**

Het verlagen van de persdruk en verhogen van de zuigdruk is het beste mogelijk bij installatie uitgevoerd met elektronische ventielen. Uiteraard moet de gehele installatie inclusief de vloeistofverdeling van de verdamper geschikt zijn om optimaal te functioneren bij deze zuinige condities



- **Toepassen frequentieregelaars compressoren**

Het toepassen van frequentieregelaars op compressoren geeft bij een gewenste capaciteitvermindering een gunstig effect op het rendement. Het toenemen van de compressorcapaciteit door het verlagen van de condensordruk in de winter kan zo met een verlaging van het toerental van de compressor worden gecorrigeerd zodat niet een lagere zuigdruk ontstaat.

- **Selectie energiezuinige ventilatoren**

Weliswaar met hoge investeringen maar met mogelijkheden tot een flinke besparing in energieverbruik kunnen gelijkstroomventilatoren worden ingezet. Hiernaast wordt een groot verschil geconstateerd in energie efficiëntie van ventilatoren (Verbruik in watt per m³ lucht).

- **Toepassen frequentieregelaars overig**

Alle onderdelen die de stabiliteit van de installatie beïnvloeden kunnen met een toerenregeling worden uitgevoerd. Capaciteitsregeling van pompen (pompsystemen) of condensorventilatoren behoren hier zeker bij.

6 Exploitatie koelhuis

Vanuit eerdere cursussen ervaren wij dat er veel belangstelling is voor het kosten aspect van bewaring. In dit deel zullen we kort een toelichting geven op de investering- en exploitatiekosten van fruitbewaring.

6.1 Investeringskosten

Bij fruitbewaring zijn enkele onderdelen te onderscheiden die in onderstaande paragrafen worden besproken:

6.1.1 *Loods*

Elke onderdeel kan door de wijze van uitvoeren in kosten flink uit elkaar lopen. Vooral de loods zelf kent een grote variatie in investeringskosten. O.a. gemeentelijke eisen en/of specifieke eisen met betrekking tot brandveiligheid, maatvoering leiden tot grote verschillen in bouw prijs. Uitgaande van gebouwde m² met als doel deze te benutten door koelcellen zien we een prijsvariatie van 350 tot 550 euro per m². Steeds meer zien we de keuze gemaakt worden om specifiek voor cellenbouw een aparte loods te ontwikkelen. Deze kan dan zo gesloten mogelijk (geïsoleerd) worden uitgevoerd. Door de compacte bouw blijft niet alleen de logistiek voordelig maar blijven de kosten ook beduidend lager. Ook van de andere investeringsonderdelen.

6.1.2 *Celisolatie, deuren, gasdichtheid, luiken*

De kosten van isolatie kennen al jaren een zeker stabiel niveau. Deuren zijn de laatste jaren flink duurder geworden. Wel is er veel meer keuze in maat- en uitvoering mogelijk. Juist maatvoering van cellen maakt de kosten voor de deuren zeer belangrijk. Dezelfde deur wordt namelijk voor een 50 of 150 ton cel geplaatst. Dit geldt voor meerdere investeringsonderdelen. Toch zien we dat investeerders specifiek ook voor kleinere (duurdere) cellen kiezen omdat dit het beste past bij hun bedrijfssituatie. Loonkoelers kiezen voor steeds grotere cellen met op dit moment een gemiddelde van 120 tot 150 ton. In eurocent per kilogram ligt bovenstaande post tussen de 0.13 en 0.20.

6.1.3 *Koeltechniek*

De kosten voor de koeltechnische installatie hangt in grote mate samen met de uitvoering en vooral de capaciteit. Tegenwoordige installaties worden uitgevoerd met een veel ruimere koelcapaciteit (grotere koeler, zwaardere compressoren). Verder wordt meer geïnvesteerd in energiemaatregelen. Ook bij de koeltechniek is er een duidelijk invloed van de celgrootte op het investeringsbedrag. Met name de grotere installaties (vanaf 1.000 ton) worden steeds vaker uitgevoerd met ammoniak als koudemiddel. Door de technische uitvoering maar zeker ook vanwege een aantal veiligheidsvoorzieningen is deze installatie duidelijk duurder. In eurocent per kilogram ligt de post koeltechniek tussen de 0.15 en 0.30.

6.1.4 CA installatie (zoals scrubber, meet- en regeltechniek, PVC materiaal)

Bij de keuze voor de technische inrichting van een CA installatie is veel mogelijk. In het meten met automatisering of zonder (handmetingen), registratie (PC, printer) en/of regeling lopen ook de investeringskosten flink uiteen. Verder kan natuurlijk voor zowel kalk als actieve kool als scrubber methode worden gekozen. Boven de 200-300 ton zijn de jaarkosten in het voordeel van actieve koolscrubbers. Hiernaast kan ook de stikstof en zuurstofvoorziening op diverse wijze ingericht worden. De kosten lopen uiteen van € 2.000,- tot maximaal € 6.500,- per cel.

6.1.5 Elektrische installatie

De elektrische installatie staat in menige begroting als 'pro memorie' maar kan vooral bij middengrote projecten tot een belangrijke kostenpost leiden. Vooral de kosten bij het verzwaren van de stroomvoorziening is zeer grillig van adres tot adres. Vroegtijdig informeren naar mogelijkheden en kosten is zeer belangrijk. Voor een 3 x 160 Ampère (maximaal 1.500 ton product) aansluiting zien we prijzen van € 5.000,- tot € 35.000,-. Hiernaast dient de loads natuurlijk ook voorzien te worden van een deugdelijke hoofdverdeling met voeding voor koeltechniek en diverse kracht- en lichtgroepen.

6.2 Totaal investering

Een project van 500 ton en meer met cellen van minimaal 100 ton betekent een investeringsbedrag van 0.45 tot 0.50 eurocent per kilogram. Het betreft hier voor alle duidelijkheid alleen de inrichting. De kosten voor loads moeten apart begroot worden. Kleinere cellen betekent dat dit bedrag als snel tot 30 % hoger komt te liggen.

6.3 Exploitatiekosten

Design										
	Celgrootte	81 Ton		Product		Appel				
	Aantal cellen	8		Koelsysteem		Direct expansie				
	Totale opslag	649 Ton								
	Investering (€)	Rente (€)	Aflossing (€)	Onderhoud (€)	Arbeid	Energie (€)	Totaal zonder arbeid (€)	Investering (€ per kg)	Jaarkosten (€ per kg)	
Isolatie	€ 112,385.28	€ 2,247.71	€ 7,768.13	€ 1,992.79			€ 12,008.63	€ 0.17	€	0.02
Koeltechniek	€ 123,310.00	€ 2,466.20	€ 8,220.67	€ 2,466.20	48.6	€ 15,206.52	€ 28,359.59	€ 0.19	€	0.04
CA techniek	€ 43,527.00	€ 870.54	€ 3,685.23	€ 1,894.57	5.5	€ 68.34	€ 6,518.67	€ 0.07	€	0.01
Gebouw (deel koeling)	€ 252,180.50	€ 5,043.61	€ 3,685.23	€ 1,553.40			€ 10,282.24	€ 0.39	€	0.02
Totaal	€ 531,402.78	€ 10,628.06	€ 23,359.25	€ 7,906.96	54.1	€ 15,274.86	€ 57,169.13	€ 0.82	€	0.09
Totaal inrichting	€ 279,222.28						€ 46,886.89	€ 0.43	€	0.07

De exploitatiekosten van een koelhuis bestaan voor het belangrijkste deel uit rente en aflossing. Hiernaast zijn de laatste jaren ook de energie belangrijk geworden. Voor een gemiddelde bewaarduur van 7-8 maanden is 2-2.5 eurocent een redelijk uitgangspunt. Onderhoud, arbeidskosten en verzekering maken een totaal van € 0.09 tot 0.12 per kilo. In het onderstaande overzicht is een voorbeeld gegeven van een berekening.

Bij het beoordelen van de investering moet goed overwogen worden of financiële argumenten wel de belangrijkste argumenten zijn om wel of niet te bouwen. Het wel of niet bewaren van partijen is zeker ook de moeite waard om te overwegen. Veel investeerders beoordelen uitgaande van hun huidige bewaarkosten (en extra transportkosten) of voor deze jaarkosten de financiering van een investering is te realiseren.

7 Organisatie en bereikbaarheid

FBR is een onafhankelijk onderzoeksinstituut, onderdeel van Wageningen UR, die onderzoek doet in het naoogstfase van agrarische producten. Binnen de groep “Naoogst kwaliteit van verse producten zijn een aantal adviseurs actief.

Adviesdiensten vanuit FBR zijn enerzijds gericht op de technische kant, zoals het adviseren bij technische investeringen. Anderzijds wordt de productzijde belicht. Immers een goede bewaarkwaliteit hangt van meer af dan alleen van een juiste technische installatie. Hieronder volgt een opsomming van werkzaamheden die zowel individueel als in groepsverband worden gegeven:

- Praktijkonderzoek naoogst technologie
- Advies bewaarmogelijkheden fruit en bewaarcondities
- Studiegroepen
- Kwaliteitscontrole tijdens bewaring
- Controleren werking technische apparatuur
- Opstellen plan van eisen bij nieuwbouw of renovatie
- Beoordelen offertes bij nieuwbouw of renovatie
- Artikelen in vakbladen

FBR (Food & Biobased Research) BV

Frank van de Geijn	0317-481318	Frank.vandegeijn@WUR.nl
Alex van Schaik	0317-480109	Alex.vanschaik@WUR.nl
Matthijs Montsma	0317-487013	Matthijs.montsma@WUR.nl
Fax	0317-483011	

Appel								
Ras (zomer)	Bewaring		Product Temp °C	% CO ₂	% O ₂	Bewaarduur	Erg gevoelig voor	Gevoelig voor
	Type	Periode						
Alkmene	Koelcel		4.0	-	-	± 1 maand		Ouderdomsbederf
Delcorf ³			3.0	-	-	± 1,5 maand		
Discovery			4.0	-	-	Enkele weken		
Elan			3.0	-	-	± 1 maand		
James Grieve			3.0	-	-	± 1,5 maand	Stip	
Breaburn	Koelcel		1.0	-	-		Vruchtvleesbruin	O ₂ gebrekschade
	ULO	1 ^e 3 wkn	1.0	1.0	21.0	± 6 maanden		
		hierna		1.0	1.5			
Cox's O.P.	Koelcel		3.5	-	-	± 3 maanden	Stip Zacht LTB ¹	Klokhuisbruin
	ULO	1 ^e maand	3.5 tot 4.0	<1.0	1.6	± 6,5 maand		O ₂ gebrekschade
		hierna		0.7	1.3			
Elise (Roblos)	Koelcel		3.0	-	-	± 4,5 maand	LTB ¹	Stip
	ULO		3.0	2.0	1.2	± 7 maanden		
Elstar + mutanten ³	Koelcel		1.5	-	-	± 3 maanden	Schilvlekjes Hardheidverlies	Ouderdomsbederf Zacht VVB ² Inwendig bruin
	ULO	1 ^e maand	1.5 tot 2.0	1.0 tot 2.5	1.3	± 7 maanden		
		hierna	1.5 tot 2.0	2.5	1.0 tot 1.2			
	DCS	Op basis van celspecifieke advisering						
Fiesta	Koelcel		3.5	-	-	± 3 maanden	LTB ¹	
	ULO		4.0	1.0	1.2	± 6 maanden		
Gala ³	Koelcel		1.0	-	-	± 3,5 maand		Schilafwijking
	ULO		1.0	1.0 tot 2.0	1.2	± 6,5 maand		
Gloster	Koelcel		1.0	-	-	± 4,5 maand	Glazigheid	Koolzuurschade Klokhuisbruin
	ULO		1.0	3.0	1.2	± 7,5 maand		
Golden Delicious	Koelcel		1.0	-	-	± 3 maanden		Scald
	ULO	1 ^e maand	1.0 tot 1.2	4.0	1.3	± 8 maanden		
		hierna	1.0 tot 1.2	4.0	1.0 tot 1.2			
Greenstar ³	Dit ras wordt geconditioneerd onder begeleiding van Fruitmasters							
Jonagold + mutanten ³	Koelcel		1.0	-	-	± 3 maanden		Scald Zacht Stip VVB ²
	ULO	1 ^e maand	1.0 tot 1.5	4.0	1.3	± 9 maanden		
		hierna	1.0 tot 1.5	4.0	1.0 tot 1.2			
	DCS	Op basis van celspecifieke advisering						
Junami	Dit ras wordt geconditioneerd onder begeleiding van Inova Fruit							
Kanzi	Dit ras wordt geconditioneerd onder begeleiding van Fruitmasters							
Pinova	Koelcel		2.0	-	-	5 maanden		VVB ²
	ULO		2.0	3.0	1.2	8 maanden		
Rubens ³	Dit ras wordt geconditioneerd onder begeleiding van Inova Fruit							
Rafzubin / Rubinette	Koelcel		3.0	-	-	± 3 maanden		VVB ² klokhuisbruin
	ULO		4.0	< 0.5	1.2	± 4,5 maand		
Santana	Koelcel		1.5 tot 4.0	-	-	± 3 maanden		Softscald Inwendig bruin
	ULO	1 ^e week	4.0	0.7 tot 0.8	21.0	± 5 maanden		
		hierna	1.5 tot 2.0	0.7 tot 0.8	3.0			
Schone van Boskoop	Koelcel		4.0 tot 5.0	-	-	± 3,5 maand	Zacht Klokhuisbruin, LTB ¹	VVB ² Stip Scald
	ULO	1 ^e 2 wkn	4.5 tot 5.0	-	-	± 5,5 maand		
		2 -4 wkn	4.5 tot 5.0	< 1.0	1.6			
		hierna	4.5 tot 5.0	0.7	1.3			
Topaz	Koelcel		1.0	-	-	3 maanden		CO ₂ schade
	ULO		1.0	1.0	1.2	5 maanden		
Wellant	Dit ras wordt geconditioneerd onder begeleiding van Inova Fruit							

¹ laag temperatuurbederf ² Vruchtvleesbruin

³ SmartFreshsm toepasbaar, zie gebruikersaanbeveling

Peer								
Ras	Bewaring		Product Temp °C	% CO ₂	% O ₂	Bewaarduur	Erg gevoelig voor	Gevoelig voor
	Type	Periode						
Beurré A. Lucas	Koelcel		-0.5 tot 0.0	-	-	± 4 maanden		Vruchtvleesbruin Klokhuisbruin
Beurré Hardy	Koelcel		0.0 tot 2.0	-	-	± 2 maanden		LTB ¹
Bonne Louise d'Avranches	Koelcel		-0.5 tot 0.0	-	-	± 1,5 maand		
Charneux (Légipont)	Koelcel		-0.5 tot 0.0	-	-	± 2 maanden		
Concorde	Koelcel		-0.5	-	-	± 5,5 maand		Hol & Bruin
Condo	Koelcel		-1.0 tot -0.5	-	-	± 5,5 maand		Hol & Bruin
	ULO		-0.5	0.7	3.0	± 6 maanden		
Conference	Koelcel		-1.0 -0.5	-	-	± 5,5 maand	Hol & Bruin	Buikziek Slappe nekken
	ULO	1 ^e 3-4 wkn	-0.5	0.7	21.0	± 7,5 maand		
		hierna	-0.5 tot -0.8	0.7	3.0			
Doyenné du Comice	Koelcel		-0.5 tot 0.0	-	-	± 3 maanden		Buikziek
	ULO	1 ^e 3-4 wkn	-0.5	0.7	21.0	± 5 maanden		
		hierna	-0.5 tot -0.8	0.7	3.0			
Gieser Wildeman	Koelcel		-0.5 tot 0.0	-	-	± 4 maanden		
St. Rémy	Koelcel		0.5 tot 1.0	-	-	± 6 maanden		
Triomphe de Vienne	Koelcel		-0.5 tot 0.0	-	-	± 1 maand		
Sweet Blush (Verdi)	Koelcel		-0.5	-	-	± 4 maanden		
Sweet Sensation	Dit ras wordt geconditioneerd onder begeleiding van Next Fruit Generation							
Overige (import) producten								
Rode bes	Koelcel		0.0	-	-	± 1 maand		
	ULO	1 ^e 3-4 wkn	0.0	20	3.0	± 6 maanden		
		hierna	0.0	22-25	3.0			
Blauwe bes	Koelcel		0.0	-	-			
	ULO		0.0	10	10	± 6 weken		
Fuij	Koelcel		0.0 tot 1.0	-	-	Vanwege onduidelijke keten geschiedenis is geen eenduidige bewaarduur aan te geven	Glazigheid	Inwendig bruin
	ULO		0.5	1.0	1.5			
Granny Smith	Koelcel		0.0 tot 1.0	-	-			Klokhuisbruin
	ULO		0.5	1.0	1.0			
Idared	Koelcel		1.0	-	-			Inwendig bruin
	ULO	1 ^e 3-4 wkn	2.0	1.5	1.5			
		hierna	2.0	1.5	1.3			
Red Delicious	Koelcel		0.5	-	-			
	ULO		0.5 tot 1.0	1.5	1.0			
Pink Lady	Koelcel		0.5	-	-			
	ULO		0.5 tot 1.0	1.0	1.5			
Williams' Bon Chrétien (Bartlett)	Koelcel		-0.5	-	-			
	ULO		-0.0 tot -1.0	1.0	3.0			
Packham's Triumph	Koelcel		-0.5	-	-			
	ULO		-0.0 tot -1.0	1.0	3.0			