

S P R E N G E R I N S T I T U U T  
Haagsteeg 6, 6708 PM Wageningen  
Tel. 08370-19013

*(Publikatie uitsluitend met  
toestemming van de directeur)*

Rapport no. 2231

J.W. Rudolphij, L. Bakker en W. Verbeek  
(Sprenger Instituut)  
B. Stork (afdeling Warmte- en Koudetechniek TNO)

KOELCEL VOOR FRUITBEWARING NAAR DE STAND  
VAN DE TECHNIEK IN 1982

Samengesteld voor de werkgroep "Conditionering van Fruit" van het  
Centraal Bureau van de Tuinbouwveilingen in Nederland

Project no. 147

## INHOUDSOPGAVE

	blz.
I Inleiding	1
II Afmetingen, volume en inhoud van de cellen; afmetingen en plaats van de deur	3
III Factoren, die verantwoordelijk zijn voor het vochtverlies tijdens bewaring en inkoelen x	11
IV Koelinstallatie algemeen	23
V Centraal te installeren koelvermogen en verdeling over compressoren; condensorcapaciteit en type condensor	29
VI Te installeren koelvermogen per cel	33
VII Luchtcirculatie in de cellen en schakeling van circulatieventilatoren	37
VIII Bijzonderheden bij de koelers	43
IX Ontdooien van koelers	47
X Ventilatie in de cellen	51
XI Scrubinstallatie en zuurstofbrander of stikstofgenerator	55
XII Gasdichtheid van cellen; dampdichte laag; luchtbuffer; over- en onderdrukbeveiliging	59
XIII Registratie en meting van de luchtsamenstelling, temperatuur en het vochtverlies van het produkt	61
XIV Regeling van de gassamenstelling in cellen	71
XV Isolatie	77
XVI Overzicht geschat energieverbruik	81
XVII Computersturing bij een fruitkoelhuis	83
XVIII Diversen	87
Literatuurlijst	89
Bijlage 1: Karakteristieke gegevens van cellen	91
Bijlage 2: Vochtverlies als functie van diverse variabelen	95
Bijlage 3: Berekeningen van te installeren koelvermogens	109
Bijlage 4: Beschrijving zwaartekracht- en pompcirculatiesysteem	129
Bijlage 5: Methode om actieve koolscrubbers optimaal af te stellen	137

## SAMENVATTING

Op verzoek van de werkgroep "Conditionering van Fruit" van het Centraal Bureau van de Tuinbouwveilingen in Nederland is een rapport opgesteld, dat de verschillende aspecten van de bouw en de klimaatregeling in koelcellen voor fruit behandelt.

Was in het verleden de temperatuurbeheersing in de koelruimte het belangrijkste criterium voor de opzet van de klimaatregeling, nu wordt meer de nadruk gelegd op het beheersen van de vochthuishouding en met name het beperken van het vochtverlies bij het produkt.

Dit uitgangspunt leidt tot de conclusie, dat de eenvoudige aan-uit regeling van de verdamper de voorkeur verdient boven de toepassing van een modulerende verdampingsdrukregeling. Echter wel met de aantekening, dat gestreefd moet worden naar korte koeltijden en lange stilstandtijden daartussen. De consequenties zijn:

- de wens om een constante temperatuur in de koelcellen te handhaven verschuift naar het tweede plan. De mogelijkheid om er aan te voldoen blijft overigens wel aanwezig;
- zowel het koelvermogen voor het inkoelen als het koelvermogen voor bewaring moet in de keuze van de verdamper worden betrokken. Het koelvermogen bij kleine TV, dat gewenst is voor bewaring kan het koelvermogen bij grotere TV, dat wordt toegestaan voor inkoelen, gaan overtreffen;
- de schakeling van de circulatieventilatoren moet worden aangepast om het energieverbruik in koelruimten in het algemeen te beperken. Echter bij dit regelsysteem verschilt de aanpassing van die van de modulerende verdampingsdrukregeling;
- het deel van het centraal opgestelde koelvermogen, dat "stand-by" moet worden gehouden tijdens de bewaarperiode neemt toe. Dat vraagt een aanpassing in de verdeling van het koelvermogen over de op te stellen compressoren.

Aan de andere kant biedt het loslaten van de strenge eis van temperatuurgelijkmatigheid in combinatie met de heersende trend om in koelcomplexen procesbesturing door middel van een computer te gaan toepassen de mogelijkheid een wachtregeling voor koeling vragende koelcellen in te voeren. Daardoor kan het aantal op te stellen compressoren tot een minimum worden teruggebracht en kunnen piekbelastingen van het elektrisch net worden voorkomen. Twee belangrijke kostenbesparende factoren.

In het rapport wordt verder aandacht besteed aan energiebesparende maatregelen, aan de keuze van het koelsysteem, aan de meting, de registratie en regeling van de luchtsamenstelling in CA (controlled atmosphere) opslagruimten en aan de meting en registratie van het vochtverlies van het produkt.

## 1. Inleiding

Door de werkgroep "Conditionering van Fruit" waarin zitting hebben vertegenwoordigers van de fruitveilingen in Nederland en het C.B.T. is aan het Sprenger Instituut gevraagd een beschrijving te geven van een door de één met ideaal en door de ander met optimaal aangeduide koelcel voor fruitopslag.

Over de begrippen ideaal en optimaal kan men van mening verschillen. Door de samenstellers van dit rapport is het verschil tussen de begrippen zo opgevat, dat er bij de bouw van een koelcel gekozen kan worden uit een aantal opties, die het werken met de cellen vergemakkelijken.

Waar investeringen in deze opties niet essentieel zijn voor het resultaat van de fruitbewaring kan men spreken van een verschil tussen ideale oplossingen en economische optimale maar voldoende oplossingen.

Aangezien reeds sinds tientallen jaren en nog regelmatig fruitkoelcellen worden gebouwd mag niet worden verwacht, dat in een hernieuwde beschrijving volkomen andere gezichtspunten naar voren zullen komen dan die reeds in de voorlichting over dit onderwerp worden gebruikt. Nu echter, vooral in de laatste jaren, de nadruk is komen te liggen op de factoren kwaliteitsbehoud en beperking energieverbruik, in die volgorde van belangrijkheid, is een heroverweging van in het verleden gemaakte keuzes ten aanzien van onderdelen van een dergelijke opslagruimte toch wel gewenst.

Wat het kwaliteitsbehoud betreft werd in het verleden de temperatuurbeheersing in de ruimte als het belangrijkste criterium gebruikt bij het ontwerp van koelruimtes. In deze beschrijving wordt daarvan afgeweken en is als uitgangspunt gekozen het beheersen van de vochtinhouding in de opslagruimte, met name het beperken van het vochtverlies bij het produkt, en komt de temperatuurbeheersing op de tweede plaats. In zekere zin wordt geanticipeerd op een mogelijke verruiming van de rigide temperatuurvoorschriften, die tot nu toe gelden voor de bewaring van fruit- en groenteprodukten. Bewaarfysiologen en -microbiologen moeten zich er van bewust worden, dat wanneer zonder een te groot risico te lopen de geadviseerde temperatuurtolerantie kan worden vergroot er een belangrijke bijdrage wordt geleverd aan het beperken van het vochtverlies door het produkt en aan vermindering van het energieverbruik tijdens de opslagperiode.

Het belang, dat tegenwoordig wordt gehecht aan een beperking van het energie-

verbruik wijst erop, dat het zwaartepunt van de aandacht bij het ontwerp van koelaccommodatie is verschoven van investeringskosten naar bedrijfskosten. Regelapparatuur, die in het verleden niet in aanmerking kwam, kan nu worden toegepast wanneer aangetoond kan worden dat met de stijgende energieprijzen het waarschijnlijk is dat op termijn de baten de kosten zullen overtreffen.

Tegen de bovengeschetste achtergrond is de hier volgende beschrijving van een fruitkoelcel opgesteld. Daarbij is wat het technische gedeelte van de koelinstallatie betreft medewerking verleend door de afdeling Warmte- en Koude-techniek van TNO te Apeldoorn.

Bij het samenstellen van dit rapport is een procedure gevolgd waarbij in eerste instantie een concept-rapport aan de werkgroep is voorgelegd en aan de specialisten technologie van de consultantschappen, die bij de bouw van koelaccommodaties in Nederland adviserén. De op dit concept-rapport geleverde commentaren door de specialisten en van de zijde van de gebruikers i.c. de vertegenwoordigers van de fruitveilingen en de koelhuischefs van de fruitveilingen zijn in de definitieve versie van dit rapport verwerkt.

Om die reden geeft de volgende omschrijving van een koelcel voor fruitbewaring waarschijnlijk met recht weer: een koelcel voor fruitbewaring naar "de stand van de techniek" in 1982.

## II. Afmetingen, volume en inhoud van de cellen; afmetingen van de deur

Om te beginnen wordt aandacht besteed aan de afmetingen van cellen. Daarvoor gelden drie overwegingen:

- een opsomming te geven van de aandachtspunten, die een rol moeten spelen bij de keuze van het celformaat;
- fruitkoelcellen met verschillende inhouds te baseren op een standaardlengte omdat dat bouwkundig van belang is voor de opzet van een koelcellencomplex;
- fruitkoelcellen op te zetten in veelvouden van een standaardbreedte met het doel om ieder van de zo gevormde secties te voorzien van een in hoogte en breedte aangepast verdamperblok met ventilatoren, waardoor een uniforme lucht-circulatie in de koelcel kan worden verkregen.

Op grond van de volgende overwegingen zijn de afmetingen en de vorm van een 100-tonscel, een 120-tonscel een 150-tonscel en een 250-tonscel vastgesteld:

### 1. Ruimtebenutting

Een zo volledig mogelijke ruimtebenutting van de cel. Dus in gevulde toestand zijn er geen ruimten opengebleven voor rijpaden e.d.

### 2. Cellhoogte

De cel moet zowel geschikt zijn voor stapelkisten (bodemaftmetingen: 1,00 m x 1,20 m; hoogte: 0,75 m) als voor pallets met 6 lagen standaard-fruitkisten van de maat 60 cm x 40 cm x 26 cm (bodemaftmetingen van de pallet: 1,00 m x 1,20 m; hoogte van de pallet 1,70 m).

Praktisch zijn er dan, gegeven deze verpakkingseenheden, in de hoogte twee gunstige combinaties te maken:

- |   |   |
|---|---|
| a. 7 stapelkisten: $7 \times 0,75 = 5,25$ m | } hoogte van de produktstapel<br>dus 5,25 m |
| 3 pallets : $3 \times 1,70 = 5,10$ m        |   |
| b. 9 stapelkisten: $9 \times 0,75 = 6,75$ m | } hoogte van de produktstapel<br>dus 6,80 m |
| 4 pallets : $4 \times 1,70 = 6,80$ m        |   |

Minder gunstig is de combinatie:

- |   |   |
|---|---|
| c. 5 stapelkisten: $5 \times 0,75 = 3,75$ m | } hoogte van de produktstapel<br>dus 3,75 m |
| 2 pallets : $2 \times 1,70 = 3,40$ m        |   |

Het kan nodig zijn om deze laatste combinatie te gebruiken wanneer op bouwkundige gronden een kleinere cel wat zijn diepte of lengte betreft moet aansluiten bij een serie grotere cellen of wanneer bewust voor laagbouw wordt gekozen in verband met de bodemgesteldheid (zie onder 3).

Voor de opslag van peren moet daarnaast soms nog rekening worden gehouden met de toepassing van verlaagde palletkisten. Hoogte 60 à 65 cm.

Het gebruik van verdamperskoelers boven in de cellen aan de hoge zijde wanneer het plafond in de cellen afloopt voldoet in de praktijk goed.

Geen obstakels in de luchtstroom uit de koelers. De hoogte van de koelcel moet zodanig worden vastgesteld, dat zich geen produkt bevindt voor de uitblaaszijde van de koelers.

Ruimte voor handling met vorkheftruck. In verband met de ruimte, die een vorkheftruck nodig heeft om de bovenste plaatsen in een koelcel te vullen wordt een afstand van produktstapelhoogte tot onderzijde van de lekbak van de koelers aangehouden van 25 cm.

Voor de afstand tussen produktstapel en plafond aan de lage zijde van de cel 35 cm.

Vrije hoogte boven produktstapel. De hoogte van het koelblok inclusief lekbak is gesteld op 1,25 m en de afstand koelblok-plafond aan de achterzijde van de koeler op 25 cm.

De totale inwendige hoogte van de hoge en de lage zijde van de cel wordt dan:

hoge zijde: hoogte produktstapel + 1,75 m

lage zijde: hoogte produktstapel + 0,35 m.

### 3. Hoogbouw of laagbouw

De keuze tussen hoogbouw (9 stapelkisten; 4 pallets hoog) of laagbouw (5 stapelkisten; 2 pallets hoog) is belangrijk in verband met de financiële consequenties. Grondprijs en bodemgesteldheid spelen een rol. Wanneer als gevolg van de bodemgesteldheid er speciale bouwkundige voorzieningen moeten worden getroffen (extra heiwerk e.d.) om de werkvloer de nodige draagkracht te bezorgen bij hoogbouw dan is een afweging tussen beide systemen op zijn plaats. Denk bij perencellen aan de toenemende ladingsdichtheid bij gebruik van verlaagde palletkisten.

### 4. Celdiepte

De zogenaamde worplengte van de circulatieventilatoren bij plafondkoelers is ca. 10 m, zodat de diepte of lengte van de cel wordt gebaseerd op 9 of maximaal 10 pallets achter elkaar geplaatst met tussenruimten van 10 cm en gerekend met de 1,00 m zijde van de pallets.

Ruimte langs de wanden. Langs de voor- en achterwand is mede in verband met de ruimte voor de luchtcirculatiestroom rekening gehouden voor het vaststellen van de diepte van de cel met een stootrand van 25 cm.

De inwendige diepte van de cel wordt dan:

$$9 \times 1,00 + 8 \times 0,10 + 2 \times 0,25 = 10,30 \text{ m}$$

$$\text{of } 10 \times 1,00 + 9 \times 0,10 + 2 \times 0,25 = 11,40 \text{ m}$$

## 5. Sectiebreedte

Om een gelijkmatige luchtcirculatie over de volle celbreedte te waarborgen wordt er naar gestreefd de breedte van de koelers zodanig te kiezen, dat de achterwand van de cel bovenin zo goed als volledig wordt bezet.

De afmetingen van de pallets (1.20 m-zijde), de gewenste afstand tussen de pallets (10 cm) en de breedte van de te verkrijgen koelers bepalen dan de mogelijkheden:

Combinatie 1:    3 pallets  
                  1 koelblok ca. 4 m breed    } sectiebreedte: ca. 4,0 m

Combinatie 2:    4 pallets  
                  1 koelblok ca. 5,20 m breed } sectiebreedte: ca. 5,5 m

Minder gunstig 5 pallets  
is combinatie 3: 1 koelblok ca. 5.20 m breed } sectiebreedte: ca. 6,5 m

Men kan dus een koelhuis bouwen met alle cellen gebaseerd op 2 of 3 secties van 3 pallets of een koelhuis met kleine cellen gebaseerd op 1 sectie van 5 pallets en grotere cellen gebaseerd op 2 secties van 4 pallets of mengvormen daarvan.

Bij de keuze van de celindeling is het goed zich te realiseren, dat de bovengenoemde koelblokken nog buiten de standaardproductiereeks van de fabrikanten vallen. Dit hoeft niet duurder te zijn mits voldoende grote series kunnen worden besteld. Het betekent, dat zoveel mogelijk moet worden gestreefd naar het toepassen van koelers van één type.

## 6. Celbreedte

De breedte van de cellen wordt dus gebaseerd op 5 pallets (1 koelblok), 6 of 8 pallets (2 koelblokken) of 9 pallets (3 koelblokken). Gerekend met de 1,20 m zijde van de pallet en met tussenruimten van 10 cm.

Om de koelcel met een vorkheftruck zo volledig mogelijk te kunnen vullen moet achter de deuropening tijdens het volzetten van de zijvakken een rijpad aanwezig zijn met voldoende manoeuvreerruimte voor een vorkheftruck. Het EVO-normblad TT66130 (dec. 1979) geeft aan, dat voor een vorkheftruck tot 1,5 ton hefvermogen in verband met de draaicirkel een pad van 3 m nodig is. Wanneer als laatste handeling bij het vullen van de cel achter de deuropening 2 rijen pallets worden ingebracht bedraagt de beschikbare vrije breedte  $2 \times 1,20 + 3 \times 0,10 = 2,70$  m. Het komt er op neer, dat de celbreedte beter 30 cm groter kan worden gekozen dan volgt uit de breedte, die zuiver is gebaseerd op de reeds genoemde 5, 6, 8 of 9 pallets.



Ruimte langs de wanden. Langs de zijwanden moet voor het vaststellen van de inwendige breedte van de cellen rekening worden gehouden met een stootrand van 20 cm.

De inwendige breedte van de cel wordt dan:

$$\begin{aligned} 5 \times 1,20 + 4 \times 0,10 + 0,30 + 2 \times 0,20 &= 7,10 \text{ m} \\ \text{of } 6 \times 1,20 + 5 \times 0,10 + 0,30 + 2 \times 0,20 &= 8,40 \text{ m} \\ \text{of } 8 \times 1,20 + 7 \times 0,10 + 0,30 + 2 \times 0,20 &= 11,00 \text{ m} \\ \text{of } 9 \times 1,20 + 8 \times 0,10 + 0,30 + 2 \times 0,20 &= 12,30 \text{ m.} \end{aligned}$$

### 7. Deurformaat

Uit bovenstaande beschouwing volgt ook de gewenste breedte van de dagmaat van de deuropening. Minimaal:  $2 \times 1,20 + 0,10 + 2 \times 0,5 = 2,60 \text{ m}$ .

Dit leidt tot een schuifdeur met een breedte in de orde van 3,00 m, die m.u.v. de 5-palletscel vanuit het midden juist kan worden weggeschoven voor de dan aanwezige blinde wandvlakken van de cellen.

Afhankelijk van de hoogte van de deuropening kunnen een aantal van de hoogste beschikbare plaatsen voor stapelkisten of pallets vlak achter de deur niet worden opgevuld. De gewenste hoogte van de deuropening (dagmaat) volgt uit:

$$\begin{array}{l} 5 \text{ stapelkisten} + \text{speling: } 5 \times 0,75 + 0,10 = 3,85 \text{ m} \\ 2 \text{ pallets} + \text{speling} \quad : 2 \times 1,70 + 0,15 = 3,55 \text{ m} \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} 5 \text{ stapelkisten} + \text{speling} \\ 2 \text{ pallets} + \text{speling} \end{array}} \right\} \begin{array}{l} 3,85 \text{ m} \text{ dagmaat} \\ \text{deurhoogte in de orde van } 3,95 \text{ m} \end{array}$$

of

$$\begin{array}{l} 4 \text{ stapelkisten} + \text{speling: } 4 \times 0,75 + 0,15 = 3,15 \text{ m} \\ 2 \text{ pallets} + \text{speling} \quad : 2 \times 1,70 + 0,15 = 3,55 \text{ m} \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} 4 \text{ stapelkisten} + \text{speling} \\ 2 \text{ pallets} + \text{speling} \end{array}} \right\} \begin{array}{l} 3,55 \text{ m} \text{ dagmaat} \\ \text{deurhoogte in de orde van } 3,65 \text{ m} \end{array}$$

Vooraf in het geval van een vulling van de cel met stapelkisten geeft de keuze voor een lage deurhoogte nogal consequenties tenzij in de vulling van de niet bereikbare plaatsen door middel van een speciale liftconstructie wordt voorzien.

Het is nl. gewenst om te zorgen voor een uniform luchtcirculatiepatroon over de breedte van de cel. Zie in dit verband ook de eis gesteld onder punt 5. Er kan om die reden niet worden volstaan met het weglaten van de stapelkisten of pallets bovenin bij de deuropening alleen, maar de consequentie is dat dan de geblokkeerde plaatsen over de volle breedte van de cel als geblokkeerd moeten worden beschouwd. Het gevolg ten opzichte van een volle bezetting is weergegeven in het overzicht onder punt 9.

Tenslotte speelt nog de overweging om de kleinst mogelijke deuren toe te passen omdat de lekdichtheid daarvan beter kan worden gegarandeerd.

Dit gegeven pleit nogmaals voor het treffen van speciale voorzieningen voor het opvullen van de vorkheftruck van nu niet bereikbare plaatsen.

#### 8. Plaats deuropening

Hoewel bij chargegewijze vulling van de cel het koeltechnisch gewenst zou zijn de vulling van de cel te starten aan de zijde van de koelers (hoge zijde van de cel) met het gevolg, dat de deuropening zou moeten worden geplaatst daar tegenover (in de lage zijde van de cel), heeft deze opstelling zodanige onaangename bouwkundige consequenties voor de koelhuisbouw (zie figuur 1), dat van deze opstelling moet worden afgezien.

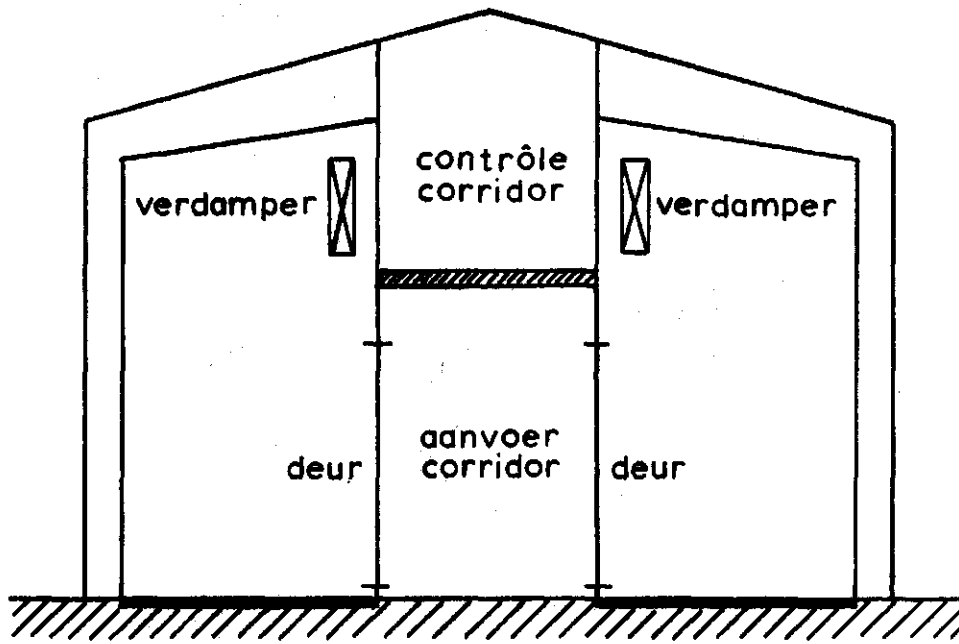
Het betekent nl. dat de gunstige combinatie van een aanvoercorridor onder en een bedieningscorridor met regelapparatuur, meetapparatuur en scrubbers boven aan de hoge zijde van een serie cellen niet zou kunnen worden toegepast. Verder, dat de goothoogte van het gebouw wordt bepaald door de hoogte van de hoge zijde van de cellen en dat de bediening van de regelapparatuur nabij de koelers en voor de ventilatie op afstand, dus elektrisch moet worden uitgevoerd. Om die reden is de plaats van de deuropening in de hoge zijde van de cel onder de koelers de meest praktische.

#### 9. Kort overzicht van celinhouden en met de deurhoogte samenhangende geblokkeerde plaatsen in het geval bijzondere voorzieningen (zie punt 7) achterwege blijven.

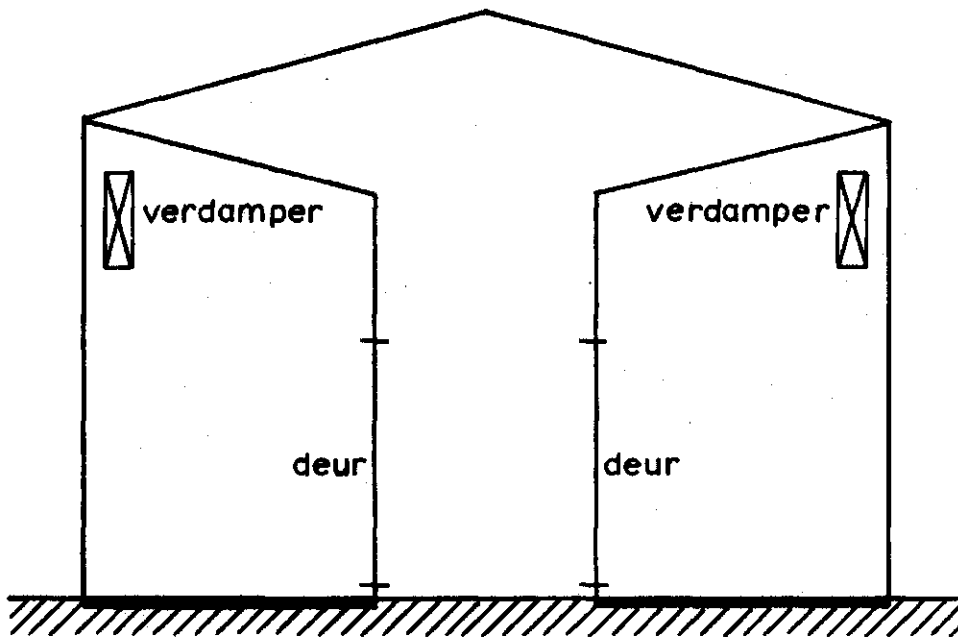
globale celgrootte	serie <sup>1)</sup>		breedte	diepte	hoogte	stapelkisten						pallets					
	1	2				inhoud		blokkering		inhoud	blokkering		inhoud	hoge deur		lage deur	
						aantal	%	aantal	%		aantal	%		aantal	%	aantal	%
90-110	X		5	9	7	315	10	3,2	15	4,8	135	5	3,7	5	3,7		
		X	5	10	7	350	10	2,9	15	4,3	150	5	3,3	5	3,3		
		X	6	10	5	300	0	0	6	2,0	120	0	0	0	0		
	X		8	9	5	360	0	0	8	2,2	144	0	0	0	0		
110-130	X		5	9	9	405	20	4,9	25	6,2	180	10	5,5	10	5,5		
	X		6	9	7	378	12	3,2	18	4,8	162	6	3,7	6	3,7		
		X	6	10	7	420	12	2,9	18	4,3	180	6	3,3	6	3,3		
		X	8	10	5	400	0	0	8	2,0	160	0	0	0	0		
130-170	X		6	9	9	486	24	4,9	30	6,2	216	12	5,5	12	5,5		
		X	6	10	9	540	24	4,4	30	5,5	240	12	5,0	12	5,0		
	X		8	9	7	504	16	3,2	24	4,8	216	8	3,7	8	3,7		
		X	8	10	7	560	16	2,9	24	4,3	240	8	3,3	8	3,3		
170-230	X		8	9	9	648	32	4,9	40	6,2	288	16	5,5	16	5,5		
		X	8	10	9	720	32	4,4	40	5,5	320	16	5,0	16	5,0		
	X		9	9	9	729	36	4,9	45	6,2	324	18	5,5	18	5,5		
230-260		X	9	10	9	810	36	4,4	45	5,5	360	18	5,0	18	5,0		

<sup>1)</sup> Serie 1: cellen 9 pallets diep  
 Serie 2: cellen 10 pallets diep

Voor een overzicht van karakteristieke gegevens van enkele cellen; afmetingen, vloer-, plafond en wandoppervlak, volume, inhoud, bezettingsgraad, wordt verwezen naar bijlage 1.



Meest praktische koelhuisbouw.



Koeltechnisch aantrekkelijk,  
Bouwtechnisch onpraktisch.

Fig:1 Celopstelling in koelhuis (zie hoofdstuk 2, punt 8)

### III. Factoren, die verantwoordelijk zijn voor het vochtverlies

Er zijn 3 perioden te onderscheiden, die van belang zijn voor het vochtverlies bij het produkt. In volgorde van belangrijkheid:

1. De bewaarperiode, die tot ca. 9 maanden kan uitlopen.
2. De inkoelperiode.
3. De eerste weken van de bewaarperiode waarin het vochtgehalte van het hout van de kisten en soms het vochtgehalte van "slecht afgewerkte" betonvloeren nog in evenwicht moet komen met het vochtgehalte in de koelcel.

#### 1. De bewaarperiode

Het aantal factoren, dat direct of indirect invloed heeft op het vochtverlies door het produkt tijdens de bewaring is tamelijk groot (ca. 10). Dit aantal is echter terug te brengen tot 4 groepen, die door bouwkundige of technische maatregelen zijn te beïnvloeden. Deze groepen worden vertegenwoordigd in het koelcelmodel (lit.10), dat ten grondslag ligt aan de berekeningen, waarvan de resultaten zijn vermeld in bijlage 2, door de volgende grootheden:

- a.  $\beta$  (beta) = aantal keren, dat de koeler per dag wordt ingeschakeld<sup>1)</sup>
- b. m = totaal aantal uren, dat de koeler is ingeschakeld per dag [h/dag]<sup>1)</sup>
- c. TV\* = temperatuurverschil, dat indirect de kwaliteit van de koeler weergeeft [K] of [°C]<sup>2)</sup>
- d.  $\Delta T$ -retour = het temperatuurverschil tussen de koellucht, die de koeler verlaat en de retourlucht naar de koeler [K] of [°C].

1) Uit de grootheden  $\beta$  en m volgt, dat de koeler aan/uit-schakelt met periodes van  $m/\beta$  [h] aan en  $(24-m)/\beta$  [h] uit.

2) Normaal wordt onder het TV verstaan een temperatuurverschil tussen de verdampingstemperatuur overeenkomende met de druk aan de zuigzijde van de verdamper en de temperatuur van de intredende lucht bij de koeler. Vanuit het standpunt van de gebruiker is het beter om het TV te definiëren als het temperatuurverschil, dat de dampspanning van de uittredeende koellucht vastlegt als deze door de koeler zou worden gedecteerd. Voor een koeler met een droog oppervlak en het ventilatie-inlaatkanaal uitmondende achter de koeler, zoals de gebruikelijke opstelling is in bewaarplaatsen voor landbouwprodukten, bestaat nl. ook de mogelijkheid dat de dampspanning van de buitenlucht de dampspanning van de koellucht dicteert.

Dus definitie:  $P_v$  (koellucht) =  $P_s$  bij  $(T \text{ koellucht} - TV)$  waarin  $P_v$  staat voor dampdruk en  $P_s$  voor verzadigingsdampdruk, T voor temperatuur en TV voor een temperatuurverschil.

Voor wat betreft de relatieve vochtigheid van de lucht uit de koeler =  $P_v$  (koellucht)/ $P_s$ (koellucht) vinden we dan bijvoorbeeld bij een koelluchttemperatuur van 3°C

bij  $TV = 1 \text{ K}$   $P_s(3-1)/P_s(3) = 705 \text{ Pa}/757 \text{ Pa} = 0,93 \Rightarrow 93\%$   
bij  $TV = 2 \text{ K}$   $P_s(3-2)/P_s(3) = 656 \text{ Pa}/757 \text{ Pa} = 0,87 \Rightarrow 87\%$   
bij  $TV = 6 \text{ K}$   $P_s(3-6)/P_s(3) = 475 \text{ Pa}/757 \text{ Pa} = 0,63 \Rightarrow 63\%$

In dit rapport wordt onder  $TV$  het laatstgenoemde temperatuurverschil verstaan. Omdat dit afwijkt van de gebruikelijke definitie wordt de aanduiding  $TV^*$  gebezigd. Bij de interpretatie van resultaten moet er rekening mee worden gehouden, dat voor het  $TV$  gespecificeerd door een verdamperfabrikant van een verdamper, die behoort bij een voor dit rapport gegeven  $TV^*$  geldt  $TV > TV^*$ . Bijvoorbeeld om een resultaat te bereiken, dat in dit rapport behoort bij een  $TV^* = 4 \text{ K}$  mag rustig een verdamper met een  $TV = 6 \text{ K}$  worden toegepast (Zie figuur 2).

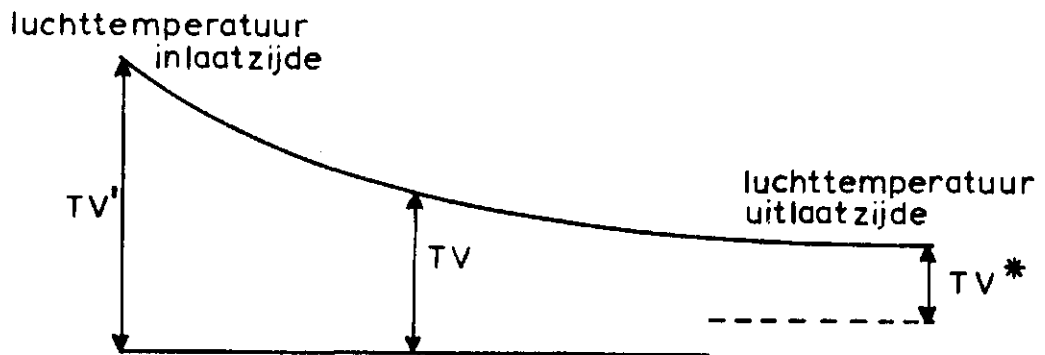


Fig: 2 Verdamer

- $TV'$  = het temperatuurverschil, dat bij het ontwerpen van verdamper wordt gebruikt
- $TV$  = het temperatuurverschil, dat fabrikanten specificeren in aanbiedingen
- $TV^*$  = het temperatuurverschil, dat de dampspanning van de koellucht vastlegt.

### Het mechanisme van het vochtverlies tijdens de bewaarperiode

Het is belangrijk daarbij twee processen te onderscheiden nl.

het vochtafgifteproces tijdens de koeltijd en het vochtafgifteproces tijdens de rusttijd.

#### Koelperiode

De vochtafgifte van produkt [kg water/h] wordt verondersteld recht evenredig te zijn met een dampdrukdeficit. Onder dat dampdrukdeficit [Pa] wordt verstaan het verschil tussen de dampdruk in de intercellulaire ruimten van het produkt en in de omgevingslucht (lit. 2). De evenredigheidsconstante tussen de vochtafgifte en het dampdrukdeficit wordt de specifieke vochtafgifte van het produkt genoemd [kg water/kg produkt·Pa·s]. Aangezien de relatieve vochtigheid in de intercellulaire ruimten als hoog mag worden aangenomen  $\approx 100\%$  is de dampdruk daar ten naaste bij de verzadigingsdampdruk bij de produkttemperatuur. De dampdruk van de omgevingslucht ligt afhankelijk van de luchtcirculatie tussen de dampdruk van de koellucht bij het verlaten van de koeler en de bovengenoemde dampdruk en benadert de dampdruk van de koellucht beter naarmate de luchtcirculatie hoger is. Waar tijdens de bewaring de koelluchttemperatuur en de produkttemperatuur elkaar niet veel ontlopen is het dampdrukdeficit van de koellucht dus tevens het dampdrukdeficit dat verantwoordelijk is voor het vochtverlies. Zolang de koeler werkt wordt het dampdrukdeficit van de koellucht, uitzonderingen daargelaten, gedecteerd door de koeler en is qua grootte vastgelegd door middel van het TV\* van de koeler (indirect het TV van de koeler). Met dat model is de vochtafgifte zolang de koeler werkt een functie van het TV\*, de koeltijd  $m$  en tot op zekere hoogte eveneens van de luchtcirculatie. De laatstgenoemde beperkt nl. het vochtverlies wanneer de luchtcirculatie te klein is en de lucht verzadigd raakt tijdens de loop door het produkt. Het laatste is ongewenst omdat dan binnen de produktstapel de uitdroging niet uniform is en er plaatsen ontstaan met een hoge luchtvochtigheid en met alle kans op schimmelgroei op die plaatsen.

Kortom tijdens de koeltijd zijn de belangrijke grootheden voor het beïnvloeden van het vochtverlies het TV\* en de koeltijd  $m$ .

In mindere mate de grootte van de luchtcirculatie.

Voor de grootte van de luchtcirculatie is maatgevend de warmte-inbreng in de cel en de grootte  $\Delta T$ -retour. (Het temperatuurverschil tussen de lucht, die de koeler verlaat en de lucht, die bij de koeler wordt aangezogen).

### Rustperiode

Het vochtafgifteproces tijdens de rustperiode verschilt in principe niet van dat tijdens de koelperiode maar nu wordt het dampdrukdeficit door de koeler niet meer onderhouden. Dat wil zeggen het produkt geeft in die periode slechts nog zoveel water af als nodig is om het vochttekort, dat op het moment van het stoppen van de koeler aanwezig is op te vullen. Hoeveel water voor dat proces nodig is hangt samen met het aantal malen, dat de koeler wordt ingeschakeld c.q. uitgeschakeld per dag en met het dampdrukdeficit, dat de koeler achterlaat op het moment dat deze stopt.

Kortom voor het beïnvloeden van het vochtverlies, dat optreedt tijdens de rustperioden zijn de belangrijke grootheden  $\beta$  en  $TV^*$ .

Praktisch zijn er nog wel enkele complicaties bij dit globaal beschreven model van de vochtafgifte. Bijvoorbeeld moet tijdens de koelperiode er wel voldoende warmte worden geproduceerd of aangevoerd om het potentieel te verliezen water ook tekunnen verdampen. Daar houdt het genoemde koelcelmodel, waarop de in bijlage 2 gegeven resultaten van berekeningen zijn gebaseerd, rekening mee. De vochtafgiftecoëfficiënt wordt gehanteerd als een constante. Met een beïnvloeding van de vochtafgiftecoëfficiënt door bv. de luchtsnelheid langs het produkt, de veroudering van het produkt, aanpassing aan de vochtigheidsgraad van de omgevingslucht (werking van de huidmondjes), houdt het model geen rekening.

Samenvattend: Het  $TV^*$  is een grootheid, die in principe in beide perioden invloed uitoefent. M.b.v.  $\beta$  kan het vochtverlies tijdens de rustperioden onafhankelijk van het  $TV^*$  worden beïnvloed en met behulp van de grootheid  $m$  kan het vochtverlies tijdens de koelperioden eveneens onafhankelijk van het  $TV^*$  worden beïnvloed. Verder kan in principe tijdens de koelperioden ook d.m.v. de keuze van de grootte van de luchtcirculatie het vochtverlies worden beperkt. Echter is er daarbij al snel sprake van een benedengrens en overschrijding daarvan heeft tot gevolg, dat er kans is op plaatselijke schimmelvorming (zie de met een asterisk voorziene resultaten in de tabellen van bijlage 2).

### Resultaat van modelberekeningen (zie bijlage 2)

Modelberekeningen zijn gemaakt met het op het Sprenger Instituut beschikbare KOCA-programma (lit.10) om de invloed te schatten op het vochtverlies van de grootheden  $m$  (aantal draaiuren koeler),  $\beta$  (aantal aan/uitschakelingen koeler) en  $TV^*$  (temperatuurverschil; kwaliteit van de koeler).



Het resultaat afgeleid uit berekeningen voor een 150-tons appelcel als omschreven in bijlage 1 is:

- 1 uur draaitijd van de koeling tijdens bewaring kost aan vochtverlies bij het produkt afhankelijk van het TV\* en praktisch onafhankelijk van de grootte van de luchtcirculatie (c.q.  $\Delta T$ -retour) mits deze boven de ongewenste benedengrens ligt:

Tabel 1. Invloed TV\* tijdens koelen

TV*	referentie <sup>1)</sup> : bewaarras 12,8 W/ton $0,55 \times 10^{-10}$ kg/kg·Pa·s	ca. 3 x vochtafgifte t.o.v. referentie; 12,8 W/ton $1,52 \times 10^{-10}$ kg/kg·Pa·s	ca. 1,7 x warmteproduktie t.o.v. referentie; zomer- ras; 20,7 W/ton $0,55 \times 10^{-10}$ kg/kg·Pa·s
K	g/ton·h	g/ton·h	g/ton·h
0,5	5,2	<u>14,5</u>	5,2
1	<u>10,3</u>	18,5	10,3
2	18,5	18,5	<u>19,9</u>
4	18,5	18,5	29,9
6	18,5	18,5	29,9

- 1) Referentie: Bewaarras met een relatief hoge warmteproduktie voor een bewaarras en een relatief lage vochtafgiftecoëfficiënt, warmteproduktie: 12,8 W/ton specifieke vochtafgiftecoëfficiënt:  $0,55 \times 10^{-10}$  kg/(kg·Pa·s)

Uit het resultaat blijkt, dat voor een produkt dat wordt omschreven als referentie de invloed op de vochtafgifte van het TV\* van de verdamper tijdens het koelen vervalst boven een grens van 1 K of 1°C.

De reden daarvan is, dat de vochtafgifte wordt beperkt door het tekort aan beschikbare warmte voor verdamping.

Dit ondanks het feit, dat gekozen is voor een produkt, met een relatief hoge warmteproduktie voor een appel- of pereras dat lang bewaard kan worden en een minimale neiging tot vochtafgifte.

Een lagere warmteproduktie dan de referentie 12,8 W/ton of een hogere vochtafgifte dan de referentie  $0,55 \text{ kg}/(\text{kg} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s})$  betekent, dat de grens reeds eerder wordt bereikt (tabel 1, kolom 2) en omgekeerd (tabel 1, kolom 3).

Tabel 2 geeft een beeld van de bekende warmteproducties en vochtafgiftecoëfficiënten van appel- en pererassen.

Daaruit blijkt, dat de eigenschappen van het merendeel van de rassen eerder wijst in de richting van een verlaging van de grens, waar beneden het TV\* nog invloed heeft op de vochtafgifte, dan in de richting van een verhoging.

De vochtafgiftecoëfficiënten bewegen zich in het gebied 1-3 x de referentiewaarde. De warmteproducties in het gebied 0,5-1,7 x de referentiewaarde.

Het bestaan van een grenswaarde voor TV\* van ca. 1 K maakt, dat tijdens de werking van de koeler deze kwaliteitseigenschap van de koeler zijn waarde verliest als maat voor de vochtonttrekking door de koelinstallatie. Praktisch moet dan gelden, dat tijdens het koelen in de bewaarperiode er per uur draaitijd van de koeler een constant verlies van vocht optreedt bij het produkt, dat onafhankelijk is van de kwaliteit van de koeler. Beperking van het vochtverlies kan bij verdampers met een kwaliteit TV\*  $\geq 1$  K of 1°C dan ook alleen worden bereikt door het aantal draaiuren te beperken. Daarvoor is nodig, dat de verdampers meer koelvermogen kunnen ontwikkelen dan gebruikelijk is tijdens de fruitbewaring (vergroting TV\*). Dit kan worden uitgevoerd zonder consequenties voor het optredende vochtverlies in de koelperiode.

Conclusie 1: Het vochtverlies tijdens koeling gedurende de bewaarperiode is bij koelers met een kwaliteit TV\*  $\geq 1$  K alleen te beperken door m, het aantal draaiuren per dag te beperken.

- 1 in/uitschakeling van de koeler kost aan vochtverlies bij het produkt:

Tabel 3. Invloed TV\* tijdens omschakelen koelen/rust

TV*	
K	g/m <sup>3</sup> vrij celvolume
0,5	0,21
1	0,41
2	0,79
4	1,53

Merk op, dat dit deel van het vochtverlies wel afhankelijk is van het TV\* van de koeler en niet afhankelijk is van de eigenschappen van het produkt.

Een produkt met een hogere vochtafgifte dan de referentie of een hogere warmteproductie dan de referentie zorgt alleen voor een snellere opvulling van het vochttekort in de cellucht, dat de koeler achterlaat als de koeling stopt.

Tabel 2. Gemeten warmteproductie en vochtafgifte van enkele appel- en pererassen

ras	warmteproductie <sup>1)</sup> bij opslagtemperatuur W/ton	specifieke vochtafgifte <sup>2)</sup> kg/(kg·Pa·s)
Cox's Orange Pippin	19	$1,52 \times 10^{-10}$
Schone van Boskoop	-	$0,56 \times 10^{-10}$
Elstar	15	$0,86 \times 10^{-10}$
Laxton's Superb	-	$0,76 \times 10^{-10}$
Gloster	11	$0,74 \times 10^{-10}$
Jonagold	15,5	$0,55 \times 10^{-10}$
Golden Delicious	8	$0,54 \times 10^{-10}$
Red Delicious	-	$0,32 \times 10^{-10}$
Melrose	11	-
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>		
Gieser Wildeman	6	$1,16 \times 10^{-10}$
Conférence	7	$1,15 \times 10^{-10}$
Doyenné du Comice	15	$1,00 \times 10^{-10}$
Triomphe de Vienne	-	$0,61 \times 10^{-10}$
Clapp's Favourite	-	$0,57 \times 10^{-10}$

1) Ontleend aan meetgegevens voor de uitgave:  
S.l. Mededeling nr. 30 "Produktgegevens Groente en Fruit"

2) Ontleend aan lit. 1

Conclusie 2: Het vochtverlies tijdens rust is alleen te beperken door  $\beta$ , het aantal schakelingen van de koelers op een dag, te beperken dan wel door middel van een verkleining van het TV\* waarmee de koeler werkt.

Gevolgen voor de regeling van de koelers

- I. Het gebruikelijke systeem om vochtonttrekking aan opgeslagen produkt te beperken is de verdamper uit de koelcellen te voorzien van een modulerende verdampingsdrukregeling, die wordt gestuurd door een weerstandsthermostaat. Het geringe vochtonttrekkende vermogen van dit systeem berust op het koelen met een gering temperatuurverschil tussen lucht en verdamperoppervlak (geringe TV\*). Het gevolg is wel, dat de verdamper koelt met een gering koelvermogen zodat om de per dag af te voeren hoeveelheid warmte uit de cel te verwerken het systeem in werking is gedurende een groot deel van de dag. Dit betekent weer, dat gedurende die tijd wel vocht wordt onttrokken al is het met een gering vochtonttrekkend vermogen.
- II. Het resultaat van de modelberekeningen met de warmte- en vochthuishouding in koelcellen geeft een alternatief en wijst naar een regelmethode met een eenvoudige aan-uitregeling van de koelers, waarbij echter moet worden gestreefd naar korte koeltijden per dag en een zo gering mogelijk aantal schakelingen, d.w.z. lange stilstandtijden per dag.

Zoals reeds eerder opgemerkt is daarvoor nodig, dat de verdamper kunnen koelen met een groter koelvermogen dan gebruikelijk (verkorting van de "aan"-perioden) en verder dat een concessie wordt gedaan aan de temperatuurconstantheid in de koelcellen (vergroting van de differentie van de thermostaat geeft verlenging van de "uit"-perioden). Beperking van de instraling door isolatie en van de warmte van de circulatieventilatoren, die blijven doorwerken in de rustperiode zijn andere factoren, die medewerken aan een verlenging van de stilstandperioden.

De vraag is of dit alternatief voor beperking van het vochtverlies voordelen biedt en wat de gevolgen zijn voor het energieverbruik.

Wat het laatstgenoemde betreft wordt verwezen naar de hoofdstukken 7 en 16.

Om de eerste vraag te beantwoorden is een overzicht gegeven van een aantal combinaties van typen koelers en regelingen in tabel 4. De vochtverliesgegevens zijn ontleend aan de modelberekeningen van bijlage 2.

Uit het overzicht komt naar voren, dat ten opzichte van de gebruikelijke werkwijze en ten opzichte van het alternatief de modulerende verdampingsdrukregeling

Tabel 4. Vochtverlies van een aantal combinaties van type koeler en regeling

omschrijving	type koeler + regeling	TV* <sup>1)</sup>	koeltijd	schakelingen	vochtverlies 150-tonscel	
		K of °C	h/dag	aantal/dag	referentie produkt	3 x vocht afg. t.o.v. referentie
					kg/dag	kg/dag
gebruikelijke regeling	verdamer aan/uit	4	12	6	40,7	40,7
	idem met verdamer van hoge kwaliteit	2	12	6	37,7	37,7
modulerende verdampingsdrukregeling	normaal	1	20	2	32,5	43,2
	hoge kwaliteit	0,5	20	2	16,5	36,4
alternatief; korte koeltijd + lange stilstandtijd	verdamer aan/uit	4	6	10	27,8	27,8
	idem met 2 x diff. therm.	4	6	5	22,5	22,5
	verdamer van hoge kwaliteit	2	6	10	22,7	22,7
	idem met 2 x diff. therm.	2	6	5	19,9	19,9
natte koeler; heeft groot koelvermogen bij kleine TV	ventilator aan/uit	1	12	6	21,1	36,3
		0,5	12	6	10,7	27,9

<sup>1)</sup> Houdt er rekening mee, dat voor een verdamerkoeler met een hier aangegeven TV\* geldt, dat de TV gespecificeerd door de fabrikant groter is dan de TV\* (1,5 à 2 x groter).  
 Voor een natte koeler komen TV\* en TV koeler overeen, zie ook noot 2 op blz. 11.

alleen in het voordeel is als de vochtafgiftecoëfficiënt van het opgeslagen produkt relatief klein is en als de regeling wordt toegepast op een verdamper van hoge kwaliteit.

Het alternatief is een aanmerkelijk betere oplossing als de vochtafgifte coëfficiënt van het produkt groter is dan dat van de referentie; dus  $> 0,55 \times 10^{-10}$  kg/kg·Pa·s. Dit is het geval bij veel appelrassen en zeker bij peren. Met een koeler van goede kwaliteit  $TV = \text{ca. } 4 \text{ K}$  ( $TV^* = 2 \text{ K}$ ) kan bovendien het resultaat van een modulerende verdampingsdrukregeling bij een produkt met een vochtafgiftecoëfficiënt, die geringer is dan het bovengenoemde getal redelijk worden benaderd.

Ter vergelijking is in tabel 4 opgenomen hetgeen berekenderwijze met het gebruik van een zogenaamd nat koelsysteem (lit. 11) in fruitcellen zou zijn te bereiken.

In feite geldt hetzelfde als is gezegd voor de modulerende regeling, behalve dat dit systeem in die gevallen dat deze regeling de voorkeur verdient een nog aanzienlijk beter resultaat kan geven.

Tenslotte is ten opzichte van de gebruikelijke werkwijze een beperking van het vochtverlies bij het produkt van ca. 30% tot ca. 50% volgens berekening haalbaar.

Conclusie 3. Voor een appel- of perenbewaring, waarbij het beperken van het vochtverlies doel is, kan op een enkele uitzondering na, het beste worden gewerkt met een aan/uitregeling van de verdampers mits daarbij wordt gestreefd naar het bereiken van korte koeltijden en lange stilstandtijden daartussen.

Voor de praktijk moet daarbij worden gedacht aan een koeltijd van 6 uur per dag en een stilstandtijd van 18 uur per dag. Deze keuze bepaalt het te installeren bewaarkoelvermogen bij de verdampers. De verdeling van de koelperioden en stilstandperioden binnen die tijdsuren wordt geregeld met de differentie-instelling van de thermostaat.

In dat kader de keuze tussen:

grootste differentie - minimaal vochtverlies - maximale temperatuurschommeling  
in de cel - verdeling volgens berekening in ca. 5 aan-  
en uitperioden of  
kleinste differentie - maximaal vochtverlies - minimale temperatuurschommeling  
in de cel - verdeling volgens berekening in ca. 10 aan-  
en uitperioden.

Het betekent dus een compromis zoeken tussen de gevolgen van de gevoeligheid voor temperatuurschommelingen en de gevoeligheid voor vochtverlies bij het appelras, dat in de koelcel wordt opgeslagen.

Opmerking:

In bestaande koelcellen met kleine verdampers (groot TV) kan de invloed van de TV op het vochtverlies, volgens deze theorie goed worden opgeheven door iedere keer na het stoppen van de koeler de cellucht te bevochtigen.

Circulatieventilatoren na het stoppen enige tijd in bedrijf houden en bevochtiger in werking stellen gedurende die periode.

2. De inkoelperiode

Vochtverlies tijdens de inkoelperiode moet worden geaccepteerd.

De berekeningen in de bijlage 3 geven een indicatie van de invloed van het TV en van de lengte van de inkoelperiode op het vochtverlies.

Tabel 5. Vochtverlies in % tijdens de inkoelperiode

APPEL	inslag in 5 charges	inslag in 7 charges
TV* = 4K	0,96%	1,03%
TV* = 6K	1,13%	1,23%
TV* = 10K	1,36%	1,49%
	} verschil 0,17%	} verschil 0,20%

PEER	inslag in 5 charges	inslag in 7 charges
TV* = 4K	1,48%	1,55%
TV* = 6K	1,67%	1,77%
TV* = 10K	1,94%	2,08%
	} verschil 0,19%	} verschil 0,22%

Vaak wordt gekozen voor koelers, die het gevraagde koelvermogen voor inkoelen leveren bij een TV van ca. 10 K of 10°C (TV\* = 6 K) in de plaats van TV ca. 6 K of 6°C (TV\* = 4 K) en wordt het geringe extra vochtverlies op de koop toegenomen.

De overwegingen zijn:

1. Dat het koelvermogen slechts behoeft te worden geleverd gedurende de laatste dag van de inslagperiode van 5 of 7 dagen. Het berekende vochtverlies is dus gechargeerd.
2. Het is financieel aantrekkelijk, omdat kleinere koelers kunnen worden geïn-

stalleerd, die later beter passen bij het koelvermogen, dat nodig is tijdens de bewaring. Deze laatste overweging is van minder gewicht wanneer tijdens de bewaring wordt gestreefd naar korte koeltijden (zie hfdst. 6; bewaren-opmerking 1).

### 3. De beginperiode van de bewaring

In deze periode kan het houten fustmateriaal een belangrijke vochtonttrekkende invloed uitoefenen.

Te droog kistenhout neemt vocht op en de enige leverancier van dat vocht is het produkt. Kunststof is dan ook als fustmateriaal te prefereren.

Het nat maken van hout heeft effect.

Het vochtgehalte van het hout moet bij de inslag bij voorkeur 26% zijn (op droge basis). Luchtdroog vurehout bevat circa 15% vocht. Door sproeien met water of kort onderdompelen in water kan de vochtigheid op 22% gebracht worden.

De op deze wijze bevochtigde kisten en pallets moeten dan wel binnen 24 uur in de koelcel gebracht worden omdat het opgezogen water weer snel verdampt in de buitenlucht.

Het verschil is, dat het produkt (154,8 ton) bij een houtgewicht van 25,8 ton in de cel, moet leveren:

$25800 \times 11\% = 2838 \text{ kg water} = 1,8\% \text{ vochtverlies}$   
of  $25800 \times 4\% = 1032 \text{ kg water} = 0,7\% \text{ vochtverlies.}$

Meestal zijn de vloeren afgewerkt met een asfalt toplaag die geen vocht opneemt van betekenis.

Echter bij betonvloeren zonder vochtafsluitende strijklaag, kan de vloer van tevoren beter worden natgemaakt. Een droge vloer van een 150-tonscel kan zo'n 225 kg water opzuigen.

Dit komt neer op een extra vochtverlies van ca. 0,15%.



#### IV. Koelinstallatie algemeen

Bij het ontwerp van een koelinstallatie spelen vele factoren een rol (lit. 5). Om de gedachten te bepalen worden, gezien het bestek van dit rapport, in het kort een aantal keuzemogelijkheden genoemd die met name bij de bouw van grotere installaties aan de orde zijn.

Mogelijkheden zijn:

##### Gecentraliseerde of gedecentraliseerde koude-opwekking

Criteria voor deze keuze zijn:

- investeringskosten,
- bedrijfzekerheid en reserve-capaciteit,
- regelbaarheid van de koelcapaciteit,
- deellast-rendement.

Voor kleine koelinstallaties met een koelvermogen tot circa 20 kW zijn de kosten voor leidingwerk en kabels relatief hoog; de besparingen door centralisatie op de kosten van compressor, condensor en schakelmateriaal zijn klein.

Naarmate de installatie groter wordt, nemen de relatieve kosten voor leidingwerk en kabels af, terwijl de besparingen, met name op de kosten van de compressoren en condensoren, belangrijk toenemen, doordat grotere eenheden kunnen worden toegepast.

De centrale installatie met een koelvermogen groter dan ca. 50 kW is meestal goedkoper dan de gedecentraliseerde installatie. De rendementen van grotere eenheden in de installatie zijn soms beter. Bij de centrale installatie kan men afzien van het plaatsen van een reserve-koeleenheid. Bij de gedecentraliseerde installatie wordt in het algemeen geen reserve geplaatst, maar men is dan wel gedwongen bij uitval snel te repareren of te vervangen. Wordt bij de centrale installatie nl. géén reserve geïnstalleerd, dan is bij twee eenheden de resterende capaciteit, bij uitval van één eenheid 60 à 70% van de maximale capaciteit en nagenoeg nog steeds 100% van de gevraagde.

Bij bijvoorbeeld 4 eenheden is, bij uitval van één eenheid, nog 80 à 90% van de maximale capaciteit aanwezig.

Bij een centrale installatie voor een fruitkoelhuis ligt de verhouding tussen het gevraagde top koelvermogen en het bewaarkoelvermogen gunstiger, (verhouding ca. 2:1) dan voor een gedecentraliseerde installatie met een koelcompressor per koelcel (verhouding ca. 4,5 à 5:1).

Verder is bij de centrale installatie met een kleiner aantal eenheden de capaciteit over een groot gebied nagenoeg verliesloos te regelen. Bij voorkeur door de compressoren volledig in dan wel uit te schakelen. Aldus kan het slechte deellast-

rendement, dat optreedt bij afschakelen van cilinders worden vermeden. Daarbij komt dat de condensatietemperatuur bij deellast van de installatie daalt en de verdampingstemperatuur stijgt. De koudefactor bij deellast van de installatie is dus steeds groter dan die bij vollast.

#### Praktisch resultaat

Voor de hand ligt, dat de keuze voor een centrale koude-opwekking bij een middelgrote installatie (opslag van een paar honderd ton fruit, verdeeld over meerdere cellen) in overweging moet worden genomen. En dat daarbij moet worden gedacht aan het installeren van meerdere compressoren, bijvoorbeeld aan 1 grote en 2 kleinere compressoren of aan het installeren van 4 ca. gelijke compressoren. Bij grote installaties zal uitsluitend tot de toepassing van het centrale systeem moeten worden overgegaan.

Het installeren van een groot aantal compressoren van gelijke capaciteit, die ieder volledig aan- en uitgeschakeld kunnen worden is energetisch vaak het meest gunstig. De investering in een capaciteitsregeling van individuele compressoren kan dan achterwege blijven.

#### Keuze van koudemiddel

De toepassingsgebieden van de verschillende koudemiddelen overlappen elkaar, zodat soms verschillende koudemiddelen voor hetzelfde doel kunnen worden gebruikt. Ammoniak is vanwege zijn grote verdampingswarmte en vooral zijn lage prijs een uitgelezen koudemiddel voor middelgrote en grote installaties. De circulerende hoeveelheid koudemiddel kan klein zijn zodat de installatie relatief compact kan worden gebouwd.

Ammoniak heeft verder als voordeel, dat het lichter is dan olie en dus niet met olie mengbaar. Olieproblemen kunnen met beter resultaat worden bestreden.

Nadeel is de giftigheid. Aan de andere kant heeft ammoniak een hoge waarschuwendende werking, bij lage niet schadelijke concentraties.

Een ander nadeel is de sterke stijgende temperatuur bij compressie. Daarom mag de door de compressor aangezogen damp maar weinig overhit zijn omdat anders snel te hoge perstemperaturen optreden. Verder tast ammoniak koper en koperlegeringen aan.

Voor installaties met een klein vermogen, wordt ammoniak niet toegepast. Het prijsvoordeel ten opzichte van freonen speelt dan geen rol van betekenis meer tegenover de nadelen.

### Het circulatiesysteem voor het koudemiddel

Wat het circulatiesysteem voor het koudemiddel  $\text{NH}_3$  betreft zijn er bij centrale koude-opwekking twee systemen in gebruik: het zwaartekracht-circulatiesysteem en het pompcirculatiesysteem.

Als belangrijkste voordeel van het zwaartekracht-circulatiesysteem geldt, dat in elke cel de verdampingstemperatuur eenvoudig apart geregeld kan worden door een verdamperdrukregelaar. Er wordt per cel 1 vloeistofafscheider met regelapparaat geplaatst.

Dit is daarentegen bij het pompcirculatiesysteem overbodig. Hier is in principe slechts een centrale afscheider nodig.

Een luxe uitvoering van de verdamperdrukregelaar is de modulerende drukregelaar, die de verdampingsdruk en daarmee de verdampingstemperatuur regelt op basis van de warmtebelasting van de koelers. In de bewaarperiode ligt dan de verdampingstemperatuur dicht bij de celtemperatuur. Het is echter een continu koelend systeem en volgens het resultaat van de modelberekening onttrekt dit vaak meer vocht aan het produkt dan een aan-uit geregeld systeem met korte looptijd per dag.

Eénmaal geïnstalleerd kan men naar keuze met beide regelsystemen werken omdat de modulerende drukregelaars kunnen worden geblokkeerd op een in te stellen punt zodat de cellen ook met een vast ingesteld verschil tussen verdampingstemperatuur en celtemperatuur, aan-uit, kunnen worden bediend.

Een probleem doet zich voor als met een 1-vatspompsysteem naast de normale fruitbewaring tevens in enkele cellen sterk afwijkende temperaturen moeten worden gehandhaafd bij een beperkt temperatuurverschil (TV) tussen koellichaam en cellucht. Dit speelt een rol bij bewaring van enkele zacht fruit-, groente- en citrussoorten bij ruimtetemperaturen tussen  $8^{\circ}\text{C}$  en  $15^{\circ}\text{C}$ . In de 15-graden-cel wordt koude vloeistof van  $-6^{\circ}\text{C}$  toegevoegd die eerst tot  $+11^{\circ}\text{C}$  moet worden opgewarmd alvorens verdamping optreedt. Dit kan onnodig vochtonttrekking geven. Bij een dergelijke spreiding in bewaartemperaturen en indien meer dan 15% van de totale koelcapaciteit bij een hoog temperatuurniveau moet kunnen worden opgewekt is men welhaast genoodzaakt om zowel bij het zwaartekrachtsysteem als bij het pompcirculatiesysteem twee gescheiden koelsystemen te installeren. Een doelmatig energiegebruik pleit dan voor een meervatsysteem. Bij fruitbewaring, waarbij in beperkte mate uiteenlopende celtemperaturen binnen het koelhuis voorkomen, kan met een éénleidingssysteem worden volstaan.

Enkele voordelen van de koudemiddeltoevoer door middel van pompen zijn:

- de plaats van verdamper en afscheiders kan vrij worden gekozen. Ze zijn niet meer ten opzichte van elkaar plaatsgebonden zoals dat in het zwaartekrachtsysteem het geval is;
- bij fruitbewaring is het aantal afscheiders beperkt tot één hetgeen in de investering tot uiting moet komen;
- de heetgasontdooing vraagt één gestuurde klep minder (4 i.p.v. 5), hetgeen heetgasontdooing bij een pompsysteem enkele duizenden guldens per cel goedkoper maakt dan bij een zwaartekrachtsysteem;
- de centrale vloeistofafscheider is groter en heeft meer buffercapaciteit voor koude-opslag;
- de warmte-overdracht in de verdamper is beter, d.w.z. dat voor dezelfde koelcapaciteit met kleinere verdamper kan worden volstaan;
- de compressor zuigt in het algemeen nagenoeg verzadigde damp aan omdat de centrale afscheider dicht bij de compressoren kan worden geplaatst.

Voor een beschrijving van de twee circulatiesystemen voor het koudemiddel wordt verwezen naar bijlage 4.

#### Resumerend koelinstallatie algemeen

De keuze van de koelinstallatie, bedoeld voor een groter complex, wordt op basis van centrale koude-opwekking bepaald tussen het  $\text{NH}_3$ -zwaartekracht en het  $\text{NH}_3$ -pompcirculatiesysteem. De keuze daartussen is er één van investeringskosten. De pompen van het pompcirculatiesysteem kunnen als energiegebruikers worden waarloosd.

Wezenlijke verschillen in energieverbruik tussen beide systemen zijn niet te verwachten. Het pompsysteem geeft in bouwkundig opzicht meer vrijheid dan het zwaartekrachtsysteem en kan goedkoper worden voorzien van een heetgasontdooing. Indien de gevraagde celtemperaturen binnen het koelhuiscomplex zeer sterk uiteenlopen ( $-2^{\circ}\text{C}$  tot  $> +6^{\circ}\text{C}$ ) en meer dan 15% van de totale koelcapaciteit bestemd is voor koeling op het hoge temperatuurniveau dan worden de energieverliezen voor de koude-opwekking op dat temperatuurniveau te groot en verdient het aanbeveling zowel bij het zwaartekrachtsysteem als bij het pompcirculatiesysteem twee gescheiden koelsystemen te installeren. Voor het temperatuurbereik  $-2^{\circ}\text{C}/+6^{\circ}\text{C}$  kan ook in het geval pompcirculatie wordt toegepast, met een zogenoemd 1-vat-systeem of 1-leidingsysteem worden volstaan.

Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) verdient ondanks zijn nadelen de voorkeur als koudemiddel boven de freonen wanneer het gaat om een grote koelinstallatie, waarvoor veel koudemiddel vereist is.

Als gevolg van de zeer grote verdampingswarmte en ondanks het eveneens grote soortelijke volume kan de volumestroom door de installatie voor hetzelfde koelvermogen nl. 3 x kleiner zijn dan bij gebruik van bv. R22<sup>1)</sup>. De installatie kan dus worden opgebouwd met dunnere leidingen en kleinere pompen. Bovendien is  $\text{NH}_3$  aanmerkelijk goedkoper.

Deze voordelen wegen bij kleinere installaties minder. De nadelen gaan overheersen zodat toepassing van de freonen voor de hand ligt.

Bij de toepassing van  $\text{NH}_3$  als koudemiddel moet wel rekening worden gehouden met installatie-eisen, die kunnen worden gevraagd voor het verlenen van een hinderwetvergunning of door de arbeidsinspectie. Bijvoorbeeld Stoomwezenkeur voor drukvaten en overdrukbeveiligingen, extra afsluiters om delen van de installatie te kunnen afgrendelen, ammoniakdetectie in koelcellen en in controlecorridors, ventilatie van machinekamer en controlecorridors e.d.

1) Eigenschappen koudemiddelen:

R22: verdampingswarmte 209 kJ/kg	]	⇒ 272 kJ/dm <sup>3</sup>
soortelijk volume vloeistof $0,768 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$		
$\text{NH}_3$ : verdampingswarmte 1278 kJ/kg	]	⇒ 825 kJ/dm <sup>3</sup>
soortelijk volume vloeistof $1,55 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$		

V. Centraal te installeren koelvermogen en verdeling over compressoren

Voor een complex met meerdere koelcellen wordt het centraal te installeren koelvermogen vastgesteld aan de hand van het per cel berekende koelvermogen voor inkoelen en het per cel berekende koelvermogen voor bewaring. Het koelvermogen voor bewaring kan dan nog worden berekend als een maximaal te verwachten benodigd koelvermogen en een gemiddeld te verwachten benodigd koelvermogen.

Allereerst wordt de keuze gemaakt hoeveel produkt per dag zal worden ingeslagen of hoeveel van de aanwezige cellen in een week voor inslag ter beschikking moeten staan (aantal).

De overige (restaantal) worden geacht reeds te zijn gevuld en ingekoeld. Wanneer het berekende koelvermogen voor bewaring is gebaseerd op een aan/uit-regeling van de koelers met een looptijd van 12 h/dag of iets meer wordt een gelijktijdigheidsfactor van 70% gehanteerd. Bedraagt de looptijd minder dan 12 h/dag dan een gelijktijdigheidsfactor van 50%. Voor een koelersysteem met gestuurde verdampingsdrukregeling en lange koeltijden per dag (orde 20 h) is de gelijktijdigheidsfactor uiteraard ca. 100%. Het te installeren koelvermogen moet bij een gemengd koelhuis, opslag van appels en peren, zowel worden vastgesteld voor de plukperiode van de appels als voor de plukperiode van de peren.

a. Het te installeren koelvermogen wordt als volgt bepaald:

aantal cellen x inkoelvermogen	=		kw		
restaantal x max. bewaarkoelvermogen x gelijktijdigheidsfactor	=		kw		
			+		
		subtotaal	=		kw
		reserve 5 of 10%	=		kw
					+
		Te installeren koelvermogen	=		kw

De omrekeningsfactor van kW naar kcal/h is:

1 kW = 860 kcal/h.

Het is gewenst om het te installeren koelvermogen over meerdere compressoren te verdelen.

Ten eerste omdat na het inkoelen een deel van het geïnstalleerde koelvermogen niet meer nodig is en kan worden uitgeschakeld.

Ten tweede om te allen tijde te voorkomen, dat tijdens de bewaring compressoren in bedrijf zijn met slechts een klein deel van het aantal beschikbare cilinders om zo nu en dan wat aanvullend koelvermogen te leveren.

Uit het oogpunt van energiegebruik verdient het aanbeveling om in de bewaarperiode gebruik te maken van een aantal kleine compressoren van gelijke capaciteit, die stuk voor stuk volledig worden bijgeschakeld of afgeschakeld.

- b. Het maximale koelvermogen, dat in de bewaarperiode ter beschikking moet blijven is:

$$\text{Aantal cellen} \times \text{max. bewaarkoelvermogen} = \quad \text{ kW}$$

- c. Het continue koelvermogen tijdens bewaring is:

$$\begin{aligned} &\text{Aantallen cellen} \times \text{gemiddeld bewaarkoelvermogen} \\ &\times \text{gelijktijdigheidsfactor} = \quad \text{ kW} \end{aligned}$$

Binnen de gegevens a, b en c moet nu zo worden gekozen dat ongeveer aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- Het koelvermogen c wordt opgebracht door één of twee compressoren.
- Het koelvermogen (b-d) wordt opgebracht door één compressor.
- Voor de bovengenoemde compressoren, die tijdens de bewaring in gebruik zijn wordt gestreefd naar een verdeling over gelijke compressoren of paren van compressoren om in de loop van de tijd door regelmatig wisselen de ene of de andere compressor als eerste compressor te laten fungeren en zodoende te zorgen voor een evenwichtige verdeling van het aantal draaiuren over de compressoren. De compressoren kunnen dan tevens elkaar vervangen in geval van storing.
- Tenslotte dient het koelvermogen (a-b) te worden gedekt door tenminste één compressor, die na de inkoelperiode geen dienst meer doet.

Buiten deze verdeling van het koelvermogen over compressoren is het koelvermogen van de compressoren zelf nog getrapd te regelen.

Voor de grotere compressoren vaak 0% - 50% - 75% - 100% en voor de kleinere 0% - 50% - 100%. Om te voorkomen, dat compressoren lang op deellast blijven draaien mogen kleine stappen in koelvermogen niet voorkomen.

Zoals reeds eerder gezegd moet indien enigszins mogelijk capaciteitsregeling van de compressoren geheel worden vermeden.

#### Opmerkingen:

- De bovengenoemde werkwijze leidt meestal tot de keuze van tenminste 3 compressoren (1 grote en twee gelijke kleinere) of tot de keuze van tenminste 4 compressoren (van gelijke grootte) voor de centrale koelinstallatie.
- In de toepassing van het nieuwe regelsysteem voor het beperken van het vochtverlies wordt de temperatuurconstantheid in de koelcellen naar het tweede plan verschoven. Omdat bij nieuwbouw ook vaak wordt gedacht aan een computersturing

van het koelhuis is een logisch vervolg van de bovengenoemde werkwijze om een wachtrekening voor "koeling vragende" cellen te treffen in het geval een compressor reeds vol belast is en een tweede niet vol belast kan worden.

Het koelvermogen bedoeld onder c kan dan vervallen en de gelijktijdigheidsfactor, die normaliter in het geval van een aan/uitregeling op 70% wordt gesteld kan worden verlaagd. Het voordeel is een beperking van het aantal op te stellen compressoren en het vermijden van piekbelastingen van het elektrisch net. Belangrijke kostenbesparende factoren.

- Het koelvermogen per cel x het aantal cellen wordt vaak aangeduid met het "verdamer-koelvermogen".

De verhouding tussen "verdamer-koelvermogen" en centraal te installeren "compressor-koelvermogen" in een fruitkoelhuis is meestal ca. 2:1.

- Het koelvermogen nodig voor het inkoelen van een fruitkoelcel moet bij voorkeur worden bepaald op basis van chargegewijze inslag, duur 5 dagen, totale inkoeltijd ca. 8 dagen.

#### Condensorcapaciteit

De condensorcapaciteit moet voldoende zijn om de aan de koelcellen onttrokken warmte af te voeren plus de door de compressoren toegevoegde warmte. Dit komt overeen met ongeveer 130% van de geïnstalleerde compressorcapaciteit. Evenals het geïnstalleerde koelvermogen over meerdere compressoren moet worden verdeeld geldt dit ook voor de condensorcapaciteit.

#### Typen condensors

1. Watergekoeld.

2. Luchtgekoeld.

3. Verdampingscondensor of koeltoren of waterbassin met sproeistralen.

Het verschil tussen de condensatietemperatuur (traject ca. +20°C tot +40°C) en de verdampingstemperatuur (traject ca. -10°C tot +1°C) heeft invloed op het rendement van de koelinstallatie d.w.z. de verhouding tussen geleverd koelvermogen en opgenomen elektrisch vermogen.

Naarmate de beide temperaturen dichter bij elkaar liggen is het rendement groter. Hoewel de watergekoelde condensor het voordeel heeft van een lage constante condensatietemperatuur, die onafhankelijk van het weer is, neemt de toepassing ervan af. Het verbruik van leidingwater wordt te kostbaar en toepassing van bronwater geeft vaak snelle vervuiling en daardoor hoge onderhoudskosten.

De luchtgekoelde condensor heeft het nadeel van een variërende condensatietemperatuur zodat een hoge- lage drukbeveiliging aanwezig moet zijn tegen te hoge tempe-



raturen in de zomer en te lage in de winter.

De investering is echter relatief laag en de onderhoudskosten gering.

Wel moet worden gezorgd voor geluidsarme ventilatoren i.v.m. geluidsoverlast.

De luchtgekoelde condensors worden immers buiten het koelhuis opgesteld.

De laatstgenoemde condensors worden gekoeld m.b.v. water, dat circuleert in een circuit en dat op zijn beurt wordt gekoeld door een deel ervan te verdampen.

Dit systeem heeft weer het voordeel, dat een relatief constante en lage condensatietemperatuur wordt verkregen.

De investering is echter aanmerkelijk hoger dan die van het luchtgekoelde systeem.

VI. Koelvermogen per cel; d.w.z. de totale te installeren verdampercapaciteit  
(zie bijlage 3)

De volgende waarden gelden voor een 150-tonscel, die met het oog op een uniforme luchtcirculatie bij voorkeur moet worden voorzien van twee koelblokken, hoewel de uitvoering met één lange koeler ook voorkomt.

Tabel 6. Inkoelen van appels (154,8 ton; 25,8 ton hout)

TV*	5 charges; 5 dagen inslag totaal 8 dagen koelen				7 charges; 7 dagen inslag totaal 10 dagen koelen			
	circ. standaard <sup>2)</sup>		circ. minimaal <sup>2)</sup>		circ. standaard <sup>2)</sup>		circ. minimaal <sup>2)</sup>	
K of °C		CV <sup>1)</sup>		CV <sup>1)</sup>		CV <sup>1)</sup>		CV <sup>1)</sup>
4	34,6 kW	50	33 kW	19	26,9 kW	50	25,2 kW	16
6	<u>34,9 kW<sup>3)</sup></u>	<u>50</u>	33,2 kW	17	27,2 kW	50	25,4 kW	14
10	35,4 kW	50	33,5 kW	15	27,7 kW	50	25,7 kW	12

Inkoelen van peren (164,2 ton; 34,4 ton hout)

		CV <sup>1)</sup>		CV <sup>1)</sup>		CV <sup>1)</sup>		CV <sup>1)</sup>
4	58,7 kW	50	57,4 kW	25	44,7 kW	50	43,2 kW	21
6	<u>59 kW<sup>3)</sup></u>	<u>50</u>	57,7 kW	23	45 kW	50	43,4 kW	19
10	59,7 kW	50	58,2 kW	21	45,5 kW	50	43,8 kW	17

1) CV = circulatievoud = aantal x celvolume per uur.  
Gehanteerd celvolume in alle berekeningen = 691 m<sup>3</sup>

2) Wat de warmtehuishouding in de koelcellen tijdens de inkoelperiode betreft kan met een circulatie worden volstaan, die in bovenstaande tabel is aangegeven met "minimaal".  
Omdat er bij de gebruikers van koelcellen een bezwaar is de luchtcirculatie in de cellen al te zeer te reduceren verdient het toch aanbeveling de circulatie te installeren, die in de praktijk als norm is ontstaan nl. 50 x de celinhoud per uur. In tabel 6 aangeduid met standaardcirculatie. Tegelijkertijd echter een energiebesparend schakelsysteem van de circulatieventilatoren te installeren waarop in het volgende hoofdstuk nader wordt ingegaan.

3) Zie hetgeen is vermeld onder hoofdstuk 3.2 "de inkoelperiode".

Uit het oogpunt van kwaliteitsbehoud wordt de voorkeur gegeven aan een inslagperiode van 5 dagen, totale koeltijd 8 dagen.

Daarbij behoort op grond van de overwegingen vermeld in hfdst. 3.2 en de overwegingen toegevoegd aan tabel 6 voor een 150-tonscel een te installeren verdampercapaciteit groot:

appelen: 35 kW (30100 kcal/h) bij TV = 10°C (TV\* = ca. 6°C)<sup>1)</sup>

richtgetal: 226 W/ton (195 kcal/ton·h)

1) zie voor een omschrijving van TV en TV\* hfdst. 3 en figuur 2.

peren: 59 kW (50740 kcal/h) bij TV = 10°C (TV\* = ca. 6°C)

richtgetal: 359 W/ton (309 kcal/ton·h)

Opmerking:

1. Bovengenoemde verdampercapaciteit is berekend op een inslagtemperatuur van 15°C voor appels en 18°C voor peren. Een veiling heeft bij een incidenteel voorkomende hogere inslagtemperatuur van het produkt voldoende uitwijkmogelijkheden en kan andere cellen inschakelen als voorkoelcel om zodoende toch aan de gewenste inslagperiode te voldoen. Een klein bedrijf kan dat niet en moet bij het vaststellen van de te installeren verdampercapaciteit op extremere omstandigheden rekenen dan een veiling. Richtgetallen voor appels en peren resp. 280 W/ton (240 kcal/ton·h) en 360 W/ton (310 kcal/ton·h).
2. Nu in sommige gebieden ook peren in kleine stapelkisten worden opgeslagen moet men er rekening mee houden, dat de vullingsgraad van perencellen dan aanmerkelijk toeneemt en dus ook het te installeren verdampervermogen.

Bewaren

De invulling hierbij is afhankelijk van de eisen, die worden gesteld op het gebied van het toe te laten vochtverlies (zie hfdst. 3 en bijlage 2).

Wanneer we rekening willen houden met de regeling volgens de methode "korte koeltijd - lange rusttijd" leidt dit tot een minimum eis voor de te installeren verdampercapaciteit naast die van de inkoelperiode.

Voor een 150-tonscel met een isolatie volgens de richtlijn en een gemiddelde koeltijd per dag van 6 uur wordt de verdampercapaciteit, die in de bewaarperiode aanwezig moet zijn:

Appelen: 14,6 kW (12560 kcal/h) bij TV = 4°C (TV\* = ca. 2°C)

of 15 kW (12900 kcal/h) bij TV = 6°C (TV\* = ca. 4°C)

richtgetal: 97 W/ton (83 kcal/ton·h)

Peren : 19,5 kW (16770 kcal/h) bij TV = 4°C (TV\* = ca. 2°C)

of 20 kW (17200 kcal/h) bij TV = 6°C (TV\* = ca. 4°C)

richtgetal: 122 W/ton (105 kcal/ton·h)

Opmerkingen:

1. Zowel het koelvermogen voor het inkoelen als het koelvermogen voor bewaring met het bijbehorende TV moet in de keuze van de verdamper worden betrokken.  
In extreme gevallen (korte koeltijden) kan het koelvermogen dat vereist is voor bewaring, dat van het inkoelen gaan overtreffen.
2. Het vragen van grotere koelvermogens voor de bewaarperiode in verband met het beperken van het vochtverlies betekent in principe geen groter energieverbruik maar kan bij grotere koelcomplexen wel de te installeren koelcapaciteit veranderen. In die gevallen wordt er nl., mee gerekend, dat het gros van de cellen reeds is ingekoeld en dat slechts in enkele cellen inslag van produkt plaatsvindt. Het koelvermogen, dat beschikbaar moet zijn voor de eerstgenoemde cellen, neemt bij de hier besproken keuze aanmerkelijk toe. De gelijktijdigheidsfactor, die in rekening wordt gebracht neemt echter af. Het eindresultaat kan een toename van het te installeren compressor-koelvermogen zijn. Dit kan wel beperkt blijven, maar dan moet er een restrictie worden gelegd op het aantal gevulde koelcellen, dat in een inkoelperiode tegelijk koude vraagt van de centrale koelinstallatie.  
Dat wil zeggen, dat dan de gelijktijdigheidsfactor die normaliter in geval van een aan/uitregeling met korte koeltijd op 50% wordt gesteld wordt verlaagd. Zie in dit verband ook de opmerkingen over een wachtrekening voor "koeling vragende cellen" in hfdst. 5.

VII. Luchtcirculatie in de cellen en schakeling van circulatieventilatoren

1. Minimum luchtcirculatie

In hfdst. 6 wordt aanbevolen om een circulatie te installeren met een CV van 50 d.w.z. ca. 34000 m<sup>3</sup>/h per cel van ca. 150 ton.

In het kader echter van het streven naar beperking van het energieverbruik in koelhuizen (lit. 14) wordt in de volgende tabel een minimale maar voldoende luchtcirculatie gegeven, die wanneer een toerenregeling voor de circulatieventilatoren is geïnstalleerd kan worden ingesteld.

De minimum circulatie is berekend op basis van de warmtehuishouding in de cel + een toeslag van 100% om rekening te houden met kortsluitroutes in de luchtcirculatiestroming.

Met dit uitgangspunt in de hand is voor een 150-tonscel totaal nodig (zie bijlagen 2 en 3):

Tabel 7. Minimum luchtcirculatie in m<sup>3</sup>/h

APPELEN: <u>in</u> koelperiode	TV* 4°C	TV* 6°C	
	tijdens koelen	13000	11600
	tijdens rust <sup>1)</sup>	4300	3800
	<u>bewaar</u> periode	TV* 2°C	TV* 4°C
tijdens koelen	14500	14500	
	tijdens rust <sup>1)</sup>	4800	4800
PEREN : <u>in</u> koelperiode	TV* 4°C	TV* 6°C	
	tijdens koelen	17400	16100
	tijdens rust <sup>1)</sup>	5800	5400
	<u>bewaar</u> periode	TV* 2°C	TV* 4°C
tijdens koelen	17800	17800	
	tijdens rust <sup>1)</sup>	5900	5900

<sup>1)</sup> De tabel geeft de luchtcirculatie tijdens rust gebaseerd op het gebruik, dat 2/3 deel van de circulatie-ventilatoren met de koeler aan-uit wordt geschakeld en 1/3 deel continu in werking blijft.

Opmerkingen

1. De circulatie tijdens bewaring behoort bij een koeltijd per dag van 6 uur.
2. De verhouding van de circulatie tijdens het koelen in de bewaarperiode en het koelen in de inkoelperiode (nu ca. 1:1; vroeger ca. 1:2) weerspiegelt de

verzwaring van de koeling tijdens bewaring. Een verzwaring om in verband met de gedachtengang rond de oorzaken van het optreden van vochtverlies (hfdst. 3) de looptijd van de koelers per dag te beperken.

De consequentie kan zijn, dat de circulatie tijdens de koeltijd in de inkoelperiode en de bewaarperiode gelijk wordt gekozen. Met name het aanbrenge van 2-toerenventilatoren bij de verdampers kan dan gedeeltelijk vervallen. De schakeling van circulatieventilatoren wordt in het volgende uitgebreider behandeld.

## 2. Schakeling van de circulatieventilatoren

Een belangrijke energiegebruiker is het luchtcirculatiesysteem en wel omdat de elektrische energieopname van dit systeem in de vorm van warmte wordt toegevoegd aan de koellast en in het elektrische energieverbruik van de compressoren een tweede maal zijn invloed doet gelden. Om die reden is de manier van schakelen van de circulatieventilatoren een factor van belang voor de hoogte van de energiekosten, die het gebruik van een koelhuis met zich brengt.

Aan de hand van de volgende beschrijving wordt gedemonstreerd tot welke verschillen de keuze van het regelsysteem in dit geval leidt.

Een eerste gegeven is, dat de luchtcirculatie tijdens het koelen in de bewaarperiode van het fruit (duur tot 9 maanden) in een conventioneel ontworpen koelhuis ca.  $\frac{1}{2}$  kan bedragen van die tijdens de inkoelperiode (duur ca. 1 week). De verhouding is echter afhankelijk van de looptijd per dag van de koelers. In een koelhuis met een vochtvriendelijk regelsysteem volgens de methode van de modulerende verdampingsdrukregeling is dit ca.  $\frac{1}{3}$  en in een koelhuis met een systeem volgens de nieuwe methode is dit ca.  $\frac{2}{3}$  tot  $\frac{1}{1}$ . Bij toepassing van de laatstgenoemde methode is het dus gewenst, dat het verschil in de looptijd van de koelers per dag ten opzichte van de eerstgenoemde methode voldoende compensatie biedt voor het verschil in energiegebruik voor circulatie. Deze compensatie is pas voldoende als men zich er van kan verzekeren, dat tijdens de uitperiodes van de koeler het dan toe te passen niveau van de luchtcirculatie in beide systemen maximaal gelijk is. Dit is bij de gebruikelijke schakeling van de ventilatoren niet altijd het geval zonder dat speciale maatregelen worden genomen.

Een tweede gegeven is, dat tijdens de uitperiodes van de koelers in feite slechts een geringe luchtcirculatie nodig is.

Er behoeft alleen te worden gezorgd voor enige temperatuur- en vochtgehalte-egalitatie in de cel en het contact tussen produkt (temperatuur) en temperatuurvoeler van de thermostaat moet worden onderhouden. Het is in de nieuwe koelhuisen dan ook gebruikelijk om gedurende de uitperiodes  $\frac{2}{3}$  deel van de circulatieventilatoren uit te schakelen.

Men kan nog verder gaan, al is dit nog geen praktijk, door het resterende  $1/3$  deel van de ventilatoren in die perioden aan- en uit te schakelen met tijdsintervallen. Als het ware een periodiek aftasten van de toestand in de cel. Deze methode leent zich er vooral voor om te worden toegepast bij het regelsysteem volgens de nieuwe methode (lange uit-perioden). Helpt dan mee aan de gewenste compensatie voor het hogere energieverbruik tijdens het koelen en bevordert de gewenste verlenging van de uit-perioden.

Als er bij het ontwerp van een koelinstallatie voor een fruitkoelhuis aandacht wordt besteed aan energiebesparing dan behoren op grond van het eerstgenoemde gegeven de verdamper tenminste te worden uitgerust met 2-toerenventilatoren. In het geval het regelsysteem met korte koelperioden en lange rustperioden wordt toegepast kan om de investering beperkt te houden op het eerste gezicht worden volstaan met slechts  $1/3$  deel van de ventilatoren van 2-toerenmotoren te voorzien. Zodra de koeler wordt uitgeschakeld wordt dan tevens het  $1/3$  deel van de ventilatoren, dat continu blijft draaien, verlaagd in toerental.

Meer flexibiliteit om aan te passen aan het jaargetijde, aan de verschillen in warmteproductie van verschillende appel- en pererassen, aan de bezetting van de koelcel enz. geeft uiteraard de toepassing van een handbediende frequentie-omvormer voor een continue toerenregeling van alle ventilatoren of een vergelijkbare energiebesparende stapsgewijze toerenregeling.

Zo'n continue toerenregeling maakt bij het regelsysteem met modulerende verdampingsdrukregeling, de twee-toerenventilatoren overbodig. Echter bij het nieuwe regelsysteem kan dit weer niet gelden voor het  $1/3$  deel van de ventilatoren, dat tijdens de uit-perioden in werking blijft, wil men voorkomen, dat het energiegebruik van het systeem te hoog wordt.

Universeel is het de continue toerenregeling van een sturing te voorzien waardoor in alle systemen en onder alle omstandigheden een aanpassing aan de warmtehuishouding van de cel kan worden bereikt. De sturing van de luchtcirculatie via een procescomputer moet dan tijdens het koelen worden gebaseerd op een vergelijking tussen het gemeten temperatuurverschil van de uit de koelers tredende lucht en de retourlucht en een in te stellen referentiewaarde voor dit verschil. Tijdens de uit-perioden van de koelers op het verschil tussen een gemeten temperatuurspreiding in de cel en een in te stellen referentiewaarde daarvoor. Kortom men heeft om het energieverbruik voor luchtcirculatie te beperken veel keuzemogelijkheden in uitvoering en schakeling van de verdamperventilatoren. Een overzicht is gegeven in tabel 8. Deze tabel demonstreert de verschillen waarmee rekening moet worden gehouden bij de keuze van het regelsysteem en het

verschil in energieverbruik van de koelcel als gevolg van de keuze van het regelsysteem en de manier van schakelen van de ventilatoren.

De intermitterende schakeling van de ventilatoren, die bij het nieuwe regelsysteem wordt geadviseerd om het energieverbruik zo gering mogelijk te houden vraagt de installatie van een schakelklok voor iedere cel.

Een computergestuurd systeem heeft het voordeel, dat de functie van deze component evenals die van de thermostaten kan worden overgenomen door de procescomputer.

Als dat toch het geval is, kan tegelijkertijd gebruik worden gemaakt van het warmtecapaciteitseffect (capaciteit in elektrische zin) van de massa van de koelerblokken door de schakelcyclus tussen de beide regimes koeling aan - koeling uit voor de koeling en voor de circulatie nog eens een aantal minuten in fase ten opzichte van elkaar te verschuiven.

Tabel 8 maakt duidelijk, dat speciale maatregelen nodig zijn om het energieverbruik van het nieuwe regelsysteem vergelijkbaar te maken of lager te doen zijn dan dat van de modulerende verdampingsdrukregeling. Zolang middelen worden toegepast, die een beperkte investering vragen kan er voor worden gezorgd dat het energieverbruik lager is.

Zodra in beide regelsystemen gebruik wordt gemaakt van een energiebesparende continue toerenregeling dan ligt het minimum energieverbruik van de nieuwe regelmethode op een iets hoger niveau dan dat van de methode met een modulerende verdampingsdrukregeling.



combinatie → toenemende investering ↑	2t-ventilatoren koelen: hoog toeren bewaren: laag toeren		(CV) 50 25	continue regeling via frequentie-omvormer of gelijkwaardig		2/3 deel v.d. ventilatoren met koeler aan - uit	1/3 deel van de ventilatoren		berekend elektrisch energieverbruik voor een koelcel* kWh/dag
	alle	1/3 deel		handbediend	gestuurd		continu	intermitterend, uit-periode	
A. conventioneel	1					X	X		70
	2	X				X	X		44,5
B. modulerende verdampingsdruk	1	X				X	X		46
	2		X			X	X		23
	3				X	X	X		< 23
C. regeling aan-uit met korte koelperiodes en lange rustperiodes	1					X	X		46
	2					X	X		36
	3	X				X	X		29
	4			X		X	X		28
	5		X	X		X	X		34
	6				X	X	facultatief zonder extra investering		< 28

\* Koelcel inhoud: 154,8 ton appels 25,8 ton hout  
 volume: 691 m<sup>3</sup>  
 bewaartemperatuur: 3°C

1) circulatie inkoelen in een conventioneel systeem gesteld op 50 x celinhoud/h. Wanneer 2 toerenmotoren zijn geïnstalleerd wordt de circulatie tijdens koelen tijdens de bewaarperiode gesteld op 25 x celinhoud/h. m.u.v. regelsysteem C3 waar een circulatie van 30 x celinhoud/h is aangehouden. In alle gevallen niet het minimum met CV = 21 of wel 14500 m<sup>3</sup>/h omdat het een vaste instelling betreft.

Gegeven is een m.b.v. het rekenprogramma KOCA berekend gemiddeld energieverbruik per dag van de koelinstallatie voor deze cel over een periode van 9 maanden (oktober t/m juni).  
 De koudefactor van de koelinstallatie<sup>2)</sup> nl. de verhouding tussen de door de compressoren geleverde koelenergie en de opgenomen elektrische energie, die wordt bepaald door de verdampingstemperatuur en de condensatietemperatuur is voor de modulerende regeling globaal berekend op 5,5 en voor de regeling met korte koeltijden op 5.  
 2) Betreft toepassing NH<sub>3</sub> zwaartekracht of pompcirculatiesysteem.

## VIII. Bijzonderheden bij de koelers

### Afmetingen

In verband met de gewenste uniformiteit van de luchtcirculatie in de koelcel (zie hfdst. 2) ligt de breedte van een koelerblok vast. Effectief bij voorkeur 3,60 m; bruto maximaal 4,00 m of effectief bij voorkeur 4,80 m; bruto maximaal 5,20 m. Koelers met speciale afmetingen buiten de standaardreeks behoeven niet duurder te zijn mits een voldoende aantal wordt besteld (> 10). De beschikbare hoogte voor de koeler in de cel is inclusief de lekbak gesteld op 1,25 m. De hoogte is binnen deze 1,25 m een vrijheidsgraad, waarmee de doorsnede van de koeler c.q. de maximaal toegestane luchtsnelheid door de koeler kan worden aangepast aan de gewenste luchtcirculatie. De laatste is, zie hoofdstuk 7, zo'n 17000 m<sup>3</sup>/h per koelerblok.

De diepte van het koelerblok en de lamelafstand geven dan nog twee vrijheidsgraden waarmee een aanpassing kan worden verkregen aan het gewenste koelvermogen en de gewenste TV (hfdst. 6).

Hoogte onder de lekbak, zie hoofdstuk 2.

De luchtsnelheid door een koelerblok is gebonden aan een maximum van ca. 2 m/s. Het effectieve oppervlak van de doorsnede van de kleinste koeler bij 17000 m<sup>3</sup>/h en 2 m/s is 3,60 m x 0,65 m. Een toegestane hoogte van 1,25 m geeft dus in dit opzicht geen beperkingen.

### Ventilatoren

In aanmerking komen lamellenkoelers, bij voorkeur uitgerust met 3 ventilatoren (smallere koelerblokken) of 6 ventilatoren (bredere koelerblokken). Dit in verband met de gewenste reductie van 3:1 van de circulatie tijdens koelen ten opzichte van de circulatie tijdens rust.

Het koelerblok van 4,00 m uitgerust met 6 kleinere ventilatoren is vaak energetisch voordeliger maar in investering zoveel duurder, dat per saldo er geen voordeel in zit. Wat de plaats van de ventilatoren ten opzichte van de koeler betreft verdient die opstelling waarbij de ventilatoren volgens het persprincipe zijn geplaatst de voorkeur; de ventilatoren dus achter de koeler monteren. Nadelen van plaatsing in zuigende opstelling zijn o.m.: turbulente werp van de lucht én de noodzaak een lagere verdampingstemperatuur (dus een groter TV) in te stellen. Omdat de koeltijd gelijk blijft wordt daarmee het vochtverlies vergroot.

### Tussenschotten in koelblok voor scheiding luchtstroom van ventilatoren

Deze schotten zijn vooral gewenst om kortsluitroutes voor de luchtstroom af te sluiten wanneer met ventilatoren van het koelblok individueel wordt geschakeld. Ze zijn minder geschikt om toe te passen in systemen, waarbij de koelers werken met een groot TV (freonsystemen ten opzichte van NH<sub>3</sub>-systemen).

Kunnen het dan nodig maken om de ontdooifrequentie te verhogen.

#### IV

Het koelvermogen van de verdamper voor de inkoelperiode en de bewaarperiode (hfdst. 6) kan worden gebaseerd op een  $TV = 6 \text{ K}$  ( $6^{\circ}\text{C}$ ) overeenkomende met een  $TV^{*1}$ ) van ca.  $4 \text{ K}$  ( $4^{\circ}\text{C}$ ).

Om op de koelers te bezuinigen kan men ook kiezen voor het systeem, dat in de inkoelperiode werkt met een grotere  $TV$  bijvoorbeeld  $10 \text{ K}$  ( $TV^* = \text{ca. } 6 \text{ K}$ ) en met een geringere  $TV$  in de bewaarperiode bv.  $6$  of  $4 \text{ K}$  ( $TV^* \text{ ca. } 4$  of  $2 \text{ K}$ ).

De koelers kunnen dan kleiner van formaat (hoogte, diepte) zijn. Dit systeem geeft tijdens de inkoelperiode een iets groter vochtverlies bij het produkt, ca.  $1,17 \times$  zoveel (zie hfdst. 3, inkoelen), maar kan een grote besparing betekenen op de investering in koelers.

Een ammoniakstelsel kan in de bewaarperiode worden ingesteld op een  $TV$  van  $4 \text{ K}$  ( $TV^* \text{ ca. } 2 \text{ K}$ ) als de koelers daarvoor gedimensioneerd zijn. Met een freon-direct-verdampingssysteem, dat in de praktijk bij kleinere koelcomplexen het meeste voorkomt is een minimum  $TV$  haalbaar van  $6$  à  $7 \text{ K}$  ( $TV^* \text{ ca. } 4 \text{ K}$ ). Een indruk van het te verwachten verschil in vochtverlies tussen beide koelsystemen in samenhang met het regelsysteem en de eigenschappen van het produkt geeft tabel 4 in hfdst. 3.

Het eerstgenoemde  $TV^*$  heeft in die tabel de kwalificatie "hoge kwaliteit" relatief t.o.v. het laatstgenoemde  $TV^*$ .

Omdat toepassing van het regelsysteem met korte koeltijden betekent, dat de invloed van het  $TV$  van de koelers wordt beperkt is dit systeem juist bij uitstek geschikt voor freoninstallaties.

Door instelling van een  $2 \times$  zo grote differentie van de thermostaat kan in principe het effect van een koelsysteem, dat is aangeduid met "hoge kwaliteit", worden bereikt.

#### Lamelafstand

Vaak wordt een lamellenafstand voorgeschreven van  $8 \text{ mm}$  in verband met de ijsafzetting op de koeler en het belemmeren van de luchtcirculatie daardoor. Echter een dergelijke koeler vooral in berijpte toestand heeft een slechtere warmte-overdracht, een grotere  $TV$  en geeft meer ontvochtting. Om die reden is er een keuze: grote lamelafstand - minder vaak maar langer ontdooien tegenover geringere lamelafstand en vaker maar ook korter ontdooien. Toen de ontdooiing in het verleden met de hand en elektrisch werd uitgevoerd kwam alleen de eerstgenoemde oplossing in aanmerking. Met een geautomatiseerde ontdooiing via de heetgasmethode is het de vraag of de tweede methode niet efficiënter is.

<sup>1)</sup> Zie voor een omschrijving van  $TV$  en  $TV^*$  hfdst. 3 en fig. 2.

Met name voor de appelcellen (celtemperatuur 2 à 3°C), die in de praktijk niet vaak ontdooid behoeven te worden, zou kunnen worden afgeweken van het 8 mm-voorschrift.

In hoeverre de lamelafstand nog de keuze van ventilatoren beïnvloedt is hierbij een open vraag. Wanneer een andere lamelafstand in aanmerking komt is het ook zaak om te letten op het rendement van de bij de koelers aangeboden ventilatoren.

### NH<sub>3</sub>-koelers

NH<sub>3</sub>-koelers moeten worden geleverd in duurzame uitvoeringen bijvoorbeeld thermisch verzinkt.

### Afscheiders

Bij toepassing van het zwaartekrachtstelsel moet voor iedere cel op de gang en goed bereikbaar een horizontale afscheider zijn gemonteerd met de daarvoor noodzakelijke regelapparatuur. Voor de kleine cellen kan bij dit stelsel met een afscheider per twee cellen worden volstaan. Bij de montage moet er voor worden gezorgd dat een goede circulatie tussen koeler en afscheider is gewaarborgd door een voldoende hoogteverschil te brengen tussen afscheider en koeler.

Bij het pompcirculatiesysteem wordt het aantal centrale afscheiders (één- of meer afscheider- of vatensysteem) bepaald door bewaartechnische voorwaarden. Zie onder hfdst. 4 "koelinstallatie algemeen".

Ook hier geldt, dat een goede circulatie moet worden gewaarborgd, maar nu spelen bij een goede dimensionering van de circulatiepomp en de leidingen hoogteverschillen geen rol van betekenis meer.

### Afsluiters

Afsluiters monteren zodat bij storing en/of vervanging zonder verlies aan koelmedium kan worden hersteld.

### Afdichting

Het luchtcirculatiesysteem in koelcellen kan veel efficiënter worden ingericht door de kortsluitroutes rondom de koelers af te dichten. Het gaat daarbij om de opening tussen lekbak en produktstapel, tussen koeler en plafond en tussen koeler en wanden van de cel en koelblokken onderling.

Er zijn metingen bekend, waaruit bleek, dat 60% van de circulerende lucht tussen de verdampers door teruggestroomde naar de ventilatoren.

Een probleem bij afdichten is, dat de controle op de lading van de cel vanuit de bedieningscorridor (zie fig. 1) onmogelijk wordt gemaakt als deze afdichting niet wordt uitgevoerd met een doorzichtig materiaal zoals bijvoorbeeld perspex.

Een tweede punt van aandacht moet zijn als in een dergelijke afdichting wordt voorzien of de door praktijkervaring zo langzamerhand genormaliseerde te installeren standaardcirculatie van ca. 50 x de celinhoud/h niet kan worden verkleind.

## IX. Ontdooien van koelers.

De hoeveelheid ijs, die per dag moet worden ontdooid bij een 150-tonscel is volgens berekening onder de ontwerpomstandigheden, die zijn weergegeven in bijlage 3.

Tijdens de inkoelperiode (196 uur = ca. 8 dagen; 5 charges):

Appels: TV\* koeler 4°C: 184 kg/dag

TV\* koeler 6°C: 216 kg/dag

Peren : TV\* koeler 4°C: 302 kg/dag

TV\* koeler 6°C: 340 kg/dag

Tijdens de bewaarperiode: (koeltijd 6 h/dag; resultaat afhankelijk van de ingestelde differentie van de thermostaat)

Appels: TV\* koeler 2°C: - kg/dag

TV\* koeler 4°C: 23-28 kg/dag

Peren : TV\* koeler 2°C: 24-? kg/dag

TV\* koeler 4°C: 28-? kg/dag.

### Ontdooisysteem

In aanmerking komen de ontdooisystemen: heetgas voor verdamperkoelers en elektrische elementen (lit. 5, 6, 7 en 8).

De andere systemen nl. ontdooien door middel van water of ontdooien onder invloed van de warmte van lopende ventilatoren hebben resp. bewaar- en koeltechnische nadelen.

### Elektrisch- of persgasontdooien

Elektrisch ontdooien wordt vooral in de kleinere koelinstallaties, bij niet te lage luchttemperaturen gebruikt. Mede om de eenvoudige constructie en lagere aanschaf- en installatiekosten worden elektrische elementen toegepast in kleinere koelcellen; in grotere koelcellen kan de toepassing beter worden beperkt tot de zuivere appelbewaarruimten, die wanneer de koelinstallatie met een klein TV kan werken en/of de regeling met korte koeltijden - lange rusttijden wordt toegepast, nauwelijks ontdooid behoeven te worden.

Bij een verdere vergelijking tussen beide systemen blijkt (lit. 6 en 7), dat persgasontdooiing sneller is als gevolg van het verwarmen van het koelblok van binnenuit. Met elektrische ontdooiing is een langere tijd gemoeid omdat de ontdooiing in werking moet blijven tot het ijs op de moeilijker te verwarmen delen

is gesmolten. De benodigde energie is vooral daardoor bij elektrische ontdooiing veel groter en er treedt een warmte-overschot op, dat aan de cel wordt afgegeven en naderhand door middel van koeling weer moet worden verwijderd.

Bovendien vraagt de toegevoerde ontdooiwarmte bij het persgassysteem van een centrale koelinstallatie geen extra elektrische energie. Deze warmte wordt nl. onttrokken aan de afvalwarmte, die anders via de condensors toch aan de omgeving wordt afgegeven.

#### Lekbakverwarming

Elektrische elementen worden algemeen toegepast als lekbakvoorziening in ruimten met een temperatuur lager dan  $0^{\circ}\text{C}$  (perencellen). Een alternatief bij heet-gasontdooiing is een spiraal in of onder de lekbak waardoor ook een deel van het gas stroomt.

#### Regeling

Van belang voor de invloed op het celklimaat en ook ter beperking van het energieverbruik verbonden aan het koelproces en het ontdooiproces is de regeling van de ontdooicyclus en de ontdooifrequentie.

Het ontdooisysteem moet na de start de volgende handelingen verrichten:

- uitschakelen van de circulatieventilatoren;
- verdamper uitschakelen of omleggen van de koelmiddelstroom (heet-gasontdooiing);
- ontdooiperiode afwachten;
- verdamper inschakelen of koelmiddelstroomcircuit herstellen;
- ventilatoren inschakelen na ca. 3 min. wachttijd.

De start van de ontdooiing en de frequentie van de starts kan worden geregeld met een tijd klok. Echter dan moet empirisch worden vastgesteld na hoeveel tijd de koeler weer zodanig is berijpt, dat de werking ervan niet optimaal meer is. Afhankelijk van de periode van het jaar (instralingseffect) verschuift de intervaltijd. In de literatuur vindt men als optimale intervaltijd aangegeven een periode in de orde van 6 à 7 uur, dus ca. 4 x ontdooien per dag. Dat geldt waarschijnlijk voor een koelsysteem waarbij de verdamper een groot deel van de dag is ingeschakeld.

Beter is het per cel te ontdooien en de start van de ontdooiing te laten afhangen van de rijplaagdikte op de koelers.

De basis hiervoor kan zijn een drukverschilmeting over de koelers.

Echter dit systeem kan moeilijk worden toegepast wanneer met groepen ventilatoren wordt geschakeld of wanneer een continue toerenregeling van de ventilatoren is geïnstalleerd.

De stop van het ontdooiproces kan ook met de tijdklok worden geregeld, maar de voorkeur verdient het gebruik van een ontdooithermostaat.

Het beëindigen van de ontdooiperiode kan nl. worden geregeld met een thermostaat.

De temperatuuropnemer wordt dan op een bepaalde plaats op het koelerooppervlak aangebracht en de thermostaat wordt zodanig afgesteld, dat de ontdooiperiode wordt beëindigd zodra het koelblok, de lekbak en de afvoer geheel ijsvrij zijn.

Tegen het niet goed functioneren van de thermostaat moet dit systeem ter beveiliging nog beschermd worden met een tijdklok, die het ontdooiproces stopt na een maximaal toegestane ontdooitijd. Het systeem met de ontdooithermostaat en een temperatuurvoeler op het koelblok geeft bij een door middel van een tijdklok geregelde automatische start het voordeel, dat de ontdooicyclus direct wordt gestopt als ontdooien niet nodig blijkt. Bij een computer geregeld systeem kan er voor worden gezorgd, dat de ontdooicyclus zelfs niet wordt opgestart.

#### Constructie condens- en ontdooiwaterafvoer

Condens- of ontdooiwater afkomstig van de koelers moet worden afgevoerd uit de cellen naar buiten. Om bevriezing te voorkomen is een leidingdoorsnede van tenminste 4 cm gewenst. De lekbak moet voldoende diep zijn en de afvoer moet worden geplaatst aan de achterzijde onderaan. Uiteraard voldoende afschot.

De afvoeren moeten worden voorzien van demontabele sifons. Deze te plaatsen buiten de cel op de corridor in verband met bevriezingsgevaar. Het is handig om de sifons te voorzien van een mogelijkheid voor vullen.

Onder de ontdooiwaterafvoer van de cel moet een ruimte zijn voor de watermeter (zie hfdst. 13).

Bij plaatsing op plaatsen waar bevriezing mogelijk is moet verwarming van de sifons uitgevoerd kunnen worden.



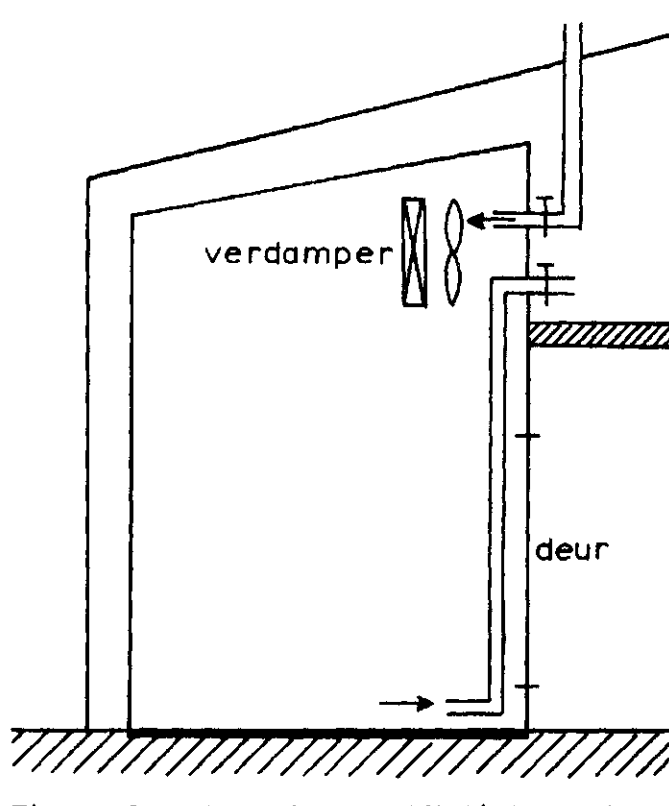


Fig:3 Constructie ventilatiekanaal

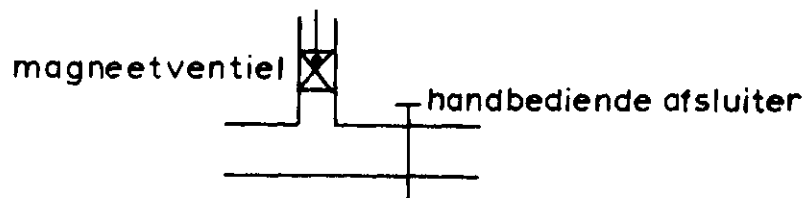


Fig:4 Detail afsluiters ventilatiekanalen

## X. Ventilatie van de cellen

Voor alle cellen moet luchtverversing mogelijk zijn en wel zodanig, dat de verse lucht via verdamer(s) in de cel treedt. Dus de aanvoeropening moet uitmonden bij de aanzuigzijde van de verdamer(s) waardoor gebruik gemaakt kan worden van de werking van de verdamperventilatoren voor luchtverversing.

Voor CA-cellen geldt, dat beide kanalen zowel voor aanvoer als afvoer gesloten moeten kunnen worden. Een regelbare afsluiter op het aanvoerkanaal en een opendicht-afsluiter op het afvoerkanaal.

Handbediende afsluiters voor dit doel betekent, dat beide afsluiters zich moeten bevinden op de bovengang, die langs de cellen loopt. De meest praktische constructie is dan om de opening van de uittredende lucht onder in de koelcel te plaatsen (zie fig. 3). Het afvoerkanaal wordt van onderuit de cel teruggedleid naar het begin van het aanvoerkanaal. Deze constructie heeft het voordeel dat tijdens het ventileren een lichte overdruk in de cel optreedt.

Verder moet daarbij om "kortsluiting" te voorkomen de verse lucht van buiten worden aangezogen en laat men het afvoerkanaal uitmonden op de controlecorridor. Bij deze werkwijze moet ook de controlecorridor worden geventileerd. Een andere oplossing is het plaatsen van een op afstand bediende afsluiter aan de afvoerszijde. Wordt dan eveneens een magneetventiel opgenomen in het aanvoerkanaal achter de regelbare afsluiter daarin dan geven deze afsluiters tezamen de mogelijkheid om een te laag zuurstofgehalte automatisch bij te sturen op grond van metingen met de meetapparatuur, die nog zal worden behandeld in hfdst. 13. Deze bijsturing moet in principe alleen geschieden als de koeler in werking is tenzij in een noodgeval de uiterste minimum grens van het zuurstofgehalte voor het betrokken fruitras dreigt te worden overschreden. Dus verse luchttoevoer laten uitmonden nabij de continu draaiende ventilatoren of bij intermitterend bedrijf de betrokken ventilatoren in werking zetten.

Omdat magneetventielen in kanalen met grote doorsnede tamelijk kostbaar zijn kan de constructie worden toegepast van figuur 4.

Het betekent, dat er voor bijsturing van een dreigend zuurstoftekort slechts een klein kanaal ter beschikking is en voor ventileren om de gassamenstelling in CA-cellen snel aan te passen een groter kanaal met een handbediende afsluiter.

De ventilatie-eis is volgens berekening voor een CA-cel gevuld met peren en de CA-conditie 1% CO<sub>2</sub> en 20% O<sub>2</sub> ca. 0,4 m<sup>3</sup>/h per ton produkt en voor een dergelijke cel gevuld met appels en de CA-conditie 5% CO<sub>2</sub> en 16% O<sub>2</sub> ca. 0,05 m<sup>3</sup>/h per ton produkt.

In de volgende tabel is de continue ventilatiehoeveelheid voor CA-bewaring van appels en peren bij opslag van 100, 150 en 250 ton gegeven. Om het ventilatiesysteem te voorzien van een regelbereik voor aanpassing aan de verschillende appel- en pererassen moeten de ventilatiekanalen worden uitgelegd op 1,5 à 2 x de aangegeven hoeveelheid.

Tabel 9. Ventilatie bij gewone CA-bewaring		
celinhoud in ton	ventilatie voor PEREN bij 1% CO <sub>2</sub> 20% O <sub>2</sub> in m <sup>3</sup> /h <sup>2</sup>	ventilatie voor APPELEN bij 5% CO <sub>2</sub> en 16% O <sub>2</sub> in m <sup>3</sup> /h <sup>2</sup>
100	40	5
150	60	7,5
250	100	12,5

De ventilatie-eis is volgens berekening voor een CA-scrubcel gevuld met appelen en de CA-conditie 4% CO<sub>2</sub> en 3% O<sub>2</sub> ca. 0,011 m<sup>3</sup>/h per ton produkt bij continu scrubben en ventileren.

In onderstaande tabel is de continue ventilatiehoeveelheid voor gescrubde CA-bewaring van appelen gegeven.

Tabel 10. Ventilatie bij gescrubde CA-bewaring	
celinhoud in ton	ventilatie voor appelen bij 4% CO <sub>2</sub> en 3% O <sub>2</sub> in m <sup>3</sup> /h
100	1,1
150	1,7
250	2,8

Continu scrubben en ventileren is niet gebruikelijk. Gebruikelijk is een automatische regeling met tijd klok op de scrubber waarbij achtereenvolgens cellen worden aangesloten op de scrubber gedurende enige tijd. De ventilatie kan in die tijd plaatsvinden op de onderdruk, die in de cel ontstaat als gevolg van de werking van de scrubber. De grootte van die onderdruk hangt samen met de keuze van onder- en bovengrens voor het CO<sub>2</sub>-gehalte in de cel en de lek. Voor drukvereffening is de ventilatie-opening achter de koelerventilatoren ongeschikt. In plaats daarvan moet de ventilatie-uitgang worden geopend bij het inschakelen van de scrubber. Een alternatief voor de tijd klok is het automatisch inschakelen van de scrubber door de meetapparatuur (zie hfdst. 13).

Als gevolg van de beschreven werkwijze daalt het zuurstofgehalte in de cel geleidelijk mits de scrubber geen extra zuurstof in de cel brengt. Zo nu en dan moet dus worden gecorrigeerd middels extra ventilatie via ingang en uitgang.

Voor dat doel kan de standaardvoorziening voor CA-cellen ook op de CA-scrubcellen worden aangebracht mits de regelbaarheid ervan in het lage bereik goed is. Omdat toch regelmatig moet worden geventileerd om het geleidelijk dalende zuurstofgehalte weer op het gewenste (lage) zuurstofpeil te brengen wordt het schakelen van de ventilatie-uitgang tijdens het scrubben wel achterwege gelaten. Tegelijkertijd met het ventileren kan een eventueel opgebouwde geringe onderdruk weer worden ver-effend.

Met betrekking tot het vaststellen van het ventilatiedebiet, waarop bij het bouwen van een fruitkoelcel zal worden gerekend zijn er nog 3 aspecten, die in de beschouwing moeten worden betrokken.

1. Komt incidenteel groente-opslag in het bijzonder in appelcellen voor. In dat geval nl. moet het maximaal haalbare ventilatiedebiet worden vergroot en wel om de koelhuisbeheerder in staat te stellen in enkele dagen het ethyleengehalte in de koelcellen te verlagen tot de voor ethyleengevoelige groenten als bijvoorbeeld bloemkool vereiste drempelwaarde; meestal 0,1 ppm. <sup>1)</sup>
2. Voor de opslag van citrus moet eveneens de benodigde ventilatie aanwezig zijn. In dit geval echter niet om de aanwezige maar om de geproduceerde ethyleen te verwijderen.
3. Om een extra wanddoorvoer te vermijden kan het ventilatieuitgangskanaal van een CA-cel worden uitgelegd op de ventilatie met een zuurstofarm gasmengsel, zoals wordt toegepast bij in bedrijfstelling van een zuurstofbrander of stikstofgenerator bij de start van de bewaring (zie hfdst. 11).

<sup>1)</sup> ppm = volumedelen per miljoen

## XI. Scrubinstallatie en zuurstofbrander of stikstofgenerator

In de handel zijn scrubinstallaties verkrijgbaar, die het teveel aan koolzuurgas langs chemische of langs fysische weg verwijderen. Economische motieven bepalen veelal welk systeem van scrubben toegepast gaat worden. De meest voorkomende zijn de systemen, die werken met gebluste kalk of met actieve kool.

Voor de grotere koelhuizen komen actieve koolscrubbers op de eerste plaats in aanmerking.

Aan de lektheid van de koelcel worden bij toepassing van de actieve koolscrubber hogere eisen gesteld (zie ook hfdst. 12). In die gevallen waarbij niet aan de gewenste gaspercentages kan worden voldaan wordt soms als extra hulpmiddel naar de meer arbeidsintensieve kalkscrubber teruggegrepen. Het belang van de optimale afstelling van de scrubber komt hieronder aan de orde.

De capaciteit van de centraal te kiezen scrubberinstallatie in een koelhuis wordt bepaald door de ademhalingsactiviteit van het opgeslagen produkt, het volume van de te behandelen cellen, de grote van de band waarbinnen men het koolzuurgehalte toestaat te variëren, het niveau van het CO<sub>2</sub>-gehalte bij de gewenste bewaarcondities en de tijdsduur die men wil toestaan voor het behandelen van één cel.

Omdat de werking van de scrubber slechter is naarmate het koolzuurgehalte van de gewenste bewaarconditie lager is moet de capaciteit worden vastgesteld op basis van het laagste CO<sub>2</sub>-percentage van de gebruikelijke bewaarcondities. Deze is momenteel 1% CO<sub>2</sub> voor de zogenaamde aangepaste Engelse bewaarconditie bij Cox's Orange Pippin en Schone van Boskoop. Voor groepen cellen waarin appels worden opgeslagen, die minder veeleisend zijn, kan 2% CO<sub>2</sub> als referentieniveau gelden.

Wanneer een actieve koolscrubber wordt aangeschaft is tevens belangrijk de scrubcapaciteit hoger te kiezen dan vastgesteld langs de boven aangegeven weg. De werking van de actieve kool wordt nl. bedreigd door opname van water en door veroudering of vergruizing van de kool.

De werking kan hierdoor met meer dan 50% teruglopen. Om de kool in goede conditie te houden verdient het dan ook aanbeveling gedurende droge zomerdagen de scrubber met buitenlucht te drogen of te drogen tijdens iedere regeneratieperiode door te regenereren met gedroogde buitenlucht.

Lastig is, dat de scrubcapaciteit vaak zo globaal wordt aangegeven door de fabrikant. Bijvoorbeeld door het aantal kg CO<sub>2</sub>/dag, 100 kg, 150 kg, 200 kg enz. Beter is het de capaciteit van de scrubber aan te geven met de inhoud van kilogrammen kool.

Voor het vaststellen van de te installeren capaciteit van actieve koolscrubbers voor de verschillende bewaaromstandigheden en voor de verschillende fruitrassen wordt verwezen naar een in voorbereiding verkerend praktijkadvies van het Sprenger Instituut.

De actieve koolscrubber is verkrijgbaar in twee typen nl. het éénvatssysteem waarbij het scrubben regelmatig moet worden onderbroken voor een periode van regenereren en het tweevatssysteem, waarbij afwisselend het ene vat als scrubber dienst doet en het andere vat met buitenlucht wordt geregenereerd. Bij de laatste uitvoering is er nog een versie, die het gas van beide vaten mengt alvorens de wisseling en aansluiting met de cel tot stand wordt gebracht. Het voordeel daarvan is, dat er bij de wisseling minder zuurstof in de cel wordt gebracht. Uit praktijkinformatie blijkt, dat het desalniettemin wel mogelijk is een éénvatssysteem toe te passen ook als bij een lage zuurstofconcentratie van ca. 1,5% wordt bewaard.

Van het grootste belang voor een optimale werking is de juiste instelling van de tijdsduur van het adsorptie- en de tijdsduur van het regeneratieproces. Worden deze tijden nl. te lang gekozen dan is het gewenste effect resp. de koolzuropname door de actieve kool of de koolzuurafgifte van de actieve kool te gering ten opzichte van de tijd, die er aan besteed wordt.

Het is noodzakelijk de werking van de scrubberinstallatie jaarlijks te controleren.

De methode om de actieve koolscrubber optimaal af te stellen wordt beschreven in bijlage 5.

De bediening van de scrubberinstallatie kan ook volledig worden geautomatiseerd (zie hfdst. 14).

Met enige aanpassingen kan er dan voor worden gezorgd, dat de afstelling van de scrubbers d.w.z. de keuze van de tijdsduur van het scrubproces en van de tijdsduur van het regeneratieproces voortdurend optimaal blijft.

De scrubinstallatie dient te worden gecompleteerd met een leidingnetwerk naar de cellen en bij een centrale scrubinstallatie met een schakelsysteem om de cellen achtereenvolgens op de scrubber(s) aan te sluiten.

De ventilatie-uitgang van een cel (open) schakelen wanneer cellucht door de scrubber wordt gevoerd. Tijdens het regeneratieproces de ventilatie-uitgang weer (dicht) schakelen.

### Zuurstofbrander of stikstofgenerator

Om in scrubcellen bij de start van de bewaring of bij tussentijds openen van de cellen het zuurstofgehalte van de cel snel omlaag te brengen moet een zuurstofbrander of stikstofgenerator kunnen worden aangesloten. Het apparaat wordt dus incidenteel gebruikt en kan om die reden beter niet worden opgenomen in een eventueel te installeren automatische regeling van de gassenstelling in cellen (hfdst. 14). In dit verband hebben de stikstofgeneratoren het nadeel, dat ze wat de investering betreft vaak te duur zijn voor incidenteel gebruik. De gedachte om deze apparaten iedere dag een voorraad zuurstofarm gasmengsel te laten maken, waarmee de eenvats-scrubber kan worden gespoeld. Bij iedere wisseling van regenereren naar scrubben om zo de zuurstofproblematiek van de scrubbers op te heffen is nog in ontwikkeling.

De werkwijze van de apparaten is zo, dat ze overwegend gebruik moeten maken van het verdringingsprincipe. D.w.z. zuurstofarme lucht wordt in de cel gepompt en zuurstofrijkere lucht wordt verdreven.

Omdat de ventilatie van de cel met zuurstofarme lucht vrij groot moet zijn (zie tabel 11) moet meestal worden voorzien in een extra luchtafvoeropening met expansieventiel. De normale uitgang voor ventilatielucht is vaak te klein (vergelijk tabel 11 met tabel 9 en 10) en dat geldt ook voor de overdrukbeveiliging (zie hfdst. 12), tenzij er wat de uitlaatopeningen betreft op zuurstofverwijdering wordt gerekend.

Wanneer het zuurstofgehalte in de zuurstofarme lucht bekend is, bijvoorbeeld 3% O<sub>2</sub>, 97% N<sub>2</sub> kan, bij verdringing, met de ventilatieformule het debiet van het gasmengsel, dat de apparatuur moet leveren, worden berekend. In tabel 11 is voor een 150-tonscel van ca. 700 m<sup>3</sup> inhoud en bij belading ca. 300 m<sup>3</sup> vrije ruimte het gewenste minimum debiet gegeven bij verschillende ontwerpeisen.

De ventilatieformule luidt:  $\frac{C_e - C_m}{C_o - C_m} = e^{-q \cdot t / V}$

waarin:

- C<sub>e</sub> = gewenst zuurstofgehalte : bv. 4% O<sub>2</sub>
- C<sub>m</sub> = het zuurstofgehalte van het zuurstofarme gasmengsel : bv. 3% O<sub>2</sub>
- C<sub>e</sub> moet groter zijn dan C<sub>m</sub>
- C<sub>o</sub> = begingehalte van de zuurstof : 21% O<sub>2</sub>
- t = beschikbare tijd in [h] : bv. 36 uur
- V = vrij volume in de cel in [m<sup>3</sup>] : bv. 300 m<sup>3</sup>
- q = debiet in [m<sup>3</sup>/h] : gevraagd

$$\frac{4 - 3}{21 - 3} = e^{-\frac{q \cdot 36}{300}} \rightarrow q = -\frac{300}{36} \cdot \ln\left(\frac{4 - 3}{21 - 3}\right) \rightarrow q = 24 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tabel 11. Minimum debiet zuurstofarm gasmengsel voor verlaging van het zuurstofgehalte in een 150-tonsel van 21% naar 4%

beschikbare tijd ⇒	24 h	36 h	48 h	72 h
samenstelling gasmengsel ↓	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h
97% N <sub>2</sub> ; 3% O <sub>2</sub>	36	24	18	12
98% N <sub>2</sub> ; 2% O <sub>2</sub>	28	19	14	9,5
99% N <sub>2</sub> ; 1% O <sub>2</sub>	24	16	12	8

Werkwijze zuurstofbranders

Buitenlucht wordt gemengd met propaan of aardgas en verbrand met een open vlam of katalytisch. De laatste methode betekent een lagere verbrandingstemperatuur (ca. 1000°C).

Het zuurstofarme gasmengsel, dat de brander verlaat heeft een hoge temperatuur (rond de 100°C) en moet worden gekoeld (glycol warmtewisselaar), waarbij condenswater vrijkomt. Om de gevormde koolzuur te verwijderen wordt het gasmengsel daarop nog via één ingebouwde koolzuurscrubber geleid of via een scrubber van het koelcelcomplex. Dit laatste is lastig omdat dan gedurende die periode een koolzuurscrubber bezet is.

Werkwijze gasgenerator

In fruitkoelhuizen wordt wel gebruik gemaakt van de ammoniakkraker, die praktisch werkt als een zuurstofbrandar.

Ammoniak NH<sub>3</sub> wordt bijgemengd bij de cellucht (N<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>) en verhit. De reactie  $2\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \Rightarrow \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$  vindt plaats bij 900°C. Het gasmengsel moet eveneens worden gekoeld, waarbij de waterdamp als condens vrij komt.

Een ander systeem, dat nog niet wordt toegepast in fruitkoelhuizen maar wel in laboratoria en in de industrie kan beter worden gekenschetst als een "zuurstofscrubber". Het is een tweevatssysteem gevuld met moleculaire-zeef-cokes, die O<sub>2</sub> adsorbeert. De voeding geschiedt met perslucht via een compressor.

Door middel van een drukwisselsysteem vindt adsorptie van zuurstof plaats of afgifte van zuurstof aan de buitenlucht (regeneratie). In het kader van tabel 11 kan met één van de kleinste industriële typen worden volstaan, die 40 m<sup>3</sup> gasmengsel per uur kan leveren met een gehalte van 3% zuurstof.

Stikstofinspuiting bij CA-scrubcellen voor het verdringen van de zuurstof in de plaats van stikstofgeneratoren lijkt volgens een kostenberekening voor de praktijk op dit moment niet haalbaar.



## XII. Gasdichtheid, dampdichte laag, luchtbuffer, drukbeveiliging

### Gasdichte afwerking van de cel

Het nu volgende voorlopig algemeen advies is gebaseerd op een stationaire onderdrukmeting met een drukverschil van 60-90 Pa (0,6-0,9 mmWk).

De grootte van de lekopening moet kleiner of gelijk zijn aan:

type cel	lek in cm <sup>2</sup> /100 m <sup>3</sup>
gewone CA-cel	6
kalk scrubcel	0,8
actieve-koolscrubcel	0,2

Dat betekent een toegestane lekgrootte voor CA-scrubcellen met een actieve koolscrubinstallatie van maximaal:

0,9 cm<sup>2</sup> voor een 100-tonscel

1,4 cm<sup>2</sup> voor een 150-tonscel

2,1 cm<sup>2</sup> voor een 250-tonscel.

De afdichting bij de schuifdeuren is vaak het zwakke punt in de gasdichte afwerking van de scrubcellen.

Momenteel zijn schuifdeuren in de handel voorzien van een oppompbare afdichtende profielband (het zogenaamde fietsbandprincipe).

Omdat de lekdichtheidseis voor scrubcellen erg zwaar is is het handig wanneer de celpanelen ook van buiten af bereikbaar zijn. Het beschikbaar hebben van een gangpad van ca. 70 cm achter de cellen kan van grote waarde zijn.

### Dampdichte laag

Het is vereist om de cellen te voorzien van een dampdichte laag aan de warme zijde.

De voorkeur verdient een dubbelzijdig aangebrachte dampdichte laag.

### Luchtbuffer

Het doel van de luchtbuffer is om de CA-cel tijdens de bewaarperiode minder lek te maken.

Het gaat hierbij voornamelijk om het pompeffect op te heffen, dat ontstaat door de temperatuurwisselingen bij het in- en uitschakelen van de koeler.

Omdat de luchtbuffer een flexibel voorraadvat is wordt in het geheel geen buitenlucht toegelaten. Dit in tegenstelling tot de onderdrukbeveiliging.

Een voor dit doel gebruikte long mag niet worden aangesloten op een plaats waar de statische druk wordt verstoord door de circulatieluchtstroom. Om het aantal doorvoeringen door de celwand tot het uiterste te beperken is combinatie met een opening voor een over- en onderdrukbeveiliging gewenst. Bij montage op deze beveiliging blijft eerder genoemde voorwaarde belangrijk. Het in bedrijf zijn van de buffer vraagt om een opening met een doorsnede of diameter van op z'n minst 10 cm.

De grootte van de buffer op een 100-tonscel bedraagt ca. 1,5 m<sup>3</sup>; die voor een 150- en 250-tonscel respectievelijk ca. 2,5 en 3,5 m<sup>3</sup>.

Wanneer de aan-uitregeling van de koeler wordt toegepast met een vergrote temperatuur differentie van de thermostaat tot 2°C moet de buffer in alle gevallen 0,5 m<sup>3</sup> groter worden gekozen

Aanbevolen wordt om een handbediende afsluiter tussen cel en buffer te monteren.

#### Over- en onderdrukbeveiliging

De koelruimte moet worden voorzien van één of meer openingen met daarop aangesloten een over- en onderdrukbeveiliging. Gerekend moet worden op bescherming tegen drukverschillen groter dan 10 mm WK. De doorlaatopeningen van de beveiligingen dienen tezamen geschikt te zijn voor een luchtvolumestroom van ca. 9 m<sup>3</sup>/h voor een 100-tonscel, 14 m<sup>3</sup>/h voor een 150-tonscel en 20 m<sup>3</sup>/h voor een 250-tonscel.

Deze beveiliging is niet voldoende om te compenseren bij een snelle afkoeling van de lucht tijdens een beproeving van de koelinstallatie in een gesloten lege cel. In het laatste geval dient de deur voldoende ver open te staan.

Indien over- en onderdrukbeveiligingen en luchtbuffer als één geheel op de cel worden aangesloten moet extra aandacht worden besteed aan de plaats van montage ervan. Zie onder "luchtbuffer".

### XIII. Registratie en meting van de luchtsamenstelling, temperatuur en het vochtverlies van het produkt

#### Algemeen

Het uitoefenen van een goede controle op de samenstelling van de bewaaratmosfeer en de temperatuur in CA-opslagruimten voor hard fruit is gewenst.

Regelmatige controle tijdens de bewaring is beslist noodzaak als men geneigd is te gaan tot grenzen van hetgeen het produkt kan verdragen.

Het risico voor de kwaliteit van het produkt wordt dan erg groot. Wanneer er sprake is van een concentratie van produkt zoals in een fruitkoelhuis en de controle onvankelijk wordt, moet er zelfs worden gedacht aan een automatische continue bewaking en beveiliging.

Voor wat betreft betrouwbare meet- en regelsystemen is recentelijk gebleken, dat dergelijke systemen compleet in de handel verkrijgbaar zijn (lit. 9).

Dergelijke systemen kunnen ook worden opgebouwd met in de handel verkrijgbare componenten. In dit hoofdstuk wordt beschreven, waaraan een registrerend en regelend meetsysteem voor temperatuur, CO<sub>2</sub>- en O<sub>2</sub>-concentratie in opslagruimten dient te voldoen en hoe een dergelijk systeem kan worden opgebouwd.

- Registratie dient plaats te vinden van de temperatuur, bij voorkeur enkele meetpunten per cel en van het zuurstofgehalte en het koolzuurgasgehalte.

De relatieve vochtigheid is meestal niet opgenomen in bestaande systemen. De reden hiervan is, dat geschikte vochtvoelers voor toepassing in CA-cellen ontbreken.

Aan de andere kant is uit onderzoek gebleken, dat het meten van de relatieve vochtigheid met het oogmerk om informatie te verkrijgen over het vochtverlies van het opgeslagen produkt, niet zinvol is.

Het vochtverlies van het produkt kan men beter controleren door het condenswater van de verdamper te bemeteren (lit. 3).

Zie het onderdeel "meting van het vochtverlies" van dit hoofdstuk.

- Alarmering dient te geschieden bij overschrijden van vooraf ingestelde onder- en bovengrenzen van temperatuur, koolzuurgas en zuurstof.

- Regeling kan plaatsvinden van het zuurstofgehalte en de koolzuurgasconcentratie. Dat wil zeggen, dat wat de regeling van het koolzuurgas betreft het overschrijden van de bovengrens moet worden bewaakt en moet leiden tot actie van het systeem nl. het "gecontroleerd" inschakelen van een CO<sub>2</sub>-scrubber.

Voor zuurstof moet in elk geval de ondergrens worden bewaakt.

Overschrijding van de ondergrens moet leiden tot het "gecontroleerd" inschakelen van ventilatie.

De term "gecontroleerd" betekent in dit verband dat het effect van het scrubben of het effect van de ventilatie in de betreffende cel door het systeem in het bijzonder in het oog wordt gehouden.

Voor de 1-vats CO<sub>2</sub>-scrubber geldt daarnaast nog, dat tijdens de periode, dat de scrubber op een cel is aangesloten, de optimale werking ervan onder controle moet blijven.

D.w.z. dat de tijdstippen van omschakelen van adsorptie naar regeneratie en terug dienen te worden vastgesteld.

Dit moet geschieden aan de hand van frequent uit te voeren koolzuurgehaltenemingen in de kanalen tussen scrubber en cel gedurende de adsorptieperiode en aan de hand van eveneens frequent uit te voeren koolzuurgehaltenemingen in het kanaal voor de afvoer van de spoellucht gedurende de regeneratieperiode.

Het omschakelpunt van adsorptie naar regeneratie is aangebroken als het oplopen de koolzuurgethalte in het uitgangskanaal van de scrubber in de adsorptieperiode de helft van het koolzuurgethalte in de aangevoerde lucht uit de cel heeft bereikt.

Voor de regeneratieperiode geldt bij een afnemend koolzuurgethalte dat 1/6 van het laatst geconstateerde koolzuurgethalte in de aangevoerde lucht vanuit de cel het omschakelpunt is van regeneratie naar adsorptie (zie ook hfdst. 14).

#### Uitvoering

Een installatie bestaat uit de volgende onderdelen:

1. Een leidingnet om de gasmonsters op een controleplaats te krijgen.
2. Meetinstrumenten voor de bepaling van het zuurstof- en koolzuurgasgethalte, alsmede een meetinstrument voor het meten van de temperaturen (lit. 12).
3. Regelmogelijkheden voor het bewaken c.q. beveiligen van de gasconcentraties in de cellen en voor sturing van de koolzuurscrubber.
4. Registratie-apparatuur.

### Leidingnet

Mogelijk is een centrale leiding ( $\varnothing$  6 mm) met toevoerleidingen vanuit de koelcellen.

In elke toevoerleiding is een magneetafsluiter opgenomen (normaal gesloten).

Het verdient echter de voorkeur om een aparte leiding vanaf elke koelcel naar het centrale meetpaneel te leggen. Hierdoor is de kans op lekkages kleiner.

Wanneer sturing van de koolzuurscrubber wordt voorzien moet in ieder geval worden gerekend op één gasleiding van de scrubber naar het centrale meetpaneel. Aansluitpunten bij de scrubber zijn het ingangskanaal met de cellucht het uitgangskanaal met de CO<sub>2</sub>-arme lucht en het kanaal voor de spoellucht. Aangezien de meetpunten niet gelijktijdig worden gebruikt kan door een omschakelsysteem bij de scrubber met één leiding worden volstaan.

Het verdient verder aanbeveling zo weinig mogelijk koppelingen in de leidingen op te nemen.

Een membraanpomp geplaatst bij het centrale meetpaneel zorgt voor snelle aanzuiging van het betreffende gasmengsel en het spoelen van de centrale leiding.

Een nadeel van deze werkwijze is echter, dat het leidingnet onder onderdruk staat waardoor bij een (geringe) lekkage buitenlucht wordt aangezogen.

Een betere methode is, om in elke koelcel en bij de scrubber een membraanpompje te plaatsen, waardoor het leidingnet onder positieve druk staat en bij (kleine) lekkages geen meetfouten ontstaan.

Bovendien hebben (kleine) lekkages van de pomp binnen de cel geen invloed op de meting. Membraanpompjes zijn betrouwbaar gasdicht; bij veroudering kan lek ontstaan. Het alarmsysteem waarschuwt dan automatisch wanneer het gemeten O<sub>2</sub>-gehalte t.o.v. de ingestelde waarde oploopt door lek.

In de leiding naar de meetinstrumenten is het noodzakelijk een micro-filter op te nemen met verwisselbare en zichtbare patronen. Het microfilter verwijdert stof en scheidt water af.

Drogers worden niet aanbevolen, omdat deze bestaan uit poreus materiaal waardoor het lang duurt voordat bij een nieuw gasmengsel het vorige verwijderd is (lange responsietijd). Bovendien moeten drogers regelmatig geregenereerd worden hetgeen bezwaarlijk is.

Het verdient aanbeveling ervoor te zorgen, dat het centrale meetsysteem zich op een hogere temperatuur bevindt dan de koelcellen. Dan wordt het gasmengsel n.l. in temperatuur verhoogd en kan meer vocht bevatten waardoor de kans op condens in het meetsysteem wordt verkleind.

Een controle op de gasstroom is noodzakelijk.

Aanbevolen wordt vóór iedere "gasanalyser" een flowmeter te plaatsen voorzien van een precisie-naaldventiel.

Hierdoor wordt ervoor gezorgd, dat elke "analyser" de juiste hoeveelheid gas per tijdseenheid ontvangt. De  $O_2$ - en  $CO_2$ -meters worden parallel op de gasstroom aangesloten. Serieschakeling kan niet, omdat er geen restricties in de uitlaat van een gasanalyser kunnen worden toegestaan i.v.m. de gevoeligheid voor druk van de meetinstrumenten.

Verder zijn nog voorzieningen nodig voor het op gezette tijden toevoeren van ijk-gassen ter controle. Met een tijdschakeling kan de ijking automatisch worden uitgevoerd, bv. 1 x per 24 uur. Het is noodzakelijk indien de registratie wordt gebruikt als bewijsvoering en voor controle van de goede werking.

Voor de automatische bemonstering is het noodzakelijk een tijd klok met outputs voor de besturing van de magneetkleppen, de pompjes e.d. te installeren.

Een fraaie methode is hiervoor een micro-processor te gebruiken of een datalogger voorzien van een hoog/laag signaalgrensbewaking.

Er kan dan tevens scanning plaatsvinden van de temperatuurmeetpunten en er kan een printer worden bediend.

#### Samenvatting van eisen te stellen aan het leidingnet

1. Het bemonsteringspunt in de koelcel moet worden gekozen in de circulerende luchtstroom, bv. in de omgeving waar de koeler de lucht aanzuigt, maar niet op een plaats waar vermenging kan optreden met de lucht afkomstig van ventilatie of de lucht afkomstig van een scrubber of zuurstofbrander, dus niet boven in de cel.
2. De leidingen dienen bij voorkeur doorzichtig te zijn voor controle op eventueel water (polypropyleen tubing). Verder bestand tegen sporen ammoniak wanneer dit als koudemiddel wordt toegepast en het gasmeetsysteem tevens is ingericht voor ammoniaklekdetectie. De montage ervan: In benedenwaartse richting, dus van hoog naar laag zonder "condensvallen".  
Na montage dient een nauwkeurige lekttest te worden uitgevoerd.
3. De membraanpomp (en), bij voorkeur in de cellen i.v.m. overdruk op het systeem, dienen zelfstartend te zijn.
4. Met een aparte tijd klok moet kunnen worden ingesteld de tijd die nodig is om het leidingsysteem te spoelen met cellucht of waar dat van toepassing is met gasmengsel afkomstig van de scrubber. Daarna moet een signaal worden gegeven waardoor de aanwijzing van de meetinstrumenten wordt geregistreerd.
5. Microfilters opnemen in de leidingen vlak voor de meetapparatuur.

Het bemonsteren en spoelen van de leiding van de cel naar het centrale meetsysteem duurt 1 à 2 minuten in een traag bemonsteringssysteem en minder dan 1 minuut in een snel bemonsteringssysteem. Uiteraard hangt dit samen met de afstand en de capa-

citeit van de pomp. Een snel bemonsteringssysteem wordt wel gebruikt wanneer naast zuurstof- en koolzuurbewaking, ammoniaklekbeveiliging essentieel wordt geacht. Zo'n systeem onderscheidt zich van een traag systeem doordat de werkwijze geheel is gericht op het bereiken van korte spoeltijden. Korte spoeltijden kunnen worden verkregen door dunne leidingen te installeren en grote hoeveelheden monstergas per tijdseenheid te verpompen. Van dat monstergas wordt dan slechts een fractie gebruikt voor de analyse van het gasmengsel. Zoveel monstergas kan mede als gevolg van de grote controlefrequentie van één cel niet aan de cel worden onttrokken. Dit betekent, dat een leidingnet voor een snelle bemonsteringssysteem is uitgerust met retourleidingen, hetgeen bij een traag systeem achterwege kan blijven (extra investering).

De systeembeschrijving, die in dit rapport is opgenomen, in het bijzonder in hoofdstuk 14, is gebaseerd op een traag bemonsteringssysteem. In een snel systeem is met name de werkwijze rond het in- en uitschakelen van de ventilatie en de werkwijze rond het schakelen van de scrubber eenvoudiger te programmeren. Met wisseltijden zijn op die manier 12 cellen in een half uur te controleren. Praktisch bepaalt de gewenste controlefrequentie (1 x per half uur, 1 x per uur enz.) het aantal cellen dat op één systeem kan worden aangesloten.

Een berekening gebaseerd op de zuurstofconsumptie van Cox's Orange Pippin onder gescrubde CA-omstandigheden en een opslagtemperatuur van  $4^{\circ}\text{C}$  in een 160 ton's cel (ca.  $800\text{ m}^3$ ) leert, dat  $0,1\%$   $\text{O}_2$  wordt verbruikt in ca.  $1\frac{1}{4}$  uur. Een controlefrequentie van 1 x per uur is dus meer dan voldoende. Dan kunnen 24 cellen met één systeem worden bediend.

### Meetinstrumenten

#### - Zuurstofmeting

Er zijn diverse meetinstrumenten verkrijgbaar voor het automatisch meten van de zuurstofconcentratie.

Voor zuurstof is gebleken, dat instrumenten van het magneto-dynamische type die gebruik maken van de eigenschap, dat zuurstof paramagnetisch is, zeer goed voldoen voor wat betreft snelheid van meten, betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid.

Het meest nauwkeurig zijn die zuurstofmeters, die werken volgens het verschilprincipe en een gethermostreerd meetsysteem bezitten. Dit is van belang voor de stabiliteit van de meting op lange termijn.

#### - Koolzuurgasmeting

De traditionele meting van het koolzuurgas volgens het thermisch geleidingsprincipe is onvoldoende nauwkeurig bij lage zuurstofconcentraties.

Het meest nauwkeurig zijn die instrumenten, die gebruik maken van het principe dat  $\text{CO}_2$  wordt geabsorbeerd door infrarode straling.

Het is gebleken, dat die instrumenten die een enkele meetcel bezitten voldoende nauwkeurig zijn.

- Pro memorie uitbreiding met  $\text{NH}_3$ -lek-detectie en ethyleengehaltemeting.

#### Temperatuurmeetsysteem

- Het temperatuurmeetsysteem dient onafhankelijk te functioneren van het temperatuurregelsysteem. Immers het meetsysteem dient ter controle van de werking van de temperatuurregeling en bij het uitvallen van de koeling dient de registratie van de temperatuur door te gaan.

- Het verdient aanbeveling meerdere temperatuurvoelers (tenminste 3 stuks) in de koelcel te plaatsen.

Bij het bepalen van de plaatsen waar de temperatuur moet worden gemeten is het volgende van belang. Wanneer er wordt gekoeld komt er koude lucht achter in de cel die op de weg terug naar de luchtkoeler opwarmt.

Wordt er niet gekoeld, dan komt er door instraling opgewarmde lucht achter in de cel die op weg naar voren, afkoelt. Het produkt is dan immers kouder dan de lucht.

Er zijn dus tenminste twee punten met de functie van een thermostaatmeetpunt waar de temperatuur gemeten moet worden:

- voor in de cel, onder de verdamper; hier ligt het warmste punt wanneer er wordt gekoeld,
- achter in de cel; hier ligt wanneer er niet wordt gekoeld het warmste punt.
- Als derde meetpunt is een koelblokvoeler gewenst. Ten eerste om tijdens het koelen de TV vast te stellen. Ten tweede in verband met de functie bij het beëindigen van het ontdooiproces.

Van de beide eerstgenoemde temperatuurvoelers kan ook gebruik worden gemaakt om in het geval een continue toerenregeling is geïnstalleerd tijdens het koelen de minimum instelling van de circulatie te bepalen aan de hand van het temperatuurverschil " $\Delta T$ -retour".

- De nauwkeurigheid van de temperatuurmeting dient  $\pm 0,1^\circ\text{C}$  te bedragen. Dit betekent bij gebruikmaking van Pt 100-voelers een nauwkeurigheid van 1/5 DIN en dus gebruik van de 4-draads methode.
- Het temperatuurmeetsysteem dient uitgerust te zijn met een digitale output, zodat temperatuurregistratie mogelijk is.



- De registratie van de temperatuur kan centraal plaatsvinden. Bij gebruik van een datalogger kan de registratie van  $O_2$ ,  $CO_2$  en de temperatuur door hetzelfde apparaat geprint worden.

Ook is het met een datalogger mogelijk alarmering in te stellen.

Voor de hand- en nacontrole van de temperatuur is een kwikthermometer een bruikbaar instrument, mits geijkt (ter plaatse: smeltend ijs) en juist geplaatst. Gemonteerd in een nis direct achter het kijkraam kan tot gevolg hebben, dat instraling van buiten door het raam invloed heeft op de meting. Een meter gehuisvert in een wanddoorvoering is beter.

#### Bepaling van vochtverlies van het produkt

Enkele keren per seizoen wordt het fruit gecontroleerd op kleur, slap, stip enz. Omdat slap één van de belangrijkste oorzaken is van de vermindering van kwaliteit is het meten van de waterafgifte een goede mogelijkheid om te beoordelen of het produkt niet te veel is uitgedroogd. Waterafgifte meten komt neer op het meten van de hoeveelheid water die op het koelerblok condenseert. Het meten van de relatieve vochtigheid geeft daarentegen geen informatie over de vochtafgifte.

De vochtafgifte van fruit is afhankelijk van de toestand van de huid. Deze varieert jaarlijks als gevolg van boomgaardfactoren en het weer. Uit theorie en praktische waarnemingen is gebleken, dat de relatieve vochtigheid in de koelcel geen nauwkeurige maat is voor de vochtafgifte. Het water verplaatst zich naar de koeler maar ook naar het hout van het fust en het beton van de vloer.

Vooraf bij CA-bewaring is de vochtstroom, die via de ventilatie binnenkomt, te verwaarlozen. De vochtopname van hout en beton beperkt zich tot de eerste weken van de bewaring. Daarna nemen hout en beton geen vocht van betekenis meer op.

Water meten is niet zinvol wanneer: ontdooid wordt met water, de deur dagelijks langer dan 15 minuten openstaat, een bevochtiger van onbekende capaciteit de vochtigheid in de cel regelt, en gedurende de periode dat in CA-cellen de zuurstof wordt afgebrand. De branders kunnen nl. een onbekende hoeveelheid vocht in de cel brengen.

Uit de watermeting kan berekend worden hoeveel % vocht het produkt heeft verloren.

Een hulpmiddel daarvoor zijn bijvoorbeeld de tabellen 12, 13 op de volgende bladzijde en tabel 14.

Het Sprenger Instituut hanteert als grens 4% vochtverlies. Daarboven wordt het slap duidelijk merkbaar.

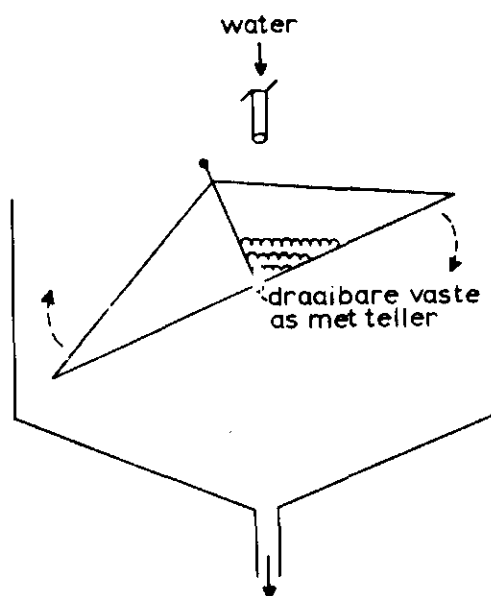
Het meten van het vochtverlies geeft nog enkele voordelen.

Het effect van maatregelen om het vochtverlies te beperken kan gemeten worden. Een maatregel kan bijvoorbeeld zijn het bijstellen van het TV-verschil van de koelers of verandering van de differentie van de thermostaat.

Ook de verandering van de vochtafgifte als gevolg van de toenemende instraling tijdens het bewaarseizoen of gedeeltelijke uitslag is eenvoudig na te gaan.

Als er geen vocht wordt opgevangen kan bijvoorbeeld de ontdooiing defect zijn.

Figuur 5 laat een voorbeeld zien van een watermeter.



Figuur 5. Voorbeeld van een watermeter met telmechanisme

Tabel 14. Vaste componenten in het vochtverlies

Tel bij het gemeten percentage vochtverlies uit de tabellen 12 of 13 volgens onderstaand schema een vast percentage op i.v.m. de vochtopname door het hout (bij gebruik van kunststof bewaarfust kan deze berekening achterwege blijven). Voor een slecht afgewerkte betonnen vloer komt daar 0,2% extra bij.

	20 kg kisten	stapelkisten
luchtdroog hout	1,6%	1,4%
nat (gemaakt) hout	0,8%	0,7%



#### XIV. Regeling voor het bewaken c.q. beveiligen van de gassamenstelling in cellen

De complete volgorde van gewenste handelingen van een computergestuurd meet- c.q. beveiligingssysteem van het trage type (zie blz. 64 en 65) is in het kort als volgt:

##### Hoofdprogramma

- a. - Openen toevoer calibratiegas naar CO<sub>2</sub>- en O<sub>2</sub>-meter.
  - Print het meetresultaat.
  - Geef alarm als de calibratiegasstroom niet correct is; bijvoorbeeld in het geval de ijkgasfles leeg is.
  - Geef alarm als de zuurstofmeting of de koolzuurgasmeting buiten een vooraf aangegeven gebied valt.

Deze handelingen worden uitgevoerd met 2 ijkgasen met spoeltijden daartussen. Er wordt gebruik gemaakt van lucht, 21% O<sub>2</sub> en 0% CO<sub>2</sub> en van een ijkgas uit een fles 0% O<sub>2</sub> en 3% CO<sub>2</sub>.

Merk op, dat de gasmeetinstrumenten door het systeem wel worden gecontroleerd maar dat het systeem niet zelf calibreert.

- b. - Meet de temperatuur van de voelers in cel 1 (aantal 3, 4 of 5).
  - Geef een alarm wanneer de temperatuur van voeler 1 (produkttemperatuur of retourluchttemperatuur) buiten een vooraf begrensde temperatuurgebied valt.
  - Print het resultaat van de metingen in geval van alarm.
  - Print het resultaat van de metingen wanneer er een registratiecyclus \* aan de orde is.
- c. - Schakel de pomp in van het gasmonster van cel 1.
  - Meet CO<sub>2</sub>- en O<sub>2</sub>-gehalte na een vooraf vastgestelde vertragingstijd (deze tijd dient voor het spoelen van de leiding van de cel naar het centrale meetpaneel). De grootte van deze vertragingstijd bepaalt in hoofdzaak het tempo, waarmee het systeem kan werken.
  - Alarmeer wanneer het CO<sub>2</sub>- en O<sub>2</sub>-gehalte boven de gestelde bovengrenzen liggen en wanneer het O<sub>2</sub>-gehalte beneden een gestelde ondergrens ligt.
  - Print het resultaat van de metingen in geval van alarm.
  - Print het resultaat van de metingen wanneer er een registratiecyclus\* aan de orde is.
  - Is de gemeten CO<sub>2</sub>-waarde hoger dan een ingestelde bovenregelgrenswaarde (de regelgrenswaarde is kleiner dan de ingestelde bovengrenswaarde, die voor alarmering geldt), dan moet de koolzuurscrubber worden ingeschakeld.

Aangezien de scrubber op dat moment gekoppeld kan zijn aan een andere cel en het hoofdprogramma voortgang moet vinden is verwijzing naar een hulp-programma nodig, dat de koppeling van cellen aan de scrubber regelt.

De uitvoering kan zijn, dat tegelijkertijd met de verwijzing een prioriteitsaanduiding wordt meegegeven gebaseerd op het geconstateerde verschil tussen het gemeten CO<sub>2</sub>-gehalte en een onder-regelgrenswaarde (deze onder-regelgrenswaarde hoger in te stellen dan de ondergrenswaarde, die voor alarmering geldt).

Het celnummer wordt geplaatst in een volgorde geheugen (wachtregeling) rekening houdende met de laatst geconstateerde prioriteitsaanduiding en met het feit of het celnummer reeds in de reeks voorkomt. Verder dient dan nog een hulpprogramma voor de scrubberbediening aanwezig te zijn, dat de schakelvolgorde ontleent aan het genoemde volgordegeheugen.

- Is de gemeten O<sub>2</sub>-waarde kleiner dan een ingestelde onderste regelgrenswaarde (regelgrenswaarde hoger dan de benedengrenswaarde, die voor de alarmering geldt) dan moet de ventilatie worden ingeschakeld gedurende een voldoende tijd om het zuurstofgehalte weer op peil te brengen.

Aangezien dit proces eveneens voortgang moet vinden los van het doorlopen van het hoofdprogramma is verwijzing naar een hulpprogramma voor de sturing van de ventilatie gewenst. Om de lengte van de ventilatietijd te indiceren dient het geconstateerde verschil te worden meegegeven tussen het gemeten zuurstofgehalte en in dit geval een bovenste regelgrenswaarde (deze waarde lager te stellen dan de bovengrenswaarde, die geldt voor alarmering).

- d. - Herhaal de processtappen b en c voor alle cellen aangesloten op het systeem behalve die, die van te voren zijn uitgesloten.
- e. - Start de cyclus opnieuw na een vooraf vastgestelde wachttijd. Bij a als de cyclus samenvalt met een registratiecyclus\*, bij b als de cyclus slechts een controlecyclus is.

\* Om calibratiegas en papier te sparen is het gewenst van te voren op te geven om de hoeveel cycli of meetseries voor controle er een registratie moet plaatsvinden. In een controlecyclus wordt alleen bij alarmering geprint en wel om de bron ervan aan te geven en wanneer een regelfunctie in werking wordt gesteld. Gebruikelijk is een controlecyclus van 1 x per uur waar het alleen gaat om alarmering (niet gescrubde CA-cellen) en een controlecyclus van 1 x per half uur wanneer er cellen zijn waarvoor een koolzuurbewaking of zuurstofbewaking en regeling van kracht is (gescrubde CA-cellen met gering zuurstofgehalte).

De frequentie is hoog en kan worden uitgevoerd zolang het systeem 12 cellen of minder bewaakt. Reeds is genoemd, dat ons inziens de halfuur controle wel door een uurcontrole kan worden vervangen.

In een registratiecyclus wordt het gemeten resultaat per cel geprint (3 of 4 x een temperatuur + CO<sub>2</sub>-gehalte + O<sub>2</sub>-gehalte).

Voorafgaande aan iedere registratiecyclus moet door het systeem de calibratie van de gasmeetinstrumenten worden gecontroleerd.

### Beveiligingen

Bij een storing in het systeem of in de elektriciteitsvoorziening kunnen de cellen automatisch belucht worden. De magneetventielen van de ventilatiekanalen moeten in dat geval bekrachtigd gesloten en niet-bekrachtigd open worden uitgevoerd.

Voor het behoud van de instelgegevens in het geheugen van een microprocessor moet bij stroomuitval het systeem voorzien zijn van een zgn. "battery back up".

### Hulpprogramma voor koppeling van cellen aan de koolzuurscrubber

Dit programma dient het geheugen met de volgorde aanduidingen in orde te houden langs de weg, die onder c is aangegeven.

Verder dient dit programma het voorgaande celnummer te elimineren als de scrubber zich meldt voor overname van een volgende cel en dient het programma de scrubber te starten als een celnummer in het lege geheugen wordt gezet.

### Hulpprogramma voor de bediening van de scrubber

- a. - Koppeling tot stand brengen met de koelcel, die door het geheugen met volgorde-aanduidingen wordt aangegeven.
- Verder een tijdtelling starten om te beveiligen tegen het optreden van hele lange scrubtijden voor één cel omdat hierna gestelde begrenzings, om welke reden dan ook, niet worden gehaald.  
Er moet dus een limiet worden gesteld voor de scrubtijd, die maximaal aan één cel mag worden besteed.
- Geen celnummer meer aanwezig in het geheugen dan scrubber uitschakelen.

Als de scrubber éénmaal is ingeschakeld is een frequente bemonstering van meetpunten bij de scrubber nodig.

Deze bemonstering kan wanneer er slechts één centrale gasmeetapparatuur is en het hoofdprogramma met een meetcyclus bezig is alleen geschieden door interruptie van de loop van het hoofdprogramma. Het meest logische tijdstip voor deze interruptie is het moment, dat hoofdprogramma overschakelt van de ene cel naar de andere. Voor de gasmeetapparatuur ontstaat dus de volgorde cel-scrubber-cel-scrubber-cel enz.

Dit systeem betekent een bemonstering van één scrubbermeetpunt ca. iedere 2 à 3 min. en vertraagt het hoofdprogramma tot één celbemonstering per 4 à 6 min. Dit is acceptabel. Wanneer het hoofdprogramma niet loopt (wachttijd) kunnen de scrubbermeetpunten direct na elkaar aan de apparatuur gekoppeld worden.

- b. - Start de scrubber met een adsorptie-instelling.
  - Open de ventilatie-uitgang van de cel.
  
- c. - Stel vast of looptijd < limiettijd; anders ⇒ e.
  - Schakel pomp en meetpunt inkomende cellucht bij de scrubber in wanneer het hoofdprogramma de gasmeetapparatuur vrij geeft.
  - Meet het CO<sub>2</sub>-gehalte na een vast ingestelde vertragingstijd en leg deze waarde vast in een geheugen.
  
- d. - Schakel pomp en meetpunt CO<sub>2</sub>-arme lucht (scrubberuitgang) in wanneer het hoofdprogramma opnieuw de gasmeetapparatuur vrij geeft.  
Met het CO<sub>2</sub>-gehalte van de CO<sub>2</sub>-arme lucht na de vertragingstijd en vergelijk dit met de onder c genoemde waarde als volgt:

$$\frac{\text{CO}_2\text{-uitgang}}{\text{CO}_2\text{-ingang}} < 1/2 \text{ dan handelingen c en d}$$

herhalen; anders ventilatie-uitgang cel sluiten en ⇒ e.

- e. - Scrubber instellen op regenereren en omschakelpauze afwachten.
  
- f. - Schakel pomp en meetpunt spoellucht in wanneer het hoofdprogramma de gasmeetapparatuur vrij geeft.
  - Meet het CO<sub>2</sub>-gehalte van de spoellucht na de vertragingstijd en vergelijk dit met de laatste opgenomen meetwaarde van de ingang als volgt:

$$\frac{\text{CO}_2\text{-spoellucht}}{\text{CO}_2\text{-ingang}} > 1/6 \text{ dan handeling f herhalen; anders } \Rightarrow \text{g.}$$

- g. - Stel vast of looptijd < limiettijd; anders klok nul stellen en ⇒ a.
  - Vergelijk de laatst opgenomen meetwaarde van het CO<sub>2</sub>-gehalte van de ingaande cellucht met de CO<sub>2</sub>-onderste regelgrenswaarde voor de betreffende cel als volgt:  
  
meetwaarde ≤ deze grens dan ⇒ a; anders ⇒ b.

#### Hulpprogramma voor sturing van de ventilatie van de cellen

- a.-Controleer of de scrubber met de betreffende cel bezig is.  
Zo ja breek dan de ventilatieprocedure af.

Ten eerste betekent gebruikmaking van dit hulpprogramma nog niet dat de benedenste limietgrens voor het  $O_2$ -gehalte is bereikt. Ten tweede wordt het lage zuurstofniveau van de cel bij de volgende meetcyclus van het hoofdprogramma wel opnieuw opgemerkt.

- b. Leidt uit het meegegeven verschil in  $O_2$ -gehaltenes via een rekenkundige bewerking een klasse 1, 2, 3 of 4 af (kort ventileren - lang ventileren). Vooraf is per cel een éénheidsperiode voor ventilatie vastgesteld. Afhankelijk van het klassegetal wordt 1 x of 2 x enz. de éénheidsperiode geventileerd. De keuze van de lengte van de éénheidsperiode is op die manier een vrijheidsgraad waarmee de celgrootte en het effect van het aanzuigstelsel voor ventilatielucht (nl. via een extra ventilator of via de circulatieventilator) worden verdisconteerd.

Wanneer in de nieuwe bewaarsystemen veel met groepen circulatieventilatoren wordt geschakeld of het toerental van ventilatoren kan worden gewijzigd is de vorm van deze vrijheidsgraad alleen geschikt als de ventilatie-ingang of -uitgang van een eigen ventilator wordt voorzien.

- c. Ventilatie inschakelen (magneetventielen in ingaande en uitgaande ventilatiekanalen openen) gedurende de onder b vastgestelde tijd.

#### Te registreren gegevens

Bij een goed registrerend meetsysteem dienen de volgende gegevens geprint te worden:

- datum en tijd
- celnummer
- temperaturen in de cel
- zuurstofgehalte
- koolzuurgehalte
- eventueel ethyleengehalte
- overschrijdingen van boven- of ondergrenzen voor temperatuur, zuurstof en koolzuur. Eventueel ammoniak
- het ingeschakeld worden van de ventilatie bij zuurstoftekort en een aanduiding voor hoelang (bijvoorbeeld de cijfers 1 t/m 4)
- het ingeschakeld worden van de scrubber op de cel en hoelang
- bij de ijkprocedure de ijkwaarden voor zuurstof- en koolzuurgas.



## XV. Isolatie

Het rapport (lit. 4) geeft voor de economische isolatiedikte van een 150-tonscel voor appels een isolatie van 11 cm polystyreen en voor een perencel een waarde van 12 cm polystyreen. Dit komt neer op een gemiddelde k-waarde voor de wanden en het plafond van resp.  $0,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  en  $0,28 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ . Er is daarbij op gerekend, dat een cel (samenstel van geïsoleerde delen) na verloop van tijd een k-waarde vertoont, die ca. 1,5 x de gespecificeerde waarde is bij de bouw. Dus resp.  $0,45 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  en  $0,42 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ .

Het "Praktijkadvies no. 19" van het Sprenger Instituut vermeldt de volgende waarden:

wand	: max. k-waarde	$0,35 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
plafond	: max. k-waarde	$0,25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
vloer	: max. k-waarde	1 $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$

De hieruit berekende gemiddelde k-waarde voor de gehele 150-tonscel in dit rapport is  $0,46 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  (zie bijlage 1; isolatie volgens de richtlijn) en voor de wanden en het plafond is dit  $0,33 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ . Dus praktisch gelijk aan de economische isolatiedikte.

De tegenwoordig gebruikte isolatiemateriaalsoorten zijn polystyreen (PS), polyurethaan (PUR) en polyisocyanuraat (PIR) al of niet aan beide zijden voorzien van een kunststof- of metalen bescherm- of dampremmende laag.

Bij een vergelijking van de materialen op basis van eigenschappen als warmtegeleiding, waterdampdiffusie en krimp door veroudering komen PUR en PIR als beste uit de bus. Gebruik ervan betekent:

- 1/4-1/3 geringere isolatiedikte;
- in normale gevallen geen kans op lekkage veroorzaakt door krimp of door veroudering.

Bij de bouw van de cel kunnen isolatie en dampwerende lagen zowel afzonderlijk en als in één geheel (panelenbouw) worden geleverd.

In de praktijk blijkt de problematiek die zich voordoet bij het voldoende gasdicht afwerken van een cel bij panelenbouw kleiner dan bij de bouw met afzon-

derlijke componenten.

Nu blijkt in de praktijk, dat om constructieve redenen (stevigheid van panelen bij een celhoogte van 7,5 à 8,5 m) een paneeldikte moet worden gekozen van tenminste 10 cm. Bij toepassing van PIR- of PUR-schuimisolatie is de k-waarde van wanden en plafond dan 0,20-0,25 W/m<sup>2</sup>.K. Dus reeds beter dan de economische isolatiedikte aangeeft, waarmee dit gegeven overbodig wordt.

Een isolatie van 0,15 W/m<sup>2</sup>.K, geeft volgens berekening een grens, waarbij de warmteproductie in de cel, de ventilatorwarmte en de stabiele component van de instraling nl. die door de vloer, de gehele warmte-inbreng in de cel zodanig gaan beheersen, dat de invloed van 1°C wijziging in de omgevingstemperatuur slechts 1% wijziging van het totale energieverbruik van de cel meebrengt.

### Vloerisolatie

De noodzaak voor het toepassen van vloerisolatie hangt af van de grondwaterstand ter plaatse.

Uit berekeningen volgt, dat bij een grondwaterstand van meer dan 1 meter beneden de onderkant van de vloer, vloerisolatie, zuiver economisch gezien, niet nodig is.

Bij die berekening wordt geen rekening gehouden met het positieve effect van de toepassing van vloerisolatie:

1. De uitstraling van warmte uit de vloer wordt kleiner, waardoor tegemoet wordt gekomen aan klachten (voornamelijk slap) t.a.v. de onderste produktlaag.
2. Het soms optredende ongemak van natte vloeren bij de uitslag van het produkt wordt vermeden.

Er zijn geen zware argumenten aan te voeren voor de noodzaak van het toepassen van vloerisolatie.

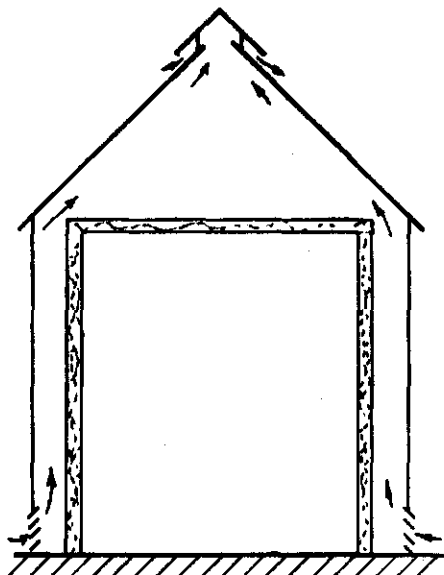
Als de grondwaterstand boven het 1 meter-peil komt moet vloerisolatie worden toegepast.

### Ventilatie ruimte boven koelcel

Een belangrijke punt is verder, dat de ruimte boven de koelcellen goed geventileerd wordt, anders kan tussen het dak van het gebouw en het plafond van de koelcel een hoge temperatuur ontstaan t.g.v. zoninstraling.

Het is daarbij onvoldoende om alleen aan de kopse ruimte een opening aan te brengen. Men moet ervoor zorgen, dat de warme lucht onder de nok van het gebouw

door tocht naar boven weg kan stromen. Dit kan het beste worden bereikt, door ventilatiekanalen in de nok van het overkoepelende gebouw aan te brengen. De toevoer van lucht kan door openingen aan de kopse einden geschieden of beter nog (zie tekening) door een open ruimte tussen het dak en koelcel.



Figuur 6. Een ventilatiesysteem van de ruimte boven het plafond.

Zonder ventilatievoorziening moet gerekend worden op een extra warmtebelasting van ca. 550 W per cel uitgaande van een temperatuurverschil tussen ruimte (tussen plafond en dakconstructie) en omgeving van 25°C.

XVI. Overzicht geschat elektriciteitsverbruik per koelcel van 150 ton

Inkoelen in 5 charges: totale tijdsduur 196 h; isolatie volgens richtlijn;  
gegevens zie bijlage 3.

	<u>CV 50 x</u>	<u>min. circulatie</u>
Appelen:	TV* 4 K (°C): 1428 kWh	1054 kWh
	TV* 6 K (°C): 1561 kWh	1155 kWh
Peren :	TV* 4 K (°C): 2133 kWh	1817 kWh
	TV* 6 K (°C): 2289 kWh	1945 kWh

Inkoelen in 7 charges: (totale tijdsduur 244 uur)

Appelen:	TV* 4 K (°C): 1624 kWh	1103 kWh
	TV* 6 K (°C): 1770 kWh	1208 kWh
Peren :	TV* 4 K (°C): 2354 kWh	1905 kWh
	TV* 6 K (°C): 2523 kWh	2038 kWh

Bewaren

Het energieverbruik tijdens de bewaring wordt sterk bepaald door het regelsysteem voor de koeling en door de wijze van schakelen van de circulatieventilatoren. Daarom wordt verwezen naar tabel 8 in hoofdstuk 7.

## XVII. Computersturing bij een fruitkoelhuis

Computersturing kan beperkt blijven tot de meting en regeling van de gassamenstelling in gescrubde en niet gescrubde CA-cellen. Vervolgens kan de werking van de koolzuurscrubber onder controle worden gehouden zodat een optimaal scrubeffect wordt verkregen, hetgeen van belang is voor gescrubde CA-bewaring bij lage koolzuurgehaltes (zie hfdst. 14).

Daarnaast kan het systeem uitgebreider worden opgezet zodat ook in sturing van de koelinstallatie, de luchtcirculatie en het ontdooien van de verdamper wordt voorzien en in registratie van verschillende bedrijfsgegevens en in alarmering. Deze uitbreiding is op de eerste plaats gericht op het beperken van het energiegebruik dan wel het beperken van de kosten voor het energiegebruik door piekbelastingen van het elektrische net te voorkomen.

Het besluit om een koelhuis van een computersturing te voorzien beïnvloedt de vorm van de elektrische installatie en moet dus voordat het ontwerp van de elektrische installatie wordt gemaakt worden genomen. De computer neemt nl. de functies van regelorganen zoals thermostaten, kloksturingen en drukregelaars over, zodat die onderdelen vervallen. Alleen temperatuurvoelers, drukopnemers en de uitgangen van gasmeetinstrumenten en watermeters worden aangesloten. Alsmede standmelders van schakelaars, relais, bedieningsmotoren voor kleppen en magneetafsluiters.

De uitgebreide installatie wordt bij voorkeur opgebouwd met een hoofdcomputer en meerdere satellietcomputers. Eén satelliet per cel of groep van cellen; verder één per groep van gasmeetinstrumenten, die voor de CA-scrubcellen tevens wordt verbonden met de koolzuurscrubber en één voor de machinekamer. De signaalbekabeling afkomstig van de voelers en de besturingsbekabeling naar hoofdzakelijk relais wordt aangesloten op zo'n satellietcomputer, die dan ook meestal een plaats vindt in de schakelkasten. Om die reden wordt de scheiding tussen het werk van de elektrotechnische installateur en de computerleverancier dan ook vaak zo gelegd, dat de laatstgenoemde nog de schakelkasten levert. De elektrotechnische installateur sluit dan aan op de zich in de schakelkasten bevindende relais.

De kwaliteit van een computersturing wordt voor een belangrijk deel bepaald door de kwaliteit van het computerprogramma.

Nu er nog geen praktijkervaring is met betrouwbare standaardprogramma's moet de inhoud ervan een punt van overleg zijn. Men kan kiezen voor een systeem met een hoofdcomputer, die men zelf kan programmeren zodat het in eerste instantie door de computerleverancier meegeleverde programma later naar eigen inzicht kan worden gewijzigd, dan wel voor een systeem, dat slechts met de hulp van de leverancier kan worden gewijzigd en waarvoor dan weer betaald moet worden. In beide gevallen voorziet het systeem in een serie instelvariabelen, die door de koelhuischef

naar believen kunnen worden ingesteld en gewijzigd. Spreek goed af welke groot-heden de koelhuisbeheerder zelf in de hand wil houden.

Overzicht van mogelijkheden:

1. Sturing van de compressorcapaciteit gericht op het behalen van een maximum rendement, dus op volle belasting van de in te schakelen compressoren.
2. Sturing van de condensorcapaciteit gericht op minimale aanpassing aan de behoefte.
3. Sturing koudemiddelpompen eveneens gericht op minimale aanpassing aan de behoefte.
4. Tegelijkertijd gelijktijdigheidsbewaking van koeling vragende cellen door middel van een "wachtkamerregeling". Deze regeling kan door sturing 1 worden overheerst maar ook op zich zelf staan. In dat geval beter te omschrijven als een "mag/moet regeling". De eerstgenoemde werkwijze past beter bij een serie kleinere compressoren zonder individuele capaciteitsregeling. De tweede bij een centrale met grote compressoren, die wel voorzien zijn van een individuele capaciteitsregeling (zie ook hfdst. 5).
5. Bewaking piekbelasting van het elektrische net. Deze bewaking overheerst dan de sturingen 1, 2, 3 en 4, die er slechts voor kunnen zorgen, dat piekbelastingen zoveel mogelijk worden vermeden.
6. Vorming koudebuffer voor maximale inslag. Achtergrond is de inslagcapaciteit van het koelhuis niet te baseren op topdagen, zodat de centraal te installeren compressorcapaciteit beperkt kan worden gehouden.  
Voorafgaande aan dagen met topinslag de temperatuur van reeds gevulde bewaarcellen geleidelijk enigszins te verlagen, waardoor deze tijdens de dagen van topinslag nauwelijks een beroep doen op de koelinstallatie.
7. Centraal verzorgen van de thermostaatinstellingen; per cel individuele keuze van de differentie van de thermostaat met het oog op vochtverliesbewaking (zie hfdst. 3). Het resultaat valt te controleren aan de hand van de registratie van de uitslag van de watermeters (zie hfdst. 13).
8. Sturing koelmiddelkleppen; inkoelen-bewaarkoelen; aan-uit of aanmerkelijk duurder qua investering modulerend; gekoppeld aan een sturing van de circulatieventilatoren in koelstand en ruststand; instelbaar in fase te verschuiven ten opzichte van het regime dat de koeler volgt. In feite dus overname van de handelingen, die normaliter de thermostaat initieert met een uitbreiding daarvan.
9. Sturing circulatieventilatoren per cel op basis van het temperatuurverschil " $\Delta T$ -retour" tijdens koelen en continu op basis van de temperatuurspreiding in de cel tijdens rust of intermitterend tijdens rust. Alle handelingen gericht op een minimaal verbruik van energie (zie hfdst. 7).

10. Sturing van de ontdooiing van de koelers; volgorde cellen; constatering of ontdooiing noodzakelijk is of niet; afwerking ontdooicyclus (zie hfdst. 9).
11. Meting en regeling van de gassamenstelling in de cellen met inbegrip van de sturing van de koolzuurscrubbers (zie hfdst. 14).

12. Ammoniaklekbewaking.

13. Voor de toekomst misschien nog aangevuld met een ethyleengehaltemeting en sturing van een ethyleenscrubber.

De waarde hiervan voor fruitbewaring is in enkele landen in onderzoek.

14. Registratie van diverse bedrijfsgrootheden.

De vorm ervan, gemiddelde + maximum- en minimumwaarde of getotaliseerd; per dag, per week of per maand, kan naar wens worden ingericht. Het is wel handig om voor de registratie de installatie met twee printers uit te rusten. Eén voor de koelhuischef als hulpmiddel voor de bediening en één om een netjes georganiseerd "koelboek" bij te houden.

15. Alarmmeldingen. Er dient een keuze te worden gemaakt welke bedrijfssituatie tot een alarmmelding moeten leiden en op welk niveau. Bij de eerstegraads-alarmmeldingen wordt de koelhuischef direct gewaarschuwd door lichtsignalen of geluidssignalen ('s nachts telefoon). Bij de tweedegraads alarmmeldingen, die niet direct ingrijpen behoeven, wordt een notitie gemaakt in het bedieningsjournaal.

## XVII. Diversen

### Mogelijkheden voor inspectie

De cellen moeten worden voorzien van een inspectievenster (gasdicht, dubbel glas) en een inspectieluik voor toegang tot de cel tijdens de bewaarperiode na tijdelijke opheffing van de CA-condities. De toegang tot de cel is het eenvoudigst vanuit de controlecorridor (fig. 1).

Optie: Een inspectievenster in de gasdichte schuifdeur.

Optie: Een uitbouw in de cel toegankelijk vanuit de controlecorridor.

Optie: Een loopbordes met roostervloer achter de koelers voor inspectie en gemak bij reparatiewerkzaamheden en bereikbaar vanaf de controlecorridor.

### Verlichting

Voor gebruik in cellen komen in aanmerking TL-buizen van het type TLM-33 of TLM-84 of de energiebesparende TL-buizen TLD-83 en TLD 84.

Plaatsing aan plafond en evenwijdig aan de richting van de luchtstroom.

Buizen, die niet geschikt zijn voor gebruik in gekoelde ruimten en met een starter zijn uitgerust kunnen wel geplaatst worden mits de buizen worden voorzien van half gesloten- of gesloten armaturen.

Schakelaars voor verlichting zowel in de cel (veiligheidsaspect) als buiten de cel en voorzien van een verklikkerlamp. Schakelaar plaatsen beneden bij de toegangsdeur en ook boven op de corridor als er sprake is van een inspectievenster als genoemd onder "mogelijkheden voor inspectie".

Alternatief: enkele schijnwerpers bevestigen aan het koelerblok.

### Plaats temperatuurvoeler van de werkthermostaat

Plaats thermostaatvoeler: in de retourluchtstroom naar de verdampers en afgeschermd voor straling van de verdampers en de dichtstbijzijnde wand.

(Zie ook bldz. 66).

### Temperatuurbereik van de celtemperatuur

Wanneer de cellen uitsluitend worden gebruikt voor de opslag van fruit en incidenteel peen en uien is een temperatuurbereik van  $-2^{\circ}\text{C}$  tot  $+6^{\circ}\text{C}$  voldoende.

Worden de cellen ook nog gebruikt om andere produkten op te slaan zoals aardappelen, bonen, tomaten, paprika en citrus dan is een temperatuurbereik van  $-2^{\circ}\text{C}$  tot  $+15^{\circ}\text{C}$  gewenst.

### Overzicht wanddoorvoeren

a. Pers- en zuigleidingen van de koelers.

b. Leiding voor de afvoer van dooiwater ( $\phi$  4 cm). Zie hfdst. 9

Houdt tevens rekening met plaats voor een watermeter (hfdst. 13).



c. Aanzuigleiding voor scrubber - uitmondende in de celruimte en voorzien van een afsluiter.

De retourleiding van de scrubber - uitmondende bij de aanzuigzijde van de circulatieventilator en voorzien van een afsluiter.

De doorsnede van de buizen kiezen in overleg met de scrubberleverancier.

d. 2 leidingen voor de zuurstofbrander te voorzien van een afsluiter of een schroefdeksel. Zie hfdst. 11, blz. 57. Alternatief de ingang te combineren met de scrubberingang d.m.v. een T-stuk en de uitgang te combineren met de ventilatie-uitgang mits deze daarop is berekend. Wanneer de zuurstofbrander niet van het verdringingsprincipe gebruik maakt maar van het vervangingsprincipe dan volledig parallel schakelen aan de scrubber en beide apparaten afwisselend gebruiken tijdens de periode van het afbranden van de zuurstof.

e. 1 leiding voorzien van afsluiter (magneetventiel) en uitmondende in de celruimte voor het nemen van gasmonsters ( $\phi$  6 mm).

Deze leiding moet direct buiten de cel ook worden voorzien van een aftakking met afsluiter en slangpilaar om desgewenst met de hand gasmonsters te kunnen nemen.

f. Wanddoorvoeren voor de drukbeveiliging ( $\phi$  110 mm). Plaatsing daar, waar de statische druk niet wordt beïnvloed door de circulatieluchtstroom. Desgewenst één of twee van deze aansluitingen te voorzien van een aftakking met afsluiter voor aansluiting van een luchtbuffer. Zie hfdst. 12.

g. Aan- en afvoerkanaal voor ventilatie ( $\phi$  50 mm). Zie fig. 3 en fig. 4, blz. 50 en hfdst. 10.

h. Wanddoorvoer van elektriciteitskabel (verlichting, ventilatoren).

i. Wanddoorvoer voor temperatuurvoelers.

j. Wanddoorvoer voor controlethermometers met afsluitdop ( $\phi$  25 mm).

k. Reserve doorvoeren met afsluitdoppen ( $\phi$  15 mm).

Opmerking:

De wanddoorvoeren moeten niet te dicht opeenzitten. Dit bemoeilijkt reparaties. Om die reden is het gebruik van doorvoerpanelen niet aan te bevelen. Er zijn losse doorvoeren in de handel, die constructief op het verkrijgen van gasdichte afsluitingen zijn ontworpen.

Literatuurlijst

1. Bakker, L. en G. van Beek  
Welke celkenmerken bepalen de relatieve vochtigheid in fruitkoelhuizen.  
De Fruitteelt 24(1982) pag. 769.
2. Beek, G. van en J. Lamers  
De specifieke vochtafgifte van tuinbouwprodukten.  
S.I. Rapport no. 2072 (21-8-1979).
3. Beek, G. van  
Is meting van de relatieve vochtigheid in fruitkoelcellen zinvol?  
Koeltechniek (1981), nr. 12, pag. 259-260.
4. Beek, G. van  
De economische isolatiedikte voor gekoelde ruimten.  
S.I. Rapport no. 2216 (1981).
5. Cursus en leergang "Ontwerpen van koelinstallaties"  
Koeltechniek 70(1977), nr. 5- e.v.
6. Male, J. van  
Het ontdooien van lamellenluchtkoelers.  
Koeltechniek nr. 5 (1970), mei, pag. 121-124.
7. Male, J. van  
De optimale frequentie voor de ontdooing van luchtkoelers met behulp van persgas.  
Koeltechniek 73(1980), nr. 5 (mei) blz. 96.
8. Male, J. van  
"Ontdooien van luchtkoelers en energieverbruik".  
Editoriaal koeltechniek nr. 4 (1981).
9. Rudolphij, J.W. en W. Verbeek  
Centraal registrerende en ten dele regelende systemen voor de gassamenstelling en de temperatuur in CA-cellen.  
Reisverslag no. 74, Sprenger Instituut, Wageningen 1981.
10. Rudolphij, J.W. en L.M.M. Tijskens  
Snelle service bij het inrichten van bewaarruimten met de computer.  
Bedrijfsontwikkeling, 12(1981), 12 december, pag. 111 t/m 118.

11. Verbeek, W.

Mogelijkheden van natte koelsystemen bij het verkoelen van tuinbouw-  
produkten.

Bedrijfsontwikkeling, 13(1981)1, pag. 73-78.

12. Verbeek, W.

Meetinstrumenten voor de fruitbewaring.

De Fruitteelt (1981)pag. 1110-1112.

13. Werkgroep "Optimalisatie en energieverbruik van gekoelde ruimten":

Het ontdooien van luchtkoelers in fruitkoelhuizen.

De Fruitteelt 71(22), pag. 742 t/m 744 (1981).

14. Werkgroep "Optimalisatie en energieverbruik van gekoelde ruimten":

L. Bakker, G. van Beek, H.J.J.M. Bons: Minder circuleren en toch goed  
fruit.

Groenten en Fruit (5 augustus 1981) pag. 62 t/m 64.

Wageningen, 1 februari 1983

JWR/MJ

Gegevens van cellen

Samenvatting hoofdstuk II

- Karakteristieke gegevens van een 100-tonscel:

Inwendige minimum maten; lengte  $10 \times 1,00 + 9 \times 0,10 + 2 \times 0,25 = 11,40 \text{ m}$

breedte  $5 \times 1,20 + 4 \times 0,10 + 2 \times 0,20 + 0,30 = 7,10 \text{ m}$

hoogte hoge zijde  $5,25 + 0,25 + 1,25 + 0,25 = 7,00 \text{ m}$

hoogte lage zijde  $5,25 + 0,35 = 5,60 \text{ m}$

hoogte onder lekbak koeler  $5,25 + 0,25 = 5,50 \text{ m}$

volume = 510 m<sup>3</sup>

vloeroppervlak = 80,94 m<sup>2</sup>

plafondoppervlak = 81,55 m<sup>2</sup>

zijwandoppervlak = 71,82 m<sup>2</sup>

achterwandoppervlak = 39,76 m<sup>2</sup>

voorwandoppervlak = 49,70 m<sup>2</sup>

Inhoud; appels in stapelkisten: (350) x 300 kg = 105 ton

hout : (350) x 50 kg = 17,5 ton

appels in kisten : (150) x 5 x 6 x 20 kg = 90 ton

hout : (150) x 5 x 6 x 4,5 kg

+ (150) x 25 kg = 24 ton

peren in kleine kisten: (150) x 6 x 6 x 20 kg = 108 ton

hout : (150) x 6 x 6 x 3,5 kg

+ (150) x 25 kg = 22,6 ton

Bezettingsgraad: 206 - 176 kg/m<sup>3</sup> voor appels

212 kg/m<sup>3</sup> voor peren

- Karakteristieke gegevens van een 120-tonscel

Inwendige minimum maten;

lengte	$10 \times 1,00 + 9 \times 0,10 + 2 \times 0,25$	= 11,40 m
breedte	$6 \times 1,20 + 5 \times 0,10 + 2 \times 0,20 + 0,30$	= 8,40 m
hoogte hoge zijde	$5,25 + 0,25 + 1,25 + 0,25$	= 7,00 m
hoogte lage zijde	$5,25 + 0,35$	= 5,60 m
hoogte onder lekbak koeler	$5,25 + 0,25$	= 5,50

volume		= 603 m <sup>3</sup>
vloeroppervlak		= 95,76 m <sup>2</sup>
plafondoppervlak		= 96,48 m <sup>2</sup>
zijwandoppervlak		= 71,82 m <sup>2</sup>
achterwandoppervlak		= 47,04 m <sup>2</sup>
voorwandoppervlak		= 58,80 m <sup>2</sup>

Inhoud;

appels in stapelkisten:	$(420) \times 300$ kg	= 126 ton
hout	: $(420) \times 50$ kg	= 21 ton

appels in kisten	: $(180) \times 5 \times 6 \times 20$ kg	= 108 ton
hout	: $(180) \times 5 \times 6 \times 4,5$ kg	
	+ $(180) \times 25$ kg	= 28,8 ton

peren in kleine kisten:	$(180) \times 6 \times 6 \times 20$ kg	= 129,6 ton
hout	: $(180) \times 6 \times 6 \times 3,5$ kg	
	+ $(180) \times 25$ kg	= 27,2 ton

Bezettingsgraad: 209 - 179 kg/m<sup>3</sup> voor appels  
215 kg/m<sup>3</sup> voor peren

- Karakteristieke gegevens van een 150-tonscel:

Inwendige minimum maten;

lengte	$10 \times 1,00 + 9 \times 0,10 + 2 \times 0,25$	= 11,40 m
breedte	$6 \times 1,20 + 5 \times 0,10 + 2 \times 0,20 + 0,30$	= 8,40 m
hoogte hoge zijde	$6,80 + 0,25 + 1,25 + 0,25$	= 8,55 m
hoogte lage zijde	$6,80 + 0,35$	= 7,15 m
hoogte onder lekbak	$6,80 + 0,25$	= 7,05 m

volume = 751 m<sup>3</sup>

vloeroppervlak = 95,76 m<sup>2</sup>

plafondoppervlak = 96,58 m<sup>2</sup>

zijwandoppervlak = 89,49 m<sup>2</sup>

achterwandoppervlak = 60,06 m<sup>2</sup>

voorwandoppervlak = 71,82 m<sup>2</sup>

Inhoud;

appels in stapelkisten: (540) x 300 kg = 162 ton

hout : (540) x 50 kg = 27 ton

appels in kisten : (240) x 5 x 6 x 20 kg = 144 ton

hout : (240) x 5 x 6 x 4,5 kg  
+(240) x 25 kg = 38,4 ton

peren in kleine kisten: (240) x 6 x 6 x 20 kg = 172,8 ton

hout : (240) x 6 x 6 x 3,5 kg  
+(240) x 25 kg = 36,2 ton

Bezettingsgraad: 216 - 192 kg/m<sup>3</sup> voor appels

230 kg/m<sup>3</sup> voor peren

- Karakteristieke gegevens van een 200-tonscel:

Inwendige minimum maten;

lengte	$10 \times 1,00 + 9 \times 0,10 + 2 \times 0,25$	=	11,40 m
breedte	$8 \times 1,20 + 7 \times 0,10 + 2 \times 0,20 + 0,30$	=	11,00 m
hoogte hoge zijde	$6,80 + 0,25 + 1,25 + 0,25$	=	8,55 m
hoogte lage zijde	$6,80 + 0,35$	=	7,15 m
hoogte onder lekbak	$6,80 + 0,25$	=	7,05 m

volume 984 m<sup>3</sup>

vloeroppervlak = 125,40 m<sup>2</sup>

plafondoppervlak = 126,34 m<sup>2</sup>

zijwandoppervlak = 89,49 m<sup>2</sup>

achterwandoppervlak = 78,65 m<sup>2</sup>

voorwandoppervlak = 94,05 m<sup>2</sup>

Inhoud;

appels in stapelkisten:  $(720) \times 300$  kg = 216 ton

hout :  $(720) \times 50$  kg = 36 ton

appels in kisten :  $(320) \times 5 \times 6 \times 20$  kg = 192 ton

hout :  $(320) \times 5 \times 6 \times 4,5$  kg  
+  $(320) \times 25$  kg = 51,2 ton

peren in kleine kisten:  $(320) \times 6 \times 6 \times 20$  kg = 230,4 ton

hout :  $(320) \times 6 \times 6 \times 3,5$  kg  
+  $(320) \times 25$  kg = 48,3 ton

Bezettingsgraad: 219 - 195 kg/m<sup>3</sup> voor appels

234 kg/m<sup>3</sup> voor peren

VOCHTVERLIES IN EEN 150-TONS CA-CEL VOOR APPELS ALS FUNCTIE VAN ISOLATIE, DIFFERENTIE VAN DE THERMOSTAAT, TV-KOELER, KOELTIJD PER DAG EN CIRCULATIE

Deze bijlage geeft een overzicht van de resultaten van berekeningen, die de grondslag vormen voor hetgeen is gesteld in hoofdstuk 3 van dit rapport.

De volgende tabellen geven samengevat weer het met een rekenprogramma berekende vochtverlies door het produkt tijdens een bewaarperiode van 200 dagen, die start in de maand oktober. Het buitenklimaat waarop de berekening is gebaseerd is dat van de regio Utrecht-Brabant-Flevoland (max. temp. in de periode 18°C (r.v. 74%); min. temp. 4°C (r.v. 87%); gemiddelde temperatuur 9,24°C (r.v. 82%)).

De berekening stoelt op het koelcelmodel, dat de basis vormt van het rekenprogramma "KOCA" van het Sprenger Instituut (lit. 10).

De afmetingen en de inhoud van de 150-tonscel zijn gegeven in bijlage 1 van dit rapport met de aantekening, dat op verzoek van de koelhuischefs de maten van de cellen iets zijn vergroot t.o.v. de versie waarop de berekening is gebaseerd.

Er is van afgezien om het grote aantal berekeningen op dit punt te corrigeren. De ventilatie waarmee rekening is gehouden is de ventilatie, die geldt voor een CA-scrubcel. Zie hfdst. 10.

Het doel van de tabellen is om de invloed van de verschillende in de titel genoemde variabelen op het vochtverlies zichtbaar te maken.

Tegelijkertijd is er uiteraard een invloed aanwezig op het koelvermogen, dat voor een cel tijdens de bewaarperiode ter beschikking moet staan en op de grootte van de luchtcirculatie.

Toelichting op enkele in de tabellen voorkomende begrippen

isolatie volgens richtlijn : K-waarde gemiddeld = 0,46 W/m<sup>2</sup>·K

isolatie beter dan richtlijn : K-waarde gemiddeld = 0,38 W/m<sup>2</sup>·K

isolatie slechter dan richtlijn: K-waarde gemiddeld = 0,70 W/m<sup>2</sup>·K

massa produkt in de cel = 154,8 ton

Bètha (β) = = aantal keren per dag, dat gemiddeld over het bewaar seizoen de koeler in werking treedt

Koeltijd (m) = aantal uren per dag, dat de koeler in werking is



Uit de grootheden  $\beta$  en  $m$  volgt, dat de koeler aan-uitschakelt met periodes van  $m/\beta$  (h) aan en  $(24-m)/\beta$ (h) uit.

TV\*-koeler = temperatuurverschil, dat de kwaliteit van de koeler weergeeft.

Bij een koelerontwerp wordt deze kwaliteit voornamelijk vastgelegd door de keuze van de diepte van het koelerblok en de lamelafstand. Zie nadere definiëring op bldz. 9 van het rapport.

$\Delta T$ -retour = het temperatuurverschil tussen de koellucht, die de koeler verlaat en de retourlucht naar de koeler.

Het temperatuurverschil wordt bepaald door de hoeveelheid warmte, die in de koelperiode per tijdseenheid moet worden verwijderd uit de cel en de grootte ervan kan worden beïnvloed door de keuze van de circulatie ( $m^3/h$ ).

#### Tabellen 15, 16, 17, 18 en 19

De hoofdindeling van de tabellen 15, 16, 17 en 18 is volgens de koelerskwaliteit resp.  $TV^* = 0,5$  K;  $TV^* = 1$  K;  $TV^* = 2$  K;  $TV^* = 4$  K.

#### Opmerkingen:

1. Bij de waardering van de resultaten neergelegd in de tabellen moet men er rekening mee houden, dat het door de fabrikant gespecificeerde TV van de koelers groter is dan het hier gehanteerde bijbehorende  $TV^*$  (zie blz. 12).
2. Het KOCA-rekenprogramma gaat uit van warmte- en vochtbalansen in de cel en maakt deze sluitend door eisen te stellen aan de koeler.  
Aan de warmte- en vochtbalansen liggen ook enkele opgelegde voorwaarden ten grondslag. Dit kan leiden tot een pakket van eisen aan de koeler, dat technisch-fysisch niet realiseerbaar is. Het betekent dus in feite, dat de bovengenoemde opgelegde voorwaarden niet in overeenstemming zijn te brengen met hetgeen mogelijk is.  
Dit doet zich voor als een te groot  $TV^*$  wordt opgelegd en na opmaken van de balansen blijkt, dat er slechts een klein koelvermogen nodig is.  
Deze niet realiseerbare omstandigheden zijn in de tabellen aangegeven met een 0.

Zoals in hoofdstuk 3 reeds is uitgelegd is er geen directe invloed van de luchtcirculatie op het vochtverlies. Om die reden is in de tabellen 15 t/m 18 geen variabele  $\Delta T$ -retour opgenomen.

De  $\Delta T$ -retour is standaard 2 K.

Met de variatie van de grootte van de luchtcirculatie c.q. van de grootte van het  $\Delta T$ -retour is wel gerekend en wel door keuze tussen  $\Delta T$ -retour 1 K en 2 K. Het effect ervan is zichtbaar gemaakt voor één keuze van TV\* in tabel 19. Het programma rekent de bij de opgegeven  $\Delta T$ -retour behorende luchtcirculatie uit door iteratie.

De invloed ervan is in het resultaat van de berekening voor het vochtverlies soms zichtbaar. Ten eerste via de bijbehorende ventilatorwarmte, die bij groter wordende luchtcirculatie (kleinere  $\Delta T$ -retour) de lengte van de rustperioden waarin de koeler is uitgeschakeld bekort en dus de factor bètha verhoogd. Via die weg komt dan een toename van het vochtverlies tot stand.

Hierbij moet wel worden vermeld, dat in de berekening is uitgegaan van een standaardreductie tussen de circulatie tijdens koelen en de circulatie tijdens rust van 3 : 1. Het verdient nl. aanbeveling om het energieverbruik te beperken tijdens de rustperioden door in die tijd tenminste ca. 2/3 van de aanwezige ventilatoren uit te schakelen.

Ten tweede kan bij afnemende luchtcirculatie (grotere  $\Delta T$ -retour of te goede isolatie) de lucht tijdens het passeren van het produkt verzadigd raken, hetgeen dan leidt tot een afname van de vochtafgifte. Het laatste is geen ideale toestand omdat deze situatie er toe kan leiden, dat op sommige plaatsen in de koelcel het vochtverlies groter is dan op andere plaatsen en er kans is op gebieden met een te hoge luchtvochtigheid en schimmelvorming. Deze niet ideale toestand is in de tabellen aangegeven met een \*.

Verder dient te worden vermeld, dat er op gerekend is dat de effectieve luchtcirculatie (de lucht, die met het produkt in aanraking komt) ca. 50% is van de totale luchtcirculatie.

De niet-realiseerbare omstandigheden zijn in de tabellen aangegeven met een 0.

De niet-ideale omstandigheden zijn in alle tabellen aangegeven met een \*.

Tabel 15. Vochtverlies in een 150-tons CA-cel voor appels als functie van:  
 isolatie, diff. thermostaat; TV-koeler; koeltijd per dag.  
 TV\*-koeler; 0,5 K; AT-retour 2 K

isolatie	diff. thermost. °C	B x per dag	koeltijd h/dag	koelvermogen kW	vochtverlies per dag kg/dag	vochtverlies in % tijdens bewaar- periode
volgens richt- lijn	1	14	3	33,0	4,44	0,6
	2	7		33,0	3,44	0,4
	1	11	6	15,1	6,44	0,8
	2	5		15,1	5,58	0,7
	1	7	12	7,1	10,74	1,4
	2	3		7,1	10,16	1,3
	1	2	20	4,1	16,51	2,1
	2	1		4,1	16,36	2,1
beter dan richt- lijn	1	14	3	32,0	4,44	0,6
	2	7		32,0	3,44	0,4
	1	10	6	14,5	6,30	0,8
	2	5		14,5	5,58	0,7
	1	6	12	6,7	10,59	1,4
	2	3		6,7	10,16	1,3
	1	2	20	4,0	16,51	2,1
	2	1		4,0	16,36	2,1
slechter dan richt- lijn	1	17	3	40,0	4,87	0,6
	2	8		40,0	3,58	0,5
	1	13	6	18,1	6,73	0,9
	2	6		18,1	5,73	0,7
	1	8	12	8,5	10,88	1,4
	2	4		8,5	10,31	1,3
	1	2	20	6,0	16,50	2,1
	2	1		6,0	16,36	2,1

Tabel 16. Vochtverlies in een 150-tons CA-cel voor appels als functie van:  
 isolatie, diff. thermostaat, TV-koelers, koeltijd per dag.  
 TV\*-koeler: 1 K;  $\Delta T$ -retour 2 K.

isolatie	diff. thermost. °C	$\beta$ x per dag	koeltijd h/dag	koelvermogen kW	vochtverlies per dag kg/dag	vochtverlies in % tijdens bewaarperiode
volgens richtlijn	1	14	3	33,1	8,74	1,1
	2	7		33,1	6,77	0,9
	1	11	6	15,0	12,69	1,6
	2	5		15,0	10,99	1,4
	1	6	12	6,9	20,86	2,7
	2	3		6,9	20,01	2,6
	1	2	20	4,0	32,50	4,2
	2	1		4,0	32,22	4,2
beter dan richtlijn	1	14	3	32,0	8,74	1,1
	2	7		32,0	6,77	0,9
	1	10	6	14,1	12,40	1,6
	2	5		14,1	10,99	1,4
	1	6	12	6,7	20,86	2,7
	2	3		6,7	20,01	2,6
	1	2	20	3,9	32,50	4,2
	2	1		3,9	32,22	4,2
slechter dan richtlijn	1	17	3	39,9	9,59	1,2
	2	8		39,9	7,05	0,9
	1	13	6	18,1	13,25	1,7
	2	6		18,1	11,28	1,5
	1	8	12	8,5	21,42	2,8
	2	4		8,5	20,29	2,6
	1	2	20	5,9	32,50	4,2
	2	1		5,9	32,22	4,2

Tabel 17. Vochtverlies in een 150-tons CA-cel voor appels als functie van: isolatie, diff. thermostaat, TV-koeler, koeltijd per dag  
 TV\*-koeler 2 K;  $\Delta T$ -retour = 2 K.

isolatie	diff. thermost. °C	$\beta$ x per dag	koeltijd h/dag	koelvermogen kW	vochtverlies per dag kg/dag	vochtverlies in % tijdens bewaarperiode %
volgens richtlijn	1	14	3	33	16,26	2,1
	2	7		33	12,42	1,6
	1	10	6	14,6	22,66	2,9
	2	5		14,6	19,92	2,6
	1	6	12	6,8	37,66	4,7
	2	3		6,8	36,01	4,6
	1	2	20	4	49,79	6,4 * 0
	2	1		4	49,24	6,4 * 0
beter dan richtlijn	1	14	3	31,9	16,26	2,1
	2	7		31,9	12,42	1,6
	1	10	6	14	22,66	2,9
	2	5		14	19,92	2,6
	1	6	12	6,6	37,66	4,7
	2	3		6,6	36,01	4,6
	1	2	20	3,9	48,04	6,2 * 0
	2	1		3,9	47,50	6,1 * 0
slechter dan richtlijn	1	17	3	39,8	17,90	2,3
	2	8		39,8	12,97	1,7
	1	13	6	17,7	24,30	3,1
	2	6		17,7	20,47	2,6
	1	8	12	8,4	38,75	5,0
	2	4		8,4	36,56	4,7
	1	2	20	5,8	58,38	7,5 0
	2	1		5,8	57,83	7,4 0

Tabel 18. Vochtverlies in een 150-tons CA-cel voor appels als functie van: isolatie, diff. thermostaat, TV-koeler, koeltijd per dag  
TV\*-koeler: 4 K;  $\Delta T$ -retour = 2 K

isolatie	diff. thermost. °C	$\beta$ x per dag	koeltijd h/dag	koelvermogen kW	vochtverlies per dag kg/dag	vochtverlies in % tijdens bewaarperiode %
volgens richtlijn	1	14	3	33,7	23,42	3,0
	2	7		33,5	16,00	2,1
	1	10	6	15	27,77	3,6
	2	5		15	22,48	2,9
	1	6	12	7,2	40,72	5,3
	2	3		7,1	37,55	4,8
	1	2	20	4,2	59,40	7,7 0
	2	1		4,2	58,34	7,5 0
beter dan richtlijn	1	14	3	32,7	23,42	3,0
	2	7		32,5	16,00	2,1
	1	10	6	14,5	27,77	3,6
	2	5		14,4	22,48	2,9
	1	6	12	6,9	40,72	5,3 0
	2	3		6,9	37,55	4,8 0
	1	2	20	4,0	57,87	7,5 * 0
	2	1		4,0	56,82	7,3 * 0
slechter dan richtlijn	1	17	3	40,7	26,59	3,4
	2	8		40,4	17,06	2,2
	1	13	6	18,2	30,95	4,0
	2	6		18,1	23,54	3,0
	1	8	12	8,7	42,84	5,5
	2	4		8,7	38,61	5,0
	1	2	20	6,1	59,40	7,7 0
	2	1		6,1	58,34	7,5 0

Tabel 19. Invloed van de keuze van  $\Delta T$ -retour c.q. van de keuze van de grootte van de luchtcirculatie  
 TV\*-koeler: 2 K: Isolatie volgens richtlijn

$\Delta T$ -retour °C	circulatie tijdens koelen m <sup>3</sup> /h	diff. thermost. °C	$\beta$	koeltijd h/dag	koelvermogen kW	koel-energie kWh/dag	vochtverlies per dag kg/dag	vochtverlies in % tijdens bewaarperiode %
1	63.500	1	16	3	40,4	121,29	17,35	2,2
	63.500	2	8		40,4	121,26	12,97	1,7
	29.500	1	11	6	16,8	100,86	23,21	3,0
	29.000	2	5		16,8	100,84	19,92	2,6
	11.000	1	7	12	7,3	87,63	38,20	4,9
	11.000	2	3		7,3	87,63	36,01	4,6
2	31.700	1	14	3	33,0	98,93	16,26	2,1
	31.700	2	7		33,0	98,90	12,42	1,6
	14.500	1	10	6	14,6	87,60	22,66	2,9
	14.500	2	5		14,6	87,58	19,92	2,6
	5.800	1	6	12	6,8	82,11	37,66	4,7
	5.800	2	3		6,8	82,10	36,01	4,6

Analyse van het vochtverlies; tabel 20

In tabel 20 is op grond van de beschrijving van het mechanisme van het vochtverlies door het produkt tijdens de bewaring in hoofdstuk 3 van het rapport een analyse gemaakt om de aandelen vast te stellen, die de twee genoemde processen:

1. de aanvulling van het vochtgehalte in de cel na het stoppen van de koeler,
  2. de vochtafgifte tijdens het lopen van de koeler,
- hebben in het totaal berekende vochtverlies.

Verwacht mag worden, dat beide aandelen sterk beïnvloed worden door de kwaliteit van de koeler, met name het TV\*.

In tabel 20 blijkt dit wel het geval te zijn voor de hoeveelheid water, die bij iedere start van de koeler wordt verwijderd uit de cel en die dus in de tussenperiode door het produkt weer wordt aangevuld. Echter de hoeveelheid water, die per uur tijdens het lopen van de koeler wordt onttrokken blijkt nagenoeg onafhankelijk van het TV\*.

Waarschijnlijk is ondanks het door de koeler geïntroduceerde dampdrukdeficit van de koellucht de hoeveelheid warmte, die beschikbaar is voor verdamping in het geval van een appelopslag, een beperkende factor waardoor het evenredig zijn van de vochtafgifte met het dampdrukdeficit in dit geval niet opgaat.

Een gevolg van dit modelresultaat is, dat in een cel met lange looptijden van de koeler, ten eerste het vochtverlies groot is, maar tevens het nauwelijks zal uitmaken of in zo'n cel met een koeler van goede kwaliteit TV\* ca. 1 K of 1°C of met een koeler van een slechtere kwaliteit TV\* ca. 2 of 4 K wordt gewerkt. Deze analyses zijn ook uitgevoerd voor een produkt met een 3 x zo grote vochtafgifte en een 1,7 x zo grote warmteproductie als het modelvoorbeeld (zie hfdst. 3).



Tabel 20. Analyse van het vochtverlies

Stel: het starten van de koeling kost  $x$  kg per keer

een draaiuur koeling kost  $y$  kg/h

De onafhankelijke variabele is de kwaliteit van de koeler:  $TV^*$

$TV^* = 0,5 K$

$\beta$	koeltijd h/dag		vochtverlies kg/dag	$x$ kg	$y$ kg/h
14	3	$14x + 3y =$	4,44	0,143	0,813
7	3	$7x + 3y =$	3,44		
17	3	$17x + 3y =$	4,87		
8	3	$8x + 3y =$	3,58		
11	6	$11x + 6y =$	6,44	0,143	0,811
5	6	$5x + 6y =$	5,58		
10	6	$10x + 6y =$	6,30		
13	6	$13x + 6y =$	6,73		
6	6	$6x + 6y =$	5,73		
7	12	$7x + 12y =$	10,74	0,144	0,811
3	12	$3x + 12y =$	10,16		
6	12	$6x + 12y =$	10,59		
8	12	$8x + 12y =$	10,88		
4	12	$4x + 12y =$	10,31		
2	20	$2x + 20y =$	16,50	0,14	0,811
1	20	$x + 20y =$	16,36		

TV\* = 1 K

$\beta$	koeltijd h/dag		vochtverlies kg/dag	x kg	y kg/h
14	3	$14x + 3y =$	8,74	0,281	1,602
7	3	$7x + 3y =$	6,77		
17	3	$17x + 3y =$	9,59		
8	3	$8x + 3y =$	7,05		
11	6	$11x + 6y =$	12,69	0,282	1,598
5	6	$5x + 6y =$	10,99		
10	6	$10x + 6y =$	12,40		
13	6	$13x + 6y =$	13,25		
6	6	$6x + 6y =$	11,28		
6	12	$6x + 12y =$	20,86	0,282	1,597
3	12	$3x + 12y =$	20,01		
8	12	$8x + 12y =$	21,42		
4	12	$4x + 12y =$	20,29		
2	20	$2x + 20y =$	32,50	0,28	1,597
1	20	$x + 20y =$	32,22		

$TV^* = 2 K$

$\beta$	koeltijd h/dag		vochtverlies per dag	x kg	y kg/h
14	3	$14 x + 3 y =$	26,26	0,548	2,862
7	3	$7 x + 3 y =$	12,42		
17	3	$17 x + 3 y =$	17,90		
8	3	$8 x + 3 y =$	12,97		
10	6	$10 x + 6 y =$	22,66	0,548	2,863
5	6	$5 x + 6 y =$	19,92		
13	6	$13 x + 6 y =$	24,30		
6	6	$6 x + 6 y =$	20,47		
6	12	$6 x + 12 y =$	37,66	0,548	2,864
3	12	$3 x + 12 y =$	36,01		
8	12	$8 x + 12 y =$	38,75		
4	12	$4 x + 12 y =$	36,56		
2	20	$2 x + 20 y =$	58,38	0,550	2,864
1	20	$x + 20 y =$	57,83		

TV\* = 4 K

$\beta$	koeltijd h/dag		vochtverlies per dag	x kg	y kg/h
14	3	$14 x + 3 y =$	23,42	1,059	2,863
7	3	$7 x + 3 y =$	16,00		
17	3	$17 x + 3 y =$	26,59		
8	3	$8 x + 3 y =$	17,06		
10	6	$10 x + 6 y =$	27,77	1,058	2,865
5	6	$5 x + 6 y =$	22,48		
13	6	$13 x + 6 y =$	30,95		
6	6	$6 x + 6 y =$	23,54		
6	12	$6 x + 12 y =$	40,72	1,057	2,865
3	12	$3 x + 12 y =$	37,55		
8	12	$8 x + 12 y =$	42,84		
4	12	$4 x + 12 y =$	38,61		
2	20	$2 x + 20 y =$	50,40	1,06	2,864
1	20	$x + 20 y =$	58,34		

\*\*\*\* KOCA \*\*\*\*

### KOUDEBEHOEFTE VAN EEN KOEL-CEL

Naam Aanvrager	Sprenger Instituut			
Datum	30-Mar-83			
Commentaar	APPELCEL CA-SCRUB; 150 TON INKOELEN VAN APPELS TV* 4oC CIRC. 50 5 CHARGES			
Naam Produkt	APPEL BEWAAR-			
Massa Produkt	154.8 ton			
Warmteprod. bij Inzettemp.	.040932 kW/ton			
Warmteprod. bij Celtemp.	.0128493 kW/ton			
Vochtafsgiftecoeff.	.55E-10 kg/kgPas			
Soort. Warmte	3.64 kJ/kgK			
Massa Embal.(totaal)	25.8 ton			
Warmte Capac. Embal.	70.176 MJ/K			
Regio Cel	UTRECHT-BRABANT-FLEVOLAND			
Start in maand nr	10			
Aantal maand	9			
Temperatuur Klimaat 1, °C, -m	12	18	9.24444	4 oC
Rel. Vocht. Klimaat 1, °C, -m	86	74	82	87 %
Volume van de Cel	690.73 m3			
Inzettemp. Produkt	15 oC			
Temp. in de Cel	3 oC			
Verschiltemp. Lucht-Koeler	4 oC			
Type Koeler	DROOG			
Verhouding circ.: re/eff Koel	2			
Gewenste Koeltijd	100 uur			
Halfafkoeltijd	20 uur			
Aantal Charges	5			
Tijd tussen de Charges	24			
Totale Koeltijd	196 uur			

Wand	Oppervlak	Temperatuur	K-Waarde	Instraling
Nr	m2	oC	W/m2K	kW/K
1	90.9	10	1.000	0.0909
2	91.3	14	0.250	0.0228
3	125.2	FILE	0.350	0.0438
4	166.4	FILE	0.350	0.0582

EXP.KOELEN+CHAR  $T-T_i=0.03(T_o-T_i)$  101.18 h 3.36 oC

Koudefactor ca. 4,5

NETTO	EXP. KOELEN+CHAR CAPACITEIT VERBRUIK	
	kW	kWh
Koudebehoefte	34.60	3525.12
Advies Capaciteit	34.60	
Vol. Koudebehoef.	0.05	5.10
Veldw. Produkt	22.69	1878.24
Veldw. Emball.	2.83	233.92
Warmte Produktie	3.29	386.41
Instralings	1.81	353.96
Ventilatoren	2.58	504.90
Vochtafsifte >	0.12	5.68
Koelins Cellucht		22.05
Ijsvorming <<<	1.29	139.97

WATERHUISHOUDING

	kg water	
Vochtafsifte +	0.96%	1482.75
Vochtornname Cel -		16.41
Ijsvorming -		-1499.16

ELECTRISCH VERBRUIK

	kWh
Koelmachine	783.36
Ventilatoren	504.90
Ontdooien	139.97
TOTAAL	1428.23
delta-T Retour oC	0.75
Circ. Eff. m3/uur	25.00x 17268.00
Circ. Re.M m3/uur	49.95x 34500.00
Uren Circ. Max	196.00

\*\*\*\* KOCA \*\*\*\*

KOUDEBEHOEFTE VAN EEN KOEL-CEL

Naam Aanvrager Sprenger Instituut  
 Datum 31-Mar-83  
 Commentaar APPELCEL  
 CA-SCRUB#150 TON  
 INKOEIEN VAN APPELS  
 TV\* 4oC  
 CIRC. MIN  
 5 CHARGES

Naam Produkt APPEL BEWAAR-  
 Massa Produkt 154.8 ton  
 Warmteprod. bij Inzetteemp. .040932 kW/ton  
 Warmteprod. bij Celtemp. .0128493 kW/ton  
 Vochtafsisfitecoeff. .55E-10 ks/ksPas  
 Soort. Warmte 3.64 kJ/ksK  
 Massa Embal.(totaal) 25.8 ton  
 Warmte Capac. Embal. 70.176 MJ/K  
 Resio Cel UTRECHT-BRABANT-FLEVOLAND  
 Start in maand nr 10  
 Aantal maand 9  
 Temperatuur Klimaat 1,0,-,ym 12 18 9.24444 4 oC  
 Rel. Vocht. Klimaat 1,0,-,ym 86 74 82 87 %  
 Volume van de Cel 690.73 m3  
 Inzetteemp. Produkt 15 oC  
 Temp. in de Cel 3 oC  
 Verschiltemp. Lucht-Koeler 4 oC  
 Type Koeler DROOG  
 Verhouding circ.: re/eff Koel 2  
 Gewenste Koeltijd 100 uur  
 Halfafkoeltijd 20 uur  
 Aantal Charges 5  
 Tijd tussen de Charges 24  
 Totale Koeltijd 196 uur

Wand Nr	Oppervlak m2	Temperatuur oC	K-Waarde W/m2K	Instralins kW/K
1	90.9	10	1.000	0.0909
2	91.3	14	0.250	0.0228
3	125.2	FILE	0.350	0.0438
4	166.4	FILE	0.350	0.0582

EXP.KOELEN+CHAR T-Ti=0.03(To-Ti) 101.18 h 3.36 oC

Koudefactor Ca. 4.5

NETTO	EXP. KOELEN+CHAR	
	CAPACITEIT kW	VERBRUIK kWh
Koudebehoefte	33.04	3218.57
Advies Capaciteit	33.04	
Vol. Koudebehoef.	0.05	4.66
Veldw. Produkt	22.69	1878.24
Veldw. Emball.	2.83	233.92
Warmte Produktie	3.29	386.41
Instralins	1.81	353.96
Ventilatoren	1.01	198.35
Vochtsafsifte >	0.12	5.68
Koelins Cellucht		22.05
IJsvormins <<<	1.29	139.97

WATERHUISHOUDING

		kg water
Vochtsafsifte +	0.96%	1482.75
Vochtopname Cel -		16.41
IJsvormins -		-1499.16

ELECTRISCH VERBRUIK

	kWh
Koelmachine	715.23
Ventilatoren	198.35
Ontdooien	139.97
TOTAAL	<u>1053.55</u>

delta-T Retour oC		2.00
Circ. Eff. m3/uur	9.42x	6509.00
Circ. Re.M m3/uur	18.82x	13000.00
Uren Circ. Max		196.00



\*\*\*\* KOCA \*\*\*\*

KOUDEBEHOEFTE VAN EEN KOEL-CEL

Naam Aanvrager Sprenger Instituut  
 Datum 30-Mar-83  
 Commentaar APPELCEL  
 CA-SCRUB;150 TON  
 INKOELEN VAN APPELS  
 TV\* 6oC  
 CIRC. 50  
 5 CHARGES

Naam Produkt APPEL BEWAAR-  
 Massa Produkt 154.8 ton  
 Warmteprod. bij Inzettemp. .040932 kW/ton  
 Warmteprod. bij Celtemp. .0128493 kW/ton  
 Vochtafgiftecoeff. .55E-10 kg/kgPas  
 Soort. Warmte 3.64 kJ/kgK  
 Massa Embal.(totaal) 25.8 ton  
 Warmte Capac. Embal. 70.176 MJ/K  
 Regio Cel UTRECHT-BRABANT-FLEVOLAND  
 Start in maand nr 10  
 Aantal maand 9  
 Temperatuur Klimaat 1, °C, - , m 12 18 9.24444 4 oC  
 Rel. Vocht. Klimaat 1, °C, - , m 86 74 82 87 %  
 Volume van de Cel 690.73 m3  
 Inzettemp. Produkt 15 oC  
 Temp. in de Cel 3 oC  
 Verschiltemp. Lucht-Koeler 6 oC  
 Type Koeler DROOG  
 Verhouding circ.: re/eff Koel 2  
 Gewenste Koeltijd 100 uur  
 Halfafkoeltijd 20 uur  
 Aantal Charges 5  
 Tijd tussen de Charges 24  
 Totale Koeltijd 196 uur

Wand Nr	Oppervlak m2	Temperatuur oC	K-Waarde W/m2K	Instralings kW/K
1	90.9	10	1.000	0.0909
2	91.3	14	0.250	0.0228
3	125.2	FILE	0.350	0.0438
4	166.4	FILE	0.350	0.0582

EXP.KOELEN+CHAR T-Ti=0.03(To-Ti) 101.18 h 3.36 oC

*Koudefactor ca. 4*

EXP.KOELEN+CHAR		
NETTO	CAPACITEIT	VERBRUIK
	kW	kWh
Koudebehoefte	34.89	3554.84
Advies Capaciteit	34.89	
Vol. Koudebehoef.	0.05	5.15
Veldw. Produkt	22.69	1878.24
Veldw. Emball.	2.83	233.92
Warmte Produktie	3.29	386.41
Instralins	1.81	353.96
Ventilatoren	2.58	504.90
Vochtafsifte >	0.14	6.62
Koeling Cellucht		23.68
Ijsvorming <<<	1.56	167.12

WATERHUISHOUDING		
		kg water
Vochtafsifte +	1.13%	1749.01
Vochtopname Cel -		18.76
Ijsvorming -		-1767.76

ELECTRISCH VERBRUIK		kWh
Koelmachine		888.71
Ventilatoren		504.90
Ontdooien		167.12
TOTAAL		<u>1560.73</u>

delta-T Retour oC		0.68
Circ. Eff. m3/uur	25.00x	17268.00
Circ. Re.M m3/uur	49.95x	34500.00
Uren Circ. Max		196.00

\*\*\*\* KOCA \*\*\*\*

KOUDEBEHOEFTE VAN EEN KOEL-CEL

Naam Aanvrager Sprenger Instituut  
 Datum 31-Mar-83  
 Commentaar APPELCEL  
 CA-SCRUB#150 TON  
 INKOELEN VAN APPELS  
 TV\* 6oC  
 CIRC. MIN  
 5 CHARGES

Naam Produkt APPEL BEWAAR-  
 Massa Produkt 154.8 ton  
 Warmteprod. bij Inzettemp. .040932 kW/ton  
 Warmteprod. bij Celtemp. .0128493 kW/ton  
 Vochtafgiftecoëff. .55E-10 kg/kgPas  
 Soort. Warmte 3.64 kJ/kgK  
 Massa Embal.(totaal) 25.8 ton  
 Warmte Capac. Embal. 70.176 MJ/K  
 Resio Cel UTRECHT-BRABANT-FLEVOLAND  
 Start in maand nr 10  
 Aantal maand 9  
 Temperatuur Klimaat 1, °C, --, m 12 18 9.24444 4 oC  
 Rel. Vocht. Klimaat 1, °C, --, m 86 74 82 87 %  
 Volume van de Cel 690.73 m3  
 Inzettemp. Produkt 15 oC  
 Temp. in de Cel 3 oC  
 Verschiltemp. Lucht-Koeler 6 oC  
 Type Koeler DROOG  
 Verhouding circ.: re/eff Koel 2  
 Gewenste Koeltijd 100 uur  
 Halfafkoeltijd 20 uur  
 Aantal Charges 5  
 Tijd tussen de Charges 24  
 Totale Koeltijd 196 uur

Wand	Oppervlak	Temperatuur	K-Waarde	Instraling
Nr	m2	oC	W/m2K	kW/K
1	90.9	10	1.000	0.0909
2	91.3	14	0.250	0.0228
3	125.2	FILE	0.350	0.0438
4	166.4	FILE	0.350	0.0582

EXP.KOELEN+CHAR T-Ti=0.03(To-Ti) 101.18 h 3.36 oC

*Koudefactor ca. 4*

NETTO	EXP.KOELEN+CHAR	
	CAPACITEIT kW	VERBRUIK kWh
Koudebehoefte	33.23	3230.26
Advies Capaciteit	33.23	
Vol. Koudebehoef.	0.05	4.68
Veldw. Produkt	22.69	1878.24
Veldw. Emball.	2.83	233.92
Warmte Produktie	3.29	386.41
Instralings	1.81	353.96
Ventilatoren	0.92	180.32
Vochtafsifte >	0.14	6.61
Koelins Cellucht		23.68
Ijsvorming <<<	1.56	167.12

WATERHUISHOUDING

		kg water
Vochtafsifte +	1.13%	1749.01
Vochtname Cel -		18.76
Ijsvorming -		-1767.76

ELECTRISCH VERBRUIK

	kWh
Koelmachine	807.57
Ventilatoren	180.32
Ontdooier	167.12
TOTAAL	<u>1155.01</u>

delta-T Retour oC		2.00
Circ. Eff. m3/uur	8.47x	5849.00
Circ. Re.M m3/uur	16.79x	11600.00
Uren Circ. Max		196.00

\*\*\*\* KOCA \*\*\*\*

KOUDEBEHOEFTE VAN EEN KOEL-CEL

Naam Aanvrager	Sprenger Instituut		
Datum	30-Mar-83		
Commentaar	APPELCEL CA-SCRUB;150 TON INKOELEN VAN APPELS TV* 6oC CIRC. 50 7 CHARGES		
Naam Produkt	APPEL BEWAAR-		
Massa Produkt	154.8 ton		
Warmteprod. bij Inzettemp.	.040932 kW/ton		
Warmteprod. bij Celtemp.	.0128493 kW/ton		
Vochtafsiftecoeff.	.55E-10 kg/kgPas		
Soort. Warmte	3.64 kJ/kgK		
Massa Embal.(totaal)	25.8 ton		
Warmte Capac. Embal.	70.176 MJ/K		
Regio Cel	UTRECHT-BRABANT-FLEVOLAND		
Start in maand nr	10		
Aantal maand	9		
Temperatuur Klimaat 1, °, -m	12	18	9.24444 4 oC
Rel. Vocht. Klimaat 1, °, -m	86	74	82 87 %
Volume van de Cel	690.73 m3		
Inzettemp. Produkt	15 oC		
Temp. in de Cel	3 oC		
Verschiltemp. Lucht-Koeler	6 oC		
Type Koeler	DROOG		
Verhouding circ.: re/eff Koel	2		
Gewenste Koeltijd	100 uur		
Halfafkoeltijd	20 uur		
Aantal Charges	7		
Tijd tussen de Charges	24		
Totale Koeltijd	244 uur		

Wand	Oppervlak	Temperatuur	K-Waarde	Instralins
Nr	m2	oC	W/m2K	kW/K
1	90.9	10	1.000	0.0909
2	91.3	14	0.250	0.0228
3	125.2	FILE	0.350	0.0438
4	166.4	FILE	0.350	0.0582

EXP.KOELEN+CHAR T-Ti=0.03(To-Ti) 101.18 h 3.36 oC

Koudefactor Ca. 4

NETTO	EXP. KOELEN+CHAR	
	CAPACITEIT	VERBRUIK
	kW	kWh
Koudebehoefte	27.20	3836.43
Advies Capaciteit	27.20	
Vol. Koudebehoef.	0.04	5.55
Veldw. Produkt	16.42	1878.24
Veldw. Emball.	2.04	233.92
Warmte Produktie	2.92	434.14
Instraling	1.81	440.64
Ventilatoren	2.58	628.54
Vochtafsifte >	0.10	5.80
Koeling Cellucht		33.15
Ijsvorming <<<	1.34	181.98

WATERHUISHOUDING

		kg water
Vochtafsifte +	1.23%	1898.72
Vochtname Cel -		26.26
Ijsvorming -		-1924.97

ELECTRISCH VERBRUIK

		kWh
Koelmachine		959.11
Ventilatoren		628.54
Ontdooien		181.98
TOTAAL		<u>1769.63</u>
delta-T Retour oC		0.55
Circ. Eff. m3/uur	25.00x	17268.00
Circ. Re.M m3/uur	49.95x	34500.00
Uren Circ. Max		244.00

\*\*\*\* KOCA \*\*\*\*

KOUDEBEHOEFTE VAN EEN KOEL-CEL

Naam Aanvraser	Sprenger Instituut		
Datum	31-Mar-83		
Commentaar	APPELCEL		
	CA-SCRUB#150 TON		
	INKOFLLEN VAN APPELS		
	TV* 6oC		
	CIRC. MIN		
	7 CHARGES		
Naam Produkt	APPEL BEWAAR-		
Massa Produkt	154.8 ton		
Warmteprod. bij Inzetteмп.	.040932 kW/ton		
Warmteprod. bij Celtemp.	.0128493 kW/ton		
Vochtafsiftecoeff.	.55E-10 kg/kgPas		
Soort. Warmte	3.64 kJ/kgK		
Massa Embal.(totaal)	25.8 ton		
Warmte Capac. Embal.	70.176 MJ/K		
Resio Cel	UTRECHT-BRABANT-FLEVOLAND		
Start in maand nr	10		
Aantal maand	9		
Temperatuur Klimaat 1, °C, -m	12	18	9.24444 4 oC
Rel. Vocht. Klimaat 1, °C, -m	86	74	82 87 %
Volume van de Cel	690.73 m3		
Inzetteмп. Produkt	15 oC		
Temp. in de Cel	3 oC		
Verschiltemp. Lucht-Koeler	6 oC		
Type Koeler	DROOG		
Verhouding circ.: re/eff Koel	2		
Gewenste Koeltijd	100 uur		
Halfafkoeltijd	20 uur		
Aantal Charges	7		
Tijd tussen de Charges	24		
Totale Koeltijd	244 uur		

Wand	Oppervlak	Temperatuur	K-Waarde	Instralings
Nr	m2	oC	W/m2K	kW/K
1	90.9	10	1.000	0.0909
2	91.3	14	0.250	0.0228
3	125.2	FILE	0.350	0.0438
4	166.4	FILE	0.350	0.0582

EXP.KOELEN+CHAR T-Ti=0.03(To-Ti) 101.18 h 3.36 oC

Koudefactor Ca. 4

NETTO	EXP. KOELEN+CHAR	
	CAPACITEIT	VERBRUIK
	kW	kWh
Koudebehoefte	25.36	3387.47
Advies Capaciteit	25.36	
Vol. Koudebehoef.	0.04	4.90
Veldw. Produkt	16.42	1878.24
Veldw. Emball.	2.04	233.92
Warmte Produktie	2.92	434.14
Instralins	1.81	440.64
Ventilatoren	0.74	179.58
Vochtafsifte >	0.10	5.80
Koeling Cellucht		33.15
Ijsvorming <<<	1.34	181.98

WATERHUISHOUDING

	kg water	
Vochtafsifte +	1.23%	1898.72
Vochtofname Cel -		26.26
Ijsvorming -		-1924.97

ELECTRISCH VERBRUIK

	kWh	
Koelmachine		846.87
Ventilatoren		179.58
Ontdooien		181.98
TOTAAL		1208.43
delta-T Retour oC		2.00
Circ. Eff. m3/uur	6.93x	4786.00
Circ. Re.M m3/uur	13.75x	9500.00
Uren Circ. Max		244.00



\*\*\*\* KOCA \*\*\*\*

KOUDEBEHOEFTE VAN EEN KOEL-CEL

Naam Aanvraser	Sprenger Instituut			
Datum	30-Mar-83			
Commentaar	PERENCEL			
	150 TON			
	INKOELEN VAN PEREN			
	TV* KOELER 6 oC			
	CIRC. 50			
	5 CHARGES			
Naam Produkt	PEER BEWAAR-			
Massa Produkt	164.2 ton			
Warmteprod. bij Inzettemp.	.136536 kW/ton			
Warmteprod. bij Celtemp.	.0107358 kW/ton			
Vochtafsiftecoeff.	.8E-10 kg/kgPas			
Soort. Warmte	3.7 kJ/kgK			
Massa Embal.(totaal)	34.4 ton			
Warmte Capac. Embal.	93.568 MJ/K			
Regio Cel	UTRECHT-BRABANT-FLEVOLAND			
Start in maand nr	9			
Aantal maand	8			
Temperatuur Klimaat 1, 2, 3, 4	16.5	16.5	8.3	4 oC
Rel. Vocht. Klimaat 1, 2, 3, 4	82	82	84	87 %
Volume van de Cel	690.73 m3			
Inzettemp. Produkt	18 oC			
Temp. in de Cel	-1.5 oC			
Verschiltemp. Lucht-Koeler	6 oC			
Type Koeler	DROOG			
Verhoudings circ.: re/eff Koel	2			
Gewenste Koeltijd	100 uur			
Halfafkoeltijd	20 uur			
Aantal Charges	5			
Tijd tussen de Charges	24			
Totale Koeltijd	196 uur			

Wand Nr	Oppervlak m2	Temperatuur oC	K-Waarde W/m2K	Instralings kW/K
1	90.9	10	1.000	0.0909
2	91.3	19	0.250	0.0228
3	125.2	FILE	0.350	0.0438
4	166.4	FILE	0.350	0.0582

EXP.KOELEN+CHAR T-Ti=0.03(To-Ti) 101.18 h 0.06 oC

Wandefactor ca. 3.7

NETTO	EXP.KOELEN+CHAR	
	CAPACITEIT	VERBRUIK
	kW	kWh
Koudebehoefte	59.09	5606.11
Advies Capaciteit	59.09	
Vol. Koudebehoef.	0.09	8.12

Veldw. Produkt	37.72	3122.08
Veldw. Emball.	5.81	480.84
Warmte Produktie	7.01	562.50
Instraling	3.13	614.37
Ventilatoren	2.58	504.90
Vochtafsifte >	0.19	12.03
Koelins Cellucht		40.96
Ijsvorming <<<	2.64	268.44

WATERHUISHOUDING

	kg water	
Vochtafsifte +	1.67%	2749.13
Vochtname Cel -		30.07
Ijsvorming -		-2779.20

ELECTRISCH VERBRUIK

	kWh
Koelmachine	1515.16
Ventilatoren	504.90
Ontdooien	268.44
TOTAAL	<u>2288.50</u>

delta-T Retour oC		1.17
Circ. Eff. m3/uur	25.00x	17268.00
Circ. Re.M m3/uur	49.95x	34500.00
Uren Circ. Max		196.00

\*\*\*\* KOCA \*\*\*\*

KOUDEBEHOEFTE VAN EEN KOEL-CEL

Naam Aanvrager	Sprenger Instituut			
Datum	30-Mar-83			
Commentaar	PERENCEL			
	150 TON			
	INKOELEN VAN PEREN			
	TV* KOELER 6 oC			
	CIRC. MIN			
	5 CHARGES			
Naam Produkt	PEER BEWAAR-			
Massa Produkt	164.2 ton			
Warmteprod. bij Inzettemp.	.136536 kW/ton			
Warmteprod. bij Celtemp.	.0107358 kW/ton			
Vochtafsifitecoeff.	.8E-10 kg/kgPas			
Soort. Warmte	3.7 kJ/kgK			
Massa Embal.(totaal)	34.4 ton			
Warmte Capac. Embal.	93.568 MJ/K			
Resio Cel	UTRECHT-BRABANT-FLEVOLAND			
Start in maand nr	9			
Aantal maand	8			
Temperatuur Klimaat 1, °, -m	16.5	16.5	8.3	4 oC
Rel. Vocht. Klimaat 1, °, -m	82	82	84	87 %
Volume van de Cel	690.73 m3			
Inzettemp. Produkt	18 oC			
Temp. in de Cel	-1.5 oC			
Verschiltemp. Lucht-Koeler	6 oC			
Type Koeler	DROOG			
Verhouding circ.: re/eff Koel	2			
Gewenste Koeltijd	100 uur			
Halfafkoeltijd	20 uur			
Aantal Charges	5			
Tijd tussen de Charges	24			
Totale Koeltijd	196 uur			

Wand	Oppervlak	Temperatuur	K-Waarde	Instraling
Nr	m2	oC	W/m2K	kW/K
1	90.9	10	1.000	0.0909
2	91.3	19	0.250	0.0228
3	125.2	FILE	0.350	0.0438
4	166.4	FILE	0.350	0.0582

EXP.KOELEN+CHAR T-Ti=0.03(To-Ti) 101.18 h 0.06 oC

*Koudefactor Ca 3.7*

NETTO	EXP. KOELEN+CHAR	
	CAPACITEIT	VERBRUIK
	kW	kWh
Koudebehoefte	57.71	5335.63
Advies Capaciteit	57.71	
Vol. Koudebehoef.	0.08	7.72
Veldw. Produkt	37.72	3122.08
Veldw. Emball.	5.81	480.84
Warmte Produktie	7.01	562.50
Instralings	3.13	614.37
Ventilatoren	1.20	234.42
Vochtafsifte >	0.19	12.03
Koelins Cellucht		40.96
IJsvorming <<<	2.64	268.44

WATERHUISHOUDING

		kg water
Vochtafsifte +	1.67%	2749.13
Vochttoename Cel -		30.07
IJsvorming -		-2779.20

ELECTRISCH VERBRUIK

	kWh
Koelmachine	1442.06
Ventilatoren	234.42
Ontdooien	268.44
TOTAAL	1944.92

delta-T Retour oC		2.50
Circ. Eff. m3/uur	11.72x	8097.00
Circ. Re.M m3/uur	23.31x	16100.00
Uren Circ. Max		196.00

\*\*\*\* KOCA \*\*\*\*

KOUDEBEHOEFTE VAN EEN KOEL-CEL

Naam Aanvrager Sprenger Instituut  
 Datum 30-Mar-83  
 Commentaar PERENCEL  
 150 TON  
 INKOELEN VAN PEREN  
 TV\* KOELER 6 oC  
 CIRC. 50  
 7 CHARGES

Naam Produkt PEER BEWAAR-  
 Massa Produkt 164.2 ton  
 Warmteprod. bij Inzettemp. .136536 kW/ton  
 Warmteprod. bij Celtemp. .0107358 kW/ton  
 Vochtafsiftecoeff. .8E-10 kg/kgPas  
 Soort. Warmte 3.7 kJ/kgK  
 Massa Embal.(totaal) 34.4 ton  
 Warmte Capac. Embal. 93.568 MJ/K  
 Resio Cel UTRECHT-BRABANT-FLEVOLAND  
 Start in maand nr 9  
 Aantal maand 8  
 Temperatuur Klimaat 1, °C, -m 16.5 16.5 8.3 4 oC  
 Rel. Vocht. Klimaat 1, °C, -m 82 82 84 87 %  
 Volume van de Cel 690.73 m3  
 Inzettemp. Produkt 18 oC  
 Temp. in de Cel -.5 oC  
 Verschiltemp. Lucht-Koeler 6 oC  
 Type Koeler DROOG  
 Verhouding circ.: re/eff Koel 2  
 Gewenste Koeltijd 100 uur  
 Halfafkoeltijd 20 uur  
 Aantal Charges 7  
 Tijd tussen de Charges 24  
 Totale Koeltijd 244 uur

Wand	Oppervlak	Temperatuur	K-Waarde	Instralings
Nr	m2	oC	W/m2K	kW/K
1	90.9	10	1.000	0.0909
2	91.3	19	0.250	0.0228
3	125.2	FILE	0.350	0.0438
4	166.4	FILE	0.350	0.0582

EXP.KOELEN+CHAR T-Ti=0.03(To-Ti) 101.18 h 0.06 oC

Koudefactor ca. 3.7

NETTO	EXP. KOELEN+CHAR	
	CAPACITEIT kW	VERBRUIK kWh
Koudebehoefte	44.98	5953.97
Advies Capaciteit	44.98	
Vol. Koudebehoef.	0.07	8.62
Veldw. Produkt	27.29	3122.08
Veldw. Emball.	4.20	480.84
Warmte Produktie	5.53	604.81
Instralins	3.13	764.83
Ventilatoren	2.58	628.54
Vochtafsifte >	0.11	10.42
Koelins Cellucht		57.34
Ijsvormins <<<	2.15	285.12

WATERHUISHOUDING

		kg water
Vochtafsifte +	1.77%	2909.79
Vochtoptname Cel -		42.10
Ijsvormins -		-2951.89

ELECTRISCH VERBRUIK

	kWh
Koelmachine	1609.10
Ventilatoren	628.54
Ontdooien	285.12
TOTAAL	<u>2522.84</u>

delta-T Retour oC		0.97
Circ. Eff. m3/uur	25.00x	17268.00
Circ. Re.M m3/uur	49.95x	34500.00
Uren Circ. Max		244.00

\*\*\*\* KOCA \*\*\*\*

KOUDEBEHOEFTE VAN EEN KOEL-CEL

Naam Aanvraser Sprenger Instituut  
 Datum 30-Mar-83  
 Commentaar PERENCEL  
 150 TON  
 INKOELEN VAN PEREN  
 TV\* KOELER 6 oC  
 CIRC. MIN  
 7 CHARGES

Naam Produkt PEER BEWAAR-  
 Massa Produkt 164.2 ton  
 Warmteprod. bij Inzettemp. .136536 kW/ton  
 Warmteprod. bij Celtemp. .0107358 kW/ton  
 Vochtafsiftecoeff. .8E-10 kg/kgPas  
 Soort. Warmte 3.7 kJ/kgK  
 Massa Embal.(totaal) 34.4 ton  
 Warmte Capac. Embal. 93.568 MJ/K  
 Resio Cel UTRECHT-BRABANT-FLEVOLAND  
 Start in maand nr 9  
 Aantal maand 8  
 Temperatuur Klimaat 1, °C, -ym 16.5 16.5 8.3 4 oC  
 Rel. Vocht. Klimaat 1, °C, -ym 82 82 84 87 %  
 Volume van de Cel 690.73 m3  
 Inzettemp. Produkt 18 oC  
 Temp. in de Cel -.5 oC  
 Verschiltemp. Lucht-Koeler 6 oC  
 Type Koeler DROOG  
 Verhouding circ.: re/eff Koel 2  
 Gewenste Koeltijd 100 uur  
 Halfafkoeltijd 20 uur  
 Aantal Charges 7  
 Tijd tussen de Charges 24  
 Totale Koeltijd 244 uur

Wand Nr	Oppervlak m2	Temperatuur oC	K-Waarde W/m2K	Instralings kW/K
1	90.9	10	1.000	0.0909
2	91.3	19	0.250	0.0228
3	125.2	FILE	0.350	0.0438
4	166.4	FILE	0.350	0.0582

EXP.KOELEN+CHAR T-Ti=0.03(To-Ti) 101.18 h 0.06 oC

*Ward factor ca. 3.7*

NETTO	EXP.KOELEN+CHAR	
	CAPACITEIT kW	VERBRUIK kWh
=====		
Koudebehoefte	43.42	5572.36
Advies Capaciteit	43.42	
Vol. Koudebehoef.	0.06	8.07
=====		
Veldw. Produkt	27.29	3122.08
Veldw. Emball.	4.20	480.84
Warmte Produktie	5.53	604.81
Instralins	3.13	764.83
Ventilatoren	1.01	246.93
Vochtafsifte >	0.11	10.42
Koelins Cellucht		57.34
IJsvorming <<<	2.15	285.12
=====		

WATERHUISHOUDING

		kg water
=====		
Vochtafsifte +	1.77%	2909.79
Vochtopname Cel -		42.10
IJsvorming -		-2951.89
=====		

ELECTRISCH VERBRUIK

		kWh
=====		
Koelmachine		1506.04
Ventilatoren		246.93
Ontdooien		285.12
TOTAAL		<u>2038.09</u>
=====		
delta-T Retour oC		2.50
Circ. Eff. m3/uur	9.68x	6688.00
Circ. Re.M m3/uur	19.25x	13300.00
Uren Circ. Max		244.00
=====		



Beschrijving zwaartekracht- en pompcirculatiesysteem

Een koelhuis kan worden opgezet met verschillende oogmerken, waarbij met een meer of minder grote spreiding in bewaartemperaturen rekening moet worden gehouden.

Daarbij komt de vraag aan de orde of deze spreiding in bewaartemperaturen ook van invloed is op de keuze van het circulatiesysteem voor het koudemiddel.

Een indicatie voor de gewenste spreiding van bewaartemperaturen in een koelhuis geeft de volgende opsomming:

1. Koelhuis voor een beperkt assortiment appelrassen  
(Cox's, Golden Delicious, Jonathan) : + 2 t/m + 5°C
2. Koelhuis voor een breed assortiment appelrassen : + 0,5 t/m + 6°C
3. Koelhuis voor peren en een breed assortiment  
appelrassen : + 1 t/m + 6°C
4. Koelhuis ook nog in gebruik voor de opslag van  
andere produkten (peen, uien, bladgroenten e.d.) : - 2 t/m + 6°C
5. Koelhuis ook nog in gebruik voor citrus en vrucht-  
groenten : - 2 t/m + 10°C;  
voor enkele produkten 15°C

De in aanmerking komende circulatiesystemen voor het koudemiddel in een koelhuis zijn:

Zwaartekrachtsysteem, 1 vats-pompsysteem en 2 vats-pompsysteem.

De principeschema's van de te beschouwen systemen zijn in figuur 6 en 7 getekend. Het 2 vats-pompsysteem is niet getekend omdat het alleen een uitbreiding van het 1 vats-pompsysteem met een afscheider op een andere druk inhoudt.

In principe zijn de genoemde spreidingen in bewaartemperaturen haalbaar zowel met een zwaartekrachtsysteem als een pompsysteem.

In het volgende worden de systemen nader besproken.

Zwaartekrachtsysteem (figuur 6)

De compressoren 1 persen ammoniakdamp via olieafscheiders 2 naar de luchtgekoelde condensor 5, waar condensatie optreedt.

De vloeibare ammoniak loopt in vloeistofvat 6. De condensordruk wordt geregeld met pressostaat 17 die voorzien is van een neutrale zone. Indien de condensordruk onder een ingestelde waarde daalt worden alle condensor ventilatoren uitgeschakeld. Stijgt de druk dan komt een contact van de

pressostaat in en wordt een servomotor gestart die successievelijk condensor ventilatoren inschakelt. In de neutrale zone van de pressostaat blijft de toestand zoals hij is d.w.z. er worden geen ventilatoren bij- of afgeschakeld. De gecondenseerde ammoniak loopt in vloeistofvat 6 en van daaruit via vloeistofleiding 7 naar de afscheiders 10. Elke cel wordt geacht één afscheider te hebben. De afscheiders zijn voorzien van een niveauregelaar 8 die magneetklep 9 bedient. Aldus wordt een bepaald  $\text{NH}_3$ -vloeistofniveau in de afscheiders gehandhaafd. Vanuit de afscheider circuleert de  $\text{NH}_3$  over de twee verdamper in de cel via natuurlijke circulatie. De stuurventielen 11a dienen om de verdamper af te kunnen sluiten van de afscheider tijdens ontdooien en om afgesloten te worden als men de temperatuur in de cel aan/uit wenst te regelen. Het aan/uit regelen kan ook met verdamper-drukregelaar 14 plaatsvinden.

Na de verdamper stroomt  $\text{NH}_3$  gas + eventuele vloeistof terug in de afscheider. De  $\text{NH}_3$  damp wordt uit de afscheider gezogen via regelventiel 14. Dit ventiel houdt de druk (en dus de temperatuur) in de afscheider op de gewenste, ingestelde waarde. De waarde kan zodanig worden ingesteld dat een gewenst TV tussen koeler en cellucht bij ingeschakelde koelers kan worden gehandhaafd. De damp wordt via de zuigleiding 15 naar de compressoren 1 teruggevoerd waarmee de kringloop gesloten is.

De capaciteit van de compressoren wordt bij/afgeschakeld door een pressostaat met neutrale zone 17 die reageert op de zuigdruk. Daalt de zuigdruk onder een bepaalde waarde dan wordt capaciteit afgeschakeld, stijgt de zuigdruk boven een bepaalde waarde dan wordt capaciteit bijgeschakeld. Is de druk tussen hoogste en laagste waarde dan blijft de dan bestaande toestand gehandhaafd.

De ontdooiing van de verdamper geschiedt met heet gas. Per cel worden de verdamper gelijktijdig ontdooid. De ventielen 11a sluiten; ventiel 9a opent en heet persgas stroomt door de heetgasleiding 13 via de lekbakspiraal door de verdamper en via ventiel 11 in de afscheider. Ventiel 11 laat pas door als de druk in de verdamper een bepaalde waarde, bijvoorbeeld overeenkomend met  $+10^\circ\text{C}$ , heeft bereikt. het probleem zou zich kunnen voordoen dat op het moment van ontdooien alle andere cellen op temperatuur zijn. Dan start toch de compressor. Via capaciteitsvernietiging 16 wordt dan de compressor gaande gehouden. De capaciteitsvernietiging is uitsluitend in werking als ontdooiing moet plaats vinden. Een andere mogelijkheid is het overbruggen van de temperatuurregeling, waardoor echter de cellen te koud worden gedraaid. In de tekening zijn eenvoudigheds-halve 2 cellen getekend; één van  $-2$  en één van  $+15^\circ\text{C}$ . De cel van  $+15^\circ\text{C}$  is toch van heetgas ontdooiing voorzien opdat de cel ook voor lagere temperaturen kan worden gebruikt.

### Pompcirculatiesystemen (figuur 7)

Vanuit afscheider 10 wordt met pompen 11 de  $\text{NH}_3$  rondgepompt. Met ventiel 14 kan men het gewenste TV voor de verdampers instellen. Indien de temperatuur aan/uit geregeld moet worden, worden magneetklep 9a en ventiel 14 gesloten respectievelijk geopend.

Ontdooing met heet gas geschiedt bij gesloten ventielen 9a en 14. Ventiel 9a in de heetgasleiding opent en heet gas ontdooit lekbak + verdampers. De druk bij ontdooien wordt ingesteld met ventiel 17. Teneinde tijdens ontdooien van voldoende heetgas verzekerd te zijn is capaciteitsvernietiger 16 aangesloten, die bij te laag wordende zuigdruk heet gas in afscheider 10 spuit. Compressoren en condensor werken analoog het zwaartekrachtstelsel.

### Energie gebruik (figuur 8)

In het volgende zal kort aangegeven worden in welk opzicht beide systemen verschillen in energiegebruik.

Hiertoe is in figuur 8 de kringloop die de  $\text{NH}_3$  tijdens het koelproces doorloopt getekend voor zowel het zwaartekrachtstelsel als het pompcirculatiesysteem. De kringlopen zijn getekend voor 3 bewaartemperaturen, te weten  $-2$ ,  $+5$  en  $+15^\circ\text{C}$ . Aangenomen is een TV van  $4^\circ\text{C}$  tussen ingaande luchttemperatuur en verdampings-temperatuur. Hieruit volgen de aangegeven verdampingstemperaturen van  $-6$ ;  $+1$  en  $+11^\circ\text{C}$ . De condensatietemperatuur is op  $20^\circ\text{C}$  aangehouden.

### Zwaartekrachtstelsel

Bij het zwaartekrachtstelsel wordt de ammoniak vanuit 1 gecomprimeerd tot 2, gecondenseerd tot 3 en daarna geëxpandeerd tot  $+11$ ,  $+1$  en  $-6^\circ\text{C}$  in respectievelijk de afscheiders van  $+11$ ,  $+1$  en  $-6^\circ\text{C}$ . Verdamping vindt plaats volgens  $5-1$ ,  $5'-1'$  en  $5''-1''$ . Aangenomen wordt dat praktisch volledige verdamping optreedt. De afgezogen damp wordt na de afscheiders door de verdampingsdrukregelaars gesmoord tot  $-6^\circ\text{C}$ .

Verliezen treden op door het smoren van  $1''$  en  $1'$  tot 1 want theoretisch zou vanuit  $1''$  en  $1'$  naar de condensatiedruk gecomprimeerd kunnen worden.

De verliezen zijn bij  $+1^\circ\text{C}$  verdampingstemperatuur circa 30% van het deel van het energiegebruik van de compressoren, dat dient om de verdamping bij  $+1^\circ\text{C}$  gaande te houden. De verliezen bij  $11^\circ\text{C}$  bedragen circa 70%.

De condensatietemperatuur wordt op minimaal 20°C gehouden om voldoende warm persgas van voldoende druk voor de ontdooiing beschikbaar te hebben en om condensatie in de persleiding te voorkomen.

### Pompcirculatiesysteem

De kringloop van NH<sub>3</sub> in het pompcirculatiesysteem is ook in figuur 8 aangegeven. Ook hier zijn de kringlopen getekend voor 3 bewaartemperaturen, -6; +1 en +11°C. Te zien is dat ook daar grote smoorverliezen optreden na de verdamper-drukregelaars. Bovendien moet wat extra pompenergie worden aangewend om de NH<sub>3</sub>-vloeistof van -6°C op de druk behorende bij +1 respectievelijk +11°C te brengen.

Voor -6/+1 bedraagt het pompvermogen bij een koelcapaciteit van ± 50 kW ± 2,2 kW. Voor +6/+1 is het pompvermogen ± 0,4 kW.

De pompenergie speelt dus geen rol van betekenis. De energiegebruiken/verliezen zijn dus bij een zwaartekrachtstelsel en een pompcirculatiesysteem van dezelfde grootte.

Bij een pompcirculatiesysteem speelt een bijzonder probleem in deze situatie waarbij vloeistof van -6 °C opgepompt moet worden naar verdampingstemperaturen +1 en +11°C. In het logp-h diagram is dit aangegeven. Te zien is daar dat bij de verdampers die op +1 en +11°C gehouden worden vloeistof van -6°C wordt binnengepompt. Deze vloeistof moet eerst opgewarmd worden tot +1 respectievelijk +11°C voordat verdamping op gaat treden. Indien we aannemen dat 1/3 van de verpompte vloeistof verdampt, kan de toestand na de verdampers aangegeven worden met de punten 6, 6' en 6'' in het lgp-h diagram. De plaats van deze punten wordt bepaald door

$$\frac{h_6 - h_5}{h_6 - h_1} = \frac{1}{3}$$

Men kan berekenen dat bij +1°C verdamping ± 10% van het verdamperoppervlak een temperatuur olopend van -6 tot +1°C heeft. Bij +11°C is ± 20% van het verdamperoppervlak tussen +11 en -6°C. Bij +1 en +11 zal dus in tegenstelling tot wat verwacht wordt rijpvorming op kunnen treden op een deel van de verdamper. Een mogelijkheid om dit (ongewenste) verschijnsel tegen te gaan is de vloeistof na de pomp op te warmen. Een methode is om hiervoor het condensaat in het vloeistofvat na de condensor te gebruiken. De opwarming geschiedt dan "verliesvrij" omdat het condensaat verder wordt nagekoeld. Deze problematiek speelt nauwelijks een rol bij een 2-vats systeem, waar bij b.v. 1-vat op -6°C wordt gehouden en één op b.v. +11°C.

## Conclusie

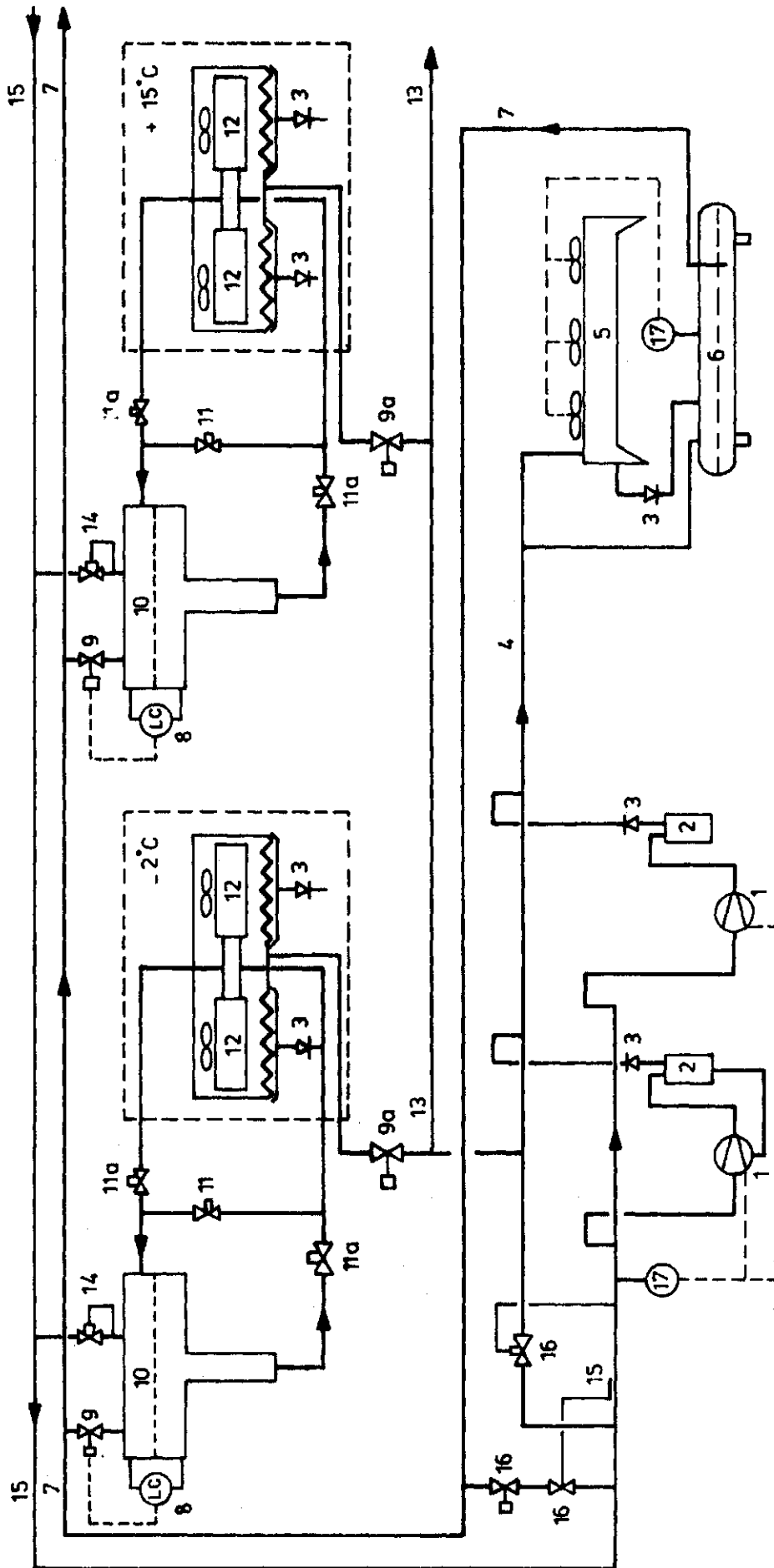
1. Zowel met een pompcirculatiesysteem als met een zwaartekrachtsysteem is het technisch mogelijk om de gewenste spreiding in bewaartemperaturen in principe te realiseren. Bij een 1-vats pompsysteem moet dan wel aandacht worden geschonken aan het verhinderen van mogelijk ongelijkmatige berijping van de verdamper, die op een hogere temperatuur moeten blijven.
2. De energiegebruiken/verliezen van pompcirculatie-systemen en zwaartekracht-systemen zijn nagenoeg hetzelfde. Vooral bij +11°C verdampingstemperatuur is de koude-opwekking erg inefficiënt. Bij +11/+20 is voor 1000 kWh koelenergie ± 63 kWh elektrische energie nodig voor een koelinstallatie, die voor deze condities is uitgelegd. Bij zowel zwaartekracht als pompsysteem is het koelsysteem uitgelegd voor -6/+20. Dan kost 1000 kWh koelenergie 195 kWh elektrische energie.

Er treedt dus een verlies op van  $\frac{195-63}{195} \times 100\% = \pm 70\%$ .

Bij +1/+20 is voor 1000 kWh koelenergie ± 139 kWh elektrische energie nodig voor een op deze condities uitgelegde installatie. Het verlies is daar

$$\frac{195-139}{195} \times 100\% = \pm 30\%$$

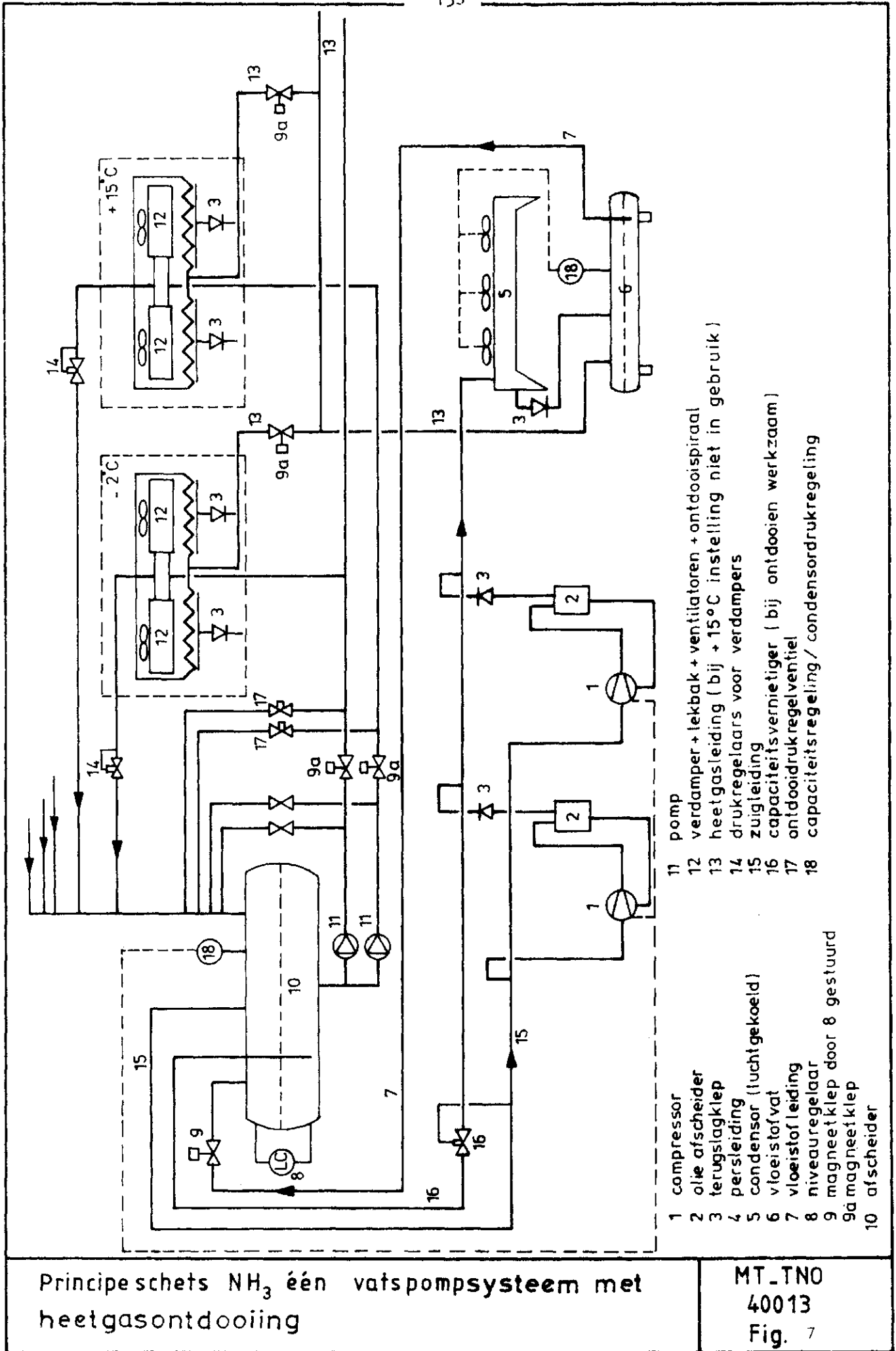
Uit deze berekening volgt dat het bij grotere vermogens voor de +15°C cel beter is om zowel zwaartekracht als pompsysteem te splitsen in twee te scheiden systemen. Dit is wellicht in bepaalde gevallen ook al het geval voor de -6/+1 verdampingstemperaturen.



- 1 compressor
- 2 olie afscheider
- 3 terugslagklep
- 4 persleiding
- 5 verdampers (luchtgekoeld)
- 6 vloeistofvat
- 7 vloeistofleiding
- 8 niveauregelaar in afscheider
- 9 door 8 gestuurde magneetklep
- 9a magneetklep
- 10 afscheider
- 11 ontdooidrukregelventiel
- 11a persdrukgestuurde regelafsluiter met geringe drukval in geopende toestand (0,02 bar)
- 12 verdampers + lekbak + ontdooispiraal + ventilatoren
- 13 heet gasleiding (bij +15°C instelling niet in gebruik)
- 14 drukregelaar voor de afscheider
- 15 zuigleiding
- 16 capaciteitsvernietiging bij ontdooien (om altijd persgas beschikbaar te hebben)
- 17 capaciteitsregeling / condensordrukregeling

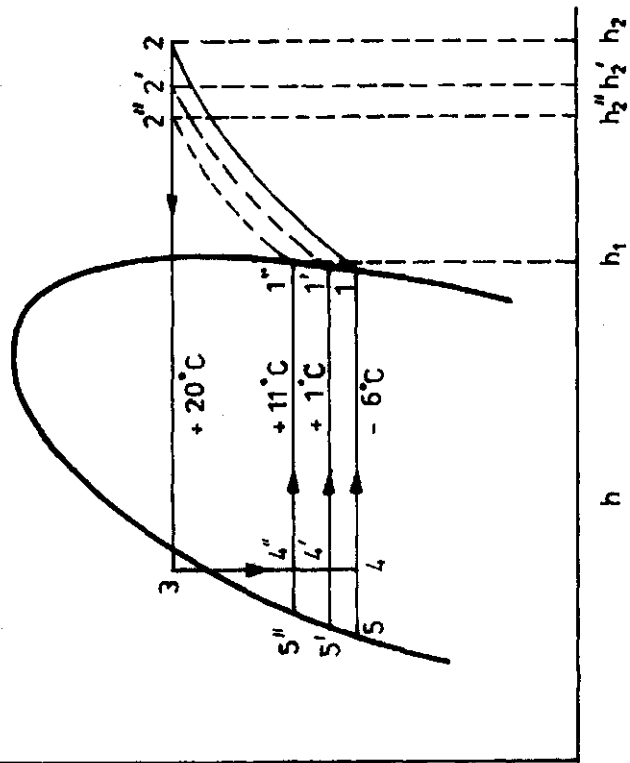
Principeschets NH<sub>3</sub> zwaartekrachtstelsel met heetgasontdooiing

MT.TNO  
40013  
Fig. 6



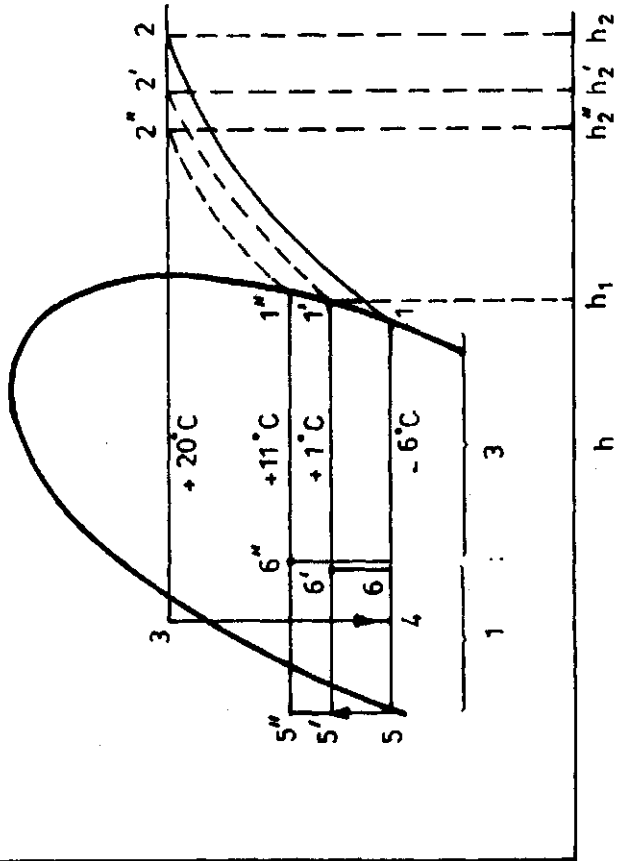
- 1 compressor
- 2 olie afscheider
- 3 terugslagklep
- 4 persleiding
- 5 condensor (lucht gekoeld)
- 6 vloeistofvat
- 7 vloeistofleiding
- 8 niveauregelaar
- 9 magneetklep door 8 gestuurd
- 9a magneetklep
- 10 afscheider
- 11 pomp
- 12 verdamer + lekbak + ventilatoren + ontdooispiraal
- 13 heetgasleiding (bij +15°C instelling niet in gebruik)
- 14 drukregelaars voor verdamers
- 15 zuigleiding
- 16 capaciteitsvernietiger (bij ontdooien werkzaam)
- 17 ontdooidrukregventiel
- 18 capaciteitsregeling / condensordrukregeling

l<sub>g</sub>p



zwaartekrachtstelsel

l<sub>g</sub>p



pompcirculatiesysteem

Kringloop in l<sub>g</sub>p-h diagram voor zwaartekracht / pompcirculatiesysteem

MT-TNO  
40013  
Fig. 8



OPTIMALE INSTELLING VAN ACTIEVE KOOLSCRUBBERS

Bij de werking van actieve koolscrubbers spelen zich twee processen af. Opeenvolgend bij een 1-vatssysteem; parallel en verwisselend bij een 2-vatssysteem.

- a. Het adsorptie- of scrubproces, waarbij  $\text{CO}_2$  uit de cellucht adsorbeert aan de actieve kool.
- b. Het regeneratie of spoelproces, waarbij m.b.v. omgevingslucht de actieve kool van  $\text{CO}_2$  gezuiverd wordt.

Omdat de  $\text{CO}_2$ -opnamecapaciteit van de actieve kool tijdens de adsorptieperiode snel afneemt is het zaak de adsorptieperiode niet te lang te kiezen.

Voor de regeneratieperiode geldt in principe hetzelfde.

De meeste  $\text{CO}_2$  wordt vrij gegeven gedurende de eerste tijd na de start van de regeneratieperiode.

Om te komen tot een optimale afstelling van de lengtes van de adsorptie- en regeneratieperiodes is een nauwkeurig  $\text{CO}_2$ -meetapparaat nodig en een stopwatch of horloge.

Verder moet er rekening mee worden gehouden, dat de  $\text{CO}_2$ -opname capaciteit van actieve kool geringer is naarmate het  $\text{CO}_2$ -gehalte in de aangevoerde lucht geringer is. Dit houdt in, dat de afstelprocedure moet plaatsvinden als de scrubber verbonden is met een cel waarin CA-bewaaratmosfeer heerst, dus in de bewaarperiode van het fruit en dat de procedure het beste kan worden uitgevoerd bij de koelcel met het laagste  $\text{CO}_2$ -gehalte.

Volgorde van handelingen voor afstellen tijdsduur processen

- Stel de klokken, die de duur van het adsorptie en regeneratieproces bepalen ruim in.
- Vooraf meten van de  $\text{CO}_2$ -concentratie in de cellucht m.b.v. het aansluitpunt voor gasmonsternamen op de koelcel.
- Vervolgens de  $\text{CO}_2$ -meter aansluiten op de uitgang van de scrubber, dus in de pijp die de  $\text{CO}_2$ -arme lucht naar de koelcel voert (opening maken in de pijp). Volg na de start van het adsorptieproces het verloop van de  $\text{CO}_2$ -concentratie tot het gemeten  $\text{CO}_2$ -gehalte opgelopen is tot de helft van het  $\text{CO}_2$ -gehalte van de cel. Noteer de tijdsduur en stel de klok, die de duur van het adsorptieproces bepaalt daarop in.

Toelichting:

In de eerste periode na de start van het adsorptie-proces blijft het gemeten  $\text{CO}_2$ -gehalte laag (ca. 0%). Daarna loopt het  $\text{CO}_2$ -gehalte geleidelijk op. De actieve kool raakt verzadigd met  $\text{CO}_2$ .

Voorbeeld: De  $\text{CO}_2$ -concentratie in de cellucht is 1,6%

Na 10 minuten wordt bij de scrubberuitgang een  $\text{CO}_2$ -concentratie gemeten van 0,8%. Stel de klok voor het adsorptieproces in op 10 minuten. Mocht onverhoopt de klok te kort ingesteld zijn geweest tijdens de meting, zodat de apparatuur omschakelde van adsorberen naar regenereren voordat het gevraagde  $\text{CO}_2$ -gehalte werd gehaald, dan moet de proef worden herhaald na een ruime regeneratieperiode.

- De bepaling van de regeneratietijd verloopt op dezelfde wijze met dien verstande, dat nu de tijd bepaald moet worden waarin het  $\text{CO}_2$ -gehalte van de spoellucht tot ca.  $1/6$  deel van het  $\text{CO}_2$ -gehalte van de cellucht is gedaald. In het voorbeeld dus tot  $1/6 \times 1,6\% \approx 0,25\%$ .

Deze meting moet dus plaatsvinden in de pijp, die de spoellucht van de scrubber afvoert naar de omgeving.

Het spreekt voor zich, dat na afloop van de metingen de meetopening gemaakt in de scrubberpijp van scrubber naar cel gasdicht moet worden afgewerkt.

- Na verandering van de adsorptie- en/of regeneratietijd moet de tijd klok, die de totale bedrijfstijd regelt navenant worden versteld.