

KOELEN VAN FRUIT EN GROENTE



MEDEDELING NR. 29

Sprenger Instituut, Haagsteeg 6, Wageningen

1 9 7 2

Het herdrukken van de inhoud van deze publikatie is niet toegestaan, noch geheel, noch gedeeltelijk, tenzij met schriftelijke toestemming van de Directeur van het Sprenger Instituut.

De uitgave is verkrijgbaar door overmaking van f 10,- op postrekening no. 875467 t.n.v. Sprenger Instituut, Haagsteeg 6, Wageningen. Bestelnr. Mededeling nr. 29.

Inhoud

Inleiding	6
Bouw en inrichting van een koelhuis	8
1. <i>Programma van eisen</i>	8
2. <i>Adviseurs</i>	8
3. <i>Bouwkundige opzet</i>	9
3.1 <i>Bouwterrein</i>	9
3.2 <i>Bodemgesteldheid en fundering</i>	10
3.3 <i>Plaatselijke voorschriften</i>	11
3.4 <i>Vormgeving en constructie</i>	12
4. <i>Grootte van het koelhuis</i>	14
4.1 <i>Aantal cellen en celgrootte</i>	17
4.2 <i>Bouwkosten en celgrootte</i>	19
4.3 <i>Celgrootte en beladingsrendement</i>	19
5. <i>Inkoeltijd</i>	22
6. <i>Capaciteit van de koelinstallatie</i>	24
6.1 <i>Voorbeeldberekening</i>	25
7. <i>Elektriciteitsvoorziening</i>	28
8. <i>Capaciteit en werkdrukken</i>	29
9. <i>Isolatie</i>	31
9.1 <i>Eigenschappen</i>	31
9.2 <i>Vloeren</i>	32
9.3 <i>Dampdichte laag</i>	34
10. <i>Deuren</i>	35
11. <i>Klimaatregeling</i>	36
11.1 <i>Temperatuur en vochtigheid</i>	37
11.2 <i>Luchtbeweging</i>	38
11.3 <i>Kunstmatige bevochtiging</i>	39
11.4 <i>Klimaat en verpakking</i>	40
12. <i>CA-bewaring</i>	41
12.1 <i>Gasdichtheid</i>	42
12.2 <i>Drukvariaties en beveiliging</i>	44
13. <i>Apparatuur voor gescrubde CA-bewaring</i>	44
13.1 <i>Scrubbers</i>	45
13.2 <i>Inert-gasgeneratoren</i>	48
13.3 <i>Stikstofinspuiting</i>	50
14. <i>Meet- en regelapparatuur</i>	51
14.1 <i>Temperatuur</i>	51
14.2 <i>Luchtvochtigheid</i>	53
14.3 <i>Luchtsamenstelling</i>	55
15. <i>Beveiliging en zekerheid</i>	56
15.1 <i>Bedrijfszekerheid</i>	58
16. <i>Fust en verpakking</i>	59
16.1 <i>Materialen</i>	59
16.2 <i>Volume gewichten</i>	60

17. <i>Stapelring</i>	61
17.1 Los gestort produkt	62
17.2 Klein fust	63
17.3 Stapelborden	63
17.4 Stapelkisten	64
17.5 Afmetingen en prijzen	65
18. <i>Intern transport</i>	66
18.1 Hulpmiddelen	67
18.2 Heftrucks	68
18.3 Aanschaffingsprijzen	71
Het produkt	72
19. <i>Kwaliteitsverlies en houdbaarheid</i>	72
19.1 Afleving	72
19.2 Verdamping	73
19.3 Ontwikkeling van micro-organismen	75
19.4 Kwaliteitsverloop en temperatuur	76
19.5 Ademhaling en warmteproduktie	81
20. <i>Het bewaarklimaat</i>	85
20.1 Aanbevolen bewaarcondities	85
20.2 Gemengde opslag	91
20.3 CA-condities	92
20.4 Buitenlandse produkten	93
De economie van het bewaren	97
21. <i>Ontwikkeling van de bewaarcapaciteit</i>	97
22. <i>Stichtingskosten</i>	98
23. <i>Exploitatie</i>	99
23.1 Kosten gebouw	101
23.2 Kosten machines	102
23.3 Kosten inventaris	103
23.4 Personeelskosten	103
23.5 Kosten stroomverbruik	104
23.6 Beheer en administratie	104
23.7 Koelhuisbezetting	105
23.8 Tariefberekening	106
23.9 Exploitatiekosten in de praktijk	108
Het internationale stelsel van eenheden	110
Index	115

Voorwoord

In de loop der jaren is door het Sprenger Instituut de nodige kennis verzameld over het koelen van fruit en groente. Het bleek echter dat deze informatie slechts een deel van de geïnteresseerde belanghebbenden bereikte. Met de uitgave van deze publikatie wordt getracht hierin verbetering te brengen. Zowel bouwers als exploitanten van koelhuizen kunnen hier tal van gegevens vinden, die voor de praktijk van het koelen onmisbaar zijn.

Deze publikatie is samengesteld uit bijdragen van een aantal medewerkers van het Instituut. Daarna is het concept door verschillende ter zake kundige relaties uit het bedrijfsleven en overheidsdiensten kritisch doorgenomen. Hun waardevolle opmerkingen zijn zoveel mogelijk in deze tekst verwerkt. Allen die hieraan meegewerkt hebben zijn wij dank verschuldigd.

Hierbij is ook overwogen om het systeem van nieuwe eenheden, zoals thans internationaal aanvaard is en nader als S.I. aangeduid, in deze publikatie toe te passen. Na ampele overwegingen hebben wij echter gemeend dit niet te moeten doen, omdat het grootste deel van onze lezerskring naar verwachting hiermede nog onvoldoende vertrouwd is. Volstaan werd daarom met het toevoegen van een omrekeningstabel.

Mede door de omvang van de stof, de verschillende toepassingsmogelijkheden van koeling en de economische facetten die een belangrijke rol kunnen spelen, is het moeilijk om in een publikatie zoals deze helemaal volledig te zijn. Deze uitgave pretendeert dat dan ook niet. Wij hopen en verwachten hiermee echter een bijdrage te hebben geleverd aan de verdere verbetering van de gekoelde opslag van tuinbouwprodukten.

Wageningen, september 1972

De Directeur
Ir. T. van Hiele

Inleiding

Wanneer men overweegt tot de bouw van een koelhuis voor groente en fruit over te gaan heeft men reeds min of meer vastgesteld dat hiermede een nuttige zaak gediend wordt. Een aspect dat direct hierna zich aandient vloeit voort uit de vraag: Hoe groot en wat zou het kosten?. Over de grootte, gerekend naar de totale bergingscapaciteit zal men het nog vrij spoedig eens kunnen worden, hoewel hierbij vele factoren kunnen meespelen. Moeilijker wordt het, indien men een antwoord moet geven op de vraag hoe hoog de kosten mogen liggen. Natuurlijk wordt daarbij ook direct gedacht aan de verhouding tussen opslagcapaciteit en investering. Veelal tracht men zich hiervan een beeld te vormen door de stichtingskosten te berekenen per nuttige m^3 koelruimte of per kg te bergen produkt, waarvoor vaak de appel als maatstaf wordt gebezigd. Het is begrijpelijk dat men daarbij streeft naar zo laag mogelijke kosten per m^3 of kg.

Het is zonder meer duidelijk dat men op de verkeerde weg is, als hierbij niet tevens andere elementen in het oordeel worden betrokken. Natuurlijk moet ook de vraag worden gesteld: Wat ontvangt men kwalitatief voor de beoogde investering?. Deze laatste vraag kan men beantwoorden door zich rekenschap te geven van de wijze waarop een koelhuis is uitgevoerd, welke faciliteiten er binnen het verkregene ter beschikking staan, voor welke doeleinden het allemaal kan worden gebruikt, of er voldoende veiligheid is ingebouwd en of het op een economische wijze kan worden geëxploiteerd. Hoewel koelhuizen in het algemeen een lange levensduur beschoren is, mag men de economische veroudering toch niet uit het oog verliezen. Belangrijk is ook een evenwichtige opzet tussen de investering voor gebouw, isolatie en machine-installatie enerzijds en de te gebruiken energie anderzijds.

Het is van het meeste belang hoe de te verkrijgen resultaten van het koelen beoordeeld zullen worden. In het bijzonder voor die produkten waar kwaliteitsvermindering op enigerlei wijze snel tot waardevermindering leidt moet het koelhuis-klimaat zo gunstig mogelijk worden gemaakt. In de tuinbouw blijft het produkt meestal het eigendom van de teler of zijn organisatie. Men heeft dan het grootste belang bij de aflevering van de grootst mogelijke hoeveelheid goede kwaliteit tegen de laagst mogelijke koelkosten. In de praktijk wordt vaak alleen gekeken naar de kostenkant en weinig naar de opbrengstzijde.

Het koelen van fruit en groente is een zaak waar het menselijke element van inzicht en toezicht niet gemist kan worden. Voor zover dit het toezicht betreft kan men dit nog voor een deel ondervangen door een juiste automatisering. Dit neemt echter niet weg dat de kwalitatieve eisen, te stellen aan het toezien personeel, veelal onderschat worden. Het is de bedoeling dat in de hierna volgende beschrijvingen aandacht wordt geschonken aan de verschillende aspecten die hierboven slechts ten dele werden aangestipt. Hierbij zal het niet mogelijk zijn tot een uitputtende behandeling te

komen, doch men moet deze bijdrage meer zien als een eerste
behandeling tot het nader analyseren van de factoren die een
rol moeten spelen bij de beslissing tot het stichten en ex-
ploiteren van een koelhuis voor fruit en groente.

Bouw en inrichting van een koelhuis

1. Programma van eisen

De stichting van een koelhuis vraagt de nodige voorbereidingen. Om tot een verantwoorde beslissing te komen is het noodzakelijk consequent alle factoren in beschouwing te nemen die voor de besluitvorming van belang kunnen zijn. Men legt zich namelijk voor lange tijd vast zowel met het te besteden kapitaal als met de gebruiksmogelijkheden van het project. Wijzigingen naderhand of zelfs tijdens de bouw zijn meestal moeilijk uitvoerbaar en gaan in de regel met onevenredig hoge kosten gepaard. Een goed overdacht plan kan veel narigheden bij de exploitatie voorkomen. De verschillende aspecten die daarbij naar voren komen zullen elk voor zich en alle tezamen een antwoord moeten geven op de vraag aan welke voorwaarden het koelhuis moet voldoen. Deze voorwaarden kunnen we als het programma van eisen zien.

Een programma van eisen zal afhankelijk zijn van het doel dat men met de te bouwen koelruimte verwezenlijken wil en van de zwaarte van de afzonderlijke eisen. Zo zal het verschil uitmaken of men de koelruimte gaat bouwen op het bedrijf van een teler, bij een handelaar, een veiling of een verwerkende industrie. De inkoelsnelheid, de te handhaven opslagcondities, de noodzaak tot gescheiden bewaring van verschillende produkten of produktvariëteiten, de mate van mechanisering en automatisering, het te gebruiken opslagfust zijn onder andere factoren die hun invloed op het uiteindelijke programma doen gelden. Het samenstellen van het eisenpakket, met zorgvuldige afweging wat wel en wat niet noodzakelijk dan wel wenselijk is, dient aan de bouw van elk koelhuis vooraf te gaan.

2. Adviseurs

Het bouwen en inrichten van koelruimte vraagt grote investeringen, zodat er alle reden is zich goed te overtuigen of de plannen die men zich had voorgenomen juist zijn. Allereerst moet men het eens zijn over het feit of men tot het bouwen van koelruimte zal overgaan. Dit is een zaak van beleid en dient beslist te worden op basis van organisatorische en financiële overwegingen. Een teler zal zelf beslissen, eventueel geadviseerd door zijn bankrelatie. Ook de tuinbouwconsulent in het betreffende gebied zal bereid zijn hem te adviseren.

Gaat men inderdaad tot bouwen over dan rijst de vraag hoe men dit zal doen. In het bijzonder de technische uitvoering komt nu ter sprake. De 'doe het zelf' uitvoering moet voor deze soort investering ten eerste worden afgeraden. De materie is daarvoor té gecompliceerd en zelfs met de hulp van deskundigen is het moeilijk alle fouten te voorkomen.

Voor het bouwkundige gedeelte is het algemeen gebruike-

lijk een architect in te schakelen, hetgeen ook is aan te bevelen. Deze maakt van het bouwwerk een tekening met bestek. Voor het koeltechnische gedeelte kan men een koeltechnisch adviseur aanstellen die de architect zal moeten voorzien van de nodige gegevens voor de koeltechnische inrichting. Aangezien er een nauw verband bestaat tussen het bouwkundige deel van het werk en de koeltechnische inrichting is een vroegtijdig aangegane, nauwe samenwerking tussen beide noodzakelijk. Hierdoor kan onnodig werk worden voorkomen en kunnen kosten worden bespaard. Ook het omgekeerde, dat de koeltechnische adviseur wordt bijgestaan door een architect, is zeer wel uitvoerbaar. De verantwoordelijkheid namens de opdrachtgever dient echter duidelijk te zijn vastgelegd bij de architect of de koeltechnische adviseur.

In de koeltechniek kent men ook zeer goede installatiebureaus die in staat zijn de uitvoering van een project in zijn geheel te verzorgen. In dat geval is het gebruikelijk dat de architect optreedt namens de opdrachtgever als hoofverantwoordelijke. De uitvoering van koeltechnische projecten vraagt een zeer gespecialiseerde kennis en dit is niet afhankelijk van de grootte van een project. Nieuwe ontwikkelingen op het gebied van isolatie, bouwkundige constructies, opstelling van koelers, luchtcirculatie, transport, automatisering, beveiliging, gasdicht maken, instrumentatie enz. maken het onverantwoord zonder meer op eigen kompas te varen. In voorkomende gevallen is het Sprenger Instituut bereid over specialistische onderdelen in detail te adviseren. Ook kan men projecten voorleggen om een oordeel te krijgen over de opzet als geheel.

Het is de taak van aangetrokken adviseurs, namens de opdrachtgever contacten te leggen met gemeentelijke diensten, elektriciteitsmaatschappij, waterschap, enz. Zodra eenmaal is vastgelegd welke adviseur met de verantwoordelijkheid voor de uitvoering is belast, dient de opdrachtgever zich te onthouden van regelrechte contacten met uitvoerders. Voor een goede gang van zaken dient echter een regelmatig contact te worden onderhouden tussen de opdrachtgever (of een daarvoor aangewezen bouwcommissie) en de adviseur die met de verantwoording voor de uitvoering is belast.

3. Bouwkundige opzet

Bij het ontwerpen van de bouwplannen komen een aantal aspecten aan de orde die de uitvoering bepalen en die in meerdere of mindere mate de stichtingskosten beïnvloeden, nl.:

- bouwterrein naar situering en vorm;
- bodemgesteldheid en fundering;
- voorzieningen in verband met plaatselijke voorschriften;
- vormgeving en constructie van het gebouw.

3.1 Bouwterrein

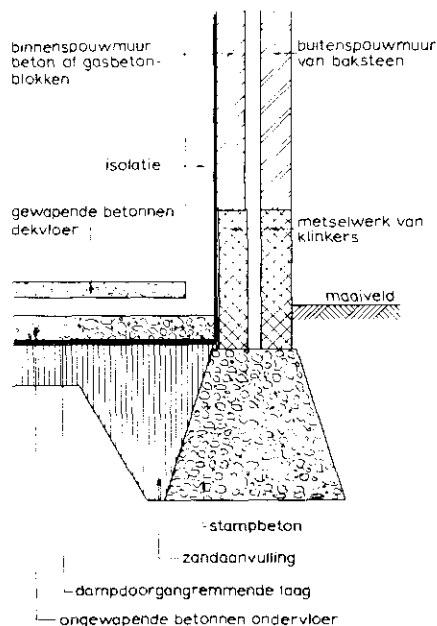
Wanneer men nog vrij is in de keuze van het bouwterrein

dan zal men dit zodanig kiezen dat in de eerste plaats de aan- en afvoer van het te koelen produkt zo goed mogelijk kan worden gerealiseerd. Voorts speelt de ligging van het perceel ten opzichte van de andere bedrijfsgebouwen of eventuele woningen een rol. Ook dient rekening gehouden te worden met aansluitingen voor elektriciteit, gas, water, rio-
lering en waterlozing.

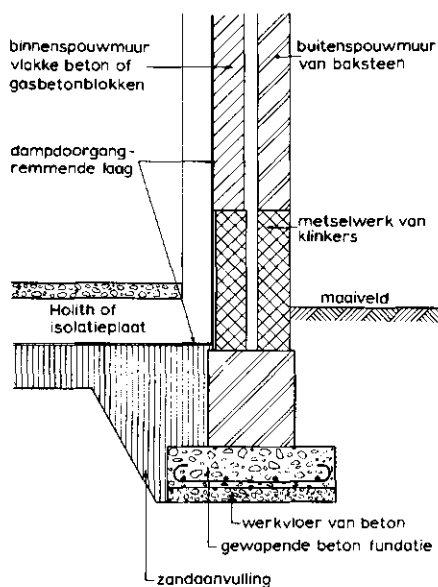
3.2 Bodemgesteldheid en fundering

De bodemgesteldheid, vooral in de diepere lagen, is zowel voor de aanleg van wegen als bij de bepaling van de funderingsmethode van doorslaggevende betekenis. Beschikt men over een perceel met een vaste grondslag op geringe diepte dan kan men zeer eenvoudig, zoals dit met een zekere vakterm heet, 'op staal' funderen. De enige eis hierbij is dat de onderkant van de fundamenteen vorstvrij aangelegd moet zijn. Dit is op 0,80 m onder het maaiveld. De funderingsstrook kan dan bestaan uit stampbeton of gemetselde kalkzandstenen.

Liggen de vaste lagen bijv. op 3 à 4 m onder het maaiveld dan bestaat de mogelijkheid, mits de grond een goede samenhang heeft, een zgn. poerenfunderatie toe te passen. Hierover worden de nodige gewapende betonbalken aangebracht voor het dragen van het opgaande muurwerk en de begane grondvloeren. Ook kan men hiervoor betonringen ingraven en deze volstorten met een magere betonspecie. Wanneer de vaste bodem zich op bijv. 10 à 12 m diepte bevindt, kan men een hou-



1. Stampbetonnen fundering.



2. Gewapend betonnen fundering.

ten paalfundering met betonopzetters toepassen. Bij een grotere diepte zal men moeten overgaan tot gewapende betonpalen. Bij de toepassing van een fundering op staal is het meestal mogelijk de begane grondvloeren op een zandbed te storten. Dit is bij elke andere bodemgesteldheid praktisch niet mogelijk en men zal genoodzaakt zijn deze vloeren ook te onderheien. Om enig inzicht te krijgen in de kostenverhoudingen van verschillende funderingstypen volgen hier enkele globale cijfers per strekkende meter:

op staal	circa f 60,-
op poeren	" " 175,-
op houten palen	" " 200,-
op betonpalen tot ca. 20 m diepte	" " 290,-.

Hierin komen de grote verschillen wel tot uiting.

Dit laatste is ook het geval bij de vloeren. Een vloer met een isolatielaag op een zandbed kost ca. f 40,- per m² en een onderheide vloer met balken en isolatie ca. f 90,- per m².

3.3 Plaatselijke voorschriften

Bij het opstellen van bouwplannen heeft men rekening te houden met de voorschriften die te dien aanzien van overheidswege gesteld zijn. Deze kunnen onder andere voortvloeien uit de gemeentelijke bouwverordening, de hinderwet en uit de eisen die bijv. door de arbeidsinspectie worden gesteld. Deze voorschriften kunnen betrekking hebben op:

- vormgeving in verband met welstandseisen;
- uitsluiting van bepaalde bouwmaterialen;
- de rooilijn en de afstand tot belendende gebouwen;

- het slaan van bronnen en de lozing van afvalwater;
- terreinafscheiding en beplanting;
- veiligheidseisen in verband met gebruik van elektriciteit, gassen, chemicaliën, drukvaten;
- inrichting van schaftruimte en toiletten.

Per gemeente kunnen de voorschriften verschillen en het best kan men zich tot de betreffende afdeling op het gemeentehuis richten voor het verkrijgen van de nodige informatie.

Ook de elektriciteitsmaatschappijen stellen bepaalde eisen met betrekking tot de stroomleverantie. Soms moeten er over enige afstand kabels worden gelegd of dient een transformatorhuisje te worden geplaatst. Men zal voorts rekening moeten houden met de toepassing van speciale tarieven, het maximaal ineens in te schakelen motorvermogen, etc. Vroegtijdig overleg hierover met de betreffende elektriciteitsmaatschappij is gewenst.

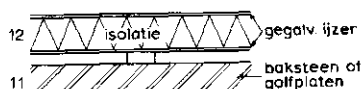
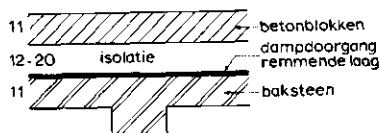
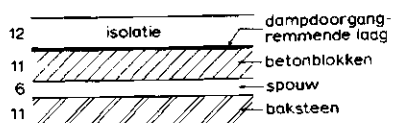
3.4 Vormgeving en constructie

Bij het bouwen van een koelhuis moet men de doelmatigheid vooropstellen, zo mogelijk gecombineerd met een verantwoorde esthetische uitvoering. Deze eisen in goede harmonie te brengen met het toepassen van een niet kostbare uitvoering is niet een ieder gegeven. Daarom zal men bij de keuze van een architect moeten nagaan of hij bij de door hem gemaakte bouwwerken van deze kwaliteiten blijk heeft gegeven.

De constructie van het gebouw, de keuze van de bouwmaterialen en de te volgen bouwwijze zijn van grote invloed op de kosten. Het maakt een groot verschil of de traditionele bouwwijze wordt toegepast met zware, zelfdragende muren of dat men ertoe overgaat een skeletbouw toe te passen met aan de buitenkant een lichte bekleding, die alleen de functie van een beschermende huid heeft. Meestal zal de winst voor de laatste bouwwijze liggen bij een korte bouwtijd op de bouwplaats waardoor men veel minder risico loopt van onwerkbaar weer. Mede bepalend voor de kosten is de keuze van de isolatiematerialen en de mogelijkheid van het aanbrengen. Hierin zijn de laatste jaren wijzigingen gekomen die een staalskeletbouw rechtvaardigen. Bij de hoofdconstructie van het gebouw kan de keuze van de spanten ook een belangrijke besparing geven. Door diverse staalconstructiewerkplaatsen in Nederland worden standaardspanten gemaakt en in voorraad gehouden. Wanneer men deze spanten zonder wijzigingen kan toepassen, dus als men de hoofdmaten van zijn gebouw hierbij aanpast, dan zal dit een kostenbesparend effect hebben.

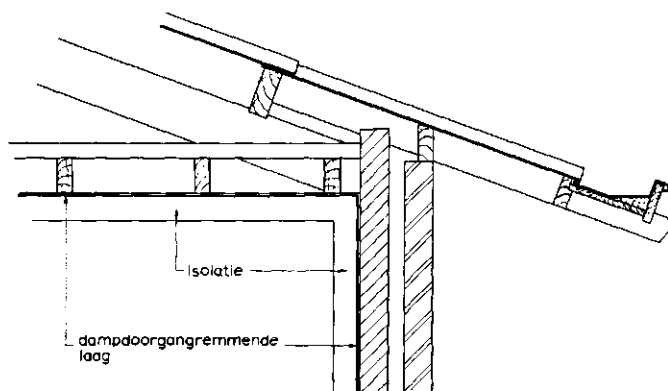
De bouw van een koelhuis in meerdere verdiepingen kan als regel niet worden aanbevolen. Wel wint men aan bouwkosten in fundament en dak, maar de overige voorzieningen (vooral de tussenvloeren) brengen dermate hoge kosten met zich mede dat het voordeel veelal in een nadeel verandert. Hier komt nog bij dat men extra voorzieningen moet treffen in de vorm van liften. De kosten van het laden en lossen worden hoger naarmate deze handelingen meer tijd vragen. Dit is zeker bij verdiepingbouw het geval.

Ook is het noodzakelijk, vooral bij toepassing van hef-



3. Enige wandconstructies voor koelhuizen.

trucks, de vloerafwerkingen zodanig uit te voeren dat hierover zonder stoten of schudden kan worden gereden. Dit laatste is alleen mogelijk wanneer de vloer volkomen vlak is en de overgang van de ene ruimte naar de andere zonder het passeren van dorpels kan plaatsvinden. De moderne deurconstructies hebben dorpels of andere afsluitonderdelen onnodig gemaakt.



4. Gootconstructie met dakoverstek.

Om de vloeren een lange levensduur te geven moeten deze allereerst de nodige sterkte hebben om het transport en de stapeling van de produkten te kunnen opvangen. De berekening van deze constructies zal zeker aan een deskundige moeten

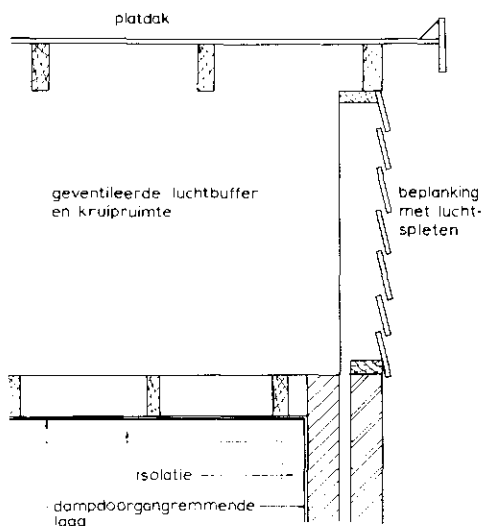
worden toevertrouwd. Voorts dienen de vloeren een grote slijt-
vastheid te hebben om de grote plaatselijke belasting van
draaiende heftruckwielen langdurig te kunnen weerstaan. De
vloeren moeten blijvend stroef zijn en in CA-cellen ook gas-
dicht. Ze moeten daarbij gemakkelijk te reinigen zijn.

De hoogte en de breedte van de doorrij-openingen behoren
zodanig te zijn dat hierdoor een vlot verkeer van trucks mo-
gelijk is. Aanbevolen afmetingen hiervan zijn 2,5 m breed en
3 à 3,5 m hoog. Deze vrij grote openingen zijn alleen effec-
tief af te sluiten met schuifdeuren, mits deze van de juiste
constructie zijn en van een doelmatig schuifmechanisme voor-
zien. Het openen en sluiten kan op afstand worden geregeld.
In gevallen waar vrachtauto's moeten kunnen passeren dienen
de afmetingen ten minste 3,5x4,2 m te zijn.

Een ander onderdeel dat bij een koelhuis van groot be-
lang is, is de vormgeving van de kapconstructie en de daar-
in beschikbare ruimte boven de plafonds van de cellen. Deze
ruimte, die nodig is voor een permanente ventilatie, kan
mede dienstbaar gemaakt worden:

- als montage- en controleruimte van leidingen,
- als toegangsruimte naar controleluiken en kleppen boven
de cellen.

Het spreekt vanzelf, dat kapconstructies met schuine dak-
vlakken bedoelde ruimte in zich hebben. Bij het toepassen
van platte daken zal men tussen de plafondisolatie en de
dakhuif een geventileerde luchtruimte moeten creëren van
ca. 1 m hoog om aan de genoemde eisen te voldoen.



5. Platdakconstructie.

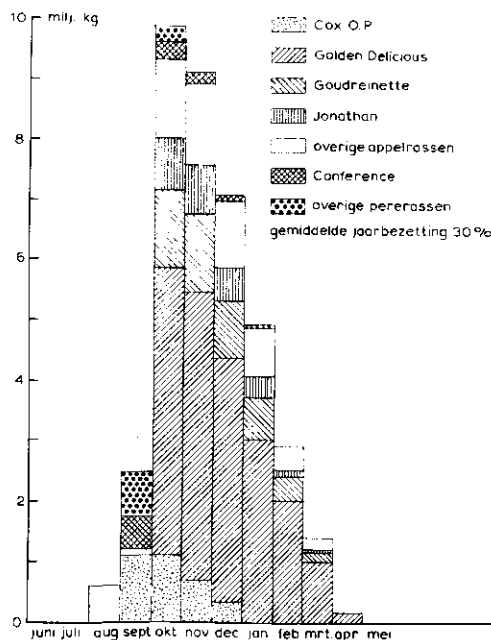
4. Grootte van het koelhuis

Bij de bepaling van de grootte van het te bouwen object
spelen zowel technische als economische factoren een rol. De

grootte zal in eerste instantie overeen moeten komen met hetgeen bouwtechnisch en koeltechnisch mogelijk is. Dit is vooral voor de grotere objecten van belang en men zal in dat geval moeten varen op het kompas van de bouwkundige en de koeltechnische adviseur.

Bepaalde technische voorzieningen in het koelhuis kunnen beneden een zekere bedrijfsgrootte niet op economisch verantwoorde wijze worden aangewend (bijv. mechanisatie van het interne transport, centrale meet- en regelapparatuur voor temperatuur en luchtsamenstelling). Voor de maximale grootte zijn bepalend de organisatie van het geheel en de vestigingsplaats in verband met de aan- en afvoer van het produkt. In de fruitteelt kan men de benodigde opslagcapaciteit vrij nauwkeurig berekenen op grond van het aanwezige rassensortiment, de houdbaarheid en noodzakelijk geachte spreiding bij de afzet. De hoeveelheden produkt die men wenst op te slaan moeten niet alleen bekend zijn naar de situatie bij het begin, maar zover mogelijk ook gebaseerd op een verwachting over vijf tot tien jaren. Hierbij dient te worden bedacht dat de behoefte aan koelhuisruimte het grootst is bij een maximale produktie, eventueel samenvallend met een flauwe markt.

6. Bezetting van een koelhuis voor 700 ha fruitaanplant (grafiek overeenkomstig tabel 1)



Opslag van minderwaardige kwaliteiten heeft in het algemeen genomen geen zin. Met betrekking tot de te verwachten hoeveelheid bewaarfruit van goede kwaliteit dient men erop te rekenen dat hiervan globaal 75% opgeslagen moet kunnen worden. Het speciaal bouwen van koelruimte voor kort houdbare produkten is alleen rendabel als de aanvoerperiode langdurig genoeg is. In sommige gevallen zal echter een combina-

Tabel 1. Te verwachten produktie en hierop geplande afzet voor 700 ha fruitaanplant.

ha	ton prod. (gem)	afzet per maand											tot.
		juli	aug.	sept.	okt.	nov.	dec.	jan.	feb.	mrt.	apr.	mei	
James Grieve	75	1900	400	750	600	150							
Yell. Transp.													
Stark's Earl.													
Golden Del.	200	6000			500 ¹	750 ¹	750	900	900	900	900	400	4750
Cox's O.P.	110	2200		450 ¹	750 ¹	450	300	250					1000
Goudreinette	75	1900			400 ¹	400 ¹	300	250	200	200	150		1100
Jonathan													
Lombartschalv.	90	2200			350 ¹	400 ¹	400	300	300	300	150		1450
Laxton's Sup.													
Winston													
Clapp's Fav.	550	14200	400	750	1050	2150	1750	1700	1400	1400	1200	400	8300
Précocé de Trévoux	25	600		400	200								
Triomph de V.													
Conference	45	1100		400 ¹	300	150	100	100	50				700
Doyenné du C.	30	500		50 ¹	250	150	50						450
Légipont	15	300		150 ¹	100	50							150
Beurré Hardy	15	300		250 ¹	50								50
Bonne L. d'Avr.	15	400		250 ¹	150								150
Beurré A.L.	5	100			50	50							100
Totaal appelen	150	3300		400	1300	900	400	150	100	50			1600
+ peren	700	17500											1280 ²
													8580

¹ Voor deze rassen, resp. hoeveelheden, behoeft geen koelhuisruimte berekend te worden. Er is of ruimte beschikbaar, die later voor de lang houdbare rassen wordt gebruikt, of men kan rationeler gebruik maken van geventileerde loodsen en bergruimten gevolgd door spoedige afzet.

² peren omgerekend op appelen (ruimte 25 kg peren = 20 kg appelen).

van lang en kort houdbare produkten mogelijk zijn. Een benadering van de benodigde opslagcapaciteit voor hard fruit geeft het rekenvoorbeeld in tabel 1. Op basis van deze gegevens werd de koelhuisbezetting berekend. De gemiddelde jaarbezetting blijkt slechts 30% te bedragen. Dit wijst erop dat de bezettingsgraad van koelhuisen die uitsluitend hard fruit bewaren gewoonlijk laag zal zijn.

4.1 Aantal cellen en celgrootte

Bij het bepalen van de totale grootte van het koelhuis is de grootste hoeveelheid produkt die tegelijkertijd moet kunnen worden opgeslagen van doorslaggevende betekenis (gelijktijdige capaciteit). Is deze grootte eenmaal vastgesteld dan rijst de vraag hoeveel cellen in het koelhuis dienen te worden geprojecteerd. Bij het bepalen van het aantal cellen en de grootte daarvan speelt ook de zgn. volgtijdige capaciteit een rol, te weten de capaciteit die nodig is om verschillende produkten achtereenvolgens te kunnen bewaren over een bepaalde periode van bijv. een jaar. Er gaan dan een aantal variabele factoren meespelen die betrekking hebben op specifieke omstandigheden. Wij noemen hiervan per soort produkt:

- a hoeveelheid, in totaal en per partij;
- b aard van de bewaring;
- c tijdstip van inbreng;
- d bewaarduur;
- e snelheid van inbreng en uitslag.

Cellen waarin allerlei produkten voor een tijdsduur van slechts enkele dagen moeten worden opgeslagen zullen in eerste instantie gebouwd moeten worden op een manier dat de in- en uitslag gemakkelijk is uit te voeren. In de praktijk betekent dit dat niet hoog gestapeld moet worden en het vloeroppervlak voldoende groot is om met hefapparatuur te werken. Dit soort cellen is dermate afhankelijk van het specifieke doel waarvoor men ze wil gebruiken dat het weinig zin heeft te trachten hiervoor verdere algemene richtlijnen uit te werken.

Anders ligt dit voor koelcellen bestemd voor langdurige opslag. Voor hard fruit hebben we te maken met verschillende rassen, die veelal ook verschillende bewaaromstandigheden eisen. Men streeft ernaar deze omstandigheden te perfectioneren teneinde de bewaarverliezen tot een minimum te beperken en een produkt van hoogwaardige kwaliteit te kunnen aanbieden. Dit zal leiden tot een groter aantal cellen waarin men voor elk produkt (soort, ras) afzonderlijk het meest gunstige bewaar klimaat kan handhaven. Deze ontwikkeling is tegengesteld aan het streven naar verlaging van de bouwkosten van fruitkoelhuisen. Een mogelijkheid voor het vinden van lagere bouwkosten zoekt men nl. veelal juist in vergroting van de cellen. Het is duidelijk dat op die manier alleen optimale verhoudingen kunnen ontstaan indien schaalvergroting kan worden gerealiseerd. Concentratie van opslagcapaciteit is daarom voor de fruitteelt dringend gewenst, om meerdere redenen zelfs. Opslag, sortering en verpakking op

een centrale plaats opent tevens betere perspectieven voor een meer planmatige afzet.

Een bepaalde minimumgrootte van de cellen is nodig om met mechanisch transportmateriaal (heftrucks) te kunnen werken. Cellen met een capaciteit van 100 ton geven daartoe voldoende mogelijkheden. Als bovengrens van de celgrootte zouden we 1000 ton kunnen stellen omdat dit de grootste ruimte is waarmee praktijkervaring is opgedaan bij de opslag van hard fruit.

Naarmate de cellen groter worden, wordt de bereikbaarheid van de individuele partijen moeilijker. Dit vraagt voorzieningen welke kostenverhogend zijn. Zo is een cel van 1000 ton onvoorstelbaar zonder gang. Dit geeft een verlies aan stapelruimte van 10 tot 20% waarbij de hoogte van de cel mede bepalend is voor het verlies. Dit verlies werkt door in de uiteindelijke koelkosten met 2 à 3 cent per kg. Een besparing van 20% op de bouw geeft 1 à 1½ cent per kg produkt lagere koelkosten. De invloed van een gangruimte wordt groter naarmate de cel kleiner wordt. Gezien de kosten komt het erop neer, dat het wenselijk is cellen zonder gang te hebben. Dit beperkt de maximale grootte. Zeer grote cellen maken het noodzakelijk — wil men niet een net van wegen erdoor maken — dat belangrijk meer tijd besteed wordt aan verzetten en hergroeperen. Daarbij is te overwegen, dat één extra heftruck + chauffeur wat de kosten betreft te vergelijken is met een extra investering van globaal f 200 000,-.

Het afvoerschema bepaalt de tijdsduur waarover gedeeltelijk gevulde cellen gekoeld moeten worden. Ook hier komt het kwaliteitsaspect in het geding. Daarbij kan overwogen worden, dat een extra verlies van 2% een besparing aan investering van 20% kan compenseren.

Van belang zijn verder nog de afmetingen van de cel, d.w.z. de verhouding lengte, breedte, hoogte. Wanneer eenmaal de kleinste cel bepaald is zal deze zijn invloed hebben op de hoogte van alle andere cellen. Wanneer de hoogte van de cellen toeneemt zal de vrije ruimte boven de stapels groter zijn om goed te kunnen manoeuvreren. Hierdoor is de hoeveelheid fruit per m³ ruimte vrij constant bij verschillende hoogten. Wanneer de hoogte vast ligt zullen lengte en breedte aangepast moeten worden aan een stapelpatroon dat de beschikbare ruimte zo goed mogelijk benut (zie de voorbeeldberekeningen).

In tabel 1 is een afzetplan voor 700 ha fruitaanplant opgesteld. Hieruit blijkt dat rond 10 miljoen kg opslagruimte nodig is voor het te bewaren produkt. Wanneer we dit afzetplan nader bestuderen, dan blijkt daaruit dat rond 300 à 400 ton per week afgezet moeten worden. Golden Delicious appels vormen hiervan de hoofdmoot, ongeveer 2/3 deel. Per 14 dagen kan dan rond 400 ton Golden Delicious worden verwerkt. Een langere periode waarover een CA-cel moet worden geruimd is niet wenselijk. Nu kan met technische hulpmiddelen het CA-klimaat wel weer worden hersteld, maar dit wordt toch bezwaarlijk voor een cel waarin dagelijks moet worden gewerkt.

4.2 Bouwkosten en celgrootte

Om een inzicht te verkrijgen hoe de bouwkostenverhoudingen liggen tussen een koelhuis met grote cellen bijv. met een bewaarcapaciteit van elk ca. 500 ton en een koelhuis met cellen van 100-150 ton volgt hieronder een opsomming van de kostenverhouding van een celeenheid van 500 ton en deze zelfde ruimte onderverdeeld in vier cellen van elk 125 ton.

Vooraf dient te worden vastgesteld:

- a celafmetingen voor ca. 500 ton zijn 32x14x5,6 m;
idem bij vier cellen van ca. 125 ton 33x15x5,6 m;
- b het koelhuis is op staal gefundeerd;
- c in de cel is één deur;
- d voor de cel is één machineinstallatie;
- e totale bouwkosten van de cel zijn ca. f 300 000,-.

Hieronder volgt een raming van de meerkosten door onderverdeling in vier cellen.

a voor elke cel één deur, meer drie deuren	f 8000,-
b tussenwanden met isolatie	" 8000,-
c fundering tussenwanden	" 3000,-
d afwerking van de tussenwanden	" 3500,-
e oppervlakte-vergroting door ruimteverlies door wanden	" 3000,-
f verdere voorzieningen bijv. afvoeren, leidingen etc.	" 1500,-
g meerprijs machines en apparaten	" 11000,-
Totaal	f 38000,-

Uit deze raming kan worden opgemaakt dat de onderverdeling in kleine cellen bij genoemd voorbeeld aanleiding kan geven tot een verhoging van de investeringen van 7,6 cent per kilogram te bewaren produkt.

4.3 Celgrootte en beladingsrendement

In de hieronder volgende berekeningen van het beladingsrendement werd uitgegaan van een koelhuis voor de opslag van appels.

De berekeningen werden gebaseerd op bewaring in:

- I stapelkisten, met buitenwerkse afmetingen van 100x120x75 cm (binnenwerks hoogte 60 cm) en een inhoud van 300 kg;
- IIa kleine kisten, met buitenwerkse afmetingen van 60x40x26 cm en een inhoud van 20 kg, geplaatst op stapelborden van 100x120x15 cm;
- b kleine kisten als onder a genoemd, niet op stapelborden geplaatst.

Bij de stapelkisten en de stapelborden werd rekening gehouden met een vrije ruimte van 5 cm tussen de stapelkisten resp. stapelborden in de rij en 10 cm tussen de rijen. Tussen de kisten en de wanden van de cel werd een vrije ruimte van 20 cm aangehouden. Boven de kisten werd gerekend op een vrije ruimte van 10% van de hoogte van de stapel. Afhankelijk van de afmetingen en het type verdamper is er bij het plafond

soms meer ruimte nodig dan 10% van de stapelhoogte. Op het grondvlak van een stapelbord van 100x120 cm kunnen vijf kisten (60x40x26 cm) worden geplaatst. Teneinde de stapelborden zonder veel inspanning met de hand te kunnen beladen is het gewenst een stapelhoogte van zes kisten aan te houden. De hoogte van een beladen stapelbord bedraagt dan 6x26 cm + 15 cm van het stapelbord = 171 cm.

Bij de stapeling van de niet op stapelborden geplaatste kleine kisten werd rekening gehouden met een vrije ruimte van 1 cm tussen de kisten in de rij en 8 cm tussen de rijen. Tussen de kisten en de wanden van de cel werd een vrije ruimte van 10 cm aangehouden. Boven de kisten werd gerekend op een vrije ruimte van 10% van de hoogte van de stapel. In de calculaties werd geen rekening gehouden met paden in de cel, evenmin als met de door de koeler(s) in beslag genomen ruimte en verlies boven deuren. In geval er verticale op de vloer geplaatste koelers zijn, dient rekening te worden gehouden met een zodanige opstelling, dat hieruit een symmetrische verdeling voor de luchtcirculatie kan volgen.

Stapelkisten 100x120x75 cm à 300 kg appels

Tabel 2. Basisgegevens voor stapeling met stapelkisten.

stapel- pel- hoog- te in kisten	stapelhoog- te in me- ters		netto- gew. per stapel in kg	benodigde ruimte per stapel in m ³		aantal stapels bij celgrootte van .. ton			
	net- to	bruto ¹⁾		net- to	bruto ²⁾	100	250	500	1000
5	3,75	4,13	1500	4,50	5,63	67	167	333	667
6	4,50	4,95	1800	5,40	6,76	56	139	278	556
7	5,25	5,78	2100	6,30	7,88	48	120	239	477
8	6,00	6,60	2400	7,20	9,00	42	105	209	417
9	6,75	7,43	2700	8,10	10,14	37	93	186	371
10	7,50	8,25	3000	9,00	11,26	33	84	167	334

¹⁾ incl. 10% ruimte boven de kisten.

²⁾ incl. 5 cm ruimte tussen de kisten in de rij en 10 cm tussen de rijen, en 10% ruimte boven de stapels.

Tabel 3. Celgrootte en beladingsrendement in kg per m³ bij gebruik van stapelkisten.

cel- groot- te in tonnen	sta- pel- hoog- te in kis- ten	sta- pel- sche- ma	netto afme- tingen van de cel in m	inhoud in m ³	max. bela- ding in t.	kg per m ³
100	5	8x8	8,75x10,70	386,7	96,0	248
	6	7x8	7,70x10,70	407,8	100,8	247
	7	6x8	6,65x10,70	411,3	100,8	245

Vervolg tabel 3.

	8	6x7	6,65x 9,40	412,6	100,8	244
	9	6x6	6,65x 8,10	400,2	97,2	243
	10	5x7	5,60x 9,40	434,3	105,0	242
250	5	12x14	12,95x18,50	989,4	252,0	255
	6	10x14	10,85x18,50	993,6	252,0	254
	7	10x12	10,85x15,90	997,1	252,0	253
	8	8x13	8,75x17,20	993,3	249,6	251
	9	7x13	7,70x17,20	984,0	245,7	250
	10	7x12	7,70x15,90	1010,0	252,0	250
500	5	16x21	17,15x27,60	1954,9	504,0	258
	6	14x20	15,05x26,30	1959,3	504,0	257
	7	14x17	15,05x22,40	1948,6	499,8	256
	8	14x15	15,05x19,80	1966,7	504,0	256
	9	11x17	11,90x22,40	1980,5	504,9	255
	10	12x14	12,95x18,50	1976,5	504,0	255
1000	5	23x29	24,50x38,00	3845,0	1000,5	260
	6	23x24	24,50x31,50	3820,2	993,6	260
	7	20x24	21,35x31,50	3887,2	1008,0	259
	8	19x22	20,30x28,90	3872,0	1003,2	259
	9	17x22	18,20x28,90	3908,0	1009,8	258
	10	18x18	19,25x23,70	3703,9	972,0	258

11. Kleine kisten (60x40x26 cm) à 20 kg appels

Tabel 4. Basisgegevens voor stapeling met kleine kisten.

sta- pel- hoog- te in kisten	stapelhoog- te in me- ters		netto- gew. per stapel in kg	benodigde ruimte per stapel in m ³		aantal stapels bij ton			
	net- to	bruto ¹⁾		net- to	bruto ²⁾	100	250	500	1000
op stapelborden									
3x6	5,13	5,64	1800	6,16	7,70	56	139	278	556
4x6	6,84	7,52	2400	8,21	10,27	42	105	209	417
niet op stapelborden									
14	3,64	4,00	280	0,87	1,12	358	--	--	--
15	3,90	4,29	300	0,94	1,20	334	--	--	--

¹⁾ met 10% ruimte boven de kisten

²⁾ op stapelborden: incl. 5 cm ruimte tussen de stapelborden
in de rij en 10 cm tussen de rijen, en
10% ruimte boven de stapels;

niet op stapelborden: incl. 1 cm ruimte tussen de kisten
in de rij en 8 cm tussen de rijen,
en 10% ruimte boven de stapels.

Tabel 5. Celgrootte en beladingsrendement in kg per m³ bij gebruik van kleine kisten.

cel- groot- te in tonnen	sta- pel- hoog- te in kis- ten	sta- pel- sche- ma	netto afme- tingen van de cel in m	inhoud in m ³	max. bela- ding in t.	kg per m ³
op stapelborden						
100	3x6	7x8	7,70x10,70	464,7	100,8	216,9
	4x6	6x7	6,65x 9,40	470,1	100,8	214,4
250	3x6	10x14	10,85x18,50	1132,1	252,0	222,6
	4x6	8x13	8,75x17,20	1131,8	249,6	220,5
500	3x6	14x20	15,05x26,30	2232,4	504,0	225,8
	4x6	14x15	15,05x19,80	2240,9	504,0	224,9
1000	3x6	18x31	19,25x40,60	4407,9	1004,4	227,9
	4x6	13x32	14,00x41,90	4411,2	998,4	226,3
niet op stapelborden						
100	14	18x20	7,57x13,72	415,4	100,8	242,7
	15	18x18	7,57x12,36	401,4	97,2	242,2

Uit de berekeningen blijkt dat stapelkisten het hoogste beladingsrendement per m³ geven. Gesteld kan worden dat bij gebruik van stapelkisten in dezelfde ruimte ca. 12% meer opgeslagen kan worden dan bij toepassing van kleine kisten op stapelborden.

Bij de beoordeling van de cijfers dient men er rekening mee te houden dat het kg-rendement per m³ in de praktijk lager zal uitkomen als gevolg van het niet benutten van ruimten die door paden, koelers, deuropeningen e.d. in beslag worden genomen.

5. Inkoeltijd

Voor het berekenen van de koelcapaciteit moet men weten, welke eisen men stelt aan de snelheid van het inkoelen. Afhankelijk van de aard van het bedrijf zal men hier verschillend tegenover staan. Enkele voorbeelden kunnen dit verduidelijken.

Een fruitteler die zelf een koelhuis heeft zal nooit meer op één dag in zijn koelhuis kunnen plaatsen dan hij met zijn personeel kan oogsten. Mocht hij op de ene dag al eens een meevaller hebben met het geoogste kwantum, dan zal dit een volgende of daaropvolgende dag waarschijnlijk weer tegenvallen. Zijn totale oogstperiode voor de bewaarrassen strekt zich gewoonlijk uit over een tijdsverloop van zes weken. Per ras beperkt de aanvoer zich tot een kortere periode. Het is

noodzakelijk dat de inkoelperiode niet langer is dan hoogstens tien dagen. Per 24 uren moet hij dan minstens 1/10 van zijn bergingscapaciteit kunnen koelen van omgevingstemperatuur tot opslagtemperatuur.

Een veiling heeft ook te maken met een aanvoer die afhankelijk is van de oogstprestaties van zijn aanvoerders. De kans dat hierbij door samenloop van omstandigheden een zeer grote aanvoer verwerkt moet kunnen worden is groot. Een veilingkoelhuis heeft als gevolg van de omgang en indeling een groter aanpassingsvermogen. Appelen en peren zijn zwaar en brengen per eenheid van verpakking een grote hoeveelheid warmte binnen. De temperatuur waarmede ze worden binnengebracht is gewoonlijk gematigd en niet veel hoger dan 20°C. Zomerprodukten, in het bijzonder kasgroenten, kunnen bij zeer hoge temperaturen geoogst worden (tot 25°C). Hun gewicht per verpakkingseenheid ligt echter veelal lager dan bij appels, peren, kool en aardappelen. Voor de praktijk is gebleken dat een bruikbaar uitgangspunt ligt in een inkoeltijd, waarbij de totale bergingscapaciteit in tien dagen gevuld kan worden en afgekoeld van omgevingstemperatuur 20°C tot opslagtemperatuur. In die gevallen waarbij het oogsten en inbrengen van het produkt zeer snel verloopt, o.a. door het toepassen van mechanisatie en het gebruik van stapelkisten, zal met een kortere inkoeltijd tot bijv. zeven dagen moeten worden gerekend.

Een koelruimte voor de verwerkende industrie kan extreem hoge belastingen verwachten, gewoonlijk bepaald door de marktsituatie, de weersomstandigheden en het eigen produktieprogramma. De tijdsduur gedurende welke de industrie verse produkten in voorraad wenst te houden is gewoonlijk beperkt. Men kan daarom enige soepelheid toelaten op de uiteindelijke opslagtemperatuur. Het aantal uren waarbinnen men een kist met produkten kan afkoelen door middel van langsstromende lucht is aan technische grenzen gebonden. In een compacte stapeling is dit circa 24 uren. Onder bepaalde omstandigheden kan dit echter belangrijk sneller, bijv. bij aardbeien in pootjesbakken: tien uren. Het opvoeren van de afkoelcapaciteit per koelruimte tot 1/5 van de maximale opslagcapaciteit stelt hoge eisen aan de toerusting en de benutting. Een koelruimte bij een exporteur, grossier of importeur vraagt uitvoeringen die het midden houden tussen die bij een veiling en die voor een verwerkende industrie. Gewoonlijk moet men echter ook hier de belasting gelijk stellen met die voor de verwerkende industrie.

Zeer korte afkoeltijden kan men bereiken door toepassing van het vacuümkoelsysteem. In dat geval wordt het produkt in een zeer goed afsluitbare, luchtdichte ruimte gebracht, die meestal bestaat uit een cilindervormige ketel. Wanneer men deze ruimte onder vacuüm brengt gaat water dat op en in het produkt aanwezig is in snel tempo verdampen. De voor deze verdamping benodigde warmte wordt aan het produkt onttrokken dat daardoor snel afkoelt. Bij een druk van 4,6 mm kwikkolom verdampt water bij ca. 0°C. Men moet er bij de uitvoering op letten de druk niet verder te verlagen omdat dan gevaar van bevriezing van het produkt ontstaat. Het vacuümkoelen komt alleen in aanmerking voor die produkten die een re-

latief groot uitwendig oppervlak hebben ten opzichte van hun gewicht. Vooral bladgroenten voldoen aan deze voorwaarde. Sla kan op deze wijze in ca. 20 minuten afgekoeld worden tot ca. 1°C. Het in temperatuur verlaagde produkt moet daarna overgebracht worden naar een gewone gekoelde ruimte (koelcel) om te voorkomen dat opwarming plaatsvindt.

6. Capaciteit van de koelinstallatie

Voor het vaststellen van de capaciteit van een koelinstallatie moeten een aantal warmtebronnen in de berekening worden opgenomen. De belangrijkste zijn:

- veldwarmte of inbrengwarmte; dit is de warmte die aan de lading (produkt en verpakking) moet worden onttrokken om deze op de gewenste bewaar temperatuur te brengen;
- instralingswarmte; dit is de warmte die van buitenaf door de vloer, wanden en plafonds naar binnen komt; deze hangt af van het isolerend vermogen van de celvlakken en van het temperatuurverschil tussen binnen en buiten;
- ademhalingswarmte; dit is de warmte die vrij komt bij levende, ademende produkten (zie tabel 11 en 12);
- lucht lekkage en ventilatie.

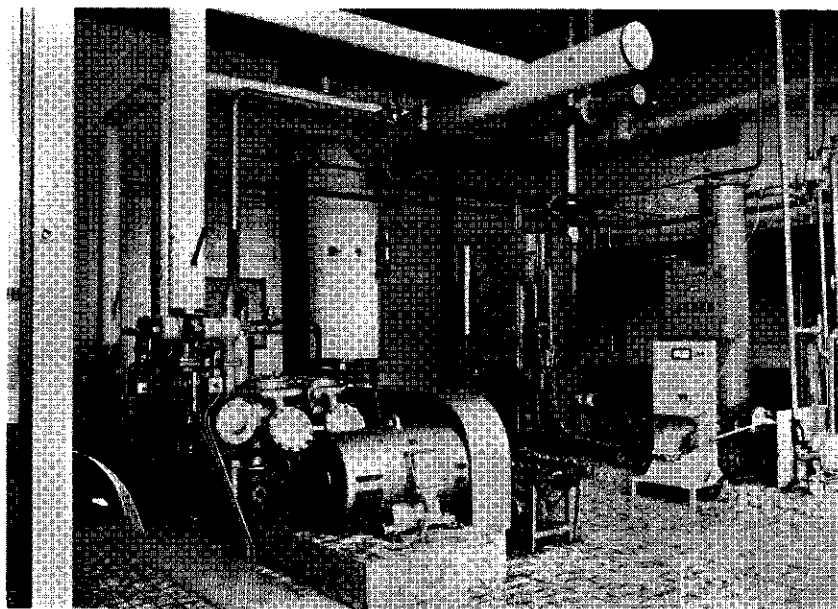
De overige warmtebronnen zijn: elektromotoren van de ventilatoren, verlichting, transportmiddelen, personen en condensatie van waterdamp op de koeler.

Nu zal een koelinstallatie nooit 24 uur per etmaal effectief kunnen werken. Immers, zodra de vereiste luchttemperatuur bereikt is, zal de thermostaat de installatie stoppen en eerst weer in werking stellen, wanneer door instraling, ademhalingswarmte, lucht lekkage en vooral door de geleidelijk vrijkomende warmte van de pas ingebrachte (warme) lading, de luchttemperatuur weer gestegen is. Bovendien moeten de koelers soms worden ontijsd. Deze ontdooitijd en de extra warmtebelasting moeten eveneens in rekening worden gebracht. Daardoor mag men bij het definitief bepalen van de koelcapaciteit op bijv. slechts 20 effectieve arbeidsuren per etmaal rekenen. Door het gebruik van het systeem van een aangepaste zuigdrukregeling kan het invriezen van de koeler worden tegengegaan.

Het vaststellen van de capaciteit moet gebaseerd zijn op de te verwachten maximale belasting, dit is tijdens de inslag als de buitenluchttemperaturen nog betrekkelijk hoog zijn. Uit de hiernavolgende voorbeeldberekening blijkt dat bij een inbrengtijd van tien dagen het afkoelen van de lading (verwijderen van de veldwarmte) ca. 60% van de benodigde koelcapaciteit vergt. Hieruit volgt dat vooral het tempo van beladen de keuze van de koelcapaciteit bepaalt. Als een zeer korte beladingsperiode, bijv. van vijf dagen, wordt verlangd moet de capaciteit met ca. 50% worden verhoogd. Neemt men genoegen met een beladingsperiode van 20 dagen dan kan de koelcapaciteit met 30% worden verminderd. Daar het volumege-
wicht van peren ca. $5/4$ x dat van appels bedraagt en de bewaar temperatuur 0°C i.p.v. 3°C is, volgt hieruit dat voor peren de koelcapaciteit groter moet zijn dan voor appels.

Bovendien is het voor peren nóg meer noodzakelijk dat zij na het oogsten snel op de juiste opslagtemperatuur worden gebracht.

Wij hebben de voorbeeldberekening gemaakt voor één koelcel met rondom 'warme' wanden. Voor een complex van een aantal cellen zullen er één of meer 'koude' wanden zijn waardoor de instraling geringer wordt.



7. Machinekamer. Links: compressoren, rechts: inert-gasgenerator.

Als richtlijn geven wij enkele globale normen voor opslagslagkoelcellen voor appels en peren, gebaseerd op tien dagen inkoeltijd.

	koelcapaciteit in kcal/ h m ³ bruto celinhoud
appel	30-35
peer	35-40

Bij het ontwerpen van een koelinstallatie blijft het noodzakelijk een warmtebalans op te stellen gebaseerd op de plaatselijke omstandigheden zoals soort produkt, het ras i.v.m. de oogsttijd, de te verwachten omvang en het tempo van de aanvoer.

6.1 Voorbeeldberekening

In de volgende opstellingen wordt een voorbeeld gegeven van een berekening van de benodigde koelcapaciteit voor een

cel van 250 ton appels.

Basisgegevens

Afmetingen van de cel 12,70x12,80x6,00 m.

Er is dan bij het gebruik van stapelkisten van 100x120x75 cm (uitwendige afmetingen) bij het plafond 75 cm vrije ruimte (7 kisten hoog).

Inhoud cel 975 m³, dit komt overeen met
840 stapelkisten à 300 kg appels = 250 ton.
(840 " à 375 kg peren = 315 ton).

Eigen gewicht stapelkist 60 kg.

Oppervlakte celvlakken:

wanden 2x(12,70+12,80)x6,00 = 306 m²

vloer en plafond 2x12,70x12,80 = 325 "

totaal 631 m².

K-waarde voor alle celvlakken 0,4 kcal/m² h °C.

Buitenluchttemperatuur 20°C.

Produkttemperatuur bij inbreng 18°C.

Opslagtemperatuur appel 3°C (peer 0°C).

Inbrengtijd in 10 dagen, dat is 25 ton appels per dag en 84 stapelkisten à 60 kg is 5040 kg hout per dag.

Soortelijke warmte (s.w.) fruit 0,92 kcal/kg °C.

S.w. hout 0,60 kcal/kg °C.

Luchtwisselingen: tijdens inslag 4x per dag, tijdens bewaring 1,8x per dag.

Warmtelast afkoeling lucht: afkoelen van 20° naar 3°C = 5,6 kcal/m³, (voor peren van 20° naar 0°C = 6,2 kcal/m³).

Andere warmtebronnen: ventilatoren 1,8 kW, verlichting 0,4 kW, elektrische heftruck 1,5 kW, arbeid per man 240 kcal/h.

Benodigde capaciteit tijdens de inslag

	kcal/24 h	totaal kcal/24 h
<u>Afkoelen lading</u> (veldwarmte)		
fruit: 25 000 (kg) x 0,92 (s.w.) x 15 (°C afkoeling)	345 000	
hout: 84 (kisten) x 60 (kg) x 0,60 (s.w.) x 15 (°C afkoeling)	+ 45 360	
		390 360

Instraling

Wij gaan ervan uit dat het temperatuurverschil voor alle celvlakken 20-3 = 17°C is

631 (m²) x 0,4 (K-waarde) x 17 (°C temp.verschil) x 24 (uren)

102 979

Ademhalingswarmte

Zie tabel 11 bij een gemiddelde temperatuur van 18°C op de dag van inbreng ca. 1400 kcal/ton 24 h

Dat is op de laatste dag van inslag 25 000 (kg appels) x 1400 (kcal/ton 24 h)

35 000

	kcal/24 h	totaal kcal/24 h
Voorraad produkt op de laatste dag van inslag 225 000 kg. De ademha- lingswarmte bij 3°C is ca. 300 kcal/ ton 24 h		
225 000 (kg appels) x 300 (kcal/ ton 24 h)	67 500	
	+ ———	102 500

Warmteverliezen door luchtwissel- lingen

975 (m ³) x 5,6 (kcal/m ³) x 4 (wis- selingen)		21 840
---	--	--------

Overige warmtebronnen

ventilatoren 1,8 (kW) x 860 (kcal) x 24 (uren)	37 152	
verlichting 0,4 (kW) x 860 (kcal) x 4 (uren)	1 376	
heftruck 1,5 (kW) x 860 (kcal) x 2 (uren)	2 580	
1 man 240 (kcal/h) x 2 (uren)	480	
	+ ———	41 588

Totale warmtebelasting op de laatste dag van inslag:

	kcal/24 h
veldwarmte	390 360
instraling	102 979
ademhalingswarmte	102 500
luchtwisselingen	21 840
overige warmtebronnen	41 588
	659 267

Als we aannemen dat de koelinstallatie 20 uren per dag
in bedrijf is, dan zal de capaciteit moeten bedragen
659 267 : 20 = 32 963 kcal/h.
Per m³ koelruimte is dat 32 963 : 975 = 34 kcal/h m³.
Dit is onder de vermelde omstandigheden de maximaal benodig-
de capaciteit. Gedurende de bewaarperiode kan met een aan-
zienlijk lagere koelcapaciteit worden volstaan.

Benodigde capaciteit tijdens de bewaarperiode

Omstandigheden: gemiddelde buitenluchttemperatuur 8°C, cel-
temperatuur 3°C.

	kcal/24 h	totaal kcal/24 h
<u>Instraling</u>		
631 (m ²) x 0,4 (K-waarde) x 5 (°C temperatuurverschil) x 24 (uren)		30 288

	kcal/24 h	totaal kcal/24 h
<u>Ademhalingswarmte</u>		
(geen afvoer veldwarmte) ademhalings- warmte bij 30°C ca. 300 kcal/ton h		
250 (ton) x 300 (kcal/ton 24 h)		75 000
<u>Warmteverliezen door luchtwisselingen</u>		
975 (m ³) x 1,6 (kcal/m ³) x 1,8 (wisse- lingen)		1 808
<u>Overige warmtebronnen</u>		
ventilatoren 1,8 (kW) x 860 (kcal) x 24 (uren)	37 152	
verlichting 0,4 (kW) x 860 (kcal) x 2 (uren)	688	
1 man 240 (kcal/h) x 1 (uren)	+ 240	38 080

Totale warmtebelasting tijdens de bewaring:

	kcal/24 h
instraling	30 288
ademhalingswarmte	75 000
luchtwisselingen	1 808
overige warmtebronnen	38 080
	<u>145 176</u>

Aannemende dat de koelinstallatie 20 uren per dag in be-
drijf is, dan zou nu kunnen worden volstaan met een capaci-
teit van $145\,176 : 20 = 7\,260$ kcal/h.
Dat is 22% van de capaciteit die er berekend is voor de pe-
riode van inslag.

7. Elektriciteitsvoorziening

Voor een koelinstallatie is energie nodig, meestal in de
vorm van elektriciteit. De juiste behoefte aan vermogen is
pas nauwkeurig bekend als vaststaat welke installatie zal
worden geplaatst. Om een globale indruk te krijgen van de
energiebehoefte kan het te installeren vermogen worden be-
groot aan de hand van onderstaande gegevens.

De grootste stroomverbruikers zijn de compressoren:

- open compressoren, dat is met snaaraandrijving, leveren
per kWh 2000-2400 kcal;
- half gesloten compressoren, dat is met de elektromotor sa-
mengebouwd tot één geheel per kWh 2700-3300 kcal.

Andere stroomverbruikers zijn:

- de ventilatoren van het koelhuis. Zij leveren per kWh
9000 m³ lucht per uur bij een tegendruk van 15 mm wk;
- de ventilatoren voor de condensors bij luchtgekoelde in-

- stallaties of de waterpomp voor watergekoelde installaties;
- elektrische ontdooiinstallatie.

Bij een koelcapaciteit van bijv. 30 kcal/h m^3 en een bezetting van 220 kg appels per m^3 gekoelde ruimte is er per 100 ton 6 tot $7\frac{1}{2}$ kW opgenomen vermogen voor de koelinstallatie nodig. Voor soortelijk zwaardere produkten en voor produkten die bij omstreeks 0°C worden opgeslagen is meer vermogen nodig. Zo is dit bijv. bij 40 kcal/h m^3 voor peren met een bezetting van 275 kg per m^3 gekoelde ruimte per 100 ton $7\frac{1}{2}$ -9 kW.

Als men produkten bij een temperatuur rond het vriespunt bewaart (peren -1°C , uien -2°C), moet er worden gezorgd voor een ontdooiïnrichting. Wordt een elektrische verwarming genomen dan zal het hiervoor benodigde vermogen ca. 10 kW per 100 ton zijn. Verder is er stroom nodig voor verlichting en eventueel het laadstation voor de batterijen van een heftruck (ca. 1-2 kW per batterij voor een $1\frac{1}{2}$ -tons truck) en voor bepaalde typen scrubbers.

8. Capaciteit en werkdrukken

Bij het vermelden van de capaciteit van een installatie behoren ook de zuigdruk en de persdruk of wel de daarbij behorende verzadigingstemperaturen te worden aangegeven. Deze beïnvloeden de koelprestatie. Bij een celtemperatuur van $+3^\circ\text{C}$ en een temperatuurverschil verdamper/lucht van 7°C wordt de zuigdruktemperatuur -4°C . Wij stellen deze bijv. op -5°C . Dat betekent dat de prestatie geleverd moet worden bij een zuigdruktemperatuur van -5°C . Het belang van deze vermelding zal duidelijk zijn als we weten dat een zuigdrukverlaging in dit gebied per $^\circ\text{C}$ resulteert in een ca. 3% lagere prestatie, en omgekeerd. Ook de persdruktemperatuur in de condensor beïnvloedt de koelprestatie. Per 10°C stijging van de persdruktemperatuur daalt de prestatie met ca. 8%. En evenzo stijgt de capaciteit bij dalende persdruktemperatuur. Het is wenselijk de capaciteit van de installatie te vermelden bij een verdampings- of zuigdruktemperatuur van bijv. -5°C en een condensatie of persdruktemperatuur van bijv. $+25^\circ\text{C}$. Koud maken vraagt veel meer koelcapaciteit dan koud houden.

Vrijwel alle tuinbouwprodukten behoren in een betrekkelijk korte tijd te worden afgekoeld. Uit het voorgaande blijkt dat de hiervoor vereiste koelcapaciteit slechts nodig is in de inbrengperiode. Is de lading eenmaal op temperatuur dan zou met een geringere totale koelcapaciteit kunnen worden volstaan. Voor koelcellen waarin de lading snel rouleert, bijv. bij de handel en in andere gevallen waarin van kortstondige opslag sprake is wordt deze 'overcapaciteit' nog wel benut of is deze veelvuldig vereist. Bij langdurige opslag van echte bewaarprodukten is deze afkoelcapaciteit slechts eenmaal per jaar nodig.

Enige aanpassing van de koelcapaciteit aan de koudebehoefte is mogelijk door het toerental van de compressor te wijzi-

gen. De eenvoudigste methode is die waarbij de poelie van de aandrijfmotor wordt verwisseld. In de praktijk vindt dit weinig toepassing. Gemakkelijker in het gebruik is een poolomschakelbare elektromotor, bijv. met toerentalverhoudingen 60 : 100. Bij het inkoelen kan dan de grootste capaciteit gekozen worden, daarna de lagere. Deze werkwijze heeft het voordeel dat bij het lagere toerental de zuigdruktemperatuur in de koeler hoger wordt, waardoor een gewenste, hogere r.v. in de opslagruimte kan worden bevorderd (zie 11.1). In beide gevallen moeten het vermogen van de aandrijfmotor en de capaciteit van de compressor aangepast zijn aan de maximale koudebehoefte. Nu geldt het besprokene voor één afzonderlijke installatie voor één koelcel, de zgn. decentrale koeling.

Betreft het een complex met een aantal cellen dan zal het vaak zo zijn dat niet alle cellen tegelijk worden beladen maar dat het aanbod over enige tijd, bijv. vier tot zes weken, wordt gespreid. In dit geval kan de mogelijkheid overwogen worden om althans de totale compressorcapaciteit aan te passen aan de gemiddelde koudebehoefte over de periode van vier tot zes weken. Bij deze methode kan de totale compressorcapaciteit aanzienlijk lager blijven dan die waarbij elke cel een afzonderlijk werkende installatie heeft. In het geval er evenveel compressoren zijn als koelcellen kunnen door leidingen (met afsluiters) de koelinstallaties onderling verbonden worden. Is er nu voor een bepaalde cel veel koude nodig dan kan een tweede compressor bijspringen. Dit systeem van centrale koeling vraagt vakkennis en de bediening is lastig.

Een andere mogelijkheid is voor een aantal cellen twee of drie compressoren te nemen die gezamenlijk de berekende koelcapaciteit hebben. Is er weinig koude nodig dan kan één compressor in de koeling voorzien; is er meer nodig dan komt de tweede, eventueel de derde compressor in werking. In zo'n groep kan de koudelevering worden aangepast door één van de compressoren te voorzien van een toerental regelbare elektromotor, zodat bijv. respectievelijk 25, 50, 75 of 100% van de capaciteit wordt geleverd. Het is ook mogelijk een nagenoeg traploos regelbare elektromotor toe te passen. Deze methoden vragen extra regelapparatuur waardoor kans op storingen toeneemt. Een andere mogelijkheid bij meer-cilindercompressoren is het toepassen van kleplichting en tenslotte kan een omloopleiding (by pass) worden gemonteerd.

Bij centrale installaties moet door middel van zuigdrukregeling in de koudebehoefte van de verschillende cellen worden voorzien, waarmede tevens de juiste (hoge) r.v. in stand kan worden gehouden. Deze methode kan overigens ook bij decentrale koeling (elke cel aparte installatie) worden toegepast.

Als koelmiddelen worden gebruikt gechloreerde fluorkoolwaterstoffen zoals R 12, R 22 (merken Freon, Frigen, Arc-ton, Kaltron enz) en ammoniak (NH_3). In de kleinere installaties wordt meestal een middel uit de R-groep en voor de grotere boven 250 000 kcal/h NH_3 toegepast. Fluorkoolwaterstoffen zijn alleen bij zeer sterke concentraties schadelijk voor groenten en fruit, NH_3 reeds bij zeer geringe. NH_3 is lager in prijs en heeft een grotere koelprestatie per m^3 koelmiddel, wat resulteert in een kleinere compressor.

Zoals reeds vermeld heeft centrale koeling het voordeel dat met een lagere koelcapaciteit kan worden volstaan terwijl toch aan een incidenteel grote koudevraag per cel kan worden voldaan. Bij een centrale koelinstallatie liggen de investeringen voor het mechanisch gedeelte wat lager dan bij decentrale koeling. Daar tegenover staat een uitgebreidere regelapparatuur waardoor de totale investering voor de centrale installatie zelfs hoger kan liggen. Het energieverbruik van de centrale installatie ligt in principe lager en zal bij grote eenheden tot besparing op de exploitatiekosten kunnen leiden.

Naar het type zijn condensors te verdelen in twee hoofdgroepen, nl.:

- a. luchtgekoeld,
- b. watergekoeld.

De temperatuur van de buitenlucht kan in de zomer hoog oplopen. Indien dit bij luchtgekoelde installaties leidt tot belangrijke verhoging van de condensatiedruk zal de koelprestatie verminderen (zie blz. 29). Watergekoelde condensors geven zomer en winter een ongeveer gelijkmatige werking. Wel moet het water tegen vorst beschermd worden.

Behalve de twee hiervoor genoemde condensortypen zijn er nog enkele variaties die bestaan uit kruisingen tussen de voorgenoemde; mits goed gedimensioneerd kunnen zowel de luchtgekoelde als de watergekoelde installaties goed voldoen. De investeringen ontlopen elkaar weinig.

9. Isolatie

9.1 Eigenschappen

Isolatie is een technische en economische noodzaak. De kosten van de koeling zouden in een ongeïsoleerd gebouw te hoog worden. Men zal dikkere isolaties gaan toepassen als het isolatiemateriaal goedkoper wordt of als de kosten van de koude-opwekking hoger worden. Ook bij lange gebruiksperiodes is een dikkere isolatie een voordeel.

De keuze van het isolatiemateriaal wordt bepaald door de eisen die worden gesteld aan:

1. thermische eigenschappen;
2. mechanische eigenschappen;
3. eigenschappen t.o.v. vocht;
4. duurzaamheid en veiligheid.

De belangrijkste thermische eigenschap is de warmtegeleiding. Een goed isolatiemateriaal heeft een lage warmtegeleidingscoëfficiënt.

Andere thermische eigenschappen zijn:

- a. warmtecapaciteit, d.i. soortelijke warmte $\times$ soortelijk gewicht,
- b. thermische diffusiecoëfficiënt, d.i. $\frac{\text{warmtegeleiding}}{\text{warmtecapaciteit}}$.

Deze eigenschappen zijn van betekenis als temperatuurver-

anderingen een rol gaan spelen. De thermische uitzettingscoëfficiënt speelt een rol bij het werken van het gebouw. Bestendigheid tegen temperaturen tot 80°C is nodig als de isolatie zonder afdoende bescherming aan zonnestraling wordt blootgesteld.

Van de isolatie wordt geëist dat deze drukvast, trekvast en stootvast is en weerstand tegen buiging heeft. Een aantal van de gebruikte isolatiematerialen bezit deze eigenschappen niet of in onvoldoende mate. Vaak wordt het materiaal daarom in een bepaalde constructie opgenomen, bijv. polystyreen-schuim tussen metalen platen, het bedekken met board-platen, bepleisteren (kurk) of het storten in een brede spouw (kurk-meel).

Door opname van vocht gaat het isolerend vermogen achteruit. Daarom moet het isolatiemateriaal beschermd worden tegen vochtaccumulatie door het aanbrengen van een dampdichte laag aan de (warme) buitenzijde. Vele materialen, die in de constructie verwerkt worden, zijn onderhevig aan drogingskrimp, bijv. hout, steen en pleister.

De brandveiligheid is een belangrijk punt. Het klassieke materiaal kurk is zeer brandgevaarlijk. Materialen op minerale basis (steenwol, glaswol) zijn niet brandbaar. De plastic-schuim isolaties vertonen een zeer gevarieerd gedrag. Men onderscheidt hierbij: ontvlambaar, vlamoverslag en vlamuitbreiding. Door bepaalde toevoegingen kunnen deze materialen 'niet-gemakkelijk-ontvlambaar', 'niet-bijdragend-tot-vlamoverslag' en 'zwak-vlamuitbreidend' worden gemaakt, maar er zijn op het punt van brandveiligheid nog een aantal wensen. Alleen keramische materialen (bijv. schuimglas) zijn absoluut brandveilig, mits niet met brandbare hulpstoffen verwerkt.

Een isolatieconstructie moet bestand zijn tegen ongedierte, insecten, microörganismen en geen verbindingen aangaan met gasen (O_2 - O_3 - CO_2), geurstoffen en ontsmettingsmiddelen.

9.2 Vloeren

Onder bepaalde omstandigheden kan de isolatie in de vloer worden weggelaten. Grond die tot een diepte van enkele meters bepaalde thermische eigenschappen bezit kan de functie van een isolatie overnemen. De breedte van het koelhuis moet dan ten minste ca. 20 m zijn en het moet doorlopend in gebruik zijn.

Bij seizoenkoeling moet men rekening houden met warmte-onttrekking uit de grond. Gedurende de eerste weken leidt dit tot een grotere belasting van de koelinstallatie. Hierdoor treedt een extra gewichtsverlies op. Tijdig voorcoelen van de opslagruimte kan dit effect verkleinen. De warmtestroom langs de randen kan worden beperkt door het aanbrengen van een isolatiestrook (lekstrook) van ca. 1,20 m diep of breed.

Tabel 6. Eigenschappen van materialen.

	soortel. massa kg/m ³	warmte- geleiding kcal/m h °C	soortelijke warmte kcal/kg °C	therm. uitzetting 10 ⁻⁶ m/m °C	belasting voor 0,2% indrukking 0,2 kg/cm ²	watergehalte bij 95% r.v. vol.%	waterdamp diffusiefact. -	prijsmateriaal aankoop (1972) gld/m ³	prijsmateriaal aangebracht ('72) gld/m ²	aanbevolen mini- mum isoleerdikte cm
schuimglas	150	0,05	0,2	8-9	5-7	0	∞	300,-	40,-	10 cm
geëxp. geïmpr. kurk	100-200	0,035- 0,04	0,42		1	3	2,5-5,0	170,-	26,-	12 cm
polystyreen		0,028-						55,-		
schuim	15-40	0,034	0,35	40-90	1	<0,2	25-150	70,-	20,-	10 cm
polyurethaan										
schuim	30-40	0,023	0,35	40-90	1,5	<0,4	50-100	250,-	35,-	8 cm
styrofoam	30	0,029			2,5	<0,03	150	175,-	25,-	8 cm
steenwol	35-250	0,035	0,2			<0,1	1,0-1,5			
baksteen ¹⁾	1500	0,75	0,2			0,8-1,1	8,0	150,-/	30/m ²	½ st./
								1000 st	³⁾	75/m ²
gasbeton ²⁾	300	0,1	0,2				3,5	650,-/	17/m ²	10 cm/
betonblok	200-2500							1000 st	⁴⁾	9/m ²
bitumen emulsie										
+ bet. strijklag										
polyetheen folie									92.103	
aluminium folie									45.106	
(2-zijdig ge- cacheerd)									135.106	

¹⁾ drogingskrimp 0,15-0,30‰
²⁾ capillaire opstijging 2,8 cm na 1 uur

³⁾ ½ st.

⁴⁾ 9 st./m²

9.3 Dampdichte laag

De isolatie van een gekoelde ruimte is blootgesteld aan een verschil in waterdampdruk omdat de warme buitenlucht meer water kan bevatten dan de koude lucht binnen. De hoeveelheid binnendringende waterdamp is afhankelijk van de weerstand die wordt veroorzaakt, hetzij door het isolatiemateriaal zelf, hetzij door een waterdampdichte laag die op de warme zijde van de isolatie wordt aangebracht.

Er zijn isolatiematerialen die van huis uit een hoge waterdampdiffusieweerstand hebben, maar omdat de eigenschappen van de constructie slechts ten dele worden bepaald door het materiaal zelf, is het niet verantwoord om op deze materiaaleigenschappen te bouwen. De gebrekkige uniformiteit van de materiaaleigenschappen, het aantal naden per m², het aanbrengen in één of meer lagen beïnvloeden de eigenschappen van de constructie in sterke mate. Bovendien moet rekening gehouden worden met werking van het gebouw. Nu kan een dergelijke laag nooit absoluut dampdicht zijn. Dit is ook niet nodig zolang de dampafvoer naar binnen groter kan zijn dan de damptoevoer uit de buitenlucht. Dit houdt in dat een isolatiemateriaal met een lage waterdampdiffusieweerstand gemakkelijker te beschermen is dan een met een hoge diffusieweerstand, als de binnenkant 'open' blijft, zoals bij een gewone cel. Een lage diffusieweerstand betekent immers dat het materiaal gemakkelijk damp opneemt en afgeeft. Een isolatiemateriaal met een hoge dampdiffusieweerstand stelt hogere eisen aan de dampdichte afwerking (het neemt moeilijker damp op, maar staat het eveneens moeilijker af). Een isolatiemateriaal met een redelijke waterdiffusie zal na vochtig worden ook weer kunnen drogen, mits voor de waterdampafvoer zorg kan worden gedragen. De moderne schuimplastic isolaties hebben een hogere dampdiffusieweerstand dan kurk, hetgeen wil zeggen dat ze moeilijker waterdamp opnemen maar het naden ook moeilijker afstaan dan kurk.

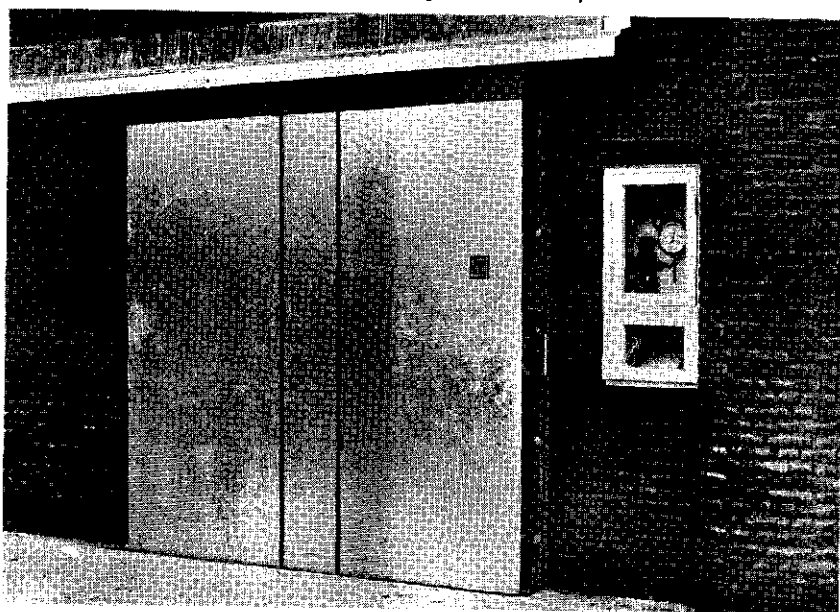
De dampdichte afwerking van de isolatie stelt bij CA-cellen hogere eisen dan bij gewone koelcellen. Bij CA-cellen wordt de binnenkant immers gasdicht, d.w.z. ook waterdampdicht afgewerkt. Als nu de dampdichte afwerking aan de buitenzijde onvoldoende is, zal er waterdamp van buitenaf de isolatie binnendringen en aan de binnenzijde worden tegengehouden door de gasdichte bekleding. Gevolg: de isolatie wordt nat. Een vochtig isolatiemateriaal verliest zijn isolerende eigenschappen. Dit is merkbaar aan een grotere koudebehoefte van het koelhuis. Toch is het niet gemakkelijk om deze fout te constateren, gezien de jaarlijkse variatie in de belasting van een koelinstallatie. Een andere indicatie is de r.v. in de koelcellen; deze zal gaan dalen naar gelang de looptijden van de koelers door de koudebehoefte toenemen. Doch ook dit effect zal slechts bij een zorgvuldige controle over lange perioden te voorschijn komen.

Aangezien slijtage van de machineinstallatie hetzelfde effect heeft: langere looptijden van de koelers, die echter weer gepaard gaan met specifieke verschijnselen, zoals verlopen van de koelertemperaturen, zuig- en persdrukken enz. is een nauwkeurige bedrijfscontrole de enige manier om de

toestand van de isolatie zonder destructieve metingen te controleren. In geval van twijfel kunnen metingen met een warmtegeleidingsmeter uitkomst brengen.

10. Deuren

Deuren van koel- en CA-cellen behoren zodanig te zijn geconstrueerd dat de koudeverliezen tot een minimum worden beperkt. Voor kleine koelcellen, waarin moeilijk met heftrucks kan worden gewerkt, worden meestal draaideuren toegepast. Voor kleine CA-cellen worden dezelfde deuren gebruikt met daarachter vaak een wegneembaar gasluik. Dit luik bestaat uit een frame bekleed met een gasdichte plaat.



8. Schuifdeur. Isolatie en gasdichte afsluiting in één deur. Rechts: kastje met meet- en regelapparatuur en voorziening voor het meten van de luchtsamenstelling.

De minimum afmetingen voor de deur zijn: 210x110 cm in de dag. Voor grotere cellen, waar het beladen door middel van heftrucks mogelijk is, worden schuifdeuren gebruikt. Deze deuren hebben het voordeel dat ze minder ruimteverlies geven, gemakkelijk met de hand zijn te bedienen en een gunstigere gewichtsbelasting van de kozijnen hebben. Ze lenen er zich goed voor om het openen en sluiten te automatiseren. Door de luchtdichte afsluiting is deze deur zowel voor gewone als voor CA-cellen te gebruiken. Voor CA-cellen moet de deur aan de binnenzijde gasdicht gemaakt worden. Deze deurconstructies hebben metalen dorpels die in de vloer verzonken zijn, zodat de overgang van de ene ruimte naar de ander-

re volkomen vlak is.

In verband met het beladen van de ruimte met heftrucks moeten de hoogte en de breedte van de deur zodanig zijn dat een vlot verkeer mogelijk is. Aanbevolen afmetingen zijn 2,5x3,5 m en in geval vrachtwagens moeten kunnen passeren, dienen deuropeningen van 3,5x4,2 m te worden toegepast.

Om koudeverlies tijdens het beladen van de ruimte tot een minimum te beperken kan gebruik gemaakt worden van een lucht-gordijn. Het mechanisme, dat van een ventilator is voorzien, wordt boven de deur gemonteerd. Een elektrisch contact stelt de ventilator in bedrijf, zodra de deur wordt geopend. Een krachtige neerwaartse luchtstroom houdt dan de koude lucht in de ruimte gescheiden van de warmere lucht daarbuiten. De verliezen aan koude worden hierdoor beperkt. Een dubbel gordijn (één buiten en één binnen) is veel effectiever dan een enkel. Bij buitendeuren is de werking onbevredigend als er wind op staat. Daar kan men beter gebruik maken van rubber flapdeuren die achter de deuropening worden gemonteerd. Bij het naar binnen en naar buiten rijden worden de flapdeuren opzij gedrukt. Ze sluiten zichzelf nadat men de deuropening is gepasseerd. Een bezwaar van deze deuren is dat men ondanks de aanwezigheid van patrijspoorten in de deur onvoldoende kan zien wat er zich achter de deur bevindt en dat ze door de heftrucks nogal eens beschadigd worden. Deze bezwaren gelden evenzeer voor transparante plastic deuren. Deze worden nl. 'blind' door condensatie en krassen. Een variant op de flapdeuren is het strokengordijn of strippen-deur. Deze bestaat uit twee tot vier mm dikke plastic stroken met een breedte van 20 tot 40 cm en een overlapping van vijf tot tien cm.

11. Klimaatregeling

Onder het begrip 'bewaarklimaat' vat men samen: temperatuur, luchtvochtigheid, luchtbeweging en eventueel de gasconcentratie wanneer deze afwijkt van de samenstelling van de buitenlucht.

In deze paragraaf zullen slechts de eerste drie factoren ter sprake komen. Het klimaat in een koelruimte met tuinbouwprodukten is de resultante van enerzijds de hoeveelheid warmte en vocht die wordt toegevoerd in de ruimte, en anderzijds de hoeveelheid van deze componenten die met behulp van de koeler wordt afgevoerd. Hierbij valt te bedenken dat de toevoer van warmte en vocht, naar absolute hoeveelheden gerekend, geen constante grootte is. Ook hun onderlinge verhouding geeft verschuivingen te zien tijdens de bewaarperiodes. We wensen echter zoveel mogelijk een gelijkmatige verdeling van temperatuur en vocht zowel op de verschillende plaatsen in de koelcel als op de verschillende tijdstippen van de dag. Als we de eisen ten aanzien van de temperatuur kennen is de luchtbeweging te berekenen. Als dit moeilijkheden geeft door het uitdrogen van het produkt is alleen een bescherming van het produkt mogelijk. Hierdoor wordt het handhaven van de gestelde klimaatwaarden als opslagomstandigheden voor het

produkt twijfelachtig. Temperatuur en waterdampspanning in de verpakking zullen hierdoor op een hoger niveau komen te liggen en de r.v. in de opslagruimte zal lager worden.

11.1 Temperatuur en vochtigheid

Gewenst is dat de temperatuurspreiding in een koelcel klein is. Een zekere afwijking is nauwelijks te voorkomen. Er moet naar worden gestreefd om 95% van de inhoud van de koelcel te laten vallen binnen het bereik van 1°C. Dit betekent nog wel een niet te verwaarlozen spreiding in houdbaarheid die slechts door buitengewone maatregelen, bijv. sterk verhogen van de luchtcirculatie, te voorkomen is.

De r.v. en de verdeling ervan in een koelcel is afhankelijk van de verhouding warmte/vochttransport naar de circulerende lucht. Door warmtetoevoer alleen, zoals deze kan plaatsvinden bij verpakte produkten, betekent 1°C temperatuurstijging ca. 10% verlaging van de r.v. Maar bij produkten die veel water kunnen afgeven treedt een temperatuurverlaging en r.v.-verhoging op. Dit betekent dat het produkt aan de buitenkanten van de stapel, langs wand, vloer en plafond eerder van uitdroging heeft te lijden dan in het centrum. Niet alleen door convectief warmtetransport, maar ook door warmtestraling en temperatuurwisselingen.

Bij onvoldoende vochttoevoer is de gewenste r.v. te bereiken door de gemiddelde temperatuur van het koelerooppervlak ca. 1 tot 5°C beneden de gewenste luchttemperatuur te houden. Bij voldoende vochttoevoer moet de temperatuur van het koelerooppervlak 3 tot 7°C beneden de luchttemperatuur zijn om de gewenste r.v. te handhaven. Het eerste geval, met onvoldoende vochttoevoer en bovendien een hoge r.v., vereist een luchtkoeler met een grote capaciteit.

Fabrikanten vermelden de capaciteit van koelers vaak bij 7° en 10°C temperatuurverschil, d.i. het verschil tussen de verdampingstemperatuur en de omgevingslucht, bijv.

capaciteit koeler in kcal per uur

	10°C t.v.	7°C t.v.
type ...	10 000	7 000
enz.		

Daar er een vrijwel evenredig verband tussen temperatuurverschil en koelcapaciteit bestaat, is de capaciteit bij 5°C t.v. uit dit voorbeeld direct af te leiden (5000 kcal per uur). Moderne koelinstallatiebedrijven zijn in staat om gedetailleerd koelcapaciteit en vochtbalans van luchtkoelers op te geven voor de gewenste bedrijfsomstandigheden.

Een installatie die beide klimaatcondities moet kunnen realiseren vereist een aanpassing van het effectieve koelerooppervlak. Vaak echter wordt, om op dit dure koelerooppervlak te besparen, een oplossing gezocht via bevochtigen van

de cellucht. Wanneer dit met stoom gebeurt, betekent het een hogere belasting van de koelinstallatie door het neerslaan van waterdamp uit de circulerende lucht. Gerekend moet worden op ca. 1 kcal/g water inclusief de verdere belasting door ijsvorming, bevriezen en veelvuldig ontdooien. Vernevelen van water is iets gunstiger in de warmtebalans omdat een gedeelte van het water door verdamping warmte onttrekt. Omdat echter de vernevelde hoeveelheid steeds groter is dan de verdampte, veroorzaakt dit uiteindelijk toch een groter energieverbruik (ca. 0,5 kcal/g water).

11.2 Luchtbeweging

Luchtbeweging is noodzakelijk om een uniform opslagklimaat te creëren. De hoeveelheid te circuleren lucht wordt daarom afgeleid van het toelaatbare temperatuur- en vochtigheidsverschil tussen intrede en uitrede van de produktruimte. Er zijn verschillende methoden om de luchtbeweging te bewerkstelligen. Wij zullen hier een aantal systemen vergelijken, nl.:

a. Verticaal of horizontaal

Van de twee mogelijke hoofdcirculatierichtingen door het opgeslagen produkt, horizontaal of vertikaal, neemt de laatstgenoemde in betekenis af. Bovendien is de toepassing van verticale circulatie beperkt tot kleine koelcellen omdat de reikwijdte van een torenkoeler in het algemeen beperkt is tot ca. 10 m. Veel aandacht moet worden geschonken aan het stapelpatroon om ongelijkheden van het ruimteklimaat door kortsluiting in de luchtcirculatie te voorkomen. Als circulatiesysteem in voorraadcellen (niet voor langdurige opslag) is deze verticale circulatiemethode wel geschikt omdat zij aansluit bij de gebruikelijke luchtcirculatie in gekoelde transportmiddelen. Stapelborden kunnen de functie van roostervloeren ten dele overnemen. In het algemeen zal een extra voorziening nodig zijn om een goede luchtverdeling bij een gedeeltelijk gevulde cel te bereiken. Grote koelcellen voor langdurige opslag worden meer en meer met horizontale circulatie uitgerust omdat hierdoor grotere ruimten kunnen worden bestreken en een minder nauwgezette stapeling is vereist.

b. Geleide of vrije luchtcirculatie

De toenemende grootte van de koelcellen heeft de toepassing van het zgn. inductie-circulatiesysteem begunstigd. De hiervoor benodigde vrije ruimte is bij deze afmetingen reeds beschikbaar. Bovendien heeft men geleerd dat de luchtverdeling voor het grootste gedeelte van de stapeling afhangt, zodat een ver doorgevoerde luchtgeleiding wel hogere kosten en een hoger energieverbruik met zich meebrengt, maar geen beter bewaarklimaat kan waarborgen. Ook was bij het geleide-systeem nodig om voor hoge r.v.'s zeer grote koeleroppervlakken toe te passen, omdat geen voldoende menging van koellucht en cellucht kan plaatsvinden. Koelcellen voor kortstondige opslag kunnen nog wel met een 'halfgeleide' circulatie aan bedrijfsomstandigheden worden aangepast, die een gevolg zijn van een ongelijke belading van de ruimte. Een perswand kan

hier gunstig zijn.

c. Continu of intermitterend

De gelijkmatigheid van het koelcelklimaat wordt door een continue luchtcirculatie gunstig beïnvloed. Deze kan bij daarvoor gevoelige produkten leiden tot een versterkte uitdroging. Omdat de uitdroging echter niet alleen door de luchtsnelheid maar ook door de luchtvochtigheid wordt beïnvloed, die zoals boven gezegd afneemt tijdens de werkperiode van de koeler, kan de continue regeling van de koelcapaciteit de uitdroging weer beperken. Voor kleine installaties brengt dit echter verhoogde bedrijfskosten met zich mee.

Intermitterende luchtcirculatie geeft aanleiding tot twee concurrerende circulatiepatronen: geforceerde circulatie tijdens de werking, natuurlijke circulatie tijdens het stilstaan van de koeler. De natuurlijke circulatie overweegt zodra de looptijden van de installatie kort worden. Tengevolge hiervan treden er grotere temperatuurverschillen op omdat slechts ca. 30% of minder van de geforceerd omlopende lucht in beweging wordt gebracht. Bovendien is dit patroon van een heel andere vorm dan bij de geforceerde luchtcirculatie, zodat er behalve grote plaatselijke, ook grote tijdelijke temperatuurverschillen optreden, die tot versneld kwaliteitsverlies aanleiding kunnen geven.

11.3 Kunstmatige bevochtiging

In een lege koelruimte heeft geen vochttoevoer plaats uit het produkt. Er ontstaat dan een droger celklimaat afhankelijk van de warmtebelasting van de koeler; 60 à 70% r.v. zijn normale waarden voor herfst en voorjaar. De indroging in een weinig bezette koelruimte zal dan ook bij overigens gelijke condities drie à vier keer zo groot zijn als bij een geheel gevulde ruimte. Voor een schatting van de indroging mag men er van uitgaan dat deze evenredig is met het verschil tussen de r.v.'s 90 à 95% en 60 à 70%, afhankelijk van de bezettingsgraad.

Een steeds weer opkomende vraag betreft het bevochtigen van de koelhuisatmosfeer. Een bevochtiging van de circulerende lucht heeft alleen zin indien deze vóór het bereiken van het produkt plaatsvindt. Er is extra apparatuur voor nodig, die kwetsbaar is en veel onderhoud vergt. Voor de toepassing bestaan drie methoden, nl. waterverneveling, stoominjectie en toevoer van buitenlucht.

a. Waterverneveling tot druppels van 0,01-0,05 mm.

De verdamping van de in de lucht zwevende druppels vergt enige tijd gedurende welke de druppel niet op een hindernis mag stoten. De reikwijdte is afhankelijk van de snelheid van de luchtstroom (tabel 7). Wanneer de natte-boltemperatuur beneden het vriespunt ligt, treedt gemakkelijk ijsvorming op aan de vernevelaar en in de lucht. Bij de bestrijding van dit ongemak door middel van elektrische verwarming kan het middel erger zijn dan de kwaal. Een bijkomende moeilijkheid is dat de vernevelde hoeveelheden water altijd veel groter zijn dan nodig is.

Tabel 7. Reikwijdte van waterdruppels (verdampingstijd in luchtstroom van 3 m/sec.), $d = 10 \mu$.

temperatuur °C	r.v. %	tijd sec.	reikwijdte in m
2	70	0,7	2,1
	90	2,14	6,6
	95	4,28	13,2
12	70	0,46	1,4
	90	1,4	4,2
	95	2,8	8,4

b. Stoominjectie.

Droge stoom wordt gemakkelijk door vochtige lucht opgenomen. Deze stoom zal in de meeste gevallen ter plaatse opgewekt moeten worden om druppelvrije toevoer te waarborgen, maar hierdoor is geen temperatuurverlaging van de lucht mogelijk. Als energie wordt vaak elektriciteit gebruikt. De betrouwbaarheid van elektrische stoomketels laat echter nog te wensen over, vooral wanneer de kwaliteit van het water slecht is (ketelsteenvorming).

c. Toelating van warme buitenlucht.

Dit is eenvoudig te regelen door een opening achter de ventilator van de koeler. Indien de aangezogen lucht in temperatuur daalt, stijgt de r.v.; bij aanzuigen van vochtige lucht kan deze zelfs dicht bij 100% r.v. komen. Aanzuigen van koude(re), droge lucht zal tot daling van de r.v. kunnen leiden.

De herhaalde pogingen om opslagruimten met volledig automatische klimaatinstallaties uit te rusten zijn steeds gestrand op de kosten die een dergelijke stap met zich meebrengt. Om de condities in een lege koelcel gelijk te maken aan die van een gevulde moet immers de werking van het produkt voor 100% worden nagebootst. Dit impliceert dat het energieverbruik onafhankelijk is van de bezettingsgraad, hetgeen voor de exploitatie voelbare consequenties heeft. De regeling van deze systemen geeft nog problemen omdat men de installaties voor koeling en bevochtiging vaak gescheiden uitvoert. Extra luchtcircuits betekenen extra warmtetoevoer, dus droging. Daarbij zijn kleine ventilatoren met slechte rendementen als warmtebronnen niet te onderschatten.

11.4 Klimaat en verpakking

Afhankelijk van de eigenschappen t.o.v. waterverlies zijn twee groepen produkten te onderscheiden:

- produkten met een natuurlijke weerstand tegen waterverlies zoals appel, peer en tomaat, die minder reageren op een verhoging van de luchtsnelheid;
- produkten met een lage weerstand tegen waterverlies (bijv. champignon, aardbei, bladgroenten) die sterk reageren op een verhoging van de luchtsnelheid. Door een gesloten verpakking is deze reactie te beperken.

Bij deze laatste groep produkten kan de invloed van een verhoogde luchtsnelheid door opvoeren van de luchtvochtigheid gecompenseerd worden. Het verviervoudigen van de snelheid kan worden geneutraliseerd door het halveren van het verschil in r.v. ten opzichte van 100% wanneer de produkten aan een luchtstroom zijn blootgesteld. Voor beide groepen is de uitdroging echter evenredig met het dampdrukdeficiet bij het produkt. Door een gesloten verpakking kan men zowel dampdrukdeficiet als luchtsnelheid beperken. Hierdoor ontstaat echter een duidelijk verschil tussen celklimaat en het klimaat in de verpakking.

Wat betreft de relatie tussen celklimaat en het klimaat in de verpakking kan men twee extremen onderscheiden:

- a. doorstroomcirculatie. Hierbij wordt met behulp van een grote luchtsnelheid tussen de produkten getracht een uniform klimaat te scheppen. De verschillen in temperatuur en r.v. tussen luchtintrede en -uittrede geven de spreiding van de bewaarcondities aan.
- b. langsstroomcirculatie. Hierbij wordt de lucht langs de verpakkingseenheid gevoerd. De uitwisseling tussen produkt en omgeving is belemmerd en de verschillen tussen celklimaat en het klimaat in de verpakking kunnen aanzienlijk zijn.

12. CA-bewaring

Reeds verschillende malen is er gesproken over CA-bewaring. Men bedoelt hiermede een opslagmethode, waarbij behalve de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid ook de samenstelling van de lucht regelbaar is. De methode werd het eerst toegepast door de Engelse onderzoekers F. Kidd en C. West omstreeks 1925. De regeling van de luchtsamenstelling bestond aanvankelijk hierin, dat het koolzuurgasgehalte (CO_2) enigszins werd verhoogd en het zuurstofgehalte (O_2) met eenzelfde percentage verlaagd. Later is gebleken, dat een zeer sterke verlaging van het O_2 -gehalte en een beperkte stijging van het CO_2 -gehalte een nog beter kwaliteitsbehoud gaf. In het eerstgenoemde geval spreken we thans van gewone CA-bewaring, in het tweede van gescrubde CA-bewaring. De letters CA zijn afkomstig van de Engelse woorden Controlled Atmosphere. Ze zijn in het Nederlands overgenomen om aan te sluiten bij het internationaal gebruik van deze vakterm.

Omdat cellen, die voor CA-bewaring zijn ingericht, ook voor gekoelde opslag kunnen worden gebruikt, brengt men in nieuw te bouwen projecten vaak voorzieningen voor CA-bewaring aan. Bij de moderne constructies geeft dit slechts weinig kostenverhoging.

Bij de gewone CA-bewaring wordt het CO_2 -gehalte in de ruimte door de ademhaling van de vruchten opgebouwd. Zodra het maximum aan CO_2 voor een bepaald ras is bereikt, wordt het teveel aan CO_2 door middel van een ventilatieopening of mechanisch door een kleine ventilator afgevoerd. Beide ventilatiemogelijkheden kunnen zodanig worden afgesteld dat tussen buitenlucht en cellucht een evenwicht ontstaat, waar-

door de gewenste gassamenstelling wordt gehandhaafd. De percentages CO_2 en O_2 in de cel geven samen opgeteld ca. 21%, dat is gelijk aan het O_2 -gehalte in de buitenlucht; het N_2 -gehalte in de cel blijft daarbij gelijk aan dat in de buitenlucht.

Bij de gescrubde CA-bewaring zijn deze verhoudingen geheel anders. Het gevormde CO_2 wordt steeds met hierna te behandelen apparatuur afgevoerd. Het O_2 -gehalte dat voor het onderhouden van de ademhaling noodzakelijk is, wordt door de ademhaling van het produkt steeds lager, totdat het minimum waarbij de vruchten bewaard kunnen worden, is bereikt. Daarna wordt buitenlucht toegelaten, echter minder dan bij de gewone CA-bewaring. Het CO_2 - en O_2 -gehalte samen is lager en komt niet meer overeen met het O_2 -gehalte van de buitenlucht; het N_2 -gehalte in de ruimte is hoger dan dat van de buitenlucht. Door het steeds afvoeren van het CO_2 ontstaat in de ruimte een geringe onderdruk die door toevoer van buitenlucht, bestaande uit ca. 79% N_2 en ca. 21% O_2 , wordt opgeheven. Daar er uitsluitend O_2 wordt verbruikt en geen N_2 komt er op deze wijze een verhoging van N_2 in de ruimte tot stand. Voor tabellen gaspercentages CO_2 en O_2 zie paragraaf 20.3.

Behalve de normale voorzieningen voor koelcellen moet een CA-cel zo dicht zijn dat uitwisseling met de buitenlucht vrijwel geheel kan worden voorkomen. Hiervoor moeten:

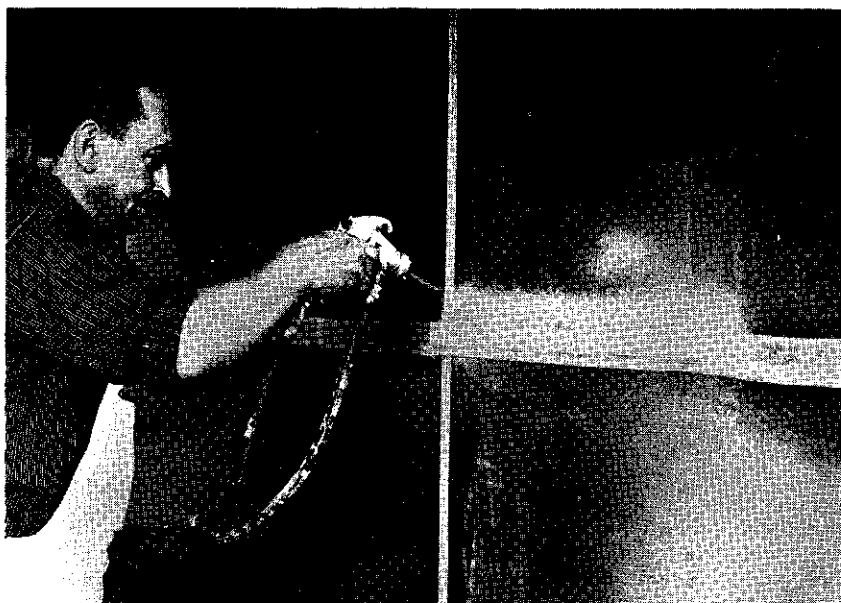
- a. de wanden en het plafond van een gasdichte bekleding zijn voorzien;
- b. de vloer van zeer dicht materiaal zijn;
- c. de deuren en luiken zeer goed afsluiten;
- d. regelbare ventilatie worden aangebracht;
- e. aansluitplaatsen voor de meting van de luchtsamenstelling worden gemaakt;
- f. voor gescrubde CA-bewaring scrubbers en, zo men dit wenst, inertgasgeneratoren worden aangeschaft.

12.1 Gasdichtheid

De isolatie-technisch meest juiste plaats voor de gasdichte bekleding van een CA-opslagruimte is de (warmer) buitenkant van de isolatie omdat de gebruikelijke materialen eveneens waterdamp tegenhouden. De ene laag kan dus de beide functies vervullen. Een nadeel is de moeilijke toegankelijkheid, maar dit speelt bij grotere objecten echter een minder grote rol, omdat de ruimte voor inspectie dan gemakkelijker geschapen kan worden dan bij kleine objecten. Een voordeel is echter dat de bekleding aan de buitenkant minder aan beschadigingen is blootgesteld. Tot nu toe wordt de gasdichte bekleding meestal aan de binnenkant aangebracht.

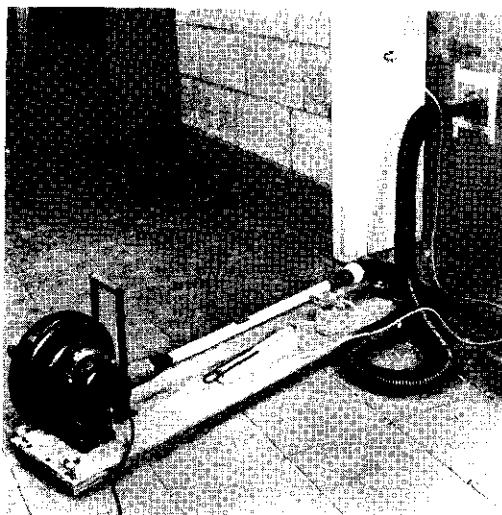
Ook met betrekking tot de gasdichtheid is komen vast te staan dat deze in hoge mate door de zorgvuldigheid van aanbrengen wordt bepaald. Alle materialen, die zelf gas/waterdampdicht zijn en niet sterk inkrimpen of uitzetten bij temperatuurveranderingen, komen in aanmerking. Door middel van een eenvoudige test waarbij de totale oppervlakte van de lekken wordt gemeten is de dichtheid van de constructie te

bepalen. De eis die aan de dichtheid moet worden gesteld hangt af van het gebruik en de grootte van de cel. Voor gewone CA-cellen is een lek-grootte van ca. $4,5 \text{ mm}^2$ per m^3 cel-inhoud toegestaan. Voor gescrubde CA-cellen tot ca. 400 m^3 , waarvoor vaak een kalkscrubber, zonder geforceerde luchtcirculatie wordt toegepast, is de norm ca. $2,5 \text{ mm}^2$ per m^3 . Voor grotere gescrubde cellen, waarop een scrubber met geforceerde luchtcirculatie is aangesloten, moet gestreefd worden naar 1 mm^2 per m^3 . In praktijkadvies nr. 14 van het Sprenger Instituut is een methode beschreven om de lek-grootte te meten.



9. Het gasdicht maken van een wand. De naden in de metalen bekleding zijn eerst beplakt met zelfklevend geplastificeerd band en worden daarna bespoten met een plasticoplossing.

Voor het opsporen van lekken is de meest bruikbare methode die, waarbij door middel van een kleine ventilator enige onderdruk in de cel tot stand wordt gebracht en de verdachte plaatsen worden afgetast met een kaarsvlam. Meestal zijn de lekken te vinden bij deuren en luiken en bij doorvoeringen van leidingen, eventueel op de naden indien de bekleding uit banen bestaat. Hierbij kan worden opgemerkt dat de invloed van een lek sterk afhankelijk is van de plaats. Lekkages aan buitenwanden en/of de tegenover liggende, benevens die bij de luchtcoeler, hebben een grotere invloed dan die op andere plaatsen. Voor het opsporen van lekken is een onderdruk van 10 mm wk voldoende. Bij een grotere onderdruk ontstaat het gevaar dat de wanden of de gasdichte bekleding worden beschadigd. Immers, 10 mm wk betekent al een druk van 10 kg per m^2 .



10. Meten van de lekkage van een CA-cel.

12.2 Drukvariaties en beveiliging

In nagenoeg hermetisch gesloten ruimten kunnen drukvariaties ten opzichte van de buitenlucht optreden. Ze zijn een gevolg van externe en van interne omstandigheden. De externe omstandigheden omvatten veranderingen van de atmosferische druk door het snel naderen van lagedrukgebieden en de snelle veranderingen om en in het gebouw door winddruk bij stormweer. Door omstandigheden binnen het gebouw kunnen eveneens drukvariaties tot stand komen en wel door het afkoelen van de lucht als bijv. de cel wordt gesloten wanneer deze gevuld is met warme lucht. De drukverschillen kunnen door deze factoren oplopen tot een aantal centimeters waterkolom. Zoals hiervoor reeds opgemerkt is, kunnen door onderdrukken in de cel de constructie en de gasdichte bekleding worden beschadigd. Er behoort daarom een veiligheidsklep te worden aangebracht die de ruimte belucht en zo beschermt tegen te grote drukverschillen. Hiervoor kan dienen een micromanometer die een beluchtungsklep bedient van voldoende grootte.

Een andere oplossing is een waterslot dat met een leiding aan de cel wordt verbonden. Met afsluiting (insteek) van 5 mm waterhoogte in het slot wordt de druk beveiligd tot 15 mm waterkolom. Om een sterke drukverandering te kunnen nivelleren moet de doorstroomopening een oppervlakte hebben van 6 cm^2 per 100 m^3 . Voor het waterslot met een insteek van 5 mm moet de lengte van het uitwisselingsvlak van de lucht 12 cm per 100 m^3 celvolume bedragen.

13. Apparatuur voor gescrubde CA-bewaring

Bij toepassing van gescrubde CA-bewaring is apparatuur nodig om de overmaat aan koolzuurgas af te kunnen voeren. Voor dit doel zijn scrubberinstallaties verkrijgbaar die het teveel

aan koolzuurgas langs chemische of langs fysische weg verwijderen. Het is ook mogelijk om bij aanvang van de bewaring de zuurstof door middel van een inert-gasgenerator of zuurstofbranders te verwijderen en vervolgens het koolzuurgas met een scrubber op een bepaald niveau te handhaven. Het zullen veelal economische motieven zijn die bepalen welk systeem van scrubben van CO_2 of van verlaging van het O_2 -percentage zal worden toegepast. Verschillende typen scrubbers en inert-gasgeneratoren zullen in de volgende paragrafen worden besproken.

13.1 Scrubbers

Kalkscrubber

Deze scrubber is het meest geschikt voor de kleine bedrijven en voor grotere bedrijven waar de te scrubben eenheden klein zijn. Een kalkscrubber bestaat uit een, doorgaans van metaalplaat vervaardigde kast, die met aan- en afvoerleidingen voor de lucht met de cel wordt verbonden. In de kast bevinden zich laden waarop de baaltjes kalk worden gelegd. Soms zorgt een aparte ventilator voor de luchtcirculatie.



11. Kalkscrubber (geopend).

Het gevormde koolzuur (CO_2) wordt in de scrubber chemisch gebonden aan calciumhydroxyde ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) en tot calciumcarbonaat (CaCO_3) omgezet. In de beginperiode is de binding van het koolzuur zeer effectief, waardoor het zelfs mogelijk is om het CO_2 -gehalte in de cel op 0% te handhaven. Zodra de kalk aan zijn verzadigingspunt toe is, stijgt het CO_2 -gehalte in de cel en moet tot verversen van de kalk worden overgegaan.

De benodigde hoeveelheid per verversing bedraagt voor het ras Cox's Orange Pippin 5 zakjes à 40 kg per 10 ton fruit en voor Schone van Boskoop (Goudrelnette) 3 zakjes à 40 kg per 10 ton fruit. De kalk kan in de papieren zakken blijven. Plastic zakken zijn ongeschikt, want ze laten onvoldoende koolzuur door.

Afhankelijk van het ras en de temperatuur waarbij wordt bewaard, kan met de eerste charge kalk 6-8 weken en met de volgende charges 8-10 weken gewerkt worden. Daarna raakt de kalk verzadigd.

Voordelen van de kalkscrubber voor de kleine koelhuizen zijn: lage investeringskosten, geen noemenswaardige energiekosten, lage exploitatiekosten, grote bedrijfszekerheid en door afwezigheid van mechanisch werkende delen een eenvoudige bediening. De scrubber werkt de gehele dag, waardoor slechts geringe schommelingen in het CO_2 -gehalte optreden.

Carbonaatscrubber

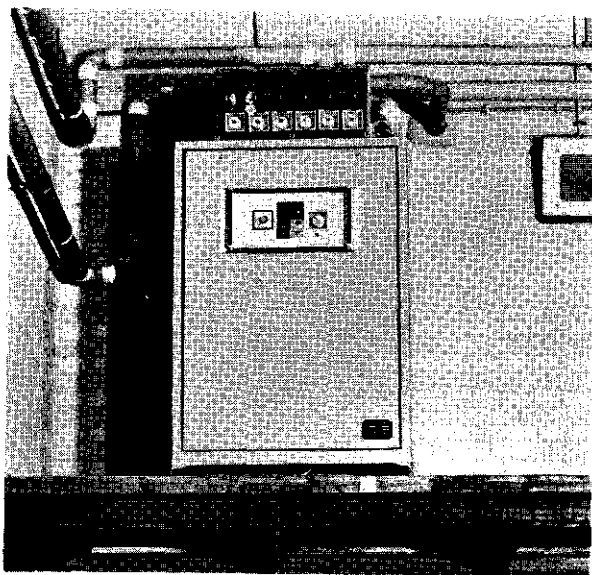
De koolzuurbinding van deze scrubber berust op de chemische omzetting van kaliumcarbonaat volgens de formule $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2 \text{KHCO}_3$. Deze reactie is omkeerbaar en hiervan wordt gebruik gemaakt voor de regeneratie. De scrubber bevat twee gescheiden kamers met genoemde kaliumcarbonaatoplossing. De cellucht met CO_2 -rijk mengsel wordt door één van de kamers geleid, waarin het koolzuurgas wordt geabsorbeerd. De lucht wordt, na vrijwel van koolzuur te zijn ontdaan, weer naar de cel teruggevoerd. Bij regeneratie wordt door de oplossing buitenlucht geleid waaraan het vastgelegde koolzuurgas weer wordt afgegeven. De werking is zo, dat beurtelings in de ene kamer vastgelegd en in de andere geregenereerd wordt.

Deze scrubber heeft het voordeel van een compacte bouw, doch nadelen door een hoog energieverbruik, regelmatige controle van de sterkte van de kaliumcarbonaatoplossing en vloeistofpeil en de eis van een vorstvrije opstelling.

Actieve-koolscrubber

Bij deze scrubber wordt gebruik gemaakt van actieve kool, welke de eigenschap bezit om o.a. koolzuurgas te kunnen vastleggen, dat weer met buitenlucht kan worden verdreven. Voor continue werking heeft dit apparaat twee vaten met actieve kool, die beurtelings adsorberen en regenereren.

De bediening van dit apparaat is zeer eenvoudig, maar toch verdient regeling van de kleppen met bijv. een schakelklok de voorkeur boven handbediening, daar hierdoor de mogelijkheid om per dag een grotere hoeveelheid produkt te scrubben groter is en het CO_2 -gehalte in de CA-cel gelijkmatiger kan worden gehouden.



12. Actieve-koolscrubber.

De bouw van deze scrubber is eveneens compact, de energiekosten zijn laag, de actieve kool behoeft niet te worden bijgevuld. De prijs van de actieve kool is laag; er is 60 tot 80 kg per vulling nodig en deze wordt voor 5 jaar gegarandeerd. De capaciteit varieert van 20 tot 140 kg CO₂ per dag. Dat is, afhankelijk van bijv. het appelras, van 120 à 250 ton tot 800 à 1800 ton.

Moleculaire-zeefscrubber

Bij deze scrubber wordt het koolzuurgas geadsorbeerd aan zgn. zeolieten. Behalve het koolzuurgas worden hieraan ook watermoleculen gebonden, die naarmate er meer watermoleculen worden vastgelegd, de capaciteit van de scrubber sterk doen verminderen. Bovendien heeft het vastleggen van de watermoleculen een nadelige invloed op de relatieve vochtigheid van de cellucht. Het bevochtigen van de lucht na het passeren van het adsorptievat is daarom gewenst. De scrubber werkt continu met twee adsorptievaten. Na een bepaalde instelperiode vindt regeneratie plaats door verhitte buitenlucht door de scrubber te blazen en de scrubber daarna af te koelen. De omvang van het apparaat is aanzienlijk groter dan van de reeds behandelde scrubbers. De energiekosten zijn vrij hoog, doch bij lage CO₂-gehalten (beneden 3%) is de capaciteit belangrijk groter dan bij de carbonaat- en de actieve-koolscrubbers.

Plasticscrubber

De werking van deze scrubber berust op het verschil in doorlaatbaarheid van een rubber silicoonweefsel voor zuurstof, koolzuur, stikstof en waterdamp. De cellucht wordt door een aantal silicoonpijpen gepompt. Het aantal silicoonpijpen bepaalt de hoeveelheid produkt, die gescrubd kan worden. Door de wanden van de pijpen vindt de uitwisseling plaats. In de directe omgeving van de pijpen wordt de lucht door middel van ventilatoren continu verversd. De capaciteit van het grootste type is nog aanzienlijk kleiner dan die van

de reeds behandelde scrubbers. De energiekosten zijn laag en de bediening kan eenvoudig genoemd worden.

Een nadeel van deze scrubber is dat men niet onder de 3% CO₂ kan komen. In de aanloopperiode zal het CO₂-gehalte vaak tot 10% gaan stijgen vóór het gewenste lagere gehalte wordt bereikt. Een aantal produkten kan dit hoge CO₂-gehalte niet verdragen. Het toepassen van een inertgasgenerator of N₂-inspuiting (zie behandeling generators) zou het bezwaar van het starten bij ca. 10% CO₂ en 10% O₂ kunnen opheffen en de gebruiksmogelijkheid van deze scrubber verhogen.

Ethanolaminescrubber

De werking van deze scrubber berust op fysisch/chemische absorptie. Door de chemische reactie tussen ethanolamine en koolzuur wordt carbonaat gevormd en uit dit carbonaat kan met koolzuur bicarbonaat ontstaan. Bij dat proces is de mogelijkheid voor regeneratie aanwezig. Door de reactieprodukten te verhitten, vallen deze in ethanolamine en koolzuur uiteen, waarna men het koolzuur laat ontwijken. Bij deze scrubber is de investering zeer hoog; ook de onderhoudskosten zijn aanzienlijk. Een verder nadeel van deze scrubber is dat bij het ververset van de ethanolamine het gehele apparaat gedemonsteerd moet worden.

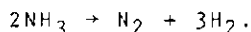
13.2 Inert-gasgeneratoren

Uit de inert-gasgeneratoren voor industriële doeleinden zijn sinds enige tijd gasgeneratoren voor verlaging van zuurstof (O₂) in CA-cellen ontwikkeld. Deze apparaten produceren een gasmengsel met een laag O₂-gehalte en hiermee kan men het O₂-gehalte in een CA-cel binnen enkele dagen van 21% naar 3 à 4% omlaag brengen. Het omlaag brengen van het O₂-gehalte tot de voorgeschreven percentages geeft voordelen bij het begin van de bewaring en maakt een snel herstel van de luchtsamenstelling na tussentijdse inspecties mogelijk.

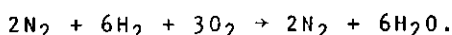
Als men alleen met een scrubber werkt verloopt dit proces minder snel. Zuurstof wordt door de ademhaling van de vruchten verbruikt. Het gevormde koolzuur wordt door de scrubber gebonden. Bij de aanvang, als het produkt in de cel nog fris en actief en vaak onvoldoende is doorgekoeld, verloopt dit proces aanzienlijk sneller dan wanneer het geruime tijd bewaard en doorgekoeld is. Gerekend mag worden dat na de inbreng het O₂-gehalte binnen veertien dagen op peil is; later in het bewaarstizoen is hiervoor wel drie à vier weken nodig. Met een inertgasgenerator kan men deze perioden dus belangrijk bekorten.

NH₃-(ammoniak)-kraker

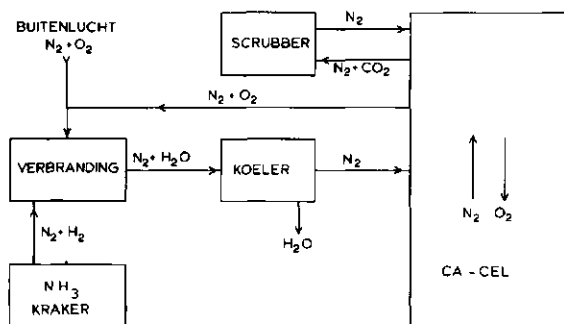
Dit apparaat werkt in twee trappen, waarbij in de eerste trap ammoniak (NH₃) wordt gebruikt. Deze ammoniak wordt bij zeer hoge temperatuur (ca. 900°C) gekraakt in de componenten waterstof en stikstof volgens:



In de tweede trap reageert dit mengsel met zuurstof volgens:



De aangezogen cellucht, waarvan de zuurstof voor de verbranding wordt verbruikt, wordt verrijkt met N_2 , na gekoeld te zijn met water, naar de cel teruggevoerd. Dit gehele proces verloopt vrij snel en, afhankelijk van de belading en de grootte van de cel, brengt het O_2 -gehalte binnen 48 uur op het gewenste peil. De capaciteit is zeer groot, waardoor een groot aantal cellen achter elkaar kunnen worden afgewerkt. Het apparaat is alleen geschikt voor grote projecten.



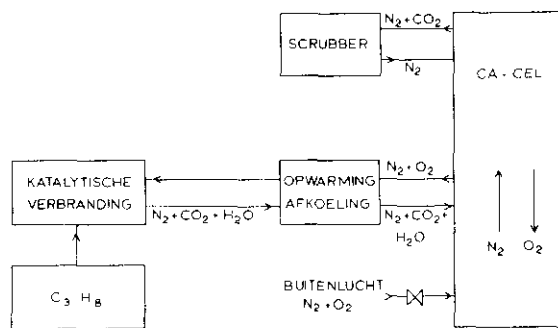
13. Schema van een NH_3 -kraker. Gesloten circuit met toevoer van buitenlucht om onderdruk op te heffen. Scrubber voor de verwijdering van CO_2 ontstaan bij de ademhaling.

Gasbranders

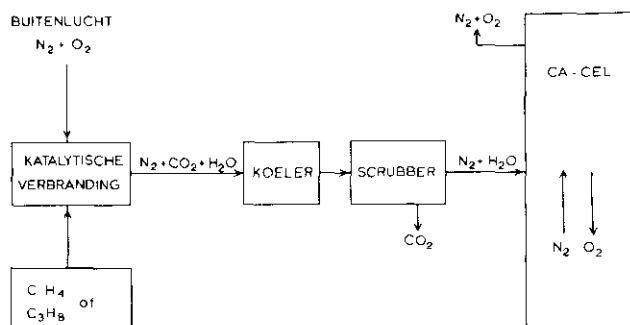
Bij dit systeem wordt een koolwaterstof, bijv. propaan, butaan of aardgas, vaak middels een katalysator verbrand, waarbij zuurstof (uit de lucht) gebonden wordt aan koolstof en waterstof (uit het gas). De toe te voeren zuurstof voor het verbrandingsproces wordt bij het ene fabrikaat brander met lucht uit de cel verkregen, bij het andere uit de buitenlucht. De hete verbrandingsgassen, die voornamelijk bestaan uit stikstof en koolzuurgas, worden met water gekoeld en naar de cel gevoerd. Het koolzuurgas moet met een scrubber worden verwijderd. Het scrubben kan eventueel plaatsvinden voordat de verbrandingsgassen in de cel worden gebracht. Als gevolg van het doorspoelen van de cel met dit stikstofrijke mengsel zal het zuurstofgehalte dalen.

In een praktijkgeval was 25 kg propaan nodig per 100 ton appels om het zuurstofgehalte tot 5% terug te brengen. Bij de gebruikte brander nam het 1½ dag om dit peil te bereiken.

In het verleden zijn bij sommige fabrikaten brander en scrubber tot één eenheid samengebouwd. De mogelijkheden worden dan beperkt doordat het toestel bijv. tijdens het gebruik van de gasbrander niet op andere cellen kan scrubben.



14. Schema van inert-gasgenerator met gesloten circuit. Scrubber gescheiden opgesteld. Toevoer van buitenlucht om onderdruk op te heffen.



15. Schema van inert-gasgenerator met open circuit. Scrubber niet gescheiden opgesteld.

13.3 Stikstofinspuiting

In sommige situaties kan het aantrekkelijk zijn een snelle zuurstofverlaging tot stand te brengen door het inspuiten van vloeibare stikstof. Er is dan geen investering voor een brander nodig van ca. f 20.000,-. De kosten hebben dan alleen betrekking op de N_2 -inspuiting.

In de praktijk bleek er 250 l vloeibare N_2 per 100 m³ celinhoud nodig om het zuurstofgehalte tot 4% terug te brengen. Op een cel van 160 m³ en een warmtewisselaar van 120 m² (voor het verdampen van de stikstof) duurde het proces ca. 3 uren.

De warmteonttrekking die er bij het verdampen van de vloeibare stikstof ontstaat kan voor een deel soms benut worden voor het afkoelen van de cel.

14. Meet- en regelapparatuur

Voor opslag van tuinbouwprodukten in daarvoor speciaal gebouwde ruimten dient men over een uitgebreid instrumentarium te beschikken om volledig geïnformeerd te zijn over het klimaat waarin het produkt verblijft.

Het gaat hier om het meten en regelen van:

- a. de temperatuur;
- b. de luchtvochtigheid;
- c. de luchtsamenstelling.

De nauwkeurigheid waarmee het meet- en regelwerk plaatsvindt is bijzonder belangrijk. De opslaghouder moet hierop kunnen vertrouwen en zich volledig kunnen laten leiden bij de bediening van de installatie. Gesteld kan worden dat de meting de basis is voor elke regeling. Vooral in de nieuw gebouwde grote koelhuizen valt er een tendentie te bespeuren naar een zo ver mogelijk doorgevoerde automatisering van het meten en regelen, zomede van de registratie van de uitgevoerde metingen.

Het motief om te automatiseren vindt zijn grond in de overweging dat bepaalde handelingen, door mensen verricht, beter kunnen worden vervangen door speciaal hiervoor bestemde apparaten. Hierbij kunnen economische, maar ook technische overwegingen een rol spelen en in veel gevallen beide. De belangrijkste overweging hierbij is wel dat men personeel kan uitsparen, in het bijzonder buiten de normale werktijden. Op het eerste gezicht is dit voor velen zelfs de enige overweging en voor degenen die niet technisch georiënteerd zijn is dit ook wel te begrijpen. Men hoort zelfs wel zeggen dat het inbouwen van veel automatisch werkende apparatuur alleen maar gunstig is voor de leverancier, m.a.w. de installatie alleen maar nodeloos duur maakt. Hoewel deze mogelijkheid natuurlijk altijd aanwezig is mag men de zaak toch niet zo stellen, zoals hierna zal blijken.

In een koelhuis gaat het koeltechnisch gezien in de eerste plaats om een zo optimaal mogelijke beheersing van de luchttoestand in de koelruimten. Dit heeft betrekking op temperatuur, luchtvochtigheid, luchtverversing, koolzuurgehalte en zuurstofgehalte. Deze grootheden vertonen ten dele een onderlinge afhankelijkheid. De apparatuur waarmee men invloed kan uitoefenen op deze grootheden bestaat voornamelijk uit de koelinstallatie, ventilatoren en apparaten voor de regeling van de koolzuur-zuurstof toestand.

14.1 Temperatuur

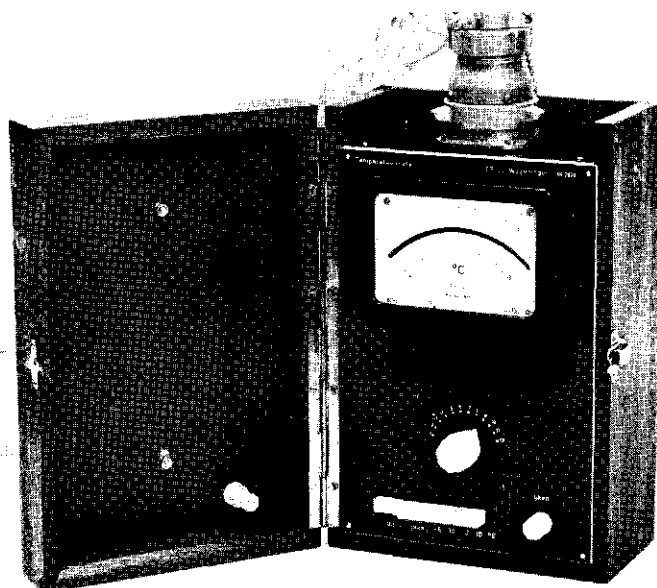
De eenvoudigste en bovendien zeer betrouwbare temperatuurmeting wordt uitgevoerd met een geijkte koelhuisthermometer. Deze kwikthermometer is voorzien van een schaalbereik van bijv. -50°C tot $+20^{\circ}\text{C}$ en een onderverdeling van niet meer dan 0,1 tot 0,2 $^{\circ}\text{C}$. De lengte van de onderverdeling in graden Celsius moet minimaal 8 cm per 10 $^{\circ}\text{C}$ zijn. Dit verhoogt de nauwkeurigheid bij het aflezen van de temperatuur. Ook bij automatische registratie, bijv. de thermograaf, is de kwikthermometer ter controle onmisbaar.

Men mag niet veronderstellen dat een geijkte thermometer betrouwbaar blijft. Ze dient minstens eenmaal in de twee jaar opnieuw te worden geijkt.

Voor grote koelhuizen en CA-cellen wordt de behoefte aan centrale meetapparatuur met eventuele mogelijkheid voor automatische registratie steeds groter. De ontwikkeling van de meettechniek is reeds zo ver gevorderd dat voor dit doel diverse apparaten, o.a. met thermokoppels en halfgeleiders in gebruik zijn. Voordelen van deze apparatuur zijn:

1. men kan op moeilijk te bereiken plaatsen meten;
2. men kan meer meetpunten in één cel onderbrengen;
3. men kan de temperatuur snel aflezen;
4. men kan automatische registratie toepassen;
5. de betrouwbaarheid en bedrijfszekerheid is goed;
6. overschakeling op regeling is mogelijk.

Deze apparatuur, waarvan de temperatuurvoelers op diverse punten in de cel geplaatst kunnen worden en de meetkast op een centraal punt, bijv. de machinekamer, moet ook regelmatig worden gecontroleerd en zonodig worden bijgesteld.



16. Apparatuur voor centrale temperatuurmeting met halfgeleiders.

De regeling van de temperatuur vindt plaats met behulp van een thermostaat in de koelruimte die reageert op de temperatuur van de lucht, en door het sluiten van een contact ervoor zorgt dat de koeler warmte kan onttrekken. De koeler onttrekt echter alleen warmte wanneer de koelinstallatie deze ook kan afvoeren; daarvoor zal de koelmachine van tijd tot tijd ingeschakeld moeten worden.

In de tussengelegen perioden kan een koeler functioneren

als een koude-accu; hoe groter de bufferwerking van de koeler, hoe langer de rustpozen van de koelmachine, maar ook hoe groter de mogelijkheid dat een verdere daling van de temperatuur kan optreden.

Om een homogene verdeling van de temperatuur in een ruimte te krijgen is luchtcirculatie noodzakelijk. Wil men afvoer van warmte mogelijk maken dan moet er een verschil bestaan tussen de temperatuur van de lucht in de koelruimte en de temperatuur van de lucht die vanuit de koeler de ruimte binnentreedt. Hieruit volgt ook direct dat het niet onverschillig is voor het handhaven van het gewenste gemiddelde temperatuurniveau, waar men de thermostaat plaatst en op welk niveau men deze instelt.

De ideale plaats van de thermostaat en thermometer is niet in één algemene regel aan te geven. Deze plaats moet niet zijn in de directe (koude) luchtstroom van de koeler en evenmin op een luwe plaats buiten de luchtcirculatie. Hieruit volgt al dat de beste plaats is op een punt met matige luchtcirculatie. Het verdient aanbeveling met de thermometer op verschillende plaatsen in de koelruimte de temperatuur te meten. Beter nog is het op enkele bijv. drie plaatsen in de ruimte de temperatuur te meten. Centrale temperatuurmeting d.m.v. elektronische apparatuur biedt hiervoor een goede oplossing.

De celtemperatuur wordt met de thermostaat bijgeregeld aan de hand van de meetuitkomsten en niet door te letten op de schaalverdeling die bij sommige fabrikaten op de thermostaat is aangebracht. Deze verdeling is onvoldoende nauwkeurig.

Luchtkoelers werken ontvochtend, m.a.w. vocht slaat neer op het oppervlak. Is de temperatuur hiervan beneden 0°C dan bevriest dit vocht tot rijp. Van tijd tot tijd moet een dergelijke koeler worden ontdooid omdat anders de warmteoverdracht sterk achteruitgaat. Dit ontdooien kan plaatsvinden langs automatische weg op basis van de zuigdruk of van de luchtweerstand in de koeler, of met behulp van een tijd klok.

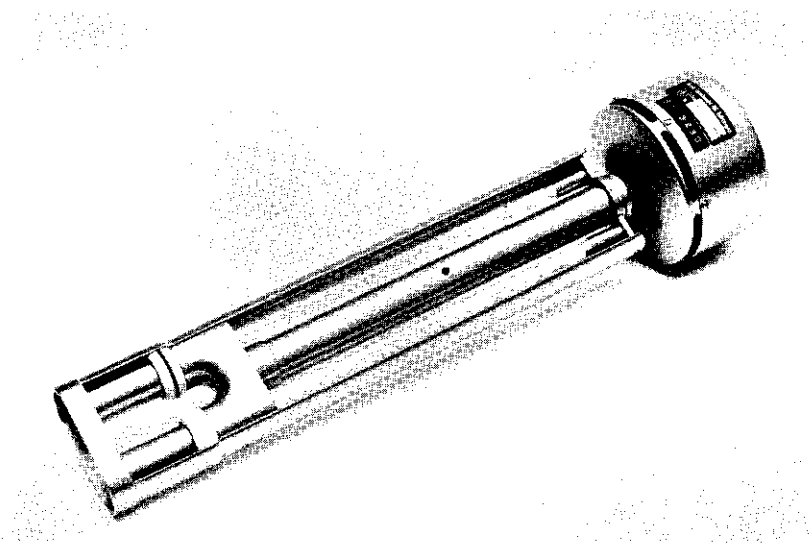
14.2 Luchtvochtigheid

Voor het meten van de relatieve vochtigheid (r.v.) is de Assmann psychrometer, mits voorzien van geijkte thermometers, het standaardapparaat. Door middel van een ventilatortje in het apparaat wordt een constante luchthoeveelheid langs de droge en natte bol gezogen. Door de verdamping die hierbij optreedt ontstaat een verschil in temperatuur tussen beide thermometers, waarmee met behulp van een tabel de r.v. direct in procenten is af te lezen.

Een eenvoudiger maar minder nauwkeurig instrument is de droge- en natte-bolthermometer. Deze werkt volgens hetzelfde principe als hierboven is aangegeven, doch met dit verschil dat geen constante luchtstroom langs beide kwikbollen wordt gezogen. Om de nauwkeurigheid zo dicht mogelijk te benaderen is het belangrijk dat beide thermometers zijn geijkt en een schaalverdeling van maximaal $0,2^{\circ}\text{C}$ hebben.

Ook worden nog veel hygrometers gebruikt. Er zijn twee typen in omloop, nl. de niet- en de wel schrijvende hygrometer.

Van beide apparaten is de niet-schrijvende hygrometer het minst betrouwbaar. Deze ontregelt vrij snel en is daardoor voor ons doel minder geschikt. De zelfregistrerende hygrometer ontregelt minder snel, maar moet toch regelmatig met het standaardapparaat op nauwkeurigheid worden getest en bijgesteld.



17. Assmann psychrometer.

Het regelen van de luchtvochtigheid is een veel ingewikkelder zaak dan het regelen van de temperatuur. De luchtvochtigheid wordt nl. mede bepaald door de temperatuur waarop een koeler werkt. Naarmate deze een lagere temperatuur heeft kan de koeler sterker ontvochtend werken. Wil deze toch voldoende warmte kunnen onttrekken aan de koelruimte, dan zal deze een voldoende groot oppervlak moeten hebben om bij een toelaatbare ontvochting toch voldoende capaciteit te bezitten. Hoe sterker de luchtbeweging in een cel hoe sterker de ontvochtende werking op het produkt. Meestal worden de ventilatoren daarom automatisch stopgezet zodra de thermostaat aangeeft dat de gewenste temperatuur is bereikt. Tijdens het inkoelen en ook als er veel extra vocht in een koelruimte is binnengebracht, verdient het aanbeveling de ventilatoren continu te laten werken.

De temperatuur van het koellichaam is mede bepalend voor de mate waarin ontvochting van de lucht kan optreden. De temperatuur van de koeler wordt op zijn beurt echter bepaald door de temperatuur van de inhoud. In het geval van pekeldient dus de pekelt temperatuur automatisch te worden geregeld. Moeilijker ligt de zaak wanneer zich in de koeler een verdampende vloeistof bevindt. In dat geval spelen ook andere factoren een rol, zoals de vulling van de koeler en de snelheid waarmee het verdampende koelmedium wordt afgezogen.

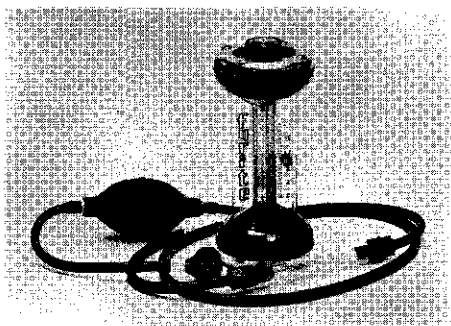
14.3 Luchtsamenstelling

Voor het meten van koolzuurgas (CO_2) en zuurstof (O_2) is verschillende apparatuur beschikbaar. Zo zijn er Orsat-apparaten waarmee volumetrische metingen worden verricht. Ze kunnen bestaan uit afzonderlijke reservoirs voor kaliloog en pyrogallol benevens een buret met schaalverdeling waarop de meetuitkomsten worden afgelezen (merken o.a. Van Doorn en Maihak). Een monster lucht wordt genomen waaruit eerst het CO_2 wordt gebonden aan het kaliloog; daarna wordt van hetzelfde luchtmonster het O_2 bepaald door dit door de pyrogallol te binden.

De uitvoering van deze bepalingen vraagt grote nauwkeurigheid en een zekere routine. De metingen met dit type Orsat-toestellen nemen bovendien vrij veel tijd in beslag.

Er is ook een ander type gasanalysetoestel, dat ook volgens het volumetrische principe werkt, nl. 'Fyrite'. Voor het meten van CO_2 en O_2 zijn daarvan twee afzonderlijke toestellen nodig. De bediening ervan is veel eenvoudiger. Voor CO_2 -meten voldoet dit goed, maar dat voor de O_2 -bepaling is onvoldoende nauwkeurig.

18. Meter voor koolzuurgasbepaling (volumetrisch).

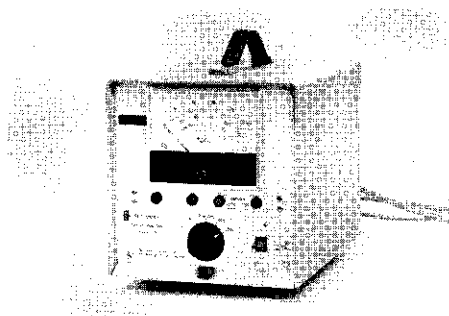


Voor alleen O_2 -bepalingen gebruikt men ook apparaten die op het verschil in elektrische weerstand van gassen werken. De bedrijfszekerheid is goed, mits men eenmaal per week het apparaat met zuivere stikstof (N_2) ijkt. Het is niet noodzakelijk om deze apparatuur een vaste opstelling te geven, maar door de temperatuurgevoeligheid is het gewenst om ze onder dezelfde temperatuurcondities te houden.

De regeling van het koolzuurpercentage. De grenzen waarbinnen het koolzuurgehalte mag variëren zijn meer of minder ruim, afhankelijk van het produkt. Belangrijk is echter dat het niet te hoog mag oplopen. In dat geval dient het surplus middels ventilatie of door een scrubber te worden verwijderd al naar het systeem van bewaring dat men toepast.

De regeling van het zuurstofpercentage. Ook hierbij kunnen de grenzen waarbinnen dit mag variëren lager of hoger zijn,

afhankelijk van het produkt. Belangrijk is hier vooral dat het niet te laag daalt. In dat geval moet buitenlucht worden toegevoerd, hetgeen kan worden geautomatiseerd. Het is ook mogelijk dat koolzuur- en zuurstofpercentage worden geregeld onder automatische inschakeling van een gasgenerator.



19. Meter voor zuurstofbepaling.

De regeling van de luchtverversing stelt geen hoge eisen aan de grenzen waarbinnen dit moet plaatsvinden, zolang het om gewone bewaring gaat. Het is normaal, wanneer dit met hand-geregelde kleppen wordt gedaan. Anders ligt dit voor een ruimte met gecontroleerde atmosfeer. In dat geval is de behoefte aan verse lucht afhankelijk van de koolzuur - zuurstofconcentratie. Dit kan worden geautomatiseerd.

15. Beveiliging en zekerheid

Automatisering van een koelhuis geeft zekerheid tegenover de gebruikers dat het klimaat dat men levert aan de hoogste voorwaarden voldoet. Automatisch werkende apparatuur verschaft grotere zekerheid dan regeling met de hand. Ze dient dan wel gecompleteerd te worden door automatische registratie van die grootheden, die voor een goede bewaring van de produkten essentieel zijn.

Het is echter duidelijk dat menselijk toezicht op het goed en veilig functioneren van de automatisch werkende regel- en meetapparatuur niet kan worden gemist, al was het alleen maar om correcties aan te brengen daar waar dit nodig blijkt te zijn.

Beveiliging van het klimaat. Behalve een regeling van de hiervoor genoemde factoren die de toestand van de lucht in de koelruimte bepalen, zal men ook een waarborg nodig hebben tegen het eventuele weigeren van de hierbij noodzakelijke automatische apparatuur. In de praktijk betekent dit een waakthermostaat in elke koelruimte, die ca. 1°C lager wordt ingesteld dan de normaal toelaatbare temperatuur.

Inschakeling van bevochtigingsapparatuur bij daling van

de luchtvochtigheid leidt niet tot een bevredigende situatie. Indien een dergelijke toestand optreedt zou reeds in een veel vroeger stadium geconstateerd moeten zijn dat de afstelling van de koelinstallatie herziening behoeft. In rijpingscellen voor bijv. bananen maakt men wel met succes gebruik van bevochtigers in de lucht, die dan tevens wordt opgewarmd.

Beveiliging tegen ontoelaatbare zuurstof- en/of koolzuurconcentraties is in principe mogelijk, doch wordt tot nu toe nog niet toegepast.

Beveiliging van de installatie. Hoe meer een installatie wordt geautomatiseerd hoe meer mogelijkheden er zijn dat storingen kunnen optreden die tot gevaarlijke situaties aanleiding kunnen geven. Automatische beveiligingen tegen doorbranden van motoren, tegen het uitvallen van waterpompen, tegen te hoge condensordrukken en dergelijke mogen onder geen voorwaarde achterwege blijven. Beveiligingsapparatuur dient zodanig geconstrueerd te zijn dat na het in werking treden de betreffende installatie niet meer automatisch opnieuw kan worden ingeschakeld. Van de zijde der elektriciteitsbedrijven worden soms extra zekerheden geëist in de vorm van 0-spanningsbeveiligingen. Deze zorgen ervoor dat bij het uitvallen van grote installaties door stroomonderbreking geen automatische herinschakeling plaatsvindt.

Beveiliging van personen. De personen die in het koelhuis werkzaam zijn behoren te worden beschermd tegen de risico's van de bedrijfsuitoefening. Het is een eerste eis de elektrische installaties goed geaard zijn. Provisorische voorzieningen door middel van losse elektriciteitskabels, resp. looplampen moeten in de veelal vochtige cellen en gangen zoveel mogelijk worden vermeden.

Bij het openmaken van een CA-cel zal men met het betreden van deze ruimte dienen te wachten tot het zuurstofgehalte voldoende op peil is, hetgeen door meting kan worden vastgesteld. Het binnengaan van afgesloten CA-cellen voor controle-doeleinden door personen die een gasmasker dragen moet sterk worden ontraden.



20. Heftruck met beveiliging tegen vallende kisten.

De heftruckchauffeur moet beveiligd zijn tegen vallende kisten. Daartoe behoort boven het hoofd van de chauffeur een stevig stalen frame op de heftruck aanwezig te zijn.

Koelceldeuren moeten te allen tijde ook van binnen uit te openen zijn. Deuren, die met behulp van perslucht geopend en gesloten kunnen worden, moeten ook met de hand te bedienen zijn.

15.1 Bedrijfszekerheid

Bij installaties kunnen storingen optreden. Het uitvallen van de koeling kan, vooral tijdens het vullen van de cellen, voor het produkt schadelijke gevolgen hebben. Het is daarom aan te raden zó te installeren dat bij een defect aan een compressor of motor, een andere eenheid de taak kan overnemen.

Enkele koelmedia, o.a. NH_3 , geven beschadiging aan de produkten wanneer zij hiermede in aanraking komen. Dit kan zich voordoen bij lekkages of breuk in de gedeelten van het koelsysteem die zich binnen de opslagruimte bevinden. Bij de tegenwoordige fabricageprocessen is de kans op breuk in de leiding en de verdamper echter zeer klein geworden. Als bovendien de regelapparatuur zoveel mogelijk buiten de opslagruimte wordt gehouden is het gevaar van schade door lekkage vrijwel te verwaarlozen. Een en ander heft het bezwaar tegen de toepassing van 'gevaarlijke' koelmiddelen als NH_3 vrijwel op.

In CA-ruimten die als gewone koelruimte worden gebruikt kan het CO_2 -gehalte te hoog oplopen. Bij opslag van groenten en fruit die geen hoger CO_2 -gehalte dan 1-2% kunnen verdragen moet geventileerd worden. In dat geval behoort er een ventilatiemogelijkheid te zijn van vijf maal de ruimteinhoud per etmaal. In de weinige extern gekoelde CA-ruimten zijn er bijzondere problemen wegens het doorgaans ontbreken van geforceerde luchtcirculatie en een hoge r.v. Deze beide factoren betekenen dat er bij het gebruik als gewone koelcel voor vele produkten het gevaar van schimmelgroei ontstaat. Voor de opslag van produkten die een wat lagere r.v. vragen zoals bijv. uien, is dit type ruimte ongeschikt. Zonder geforceerde luchtbeweging verloopt het afkoelproces betrekkelijk langzaam.

Automatische regeling van de CO_2 - en O_2 -gehalten kan bijdragen in de gelijkmatigheid van het bewaarklimaat. Regeling van de temperatuur met een beveiliging tegen het optreden van te lage temperaturen is noodzakelijk.

Centrale meet- en registreerinstallaties voor het vastleggen van de bewaaromstandigheden geven een inzicht in het bedrijfsgebeuren en kunnen gebruikt worden als bewijsvoering ten aanzien van hetgeen zich heeft voorgedaan. Het is echter duidelijk dat met de uitbreiding van de apparatuur de kansen op storingen toenemen. Persoonlijk toezicht kan daarom nimmer gemist worden om tijdig te kunnen ingrijpen in geval er storingen mochten optreden. Overigens is de mogelijkheid aanwezig zich tegen de financiële gevolgen van machinebreuk en defecten aan de apparatuur te verzekeren (de zgn. koelschadeverzekering).

16. Fust en verpakking

Met uitzondering van enkele produkten als aardappelen, uien, witlof, wortelen, heeft opslag steeds plaats in de een of andere verpakking. De functie van het fust is het produkt in hanteerbare eenheden te bundelen en het produkt te beschermen tegen mechanische beschadiging en ongewenste klimaatsinvloeden. Dit laatste houdt in dat de verpakking de koeling niet mag belemmeren, evenmin als de uitwisseling van ademhalingsprodukten (CO_2 en H_2O) en O_2 .

Hier openbaart zich een tegenstrijdigheid die alleen op basis van een compromis opgelost kan worden. Een snelle afkoeling, kleine verschillen tussen celklimaat en produktomstandigheden eisen een open fust en kleine afmetingen. Mechanisch transport, de wens naar bescherming en het voorkomen van indrogen duiden in de richting van grote afmetingen en dichte verpakking. Door middel van een doelmatige luchtcirculatie is het echter mogelijk om de ene of de andere functie van het fust meer naar voren te halen.

In een matig open fust kan bij lage luchtsnelheden een redelijke bescherming van het produkt tegen uitdroging en een redelijke temperatuurverdeling worden bereikt; bij hoge luchtsnelheden neemt de ventilatie door het fust heen sterk toe en kan een aannemelijke afkoelsnelheid worden gehaald. Fustconstructie en stapelpatroon spelen hierbij een grote rol. Om een goede ruimtebenutting te verkrijgen zal het fust gewoonlijk de kubusvorm benaderen. Praktische redenen — de aanpassing aan bestaande transportmiddelen zoals stapelborden, vrachtwagens, containers, spoorwagens enz. — bepalen de lengte-, breedte- en hoogteafmetingen. De voorkeur zou moeten uitgaan naar maten, die passen in de gebruikelijke systemen (stapelborden: 80x120 cm, 100x120 cm, Unicube). Gunstig is een fustvorm, die een luchtbeweging langs alle kanten in verticale en horizontale richting mogelijk maakt. Dit heeft echter enig ruimteverlies tot gevolg en vraagt een versterkte constructie voor de hogere belasting van de steunpunten. Toepassing van stapelborden of stapelkisten in het koelhuis leidt tot belangrijke arbeidsbesparingen *). Dit is slechts één aspect. Een niet minder belangrijk aspect is dat de snelheid van werken ten zeerste wordt verhoogd. Vooral bij de inslag van sterk bederfelijke produkten is dit een niet te onderschatten voordeel.

16.1 Materialen

Houten fust wordt bij de opslag van tuinbouwprodukten in koelhuizen op grote schaal gebruikt. Dit fust laat zich, als de constructie voldoende stevig is, goed stapelen en is minder geschikt voor dit doel. Hoewel karton door bepaalde be-

*) 'Stapelkisten en stapelborden in de fruitteelt'
'Stapelkisten in de fruitteelt'
Verslagen 'Werkgroep Stapelkisten in de Fruitteelt'

handelingen een grotere vochtbestendigheid kan krijgen is dit materiaal bij langdurige opslag veelal niet bestand tegen de hoge luchtvochtigheid in het koelhuis. Er zullen dan verwekingsverschijnselen optreden met het daaraan verbonden risico van ineenzakken van de stapels. In toenemende mate gaat men de laatste tijd over tot het gebruik van kunststof fust voor tuinbouwprodukten. Het meermalige fust bestaat dan in de meeste gevallen uit polyetheen; als eenmalig fust wordt voor bepaalde produkten geschuimd polystyreen toegepast. Voor opslag in koelhuizen zijn deze materialen bij voldoende stevigheid zeer geschikt. Bij de constructie ervan dient men wel rekening te houden met optimale mogelijkheden van warmteuitwisseling.

Het fust zal in een aantal gevallen ook dienen als omverpakking voor tuinbouwprodukten die op de een of andere manier zijn kleinverpakt in eenheden van bijv. $\frac{1}{2}$ à 1 kg. Bij toepassing van gesloten verpakkingen van kunststoffolie — de gewone plastic (polyetheen) zak wordt hiervoor op grote schaal gebruikt — moet ernstig rekening worden gehouden met condensatie van waterdamp. Bij koeling zal condensvorming optreden tegen de binnenzijde van het materiaal waardoor dit ondoorzichtig wordt. Het perforeren van de folie biedt hiervoor geen oplossing. De enige werkelijk afdoende oplossing van dit probleem is het produkt eerst af te koelen en daarna te verpakken.

16.2 Volumegewichten

De warmtebelasting van een kogcel wordt mede bepaald door de hoeveelheid produkt die per m^3 kan worden opgeslagen. Deze hoeveelheid hangt af van de soort produkt en van de verpakking die ervoor wordt gebruikt. In tabel 8 zijn de volume-gewichten van een aantal produkten opgenomen, zowel verpakt als losgestort.

Tabel 8. Volumegewichten van produkten in kisten en losgestort.

produkt	groentekist 60x35x25 cm 0,046 m^3	stapelkist *) 100x120x75 cm = 0,6653 m^3 (inw. 60 cm)	gestort per m^3
	kg	kg	kg
aardappel	25	425	650
andijvie	8	120	200
augurk BC	20	375	560
boon	12	250	400
knolselderij	15	300	450
kool, bloemkool	10	250	380
sluitkool		300	450
spruitkool	15	280	420
kroot	20	400	600
komkommer	20	400	600
prei	12	250	400

vervolg tabel 8

produkt	groentekist 60x35x25 cm 0,046 m ³	stapelkist 100x120x75 cm = 0,6653 m ³ (inw. 60 cm)	gestort per m ³
	kg	kg	kg
postelein	8	-	-
sla	8	120	200
spinazie	8	120	200
tomaat	20	-	560
ui	20	375	550-600
wortel	20	375	500
witlofwortel	12	250	400
appel	15-16	300-340	500
peer	20	400	600

*) Bij de berekening is uitgegaan van een kist met gestandaardiseerde bodemafmetingen. In de praktijk komen diverse afmetingen voor.

17. Stapeling

Er is reeds gewezen op de rol van de stapeling voor een gelijkmatig koelcelklimaat. Het is echter tevens de factor die het meest kwetsbaar is. Gebrek aan overleg en zorgvuldigheid bij de stapeling wreken zich door versnelde kwaliteitsachteruitgang. Op dit punt komt de deskundigheid van de koelhuischef duidelijk naar voren.

Door middel van een op de vloer geschilderd patroon kan een goede richtlijn worden gegeven. Stapeling in brede, dubbele rijen voor losse dozen of kisten is uit stabiliteitsoverwegingen en uit ventilatie-oogpunt gunstig, doch kan bezwaarlijk zijn in verband met mechanisch transport. Luchtspleten van 5 cm (bij geleide) tot 10 cm (bij vrije luchtbeweging) zijn noodzakelijk om de nodige luchtcirculatie te verkrijgen. Langs de wanden worden iets grotere luchtspleten aangehouden. Stapelkisten worden bij vrije luchtcirculatie vrij neergezet met 10 cm spleten in de hoofdluchtcirculatie en 5 cm dwars erop. Bij geleide circulatie bijv. met drukwanden moet de stapeling nauw aansluitend zijn in de hoofdventilatie-richting.

In een gedeeltelijk gevulde cel is het moeilijk om een goede luchtverdeling in de stapeling te bereiken. In het algemeen zal de luchtdoorstroming van de stapeling slechter worden met als gevolg een grotere spreiding van het celklimaat dan in een gevulde cel. Hoge temperaturen hebben een snelle afleving van het produkt tot gevolg en kunnen bij gevoelige produkten ook een sterke uitdroging teweegbrengen.

Wanneer snelle afkoeling is vereist moet door het vormen van luchtkanalen door de stapel of door verhoogde luchtsnelheden een compromis tussen de mindere ruimtebenutting en het

vergroten van luchtcirculatie en koelcapaciteit worden gezocht.



21. Koelcel met op de vloer geschilderd patroon voor de stapeling.

17.1 Los gestort produkt

In koelhuizen komt het slechts bij hoge uitzondering voor dat de produkten los in de cellen worden gestort. In luchtgekoelde bewaarplaatsen daarentegen wordt dit systeem nog op vrij grote schaal toegepast voor bijv. aardappelen en uien. De luchtcirculatie dient bij losgestorte bewaring aangepast te zijn bij deze wijze van stapeling. De circulatie dient verticaal door de stapel plaats te vinden. De stapelhoogte is voor aardappelen en uien maximaal 3,5 m. Voor het beladen van cellen met losgestort produkt (aardappelen, uien etc.) gebruikt men transportbanden die op een onderstel met wielen zijn gemonteerd en die een zwenkbaar uiteinde bezitten. De helling van de band is verstelbaar zodat op verschillende hoogten kan worden gestort. Voor het lossen is in luchtgekoelde bewaarplaatsen dikwijls een transportband in gebruik, die in het ventilatiekanaal wordt geschoven, een zogenaamde 'onderlosser'. Door telkens een afdekplankje van het kanaal te verwijderen is de toevoer naar de afvoerband te regelen.

17.2 Klein fust

Meermalige fruit- of groentekisten kunnen zonder veel arbeidsinspanning in stapels van zes à zeven (afhankelijk van de hoogte van de kist) met een klemsteekwagen worden verplaatst. Het stapelen van deze kisten in het koelhuis kan geschieden met een kistenstapelaar. Bij deze methode van werken wordt eerst een stapel van zes à zeven kisten op de bestemde plaats in de cel neergezet. Met de kistenstapelaar wordt vervolgens in één beweging een tweede stapel van zes à zeven kisten opgenomen en op de eerste stapel geplaatst. Hoewel in de praktijk in een fruitkoelhuis soms wel zestien fruitkisten (à 31 cm hoog) op elkaar worden gestapeld, geeft bij toepassing van een stapelaar een hoogte van twaalf kisten (= 3,72 m) de meest efficiënte werkwijze. Doordat de groentekist 25 cm hoog is, kan hiermede worden gewerkt met 2x7 kisten.

Kartonnen fust laat gewoonlijk geen hogere stapeling toe dan twee meter. Voor het vervoer van dozen met een klemsteekwagen moeten houten vlondertjes worden toegepast onder de stapel dozen. Hierdoor komt de onderste doos zodanig vrij van de grond, dat de klemmen van de steekwagen onder de last kunnen worden gebracht. De klemsteekwagens en de kistenstapelaar komen als hulpmiddelen bij het stapelen alleen nog maar in aanmerking voor kleinere koelhuizen. Voor een koelhuis van enige omvang is al spoedig stapeling in grotere eenheden noodzakelijk. Dit kan voor zover men klein fust wenst te gebruiken, worden bereikt door toepassing van stapelborden (pallets). Een andere oplossing voor het werken met grotere eenheden vormt de stapelkist.

17.3 Stapelborden

Onder een stapelbord of pallet verstaat men een verplaatsbare vloer, steunend op balken, klossen of pootjes, die met behulp van speciale hefapparatuur kan worden vervoerd. Het plaatsen van de normale handelsverpakking op een stapelbord vindt meer en meer ingang. Verpakkingen die zelf onvoldoende draagvermogen bezitten, zoals karton, kunnen eveneens met behulp van stapelborden voorzien van zelfdragende opstanden tot grote hoogten worden gestapeld.

Stapelborden geven een horizontale versteviging in het daarop geplaatste fust en kunnen tot gelijke hoogten leiden als bij het gebruik van stapelkisten, mits het fust uniform van constructie is en ordelijk is gestapeld. Om zonder veel moeite een stapelbord te laden moet het fust niet hoger dan circa 1,50 m worden opgetast. De totale hoogte van de last bedraagt dan inclusief het stapelbord circa 1,65 m. Wat de hoogte betreft van het stapelen met beladen pallets is in de praktijk gebleken dat maximaal vijf pallets op elkaar kunnen worden geplaatst.

17.4 Stapelkisten

De stapelkist zoals die in de land- en tuinbouw wordt gebruikt is een rechthoekige houten bak waarvan de onderzijde uit een stapelbord bestaat. Stapelkisten kunnen dus op dezelfde wijze als stapelborden worden vervoerd. Het gebruik van stapelkisten zal in de toekomst toenemen en bij de nieuw te bouwen koelhuisruimte zal hiermede terdege rekening moeten worden gehouden. Dit geldt niet alleen voor appels en aardappelen, maar ook voor tal van andere produkten. De voor elk produkt toelaatbare laagdikte is hierbij een belangrijke factor. Een voorlopige aanbeveling hiervoor is gegeven in de volgende lijst.

aardappelen, uien, krotten, sluitkool, knolselderij, koolrapen	laagdikte	100 cm
peen	"	75 cm
appelen, sinaasappelen, citroenen	"	60 cm
doperwten, bonen, tomaten	"	40 cm



22. Koelcel met stapelkisten.

De stapelkist vraagt geen speciale voorzieningen ten aanzien van ventilatie, mits het aangebouwde pallet ventilatiemogelijkheden geeft voor de daaronder geplaatste stapelkist.

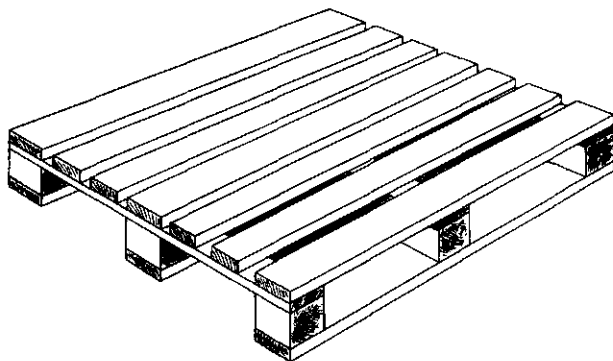
Wel dienen onderin de kist spleten aanwezig te zijn waardoor het water snel in en uit kan stromen wanneer deze kisten onder water worden geledigd.

Plaatsing van stapelkisten in een koelhuis geschiedt met een vorkheftruck. De daarvoor noodzakelijke speelruimte van 5-10 cm aan weerszijden van de stapels is tevens een garantie voor een doelmatige luchtcirculatie.

Een bruikbare vrije stapelhoogte tussen bovenkant vloer en onderkant plafond mag op ca. 7,50 m worden gesteld, waarbij minstens 10% van de stapelhoogte aan vrije ruimte tussen bovenkant stapelkist en onderkant plafond dient te resteren.

17.5 Afmetingen en prijzen

Het nuttig effect van stapelkisten en stapelborden is het grootst wanneer ze dezelfde afmetingen bezitten. Daardoor kunnen ze elkaars plaats innemen op het grondvlak en kunnen de stapelborden eventueel bovenop de stapelkisten worden geplaatst. Stapelborden hebben het grootste effect indien ze uitwisselbaar zijn tegen die van anderen. De bodemafmetingen van stapelborden en stapelkisten dienen hiertoe gestandaardiseerd te zijn op bij voorkeur 100x120 cm en de constructie zodanig dat ze van vier zijden kunnen worden opgenomen (= vierwegpallet). De uitvoering van het stapelbord moet zo zijn dat het bovengeplaatste gewicht zo gelijkmatig mogelijk over de onderliggende verpakkingseenheden wordt verdeeld. Bovendien moet bij de constructie rekening zijn gehouden met het gebruik van handpallettrucks. Hiervoor bestaan standaardconstructies, waarvan de tekening een voorbeeld geeft.



23. Stapelbord.

Het behoeft geen betoog dat het van groot belang is dat de bodemafmetingen van het te gebruiken fust aansluiten bij de afmetingen van de pallets. In internationaal verband is men reeds gekomen tot een aantal genormaliseerde fustafmetingen. Dit betreft fust met de volgende gestandaardiseerde bodemafmetingen:

60x40 cm	50x30 cm
50x40 cm	40x30 cm

Deze afmetingen hebben alle betrekking op de maximale buiten werkse maten met een tolerantie van 1 cm naar beneden. Voor de pallets 100x120 cm en 80x120 cm is de ruimtebenutting bij gebruik van fust met bovenstaande bodemafmetingen als volgt:

Tabel 9. Ruimtebenutting pallets

bodem- afmetingen fust	ruimtebenutting in %	
	pallets	
	100x120 cm	80x120 cm
60x40 cm	100	100
50x40 cm	100	83,4
50x30 cm	100	93,7
40x30 cm	100	100

Uitgaande van de wetenschap, dat menselijke arbeid in de toekomst meer en meer vervangen zal moeten worden door mechanische hulpmiddelen en rekening houdend met de vrij belangrijke investeringen die gemoeid zijn met de aanschaffing van stapelborden, stapelkisten, meermalig koelhuisfust en de daarbij noodzakelijke mechanische apparatuur, zou het verkeerd zijn door te blijven werken op de sedert lang bestaande eigen fustafmetingen. Ook de afmetingen van de koelruimten dienen te worden afgestemd op het gebruik van gestandaardiseerd materiaal. Hieronder volgen enige richtprijzen voor stapelborden, stapelkisten en ander fust.

Vierwegs houten stapelbord	100x120 cm	f 25,-
Vierwegs houten stapelkist	100x120x60 cm	f 60,-
Meermalige houten kist	60x 40x30 cm	f 4,-
" " "	50x 40x30 cm	f 3,50
" " "	50x 30x30 cm	f 2,50
" " "	40x 30x15 cm	f 1,50

18. Intern transport

Onder intern transport verstaat men het transport binnen het eigen bedrijf. Bij een koelhuis omvat dit het lossen van het aangevoerde produkt, het vervoer naar de opslagruimte en het stapelen. Als het produkt nadat de bewaartermijn is verstreken moet worden geruimd heeft veelal transport in omgekeerde richting plaats. Het kan echter ook zijn dat dan transport naar een andere afdeling van het bedrijf volgt, bijv. naar de sorteer- en pakafdeling.

Het is duidelijk dat men bij het te verrichten transport zal moeten trachten om waar dat maar mogelijk is menselijke arbeid uit te schakelen. Menselijke arbeid is schaars en duur en bovendien zullen steeds minder mensen tot het verrichten van zware lichamelijke arbeid bereid zijn. Mechanisatie van het interne transport is daarom ook in het koel-

huis noodzakelijk. Afhankelijk van de te kiezen hulpmiddelen kan deze mechanisatie meer of minder ver worden doorgevoerd. Er kunnen besparingen door ontstaan en het werk zal er stellig door worden vergemakkelijkt. Een bijkomend voordeel is dat mechanisatie van het interne transport in de meeste gevallen minder beschadiging van het produkt tot gevolg heeft.

18.1 Hulpmiddelen

Het is alweer vele jaren geleden dat de toepassing van de kistenheffer een aanmerkelijke verlichting betekende van de te verrichten stapelarbeid. Met deze kistenheffer werd een aantal kisten omhoog gebracht; ze moesten daarna echter nog stuk voor stuk met de hand op de stapel worden geplaatst. Niet lang daarna verscheen de kistenstapelaar waarmee een aantal van zes of zeven fruit- of groentekisten tegelijk op de reeds aanwezige kisten kon worden neergezet. De grootste bijdrage tot de mechanisatie van het transport in de koelhuizen werd geleverd door de introductie van de heftruck. Zonder deze transport- respectievelijk hefwerktuigen zou het werk in de hedendaagse grote koelhuizen nauwelijks uitvoerbaar zijn.



24. Kistenstapelaar.

De hulpmiddelen die men gebruikt voor het stapelen van losgestort produkt en niet gepallettiseerde kleine kisten bestaan in hoofdzaak uit:

- transportbanden
- klemsteekwagens
- kistenstapelaars.

Het gebruik ervan is in de vorige paragrafen reeds omschreven.

Hulpmiddelen voor het transport van gepallettiseerde kleine kisten en stapelkisten zijn:

- heftrucks
- pallettrucks
- palletwagens.

In de volgende paragraaf zullen deze transportmiddelen aan een nadere beschouwing worden onderworpen.

Voor de aan- en afvoer van produkten naar en van het koelhuis kan het van belang zijn dat op perronhoogte wordt gebouwd. In dat geval zijn laadperrons aanwezig waaraan de te laden of te lossen voertuigen worden geplaatst. Om het hoogteverschil tussen het voertuig en het laadperron te overbruggen maakt men soms gebruik van aan het perron bevestigde scharnierende stalen platen (inrijplaten).

Grote koelhuisen met gemechaniseerd intern transport door middel van heftrucks zullen als regel gelijkvloers worden gebouwd. Een tussenoplossing vormt eventueel nog een over een bepaalde afstand verdiepte rijvloer. Voor het laden en lossen van voertuigen met niet gepallettiseerd fust kan een verrijdbare laadbrug worden toegepast. Door deze laadbrug kan een persoon met een beladen klemsteekwagen tot het niveau van de laadbak van het voertuig worden opgeheven.

18.2 Heftrucks

Voor het transporteren en stapelen van stapelborden en stapelkisten wordt meestal de vorkheftruck toegepast. De heftrucks en in mindere mate de hierna te bespreken 'reach-trucks' bewijzen hun diensten, zowel voor het verticale transport (stapelen) als voor de aan- en afvoer van het produkt over een wat langere afstand. Er moet echter wel aan worden gedacht dat ook de heftruck in feite een werktuig is om mee te heffen. Als de aan- en afvoerweg langer is dan 100 m dient daarvoor een ander vervoermiddel dan een heftruck te worden ingeschakeld.

Een heftruck, bijzonder geschikt voor het stapelen in smalle gangen, is de zogenaamde 'reach-truck'. De zitplaats van de bestuurder is bij deze truck dwars op de rijrichting aangebracht, zodat de bestuurder zowel bij vooruit- als achteruitrijden een goed zicht in de rijrichting heeft. Bij dit type heftruck kan het hefframe langs geleiderails hydraulisch naar voren worden geschoven zodat de last, evenals bij een vrijdragende heftruck, vóór de wielarmen kan worden opgenomen of neergezet.

Voor het verplaatsen van stapelborden of stapelkisten over

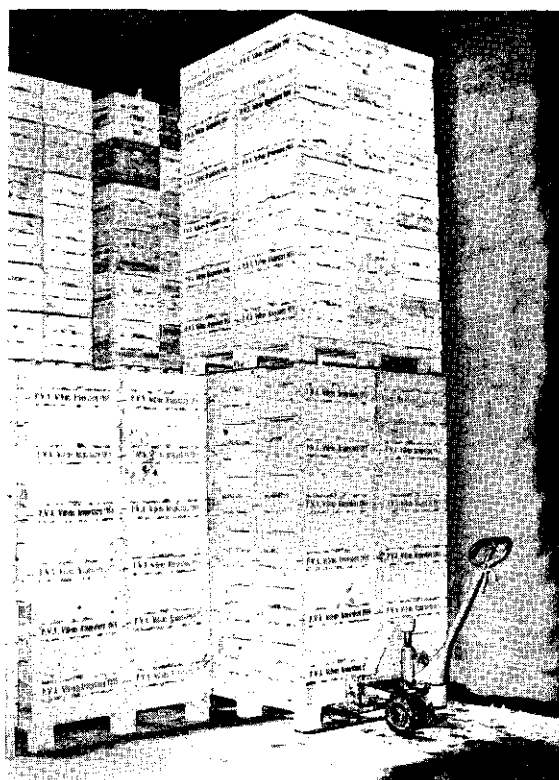
een wat langere afstand kunnen gemotoriseerde pallettrucks worden toegepast. Voor transport over korte afstanden is een handpallettruck een onmisbaar attribuut.



25. Reachtruck voor stapelen in smalle gangen.

Vorkheftrucks zijn leverbaar in vele merken en typen. Tot de meest courante typen behoren die met een hefvermogen van 1, 1½ en 2 ton. Voor een koelhuis is een elektrisch aangedreven heftruck het best geschikt. Trucks uitgerust met verbrandingsmotoren komen voor het gebruik in een gesloten ruimte nauwelijks in aanmerking (uitlaatgassen). Bij de keuze van de heftruck is het hefvermogen uitgangspunt. In een fruitkoelhuis dient men er rekening mee te houden dat het volumegewicht van peren groter is dan dat van appels.

Bij de bepaling van de hefkracht moet tevens de hefhoogte in aanmerking worden genomen. De stapelhoogte van het produkt is hiervoor de bepalende factor. Als regel zal met stapelborden maximaal 4-hoog worden gestapeld; met stapelkisten maximaal 10-hoog. Bij gebruik van stapelkisten zullen gewoonlijk twee kisten tegelijk worden verplaatst. Een grotere hefhoogte eist een truck met een groter hefvermogen. Bij een maximale stapelhoogte zal in een fruitkoelhuis een truck met een hefvermogen van omstreeks 1½ ton nodig zijn.



26. Handpallettruck.

Tabel 10. Gewichten van beladen stapelborden en stapelkisten.

	stapelbord 100x120 cm beladen met 30 kisten 60x40x26 cm		stapelkist 100x120x75 cm	
	appelen	peren	appelen	peren
produkt	600 kg	750 kg	300 kg	375 kg
kisten	150 "	150 "	50 "	50 "
stapelbord	25 "	25 "		
totaal gewicht	775 kg	925 kg	350 kg	425 kg

Aan vorkheftrucks die een inrichting hebben om hun last ook in zekere mate zijdelings te verplaatsen (side shifter) moet de voorkeur worden gegeven. Van groot belang is ook de stabiliteit van de truck. Heftrucks op massieve banden of op zgn. 'cushion' banden zijn daarom voor het hoog stapelen

van zware lasten beter geschikt dan trucks op luchtbanden.

Het transport met heftrucks vraagt om harde, vlakke vloeren met een grote slijtvastheid. De vloer moet bovendien slipvrij zijn en gemakkelijk schoon te houden. Voor het transport in een koelhuis moet aan een naadloze vloerafwerking de voorkeur worden gegeven. Bij de keuze van de vloerafwerking dient men terdege rekening te houden met de wielbelasting van de transportmiddelen. Wielbreedte en -diameter spelen hierbij een belangrijke rol.

18.3 Aanschaffingsprijzen

Voor de genoemde hulpmiddelen bij het interne transport gelden globaal de volgende aanschaffingsprijzen:

transportband per m	f 400-500
klemsteekwagen	f 250
kistenstapelaar	f 4000
vorkheftruck	f 20000-40000 ¹⁾
reserve tractiebatterij	f 1500-3000
batterij laadinrichting	f 1500-3000
pallettruck	f 5000
handpallettruck	f 800
autolaadbrug	f 5000

¹⁾ Zie voor details 'Documentatie Transporttechniek',
Uitgave E.V.O. 's-Gravenhage.

Het produkt

19. Kwaliteitsverlies en houdbaarheid

De eigenschappen van het produkt en de opslagomstandigheden bepalen hoe lang de maximale bewaarduur is. Tijdens de opslag zal er een zeker kwaliteitsverlies optreden tengevolge van:

- a afleving van het produkt;
- b verdamping van water;
- c ontwikkeling van micro-organismen, vnl. schimmels.

Bij de bewaring zal men de opslagomstandigheden zo kiezen dat de processen die het kwaliteitsverlies veroorzaken zo langzaam mogelijk verlopen.

19.1 Afleving

Dit woord duidt er al op dat geoogste produkten nog leven. Bij de bewaring tracht men dit leven zo lang mogelijk te rekken, omdat het produkt dan zijn consumptiewaarde en zijn natuurlijke weerstand tegen bederf door micro-organismen het langst behoudt. Een levend produkt heeft energie nodig en deze wordt verkregen uit het ademhalingsproces. Samengevat stelt men het ademhalingsproces in een chemische formule zo voor: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 674 \text{ kcal (per grammol.)}$. Druivesuiker wordt verbrand tot koolzuurgas en water waarbij een zekere hoeveelheid warmte (energie) vrijkomt. In werkelijkheid is het proces veel ingewikkelder en worden er ook nog andere stoffen verbrand. Naarmate de ademhaling intensiever is, verloopt de gehele stofwisseling en de afleving van het produkt sneller.

Het ademhalingsproces wordt beïnvloed door de temperatuur, het zuurstofgehalte en het koolzuurgasgehalte van de lucht. De invloed van de temperatuur is zeer groot. In het gebied tussen 5° en 30°C wordt de ademhaling bij veel produkten per 10°C temperatuurverhoging 2 à 3 maal zo sterk. Men zegt dan dat de Q_{10} voor dit proces 2 à 3 is (Q = quotient). De invloed van de aanwezige zuurstof is minder groot. Gewone lucht bevat 21% O_2 . Dit is meer dan er voor een optimaal verloop van het ademhalingsproces nodig is. Verlaging van het O_2 -gehalte heeft daardoor pas invloed als men tot zeer lage waarden gaat. Gedurende korte tijd (enkele dagen) kunnen plantaardige produkten het zelfs zonder O_2 stellen. De energie wordt onder die omstandigheden verkregen uit anaerobe ademhaling of gisting. Uit druivesuiker ontstaat daarbij alcohol en koolzuurgas.

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 21 \text{ kcal (per grammol.)}$
Wordt daarna het zuurstofgehalte weer opgevoerd dan herstelt zich de normale toestand. Is het produkt te lang aan te laag zuurstofgehalte blootgesteld dan ontstaat er blijvende schade.

De werking van koolzuurgas is niet precies aan te geven. Behalve beïnvloeding van enige biochemische processen, waaronder de ademhaling, heeft CO_2 waarschijnlijk een narcotiser-

rend effect op het orgaan als geheel.

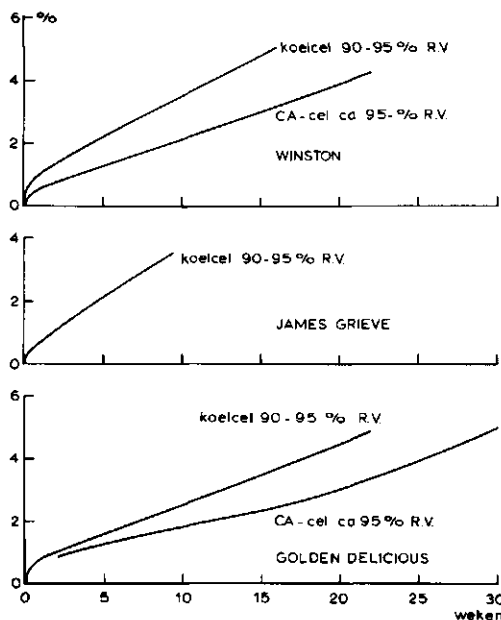
Een bijzondere invloed gaat er uit van de vluchtige stof ethyleen (C_2H_4). Deze stof, die o.a. wordt afgescheiden door rijpende vruchten, heeft een stimulerend effect op de ademhaling en de rijping van andere produkten. Bij lage temperaturen is de invloed te verwaarlozen; hoge CO_2 -gehalten werken remmend op de vorming van ethyleen. De aanwezigheid van rijpe produkten (appels, tomaten) kan ongewenste gevolgen hebben voor andere produkten in dezelfde ruimte. Komkommers worden geel, bloemen sluiten of bloembladen vallen af, aardappelen verliezen hun vermogen tot kiemen, tulpebollen reageren door gomvorming en kernrot (bloemnecrose).

De afleving van produkten komt ook tot uiting in verlies aan aroma, smaak, kleur en stevigheid; bij appels bijv. door melig worden. Afgeleefde produkten hebben minder weerstand tegen infectie van micro-organismen.

19.2 Verdamping

Het verlies aan water door verdamping is afhankelijk van verschillende factoren, t.w.:

- 1 het verschil in dampspanning tussen het produkt en de omgevingslucht tengevolge van:
 - a. een r.v. die lager is dan de evenwichtsvochtigheid,
 - b. variatie in luchttemperatuur,
 - c. warmtestraling door de wanden;
- 2 de aard van de oppervlakte van het produkt;
- 3 de grootte van het specifiek oppervlak (massa : oppervlak);
- 4 de mate van de luchtbeweging;
- 5 de verpakking;
- 6 de tijdsduur.



27. Gewichtsverliezen door verdamping en ademhaling tijdens opslag van appelen.

Het dampspanningsverschil tussen produkt en lucht is de belangrijkste oorzaak van het vochtverlies. Vooral als een warm produkt in de koelruimte wordt geplaatst ontstaat er een groot verschil in dampdruk tussen produkt en lucht. Men mag stellen dat de dampdruk in het produkt (in de intercellulairen) gelijk is aan die bij een r.v. van 100%. We plaatsen nu een warm produkt in koude lucht van 100% r.v. en daarna een koud produkt in koude lucht van 70% r.v.

	r.v.	dampdruk in mm kwikkolom
produkt van 20°C	100	17,53
lucht van 0°C	100	4,58
dampspanningsverschil		<u>12,95</u>
produkt van 0°C	100	4,58
lucht van 0°C	70	3,21
dampspanningsverschil		<u>1,37</u>

Hoe groter het temperatuurverschil is tussen produkt en lucht des te groter is het dampspanningsverschil. Tijdens het afkoelen is de r.v. van de cellucht van ondergeschikt belang. Om het dampspanningsverschil op te heffen is een (snelle) afkoeling van het produkt noodzakelijk. Geen vochtverlies zou er optreden als de r.v. van de lucht 100% is en de produkt- en luchttemperaturen gelijk zijn. Nu is de r.v. van een koelcel niet op 100% te houden en dit is ook niet gewenst, omdat zo'n hoge r.v. de ontwikkeling van micro-organismen bevordert. Bij hogere temperaturen is het dampspanningsverschil groter dan bij lagere, bij overigens gelijke r.v. Daarom is bij hoge temperaturen de regeling van de r.v. belangrijker dan bij lage.

De aard van het oppervlak van het produkt bepaalt mede het tempo van het vochtverlies. Een appel met een waslaag, bijv. Lombartscalville, is minder gevoelig voor vochtverlies dan een Laxton's Superb met een droge schil. Een champagne bezit geen opperhuid en verliest daardoor snel zijn vocht.

De grootte van het specifiek oppervlak, dat is de verhouding massa : oppervlak, is tevens van invloed. Een krop sla heeft, gerekend naar het gewicht, een veel groter oppervlak dat rechtstreeks met de lucht in aanraking komt, dan een rode kool of een peer.

Van enkele produkten is het vochtverlies per dag, in lucht van 27°C en 60% r.v., nagegaan. Dit zijn wel extreme omstandigheden maar zij tonen de genoemde verschillen in gevoeligheid voor indrogen duidelijk aan.

Vochtverlies in % per dag:

asperge	8,4%	rode biet, zonder loof	3,1%
boon	4,0%	komkommer	2,5%
wortel, zonder loof	3,6%	tomaat	0,9%
koolraap	3,2%		

De mate van luchtbeweging is één factor van de klimaatbeheersing, die van groot belang is voor het vochtverlies. Eni-

ge luchtbeweging is noodzakelijk om de temperatuur binnen de koelruimte gelijk te houden. Het produkt ontwikkelt immers (ademhalings)warmte en ook de warmte die door instraling binnentreedt moet worden afgevoerd. Een sterke luchtbeweging bevordert de verdamping. Dit nadelige effect kan sterk beperkt worden door het handhaven van een hoge r.v.

De factor aard van de verpakking staat in verband met de luchtbeweging, doordat er om het produkt een microklimaat kan ontstaan dat afwijkt van de luchttoestand in de opslagruimte. Een min of meer gesloten verpakking belemmert de afvoer van waterdamp en warmte. Door een dichtgevouwen voering van papier of dergelijke kan het vochtverlies worden beperkt.

Nog effectiever werkt dit bij gebruik van een dampdicht materiaal, bijv. polyetheen folie. Een hermetisch gesloten voering of een verpakking van ondoorlatend materiaal, bijv. krimpfolie bij komkommers, kan het vochtverlies sterk beperken. Het vochtverlies is groter naarmate het afkoelen langzamer verloopt. Daarna, als het produkt eenmaal op celtemperatuur is, verloopt het vochtverlies evenredig met de tijd.

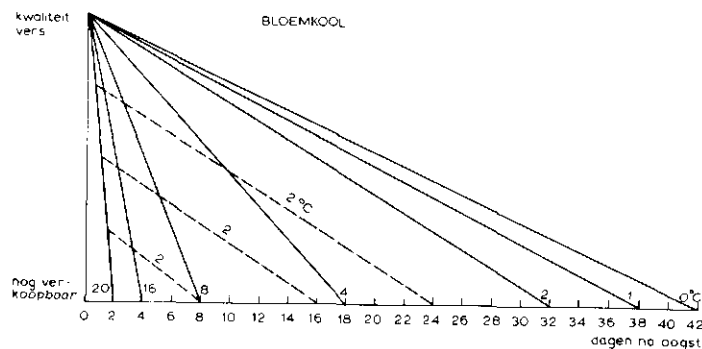
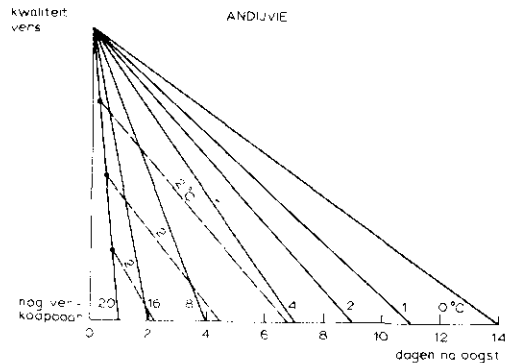
19.3 Ontwikkeling van micro-organismen

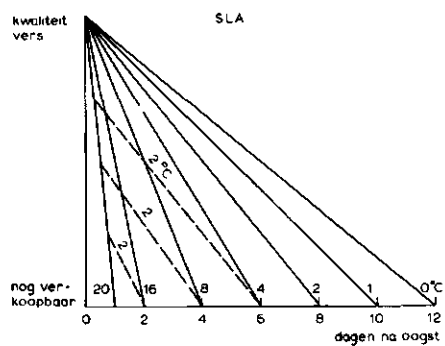
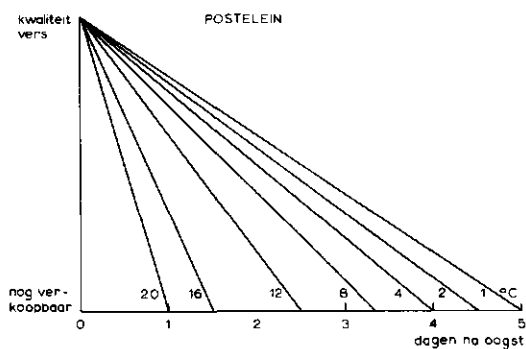
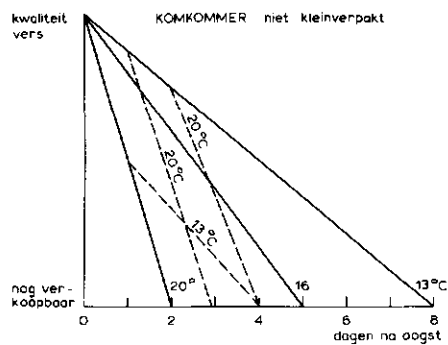
Het microbieel bederf tijdens de opslag is voornamelijk een gevolg van de ontwikkeling van schimmels. Meestal zijn de produkten reeds tijdens de teelt geïnfecteerd, bijv. bij appels met gloeosporiumrot en met zgn. bewaarschurft. Bij de oogst is dit nog onzichtbaar, maar tijdens de opslag ontwikkelt de schimmel zich in of op de vrucht en wordt dan zichtbaar. Ook het koprot bij uien is reeds bij de oogst aanwezig, doch onzichtbaar. Het is daarom in de eerste plaats nodig dat door een goede gewasbescherming de infectie wordt voorkomen zodat het opgeslagen produkt gezond is. Bij sommige produkten kan men door behandeling met chemicaliën of door een warmtebehandeling trachten aan de oppervlakte aanwezige schimmels te doden. Ook het jaarlijks ontsmetten van koelruimten met formaldehyde dient om daarin aanwezige schimmelsporen te vernietigen. Bij druiven wordt tijdens de opslag om de 2 à 3 weken ontsmetting met zwaveldioxyde toegepast om de ontwikkeling van de Botrytis-zwam te beperken.

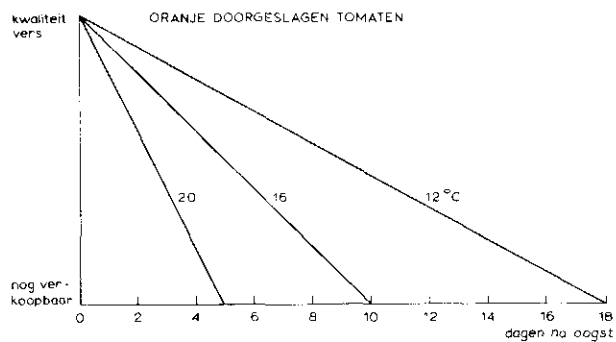
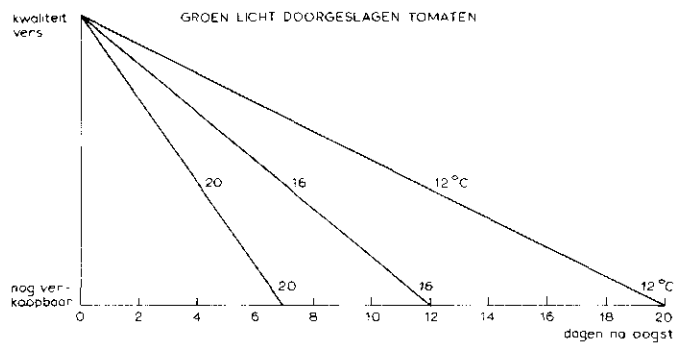
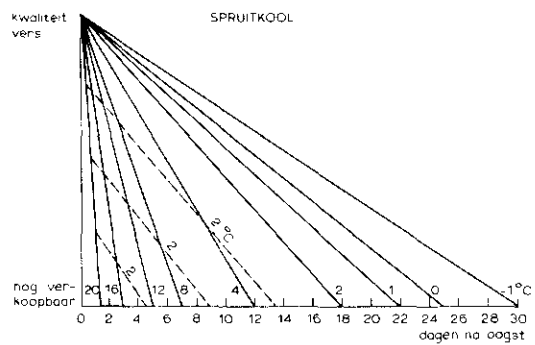
De meeste micro-organismen groeien bij lage temperatuur minder snel dan bij hoge. Ook hoge CO_2 -gehalten van de lucht remmen de ontwikkeling. Daarentegen schept een hoge r.v. een gunstig klimaat voor micro-organismen. De voorwaarden voor een beperking van het microbieel bederf zijn in dit opzicht tegengesteld aan die voor de beperking van de verdamping. Men moet op dat punt een compromis sluiten. Daarom kiest men voor produkten die gemakkelijk uitdrogen een r.v. tussen 90 en 95%. Voor produkten die hiertegen van nature beter bestand zijn zoals uien, nootvruchten e.d. kiest men een lagere r.v.

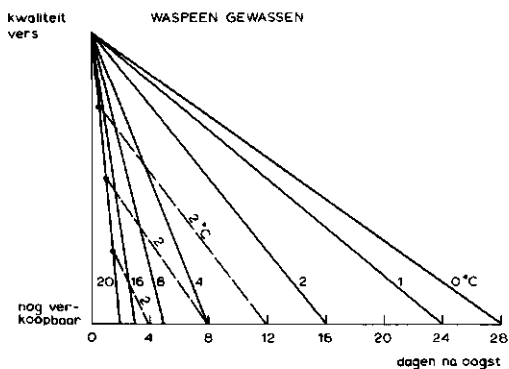
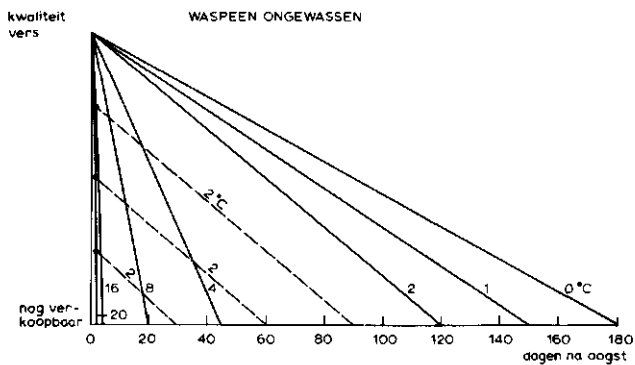
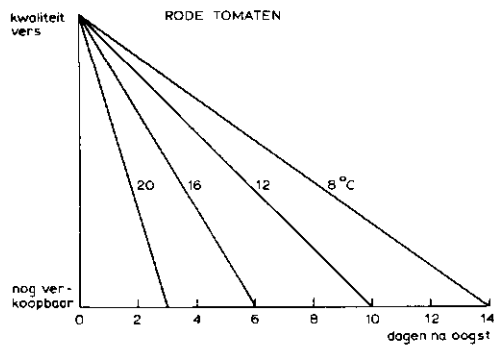
19.4 Kwaliteitsverloop en temperatuur

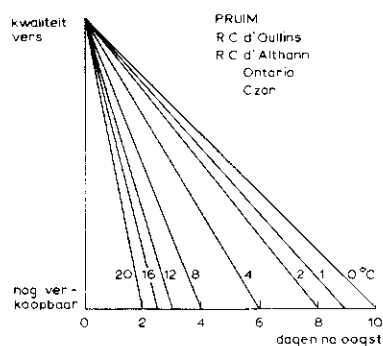
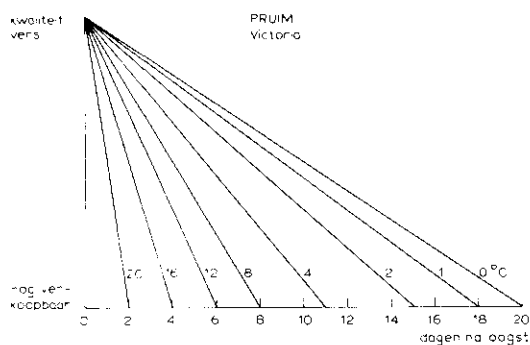
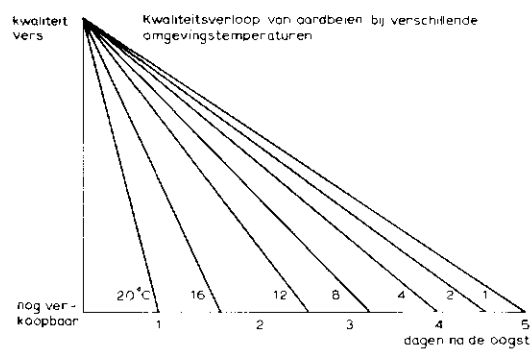
Boven de optimale temperatuur zal de kwaliteit sneller achteruitgaan. Men kan het produkt dan minder lang bewaren. Van een aantal groenten is het kwaliteitsverloop en de bewaarduur bij verschillende temperaturen vastgesteld. De uitkomsten hiervan worden in de hierbij afgebeelde grafieken weergegeven bij enkele temperaturen tussen 0 en 20°C. Op de verticale as is de kwaliteit uitgezet; het bovenste punt van de as geeft de kwaliteit aan vlak na de oogst, het onderste punt geeft de kwaliteit aan waarbij het produkt nog juist geschikt is voor overdracht aan de consument (cijfer 6). Op de horizontale as kan men de bewaarduur aflezen in het punt waar de temperatuurlijn deze as snijdt.

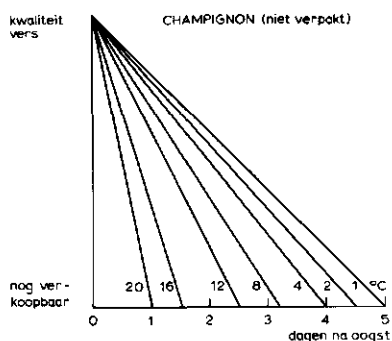












19.5 Ademhaling en warmteproductie

Reeds eerder is vermeld dat bij de ademhaling van het produkt warmte vrijkomt. Per verademde grammol. $C_6H_{12}O_6$ is dit 674 kcal. Dit geeft bovendien enig gewichtsverlies, hetgeen echter veel minder is dan het gewichtsverlies door verdamping. De verliezen door ademhaling en verdamping zijn niet afzonderlijk vast te stellen. Men ervaart ze als een totale gewichtsvermindering.

De warmteproductie is afhankelijk van de temperatuur (Q_{10} is 2 à 3), van de soort produkten en van het groeistadium. Van een aantal groente- en fruitsoorten is deze warmteproductie berekend voor het groeistadium waarin ze geoogst en verhandeld worden. In de tabellen 11 en 12 zijn de uitkomsten van deze berekeningen opgenomen.

Er is van uitgegaan dat de vrijkomende warmte is ontstaan door verademing van glucose. De ademhalingswarmte is afgeleid van de geproduceerde hoeveelheid CO_2 . Door elke mg CO_2 door 1 kg produkt per uur geproduceerd met de factor 55 te vermenigvuldigen wordt het aantal kcal per ton per 24 uur verkregen.

De gegevens over warmteproductie werden grotendeels overgenomen van het International Institute of Refrigeration Parijs uit: 'Recommended conditions for cold storage of perishable produce', 2nd edition 1967.

De met ¹⁾ aangegeven waarden komen uit: 'The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks', Agricultural Handbook 66, oktober 1968, United States Dept. of Agriculture.

Tabel 11. Ademhalingswarmte van fruit in kcal/ton in 24 uur

produkt	temperatuur in °C					
	0	2	5	10	15	20
aardbei	700-960	830-1300	900-1900	1800-3600	2700-5000	3600-6200
abrikos	320-450	390-550	680-1150	1300-2100	1800-3200	2800-4100
ananas	-	-	820-930	1350-1450	1550-1650	1700-1800
appel zomer	220-380	290-430	320-650	850-1250	1100-1900	1200-2500
" bewaar-	110-220	220-280	280-430	420-640	570-1200	900-1500
banaan groen	-	-	450-1050	820-2020	1230-2700	1800-3200
" rijp	-	-	820-1200	1350-2400	1800-3400	2000-5000
bes kruis-	290-420	400-610	490-930	730-1800	1600-3900	2500-6600
rode -	280-410	360-630	490-950	720-1950	1650-4200	2500-6400
zwarte -	420-680	670-1100	900-1700	1300-3700	3000-7200	4600-11500
braam	960-1400	1200-2000	1750-2800	3200-5800	4300-8900	8000-12000
citroen geel	120-200	150-270	220-400	350-670	490-970	640-1200
druif	100-200	240-350	340-500	490-750	740-1000	1000-1600
framboos	970-1900	1100-2400	1700-3400	3000-5800	4500-12000	7000-15000
grapefruit	100-220	150-260	220-310	380-520	670-880	1050-1150
kers zoet	320-450	360-640	570-950	790-2000	1650-3400	3200-4500
" zuur	320-450	390-710	630-1100	880-2200	1800-3800	3500-5000
noot	50	50	100	200	200	300
peer zomer-	160-300	270-540	450-950	600-1300	2100-3300	2400-5500
" bewaar-	160-220	220-460	360-850	480-1150	1700-2600	2000-4500
perzik	260-390	360-450	520-840	1300-1900	1800-2700	2900-3750
pruim	220-440	370-720	600-1350	1200-2600	1500-3800	2500-4800
gele pruim	380-400	440-680	740-1300	1250-2100	1600-3600	2700-4400
sinaasappel	100-220	130-260	220-390	430-720	750-1150	1390-1420

Tabel 12. Ademhalingswarmte van groenten in kcal/ton in 24 uur.

produkt	temperatuur in °C						
	0	2	5	10	15	20	
aardappel	220-540	220-500	250-400	350-450	400-750	500-900	
andijvie	2200-2750	2750-3200	3800-4200	5150-5750	6800-7800	10600-11400	
asperge	1200-1350	1400-1500	1600-1700	300-3300	4250-5750	6000-7500	
bleekselderij ¹⁾	400	-	600		2050	3800	
boon sla-, snij-, spek-	1170-1450	1600-1700	2150-2500	3350-4250	5450-8500	8150-11900	
boon gedroogd	400-600	730-900	1150-1350	2200-3000	3650-5100	6650-8100	
broccolie ¹⁾	1020-1180			9450-18700		15300-18250	
champignon	2350-2500	2550-2700	3050-3300	5000-5200	9600-10000	12400-13100	
erwt vers i/d peul	1800-2150	2400-2950	3200-3900	4100-5500	7500-9500	11800-13300	
" gedopt ¹⁾	2600-4150		4350-5350			19200-30600	
knolselderij	300-500	400-600	650-950	1100-1700	2000-2350	2550-3000	
komkommer	390-420	400-500	500-700	1050-1250	1950-2500	3150-3600	
kool bloem- (met blad)	500-1300	720-1450	1100-1600	2550-2850	4000-5350	6300-8300	
boeren-	520-680	700-750	850-1050	1300-1600	2150-2500	3250-4000	
savooie-	950-1300	1200-1400	1550-1800	3200-3750	5350-6050	8000-9000	
rode- zomer	470-600	650-770	950-1050	1450-1700	2250-2600	3400-3900	
" - bewaar	300-380	320-500	450-500	600-800	1050-1200	2100-2400	
witte-	300-500	360-600	450-850	750-1100	1200-1650	2220-2500	
spruit-	1000-1400	1150-1600	2000-2800	3450-4700	5160-6100	10100-10700	
koolraap	300-350	320-400	400-650	570-1100	1200-1850	2100-2450	
koolrabi (zonder blad)	470-550	650-780	700-1050	1200-1350	1600-1900	2100-2350	
kroon	240-400	300-580	650-700	1050-1250	1450-2400	3050-4400	
meloen	280-400	360-480	450-550	850-950	1100-1450	1950-2100	
paprika	500-680	650-900	1150-1300	1750-2000	9600-10000	12400-13100	
prei (winter-)	730-1100	1200-2300	2650-3150	5650-5900	8650-9950	11200-12200	
rabarber	700-800	800-900	950-1100	1300-1600	2250-2600	3800-4000	
radijs (zonder blad)	380-550	380-600	420-800	1150-1400	2050-2400	3500-3700	
" (met blad)	1150-1250	1300-1500	1650-1800	2050-2300	4000-4250	6200-6660	
sla	650-800	700-900	850-1050	1450-2100	2250-3900	5200-7000	

(vervolg tabel 12)

produkt	temperatuur in °C					
	0	2	5	10	15	20
spinazie	1250-1700	1600-2450	2650-4100	4300-6450	8750-10800	13800-18500
tomaat (rijpend)	280-360	330-400	400-450	650-850	1100-1800	1650-2100
tuinboon	400-600	730-900	1150-1550	2200-3000	3650-5100	6650-8100
ui (droog) i)	240-400	260-440	320-520	470-700	650-950	950-1200
ui (groen) i)	570-1270	-	950-3750	-	3620-5350	4320-8570
wortel met loof	1060	1200	1280	2050	3130	6500
" zonder loof	200-580	450-700	580-800	650-900	1500-2000	1850-2800

20. Het bewaarklimaat

Uitgaande van de eigenschappen van het produkt en rekening houdend met het doel dat men bij de opslag stelt zal men aan een bepaalde opslagmethode de voorkeur geven. We kunnen als we letten op het bewaarklimaat de volgende onderscheidingen maken:

1. Gekoelde opslag. Hierbij wordt temperatuurverlaging toegepast, waarbij voor de produkten die dit nodig hebben een hoge r.v. wordt aangehouden. Temperatuurverlaging heeft van alle middelen de gunstigste uitwerking tot beperking van de afleving.
2. Gekoelde opslag plus wijziging van de luchtsamenstelling. Men noemt dit de CA-bewaring (CA = controlled atmosphere). Men spreekt dan nog weer van:
 - a. gewone CA-bewaring. Hierbij profiteert men voornamelijk van de verhoging van het CO₂-gehalte. Het zuurstofgehalte blijft te hoog om merkbare invloed te hebben.
 - b. Geschrubde CA-bewaring. Door een verlaging van het O₂-gehalte tot 3 à 5% en een beperkte verhoging van het CO₂-gehalte wordt een maximale remming van de levensprocessen bereikt.

De CA-bewaring wordt tot nog toe uitsluitend voor langdurige opslag van appels en peren toegepast. Ook bij sommige andere produkten is een gunstig effect waargenomen, maar tot een commerciële toepassing is het nog niet gekomen.

Als de grenzen van de opslagcondities worden overschreden kan dit schade aan het produkt berokkenen.

Lage-temperatuurbederf (l.t.b.). Dit is een fysiologische ziekte, die ontstaat door een disharmonisch verloop van de levensfuncties van het produkt als gevolg van een te lage temperatuur. Aardappelen worden zoet, bij appels verkleurt het vruchtvlees bruin, peren verliezen hun vermogen om normaal te rijpen, bij komkommers en tomaten verschijnen waterige plekken in het weefsel, bonen krijgen bruine vlekken op de peul en bij bananen verkleurt de schil vaalbruin.

De temperatuur waarbij deze verschijnselen gaan optreden is voor elk produkt specifiek. De minimum opslagtemperatuur ligt hier juist boven. Voor sommige produkten kan dit belangrijk boven het vriespunt zijn, bijv. bij komkommers, tomaten en bananen. Er zijn ook produkten waarbij geen l.t.b. voorkomt. Deze koelt men op 0-1°C of net daaronder.

CO₂- en O₂-beschadiging. Dit komt uitsluitend voor bij CA-bewaring. Bij appels en peren ontstaan er meestal bruine verkleuringen in het vruchtvlees, die verdrogen en holten doen ontstaan.

20.1 Aanbevolen bewaarcondities

Voor de Nederlandse produkten zijn in de loop der jaren door middel van proefnemingen opslagcondities vastgesteld. In tabel 13 zijn de optimale opslagtemperaturen en de gemiddelde bewaarduur aangegeven voor groente en fruit. Voor appel en peer worden die per ras vermeld.

Tabel 13. Optimale opslagtemperaturen en gemiddelde bewaarduur van groenten en fruit.
(De r.v. is 90-95%, tenzij in de opmerkingen andere waarden worden aanbevolen).

produkt	temp. in °C	opslagduur	opmerkingen
groenten			
aardappel, consumptie- vroege rassen	4 tot 5	4 tot 6 weken	r.v. 90%
middeltijdse	4 tot 6	4 tot 6 maanden	
late rassen	4 tot 5	6 tot 9 maanden	
-- poot-	3	tot het voorjaar	
andijvie	0 tot 1	2 weken	aanbevolen wordt de bovenste kist af te dekken met bijv. papier of kunststof folie
asperge	0 tot 1	2 weken	
aubergine	8 tot 10	1 tot 2 weken	afdekken tegen indrogen
augurk	13	5 tot 8 dagen	voor de industrie is bij opslag korter dan 5 dagen een temperatuur van 10°C toegestaan; het produkt moet na uitslag direct worden verwerkt
boon, pronk-	5 tot 6	1½ tot 2 weken	} gedurende 2 dagen is opslag bij een lagere temperatuur mogelijk; gevoelig voor l.t.b.; ruim stapelen aanbevolen i.v.m. broei
-- sla-	5 tot 6	1 week	
-- snij-	5 tot 6	1 week	
-- spek-	5 tot 6	1 tot 2 weken	
-- tuin-	0 tot 1	2 tot 3 weken	
champion	0 tot 1	4 tot 5 dagen	beschermen tegen tocht en indrogen
doperwt + capucijner	0 tot 1	1 week	door bewaring loopt het suikergehalte terug
komkommer	13	1 week	gevoelig voor uitdrogen en verkleuren en bij lagere temperatuur voor l.t.b.; in krimpfolie verpakt 2 tot 3 weken bewaarduur

Vervolg tabel 13

produkt	temp. in °C	opslagduur	opmerkingen
kool, bloem-	0 tot 1	3 tot 6 weken	door uitdrogen verliest de kool zijn stevigheid en verkleurt
- boeren-	0 tot 1	4 weken	
- gele savooie-	0 tot 1	6 maanden	
- groene savooie-	0	3 tot 4 weken	bewaarduur sluitkool geldt voor bewaarrassen; voor zomer- en herfst-
- rode-	0 tot 1	6 maanden	rasen is deze 1 tot 2 maanden
- spruit- 1)	-1	3 tot 4 weken	
- witte-	0 tot 1	6 maanden	
koolraap	0 tot 1	6 maanden	gevoelig voor bevroren
kroot	0 tot 1	4 tot 6 maanden	idem
meloen	6 tot 9	1 tot 2 weken	temperatuur hangt af van het ras en de rijpheid; rijpe meloenen kunnen 2 dagen bij 2 tot 3°C bewaard worden; r.v. 85 tot 90%
paprika	5 tot 6	2 weken	
pepers	0 tot 1	1 tot 2 weken	
peterselie 1)	-1	2 tot 4 weken	
peul	0 tot 1	1 week	
postelein	0 tot 1	3 tot 5 dagen	
prei, winter- 1)	-1	6 weken	
- herfst- 1)	-1	4 weken	
raapsteel	0 tot 1	4 tot 8 dagen	
rabarber	0 tot 1	2 tot 3 weken	
radijs met loof	0 tot 1	1 week	
radijs zonder loof	0 tot 1	2 tot 3 weken	verpakt in polyetheen folie

Vervolg tabel 13

produkt	temp. in °C	opslagduur	opmerkingen
schorseneren	0 tot 1	4 maanden	wordt vezelig door indrogen; ter voorkoming mengen met vochtige grond of zand; voor korte opslag afdekken met folie
selderij, blad- ¹⁾	-1	4 tot 6 weken	gevoelig voor indrogen; afdekken met folie
— bleek-	0 tot 1	2 tot 3 weken	vóór opslag blad inkorten tot 40 à 50 cm; gevoelig voor indrogen; afdekken met folie
— knol-	0 tot 1	4 maanden	
sla	0 tot 1	1 tot 2 weken	aanbevolen wordt de bovenste kist af te dekken met bijv. papier of folie
spinazie	0 tot 1	4 tot 8 dagen	
tomaat	8 tot 10	2 weken	groener geogste tomaten zijn gevoeliger voor l.t.b. en rotvorming; voor de industrie is bij opslag van 3 dagen een temp. van 10°C toegestaan, het produkt moet dan na opslag direct verwerkt worden; r.v. 75-80%
ui ¹⁾	-1 tot 1	10 maanden	of eerst 3 maanden in een ren of hoop en daarna -10 tot -20°C bij 80-85% r.v.
witlof	0 tot 1	2 tot 4 weken	
wortel, met loof	0 tot 1	10 dagen	
— zonder loof	0 tot 1	5 maanden	ongewassen opslaan; r.v. 95 tot 98%
— winter-	0 tot 1	4 tot 6 maanden	rassen Flakkeese, Berlikumer e.d.

¹⁾ produkten bewaard bij temperaturen beneden 0°C zeer geleidelijk ontdooien.

Tabel 13 Vervolg

produkt	temp. in °C	opslagduur	opmerkingen
<u>fruit</u>			
aardbei	0 tot 1	3 tot 5 dagen	droog oogsten; voor snelle afkoeling zijn kisten met pootjes gunstig, ter vermijding van condensatie temp. ca. 24 uur voor uitslag geleidelijk verhogen met doorlopende luchtcirculatie
bes, blauwe -	0 tot 1	2 tot 3 weken	
— bos-	0 tot 1	2 tot 3 weken	
— kruis-	0 tot 1	2 tot 3 weken	
— — onrijp	0 tot 1	4 weken	
— rode -	0 tot 1	2 tot 3 weken	
— veen- (cranberry)	0 tot 1	4 tot 6 weken	
— zwarte -	0 tot 1	1 tot 2 weken	
braam	0 tot 1	4 tot 6 dagen	voor de industrie opslaan bij -10°C
druif	$\frac{1}{2}$	3 tot 4 maanden	opm. zie aardbei 1x per 14 dagen ontsmetten met $\frac{1}{2}$ -1% SO ₂
framboos	0 tot 1	3 tot 5 dagen	opm. zie aardbei; r.v. 85 tot 90%
kers, zoete -	0 tot 1	1 tot 2 weken	r.v. 85 tot 90%
— zure - (morel)	0 tot 1	2 tot 3 weken	r.v. 85 tot 90%
noot, okker-	0 tot 1	8 maanden	r.v. 80 tot 85%
perzik	0 tot 1	1 tot 3 weken	
pruim	0 tot 1	1 tot 3 weken	
<u>appel</u>		<u>opslagduur tot</u>	
James Grieve	4 tot 5	eind oktober	appel, alle rassen bij 92-95% r.v.
Cox's Orange Pippin	6 en 4	eind december	gevoelig voor l.t.b. bij lagere temp. gevoelig voor l.t.b. bij lagere temp- peratuur; beginnen met 60°C, in 4-6 weken dalen naar 40°C

Vervolg tabel 13

produkt	temp. in °C	opslagduur tot	opmerkingen
Ingrid Marie	4	half januari	
Bramley's Seedling	3 tot 4	half februari	gevoelig voor l.t.b. bij lagere temp. en voor scald
Laxton's Superb	3	half februari	
Lombartscalville	4	eind maart	gevoelig voor scald; grove vruchten
Golden Delicious	3	eind mei	gevoelig voor l.t.b. bij lagere temp.
Goudreinette	3	begin april	gevoelig voor scald
Winston	3 tot 4	begin april	
Jonathan	6 en 4	half april	gevoelig voor zacht en spot; overige opmerkingen zie Cox's O. P.
<u>peer</u>			
Clapp's Favourite	0	half sept.	
Beurré Hardy	0 tot 2	begin nov.	bij 0°C gevoelig voor l.t.b.
Bonne Louise d'Avranches	0	begin nov.	
Conference	0	eind jan.	
Légipont	0	eind nov.	
Beurré Clairgeau	0	half dec.	gevoelig voor scald
Doyenné du Comice	0	begin jan.	
Beurré Alexandre Lucas	0	eind jan.	
Gieser Wildeman	0	eind febr.	
Brederode	0	begin april	
Saint Remy	2	eind april	

Algemeen geldt voor bewaren van peeren een temperatuur juist beneden 0°C; bij uitslag niet in vochtige toestand sorteren en voorzichtig behandelen.

De bewaarduur is als gemiddelde vermeld en geldt voor een gezond en uitgegroeid, maar niet tē rijp produkt. Sommige partijen zullen de aangegeven opslagduur ruimschoots halen, andere moeten al eerder worden geruimd. Bedenk dat bewaring steeds met een geleidelijke achteruitgang van kwaliteit en gewicht gepaard gaat. Om teleurstellingen te voorkomen is een regelmatige inspectie van het produkt noodzakelijk.

Zomergroenten en zacht fruit zijn geen echte bewaarprodukten. Toch kan het nodig zijn deze enige tijd op te slaan. Kortstondige opslag kan zich voordoen bij de handel (detail- en grossier), maar ook bij de industrie die voor de regelmaat van het produktieproces enige werkvoorraad zal aanhouden. Meestal is dit voor enkele dagen, in het weekeinde bijv. bij asperges of augurken. Het kan zich ook voordoen bij de verwerking van bijv. appelsen of wortelen, ter verlenging van de produktieperiode.

Bij de handel betreft het doorgaans een gevarieerd sortiment dat betrekkelijk kort wordt bewaard. De opslagcondities, temperatuur en relatieve vochtigheid zijn bij kortstondige opslag van minder gewicht dan bij langdurige bewaring. Een temperatuur van 3-6°C is hiervoor aan te bevelen.

Bij de industrie kan zich wel het geval van langdurige opslag voordoen o.a. met bewaarfruit en wintergroenten. In dit geval behoren de aanbevolen optimale opslagcondities te worden aangehouden.

20.2 Gemengde opslag

Uit praktische overwegingen zal het soms aantrekkelijk zijn verschillende produkten waarvoor ongeveer dezelfde temperatuur en r.v. wordt aanbevolen tezamen in één ruimte op te slaan. Bij de handel is hieraan vaak moeilijk te ontkomen en voor kortstondige opslag zijn de bezwaren meestal gering. Voor een groot aantal produkten heeft gemengde opslag bij langdurige bewaring echter bezwaren. De oorzaken hiervan zijn:

- verschil in optimale opslagtemperatuur
- verschil in optimale relatieve vochtigheid
- ongewenste smaak- of geuroverdracht
- ontwikkeling van vluchtige rijpingsstoffen.

Vrijwel alle rijpende vruchten geven vluchtige stoffen af, waarvan met name ethyleen een nadelige invloed heeft op andere produkten, t.w.:

- a bij voortkweekmateriaal als enthout, bloembollen en poot-aardappelen worden de groeipunten beschadigd;
- b bij groenten veroorzaakt het verkleuringen en loslaten van het blad;
- c bij andere vruchten stimuleert het de rijping waardoor de houdbaarheid vermindert.

Ook zijn er produkten die penetrante geuren ontwikkelen die kunnen overgaan op andere. Citrusvruchten mogen daarom niet bij andere produkten in een ruimte worden opgeslagen. Aardappelen kunnen aan fruit een gronderige smaak geven en omgekeerd verliezen aardappelen hun bloemigheid door vluchtige stoffen van het fruit.

Tenslotte kan het ook nodig zijn om bepaalde produkten afzonderlijk op te slaan om tijdens de bewaring specifieke maatregelen te kunnen nemen. Zo worden druiven tijdens de opslag periodiek ontsmet met zwaveldioxyde (SO_2) tegen schimmelvorming. Dit gas veroorzaakt schade aan andere groenten- en fruitsoorten.

De handel en speciaal de detailhandel heeft meestal een groot assortiment en kleinere hoeveelheden van elk produkt. Het gaat hier om het aanhouden van een voorraad voor enkele dagen. De meeste produkten kunnen daarbij voor korte tijd wel tezamen in een ruimte worden gezet. Men kan dan het beste een temperatuur van 3 tot 6°C kiezen en een r.v. van ongeveer 90% voor zover dit te bereiken is bij veelvuldig openen van de cel. Bij deze temperatuur is de kwaliteitsachteruitgang nog niet zo groot. Ook lage-temperatuurbederf komt binnen een paar dagen op daarvoor gevoelige produkten nog niet tot uiting. Produkten die van nature sterk zijn, zoals uien, kool, appels e.d. kan men voor opslag van enkele dagen, althans in de winter, beter in een niet gekoelde vorst-vrije ruimte plaatsen.

Bijzonder gevoelig voor ethyleen zijn komkommers. Een kort verblijf in een ruimte met rijpe tomaten veroorzaakt soms al een gele verkleuring bij komkommers. Verpakking van de komkommers in zgn. krimpfilm geeft hiertegen een redelijke bescherming.

De nadelige gevolgen van gemengde opslag zijn in de regel groter naarmate de omgevingstemperatuur hoger is, in het bijzonder wat betreft de invloed van ethyleen.

Produkten die aan elkaar verwant zijn of onder dezelfde klimaatcondities kunnen worden opgeslagen, zijn:

bladgroenten: andijvie, bleekselderij, bladselderij, peterselie, postelein, sla, spinazie, witlof, alle koolsoorten, stengelgroenten: asperges, rabarber.

wortel- en knolgewassen: kroot, koolraap, peen, knolselderij en de

peulvruchten: erwt, peul, capucijner en tuinboon.

bonen: slaboön, spekboon, pronkboon, snijboon.

klein fruit: alle bessensoorten, aardbei, framboos, kers, perzik, pruim.

citrusfruit: citroen, grapefruit, mandarijn, sinaasappel.

Deze worden echter bij uiteenlopende temperaturen opgeslagen.

bloembollen: tulp, narcis, hyacint, worden bij uiteenlopende temperaturen bewaard.

plantmateriaal van vaste planten, bloem- en siergewassen, enthout en overige stek- en plantmateriaal.

20.3 CA-condities

Voor langdurige opslag van appels en peren wordt op grote schaal CA-bewaring toegepast. In tabel 14 zijn de aanbevolen koolzuurgas- (CO_2) en zuurstofgehalten (O_2) vermeld.

Tabel 14. Temperatuur (°C), koolzuurgas- (CO₂%) en zuurstof- (O₂%) gehalten in CA-cellen, r.v. 94-97% ¹⁾.

ras	temp.	gescrubde CA		gewone CA		opslagduur tot:
		CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂	
<u>appel</u>						
Cox's Orange P.	6 en 4	3	3	-	-	begin maart
Ingrid Marie	4	3-4	3	5	16	eind maart ²⁾
Bramley's Seed- ling	3-4	-	-	9	12	eind april
Laxton's Superb	3	4-5	3	6	15	eind april ²⁾
Goudreinette	3	2-3	3	-	-	begin mei
Jonathan	6 en 4	4-5	4	6	15	half mei ²⁾
Lombartscalville	3	3-5	3	7	14	half mei ²⁾
Golden Delicious	3	3-6	3	9	12	eind mei ²⁾
Winston	4	-	-	7	14	eind mei
<u>peer</u>						
Doyenné du Comice	- $\frac{1}{2}$	-	-	5	16	half febr.
Conference	- $\frac{1}{2}$	-	-	2	19	eind maart

¹⁾ CO₂-percentages zijn maxima, O₂-percentage mag nooit beneden 2½% komen; de r.v. kan hoger zijn dan in koelcellen, omdat er in de CA-cellen minder schimmelgroei is.

²⁾ Gewone CA-bewaring geeft bij deze rassen een snellere afleving na uitslag; gescrubde gasbewaring geeft bij Golden Delicious een sterke reductie van de bruinverkleuring.

20.4 Buitenlandse produkten

De invoer van niet in Nederland gegroeide groenten en fruit, waaronder tropische produkten (bijv. citrusfruit) is de laatste jaren sterk toegenomen. De aanbevolen bewaarcondities en de te verwachten bewaarduur ervan zijn in tabel 15 opgenomen. De gegevens zijn ontleend aan: 'Recommended conditions for cold storage of perishable produce', 2nd edition 1967, van het International Institute of Refrigeration, Parijs. Ze hebben betrekking op het pas geoogste produkt.

Daar de produkten vaak een reis van een week of langer hebben ondergaan zal de bewaarduur in Nederland korter zijn dan in tabel 15 is vermeld. Het land van herkomst is mede bepalend voor de opslagtemperatuur en bewaarduur.

Tabel 15. Opslagomstandigheden en bewaarduur van buitenlandse produkten (r.v. 85 tot 90%, tenzij anders is aangegeven).

produkt	temp. °C	bewaarduur	opmerkingen
<u>fruit</u>			
abrikoos	-1 tot 0	2 tot 4 wkn	behalve sommige rassen die gevoelig zijn voor koude
	0 tot 1	1 tot 2 wkn	V.S.
ananas			
groen	10	2 tot 4 wkn	
rijp	5 tot 7	2 tot 4 wkn	
	8 tot 10	6 weken	India
avocado	5 tot 10	2 tot 4 wkn	gevoelig voor koude
	7 tot 13	4 weken	V.S.
banaan			
groen	12 tot 15	10 tot 20 dgn	afhankelijk van het ras, lacatan typen bij hogere temperaturen, r.v. 90 tot 95%
geel	13 tot 16	5 tot 7 dgn	
bes			
blauwe bosb.	-1 tot 0	2 tot 3 wkn	
cranberry	0 tot 5	1 tot 2 mnd	
druif	-1 tot 0	1 tot 5 mnd	bewaarduur hangt sterk af van het ras
guava	6 tot 9		
kweeper	0 tot 2	2 tot 3 mnd	
mango	7 tot 10	4 tot 7 wkn	bewaarduur hangt af van het ras
nectarine	0	2 tot 3 wkn	
passievrucht	6 tot 7		r.v. 80 tot 85%
perzik			
witvlezig	0	tot 3 wkn	
geelvlezig	0	tot 6 wkn	
pruim	0	tot 10 dgn	
vijg	0	7 tot 10 dgn	beperkte houdbaarheid
<u>citrusfruit</u>			
citroen			citroenen zijn gevoelig voor koude
groen	11 tot 14	4 tot 6 mnd	V.S. geeft de voorkeur aan 14°C

Vervolg tabel 15

produkt	temp. °C	bewaarduur	opmerkingen
citroen geel	0 tot 4	3 tot 6 wkn	V.S.: 0°C kan schil- beschadiging geven (pitting)
	4 tot 7	3 tot 6 wkn	Zwitserland
	4 tot 10	3 tot 6 wkn	Engeland
	5 tot 7	tot 6 wkn	India
grapefruit	10	10 tot 12 wkn	
	4 tot 8	10 weken	Israel
lime	8 tot 10	tot 8 weken	India
	9 tot 10	3 weken	compromis temperatuur die het beste even- wicht geeft tussen koudebeschadiging en buitensporige kleu- ring
mandarijn	0 tot 3	2 tot 12 wkn	beperkte houdbaar- heid; clementines max. 2 weken
sinaasappel	-1 tot 1	2 tot 3 mnd	Florida, uit sommige boomgaarden is het fruit 3 tot 4 mnd. bewaarbaar
	0 tot 4	1 tot 4 mnd	Spanje, Noord-Afrika
	5 tot 7	4 tot 6 wkn	Californië
	5 tot 6	tot 3 mnd	Israel, (Valencia)
<u>noten</u>			
amandel			r.v. 60-75%
in de dop	0	15 tot 20 mnd	
	10	6 tot 12 mnd	
	20	tot 6 mnd	
gepeld	0	6-12 mnd	
	10	tot 6 mnd	
	20	tot 6 mnd	
brazil			
in de dop	0	8 tot 12 mnd	r.v. 70%
kokosnoot	0 tot 2	1 tot 2 mnd	r.v. 80 tot 85%
pecan			
in de dop	0	12 tot 18 mnd	r.v. 75 tot 80%
	10	6 mnd	
	20	2 mnd	
walnoot			
in de dop	0	10 tot 20 mnd	r.v. 65%
	10	6 tot 12 mnd	
	20	2 tot 4 mnd	
hazelnoot	0	4 tot 6 mnd	r.v. 70%

Vervolg tabel 15

produkt	temp. °C	bewaarduur	opmerkingen
<u>groenten</u>			
artisjok			
Globe	-½ tot 0	1 tot 3 wkn	r.v. 90 tot 95%
Jerusalem	-½ tot 0	2 tot 5 mnd	r.v. 90 tot 95%
knoflook			
droog	-1½ tot 0	6 mnd	r.v. 70 tot 75%
koolrabi	0	2 tot 4 wkn	V.S.; r.v. 90 tot 95%
meloen			
Cantaloup	2 tot 4	tot 2 wkn	V.S.
Casaba	7 tot 10	4 tot 6 wkn	de optimale temperatuur en bewaarduur hangt sterk af van het ras; sommige zijn gevoelig voor l.t.b.
Crenshaw	7 tot 10	tot 2 wkn	
Honeydew	7 tot 10	3 tot 4 wkn	
Honeyball	7 tot 10	3 tot 4 wkn	
Persian	7 tot 10	tot 2 wkn	
watermeloen	5 tot 7	2 tot 3 weken	r.v. 80 tot 85%
mierikswortel	-1 tot 0	10 tot 12 mnd	r.v. 90 tot 95%
okra	8 tot 10	7 tot 10 dgn	
pastinaak	0	2 tot 6 mnd	r.v. 90 tot 95% noodzakelijk
ijssla			
gewikkeld	0 tot 1	4 tot 6 wkn	r.v. 90 tot 95%
niet gewikkeld	0	2 tot 3 wkn	r.v. 95%

De economie van het bewaren

21. Ontwikkeling van de bewaarcapaciteit

In het begin van deze eeuw was de teelt en produktie van groente en fruit anders dan voor eigen gebruik in ons land nog beperkt. Mede als gevolg van onderzoek, voorlichting en onderwijs zijn sindsdien grote verbeteringen gebracht in de teelten waardoor een sterke toename van kwaliteit en kwantiteit van de meeste produkten is ontstaan. Bovendien is het sortiment belangrijk gewijzigd.

De uitbreiding van de markt voor tuinbouwprodukten heeft hiermede gelijke tred gehouden of misschien hiertoe zelfs wel de stoot gegeven. De bevolking in Nederland is vanaf 1900 met ongeveer 7 miljoen mensen toegenomen en de levensstandaard is sterk gestegen. De hogere levensstandaard heeft behalve een vraag naar betere produkten en een ruimer assortiment ook een regelmatige vraag doen ontstaan naar bepaalde produkten.

Om tegenover die vergrote regelmatige vraag een groot en regelmatig aanbod te kunnen stellen werd de bewaring van tuinbouwprodukten een zaak van steeds meer belang. De koeltechniek heeft een belangrijke bijdrage geleverd om de zo noodzakelijke spreiding in het aanbod te kunnen bewerkstelligen. Vooral bij de afzet van hard fruit heeft men hiervan geprofiteerd. Eerst na de tweede wereldoorlog kwam in deze sector de ontwikkeling van betere bewaarmethoden goed op gang. Onderstaande tabel geeft hiervan een duidelijk overzicht.

Tabel 16. Bewaarcapaciteit hardfruit in Nederland (x 1 milj. kg).

	1-1-1950	1-1-1960	1-1-1972 ¹⁾
CA-bewaring	0,5	12,5	120,0
mech. gekoelde bewaring	36,5	101,5	110,0
luchtgekoelde bewaring	34,5	50,0	40,0
totaal	71,5	164,0	270,0

¹⁾ voorlopige cijfers.

De bewaarcapaciteit voor hard fruit in zijn totaliteit is in de afgelopen twintig jaar sterk toegenomen. De luchtgekoelde bewaarplaats neemt in 1972 in verhouding al een veel minder belangrijke plaats in dan in 1950. Er mag worden verwacht dat deze bewaarmethode in de nabije toekomst nog meer terrein zal verliezen. De ontwikkeling zal zich voortzetten in de richting van een volledige beheersing van de temperatuur en van de luchtsamenstelling. De ontwikkeling van de gekoelde bewaring was wel het meest spectaculair in de hardfruitsector. Voor de betreffende produkten (appelen en peren) werd nl. de mogelijkheid geschapen de bewaarduur met enige

maanden te verlengen. Voor andere groente- en fruitprodukten biedt gekoelde bewaring beperktere mogelijkheden. Een groot aantal produkten kan bij lage temperatuur enige dagen tot enige weken langer worden bewaard (zie 20.1). Mogelijkheden daartoe zijn aanwezig bij handel en industrie. Vooral bij de detailhandel in groente en fruit heeft de koelruimte bestemd voor kortstondige opslag zich de laatste jaren sterk uitgebreid.

Produkten als aardappel, sluitkool en uien zijn van nature lang houdbaar. Bewaring van deze produkten geschiedde van oudsher in een kuil, ren of schuur, doch de ontwikkeling gaat in de richting van luchtgekoelde bewaarplaatsen waarin én een betere bewaring én een efficiëntere 'handling' mogelijk is. Bewaring in mechanisch gekoelde ruimten komt voor deze produkten nog maar weinig voor. Het is bovendien zeer de vraag of de hogere kosten daarvan gecompenseerd worden door betere resultaten.

22. Stichtingskosten

Met de stichting van een koelhuis van enige omvang zijn vrij grote bedragen gemoeid. De sterk gestegen bouwkosten zijn hier in de eerste plaats debet aan. Behalve in het gebouw dienen echter aanzienlijke bedragen te worden geïnvesteerd in de technische uitrusting van het koelhuis. We noemen in dit verband bijv. apparatuur voor het interne transport (heftrucks etc.) en controle-, meet- en regelapparatuur voor de temperatuur en de samenstelling van de cel-lucht.

Deze ontwikkeling heeft ertoe geleid dat in een modern, naar de eisen van de tijd gebouwd en ingericht koelhuis de post arbeidsloon in het kader van de totale exploitatiekosten aan betekenis heeft verloren. In hoofdstuk 23 komen we hier nog nader op terug. Dit impliceert echter dat de stichtingskosten van een koelhuis met alles wat daarbij hoort thans zodanig hoog zijn dat men voorafgaande aan de bouw een programma van eisen dient op te stellen (zie hoofdstuk 1). Alleen dan kan men voorkomen dat kapitaalverspilling optreedt als gevolg van fouten en tekortkomingen, waarvan men bovendien later, bij de exploitatie van het koelhuis, de wrange vruchten plukt.

In de hierna volgende tabel 17 geven we een begroting van de stichtingskosten van een koelhuis van 3000 ton, bestaande uit 12 CA-cellen à 250 ton.

Uit deze gegevens blijkt dat de totale stichtingskosten rond 80 cent per kg opslagcapaciteit zullen bedragen. Een kwart hiervan, nl. 20 cent per kg, komt voor rekening van de post 'stapelkisten'. Afgezien van de vraag of men deze post geheel ten laste van het koelhuis zal brengen, blijft het feit bestaan dat de investering in stapelkisten een hoog bedrag vergt. Een hogere benuttingsgraad per m³ opslagruimte (240 kg per m³) alsmede lagere 'handlings'-kosten zullen echter al spoedig de extra investering rechtvaardigen.

Tabel 17. Begroting van de investering in een koelhuis van 3000 ton (met 12 cellen à 250 ton op basis van stapelkisten à 300 kg inhoud).

	totaal		per m ³ stapelruimte	
a. terrein 4500 m ² à f 20,-	f	90 000,-	f	7,20
b. gebouw (incl. deuren, isolatie en gasdichte bekleding) 12500 m ³ stapelruimte à f 80,- per m ³	"	1 000 000,-	"	80,-
c. koelmachines en elektr. installatie 12500 m ³ à f 35,-	"	437 500,-	"	35,-
d. bestrating en riolering 1500 m ² straatwerk à f 30,- = f 45 000,- riolering " 20 000,-	"	65 000,-	"	5,20
e. architect- en advieskosten 12500 m ³ à f 7,-	"	87 500,-	"	7,-
f. diversen inventaris f 2 500,- centrale CO ₂ -meetinstall. " 15 000,- heftruck " 30 000,- reserve tractie-batterij " 4 000,- batterij laad-inrichting " 2 000,-	"	53 500,-	"	4,28
g. scrubberinstallatie voor 500 ton à f 110,-	"	55 000,-	"	4,40
h. stapelkisten 10000 st. à f 60,-	"	600 000,-	"	48,-
totaal	f	2 388 500,-	f	191,08
totaal excl. stapelkisten	f	1 788 500,-	f	143,08
totaal per kg		79,6 cent		
" " " excl. stapelkisten		59,6 "		

23. Exploitatie

Bij de exploitatie van groente- en fruitkoelhuizen in Nederland hebben zich in de afgelopen jaren vrij grote veranderingen voorgedaan. Door het steeds duurder worden van de factor arbeid is men ertoe overgegaan menselijke arbeid zoveel mogelijk uit te schakelen en waar dat mogelijk was me-

chanisatie toe te passen. De in- en uitslagwerkzaamheden kwamen in eerste instantie voor mechanisering in aanmerking. Het is nog niet zo lang geleden dat de fruitkoelhuizen in hoofdzaak met de hand werden volgestapeld.

Bij het groter worden van de koelhuizen en het toenemen van de opslagcapaciteit ging men ertoe over kistenheffers en kistenstapelaars toe te passen. Deze hulpmiddelen betekenden al reeds een verlichting van de arbeid, terwijl ook in de drukke periode van inslag in de maanden september en oktober in sneller tempo kon worden gewerkt. De introductie van heftrucks en stapelborden in het begin van de jaren zestig leidde echter eerst recht tot een grote verbetering in het systeem van in- en uitslag. Deze werkwijze had een aanzienlijke besparing op de arbeidskosten tot gevolg. De snelheid van inslag in het koelhuis, een zeer belangrijk facet bij de bewaring van bederfelijk produkt, nam bovendien sprongsgewijs toe. Er stonden echter vrij grote investeringen in transportmateriaal tegenover. Voor reeds bestaande koelhuizen impliceerde de toepassing van het stapelbordenstelsel tevens dat aanpassingen van het gebouw nodig waren. In de meeste gevallen bleken de deuropeningen te smal om met een stapelbord de cel binnen te kunnen gaan. Er moesten dus grotere deuropeningen en grotere deuren worden aangebracht. Ook de vloeren in en rondom het gebouw vereisten in een aantal gevallen versterking en aanpassing aan het nieuwe stelsel. In nieuw te bouwen koelhuizen werd uiteraard al direct rekening gehouden met toepassing van heftrucks en stapelborden. Nog maar recent is de introductie van de stapelkist bij de gekoelde bewaring van groente en fruit. De stapelkist levert ten opzichte van kleine kisten op stapelborden enige nevenvoordelen. De grotere stabiliteit leidt o.a. tot gemakkelijker stapelen, wat weer een verhoging van het werktempo tot gevolg heeft. Het gebruik van stapelkisten leidt bovendien tot een betere ruimtebenutting in het koelhuis.

Arbeidsbesparing kon op ander terrein worden gerealiseerd door automatisering en centralisering van meet- en regelapparatuur. In grote koelhuizen is men er in een aantal gevallen reeds toe overgegaan apparatuur te installeren waarmee op een centrale plaats de temperatuur en de luchtsamenstelling in de verschillende cellen kan worden gemeten en geregistreerd. Het hangt van de grootte van het object, resp. van het aantal aanwezige koelcellen en het bewaarsysteem af of een investering in deze apparatuur rendement zal afwerpen.

Het aantal benodigde arbeidsuren in een modern koelhuis is als gevolg van deze ontwikkeling sterk gedaald. Daar staat echter tegenover dat de vaste kosten door grotere investeringen en arbeidsbesparende apparatuur zijn gestegen. Het is dan ook meer dan ooit zaak ervoor zorg te dragen dat een voldoende bezetting van het koelhuis wordt verkregen. Eventueel optredende onderbezettingsverliezen zullen immers in toenemende mate hun invloed op het te behalen bedrijfsresultaat doen gelden. Er is reeds eerder op gewezen dat de tariefstelling bij hard-fruitkoelhuizen zodanig dient te geschieden dat de dekking van de vaste kosten zo goed mogelijk is verzekerd. Onderbezettingsverliezen die voortvloeien

uit het vroegtijdig ruimen van de opgeslagen partijen kunnen daardoor goeddeels worden vermeden. Voor onderbezetting als gevolg van onvoldoende aanbod is dit echter geen remedie. In de moderne kapitaalintensieve koelhuizen zal het dan ook noodzakelijk zijn geen middel ongebruikt te laten om het bezettingsniveau op peil te houden. Het koelen van andere produkten dan waarvoor het koelhuis is gebouwd zal bij voortdur- ring de aandacht moeten hebben.

In de volgende paragrafen zullen de verschillende factoren, die van belang zijn voor een doelmatige exploitatie – en als zodanig tot kosten en opbrengsten zijn te herleiden – aan een korte beschouwing worden onderworpen.

23.1 Kosten gebouw

Voor een koelhuis zijn het gebouw en de machines de voor- naamste produktiemiddelen. Met behulp van de daarvoor beno- digde machines wordt koude 'geproduceerd' met het doel de kwaliteitsachteruitgang tijdens de opslagperiode te voorko- men c.q. te beperken. Voor een zo goed mogelijke exploitatie van het koelhuis dient het gebouw zodanig te zijn ingericht, dat daarin op efficiënte wijze kan worden gewerkt. De volgen- de punten zijn hierbij van belang:

- 1 het aantal en de afmeting van de cellen;
- 2 de ligging van de cellen;
- 3 de afmetingen van de gangen;
- 4 het aantal, de afmetingen en de constructie van de cel- deuren;
- 5 het aantal gangpaden in de cellen en de afmetingen daar- van;
- 6 de plaats van de koellichamen in de cellen (obstakels);
- 7 de constructie van de vloeren in het koelhuis;
- 8 de bestrating om het koelhuis.

De kosten die het gebouw als zodanig met zich brengt, be- staan uit kosten van afschrijving, rente en onderhoud. Bo- vendien zijn er kosten van verzekeringen en belastingen van het gebouw, de grond, de inventaris en de voorraad in opslag. De kosten van de grond beperken zich tot de rentekosten van het geïnvesteerde vermogen. Afschrijving en rente dienen te- gen vervangingswaarde te worden berekend. Er zijn verschil- lende systemen van afschrijving; voor een kostencalculatie komt in feite alleen het systeem van afschrijving volgens een vast percentage van de aanschaffingsprijs resp. vervan- gingswaarde in aanmerking. Als we de (economische) levensduur van het gebouw op 25 jaar bepalen, dan bedragen de kosten van afschrijving 4% van de aanschaffingsprijs minus de restwaar- de. De rentekosten van (slijtende) duurzame produktiemidde- len worden gewoonlijk berekend over het gemiddelde geïnves- teerde vermogen. Men berekent daartoe rente over de helft of iets meer (60%) van de aanschaffingswaarde resp. $p \left(\frac{k+r}{2} \right)$ toe- gepast, waarin p = rentevoet, k = geïnvesteerd vermogen en r = restwaarde.

Het onderhoud kan gesplitst worden in onderhoud dat dagelijks voorkomt, bijv. het schoonhouden van het gebouw, de machines en de inventaris en het onderhoud dat met een zekere regelmaat, maar met grotere intervallen voorkomt, bijv. eens per jaar of om de paar jaren.

Er is ook onderhoud dat op vooraf niet te bepalen momenten noodzakelijk wordt, bijv. reparatie van plotseling optredende gebreken. Het is zeer gewenst het onderhoud zo regelmatig mogelijk uit te voeren en het uitstellen van onderhoudswerkzaamheden die nog niet direct noodzakelijk lijken, te vermijden. Ook de continuïteit in het onderhoud is een belangrijke bijdrage tot een efficiënte bedrijfsvoering.

Voor een koelhuis waarin als regel bederfelijke produkten worden opgeslagen, is het schoonhouden en het tijdig ontsmetten van de cellen van bijzonder belang. De kosten van het onderhoud worden in een kostencalculatie veelal opgenomen tegen een vast percentage van de aanschaffingsprijs dat gebaseerd is op de gemiddelde kosten over een groter aantal jaren.

23.2 Kosten machines

Elders is reeds uiteengezet dat de capaciteit en de bedrijfszekerheid van de machineinstallatie van groot belang zijn voor een gunstig bewaarresultaat. De capaciteit van de koelmachines heeft ook een bedrijfseconomisch aspect. Machines met een ruim bemeten capaciteit zullen de minste risico's opleveren met betrekking tot het zo snel mogelijk bereiken van de gewenste temperatuur (inkoelen) en het handhaven van die temperatuur. Capaciteit moet echter worden betaald en extra capaciteit brengt ook extra kosten met zich mee. Als regel is de situatie bij fruitkoelhuisen zo, dat in de inslagperiode veel warmte moet worden afgevoerd, waarvoor een relatief grote koelcapaciteit nodig is. Wanneer het produkt echter eenmaal koud is, dan kan met een veel lagere capaciteit worden volstaan. De praktijk heeft uitgewezen dat het afkoelen van produkt op een andere plaats dan in de eigenlijke bewaarruimte, bijv. in een voorkoelcel, op bezwaren stuit. In de eerste plaats komt dikwijls een grote hoeveelheid produkt tegelijk in het koelhuis die op korte termijn dient te worden afgekoeld; in de tweede plaats vraagt het overbrengen vanuit de ene (voorkoel-)ruimte naar de andere (opslag-)ruimte extra arbeid, juist in een drukke periode.

Een besparing op machinekosten voor de opslagruimten zal meestal resulteren in hogere interne transportkosten door het extra transport van voorkoelcel naar opslagcel.

Centrale koeling heeft het voordeel dat er ruime compressorcapaciteit beschikbaar is voor extra koudevraag als één of enkele cellen snel beladen worden. In een complex met een groot aantal cellen zal het immers niet voorkomen dat alle cellen ineens beladen worden. Deze 'gelijktijdigheidsfactor' varieert van 65% tot 80%.

Wat wel tot aanmerkelijke besparingen op arbeid en energie kan leiden, is een zo doelmatig mogelijke automatisering van van de koelinstallatie. Nieuwe koelhuisen worden altijd voor-

zien van een volautomatisch werkende installatie.

De kosten die de machines met zich meebrengen bestaan uit kosten van afschrijving, rente, onderhoud en stroomverbruik. Op de kosten van stroomverbruik wordt in hoofdstuk 23.5 nader ingegaan.

23.3 Kosten inventaris

De inventaris van een koelhuis is beperkt van omvang. In de meeste koelhuisen is aanwezig:

- intern transportmaterieel;
- meetinstrumenten;
- gereedschappen;
- kantoorinventaris;
- schoonmaakbenodigdheden.

De betekenis van het interne transportmaterieel voor een efficiënte bedrijfsvoering is reeds in hoofdstuk 18 behandeld.

Voor het meten van temperaturen in koelhuisen is apparatuur in de handel waarmee op één centrale plaats de verschillende cellen kunnen worden gemeten. In grote koelhuisen is dit noodzakelijk uit het oogpunt van bedrijfscontrole en werkt het in hoge mate arbeidsbesparend. Centrale meetapparatuur is ook noodzakelijk voor het meten van luchtsamenstellingen bij CA-bewaring, eventueel in combinatie met regelapparatuur. Voor elk geval afzonderlijk zal vastgesteld dienen te worden in hoeverre de automatisering en centralisering dient te geschieden.

De kosten van de inventaris bestaan uit kosten van afschrijving, rente en onderhoud, en stroomverbruik.

23.4 Personeelskosten

Dat bij de inrichting van een koelhuis getracht dient te worden om door een verantwoorde keuze van ter beschikking staande arbeidsbesparende hulpmiddelen de personeelsbezetting zo beperkt mogelijk te houden is uit het voorgaande reeds duidelijk naar voren gekomen. Het stapelbordensysteem en het stapelkistensysteem kunnen de personeelskosten tot een minimum reduceren.

De kosten van de menselijke arbeid kunnen we onderscheiden in directe en indirecte loonkosten. Het loon van de arbeiders die direct bij het bedrijfsgebeuren betrokken zijn, kunnen we tot de directe kosten rekenen. Tot de indirecte (loon-)kosten rekenen we bijv. het loon van het toezichthoudend personeel en bijv. bij een veiling een aandeel in de kosten van directie en administratie. De arbeidskosten bestaan uit:

- a. lonen of salarissen;
- b. bijzondere beloningen (gratificaties, vakantietoelagen, kost en inwoning, beroepskleding enz.);
- c. sociale lasten (wettelijke en vrijwillige sociale verzekeringen, diverse sociale voorzieningen).

Voor de berekening van het gemiddelde uurloon dienen a, b

en c over een vol jaar te worden berekend en te worden gedeeld door het aantal werkuren per jaar. De indirecte (loon-) kosten worden in een kostencalculatie dikwijls toegerekend in een percentage op het directe loon, een zgn. opslagpercentage.

23.5 Stroomverbruik

Voor de aandrijving van de in het koelhuis aanwezige koelmachines is kracht nodig. In nagenoeg alle gevallen wordt deze kracht geleverd door elektromotoren. Het stroomverbruik van deze motoren vormt op de exploitatierekening van het koelhuis een kostenfactor van betekenis. Het stroomverbruik in koelhuisen wordt beïnvloed door:

- 1 de temperatuur van het produkt bij de inslag;
- 2 het verloop van de buitentemperatuur;
- 3 de gewenste koeltemperatuur;
- 4 de opslagduur;
- 5 de K-waarde van de isolatie.

Het is duidelijk dat bij een zo groot aantal variabele factoren het stroomverbruik niet te voorspellen valt. Uit onderzoekgegevens van het Sprenger Instituut lichten we de volgende cijfers, die betrekking hebben op het gemiddeld stroomverbruik in hard-fruitkoelhuisen gedurende een aantal jaren.

Tabel 18. Gemiddeld stroomverbruik in fruitkoelhuisen per 1000 kg (medio september - medio april).

stroomverbruik t/m week kWh		stroomverbruik t/m week kWh		stroomverbruik t/m week kWh	
1	18	11	80	21	102
2	34	12	82	22	105
3	46	13	84	23	108
4	54	14	87	24	111
5	60	15	89	25	114
6	65	16	91	26	118
7	68	17	93	27	122
8	71	18	95	28	127
9	74	19	97	29	132
10	77	20	99	30	141

Voor de kosten van het stroomverbruik is voorts de hoogte van het tarief bepalend. Veelal worden per etmaal verschillende tarieven toegepast, o.a. dag- en nachttarief. Indien het tarief in de speruren aanzienlijk hoger is dan de andere tarieven kan worden overwogen gedurende deze periode de machines te stoppen.

23.6 Beheer en administratie

In de grote veiling- en handelskoelhuisen, waar dikwijls

miljoenen kilogrammen produkt opgeslagen liggen, rust op de chef van het koelhuis een grote verantwoordelijkheid. Gesteld kan worden dat zijn taak een drietal aspecten omvat, nl.:

- a. een administratief-organisatorisch aspect;
- b. een koeltechnisch aspect;
- c. een bewaartechnisch aspect.

Een goede administratieve verantwoording van het opgeslagen produkt is van groot belang. Een goed bijgehouden voorraadadministratie vormt hiervan een onderdeel. Het is voor ieder bedrijf, en dus ook voor een koelbedrijf, noodzakelijk om wat men het bedrijfsgebeuren noemt zo goed mogelijk te volgen.

De statistiek is in staat de bedrijfsleiding een beknopt en duidelijk inzicht te geven in de verschijnselen die zich in het bedrijf voordoen. In dit verband kunnen bijv. genoemd worden de bezetting van het koelhuis, de gemiddelde partijgrootte, de gemiddelde opslagduur enz. Bovendien verschaft de statistiek de middelen om gegevens van verschillende jaren met elkaar te vergelijken en daaruit conclusies te trekken.

Het organisatorische aspect omvat onder meer de werkvoorbereiding en de wijze van uitvoering van de te verrichten werkzaamheden. Een juiste en vroegtijdige indeling van de ter beschikking staande opslagruimte is hierbij een essentieel punt. Door het tijdig samenstellen van een stapelschema kan veel extra werk als gevolg van omstapelen van het produkt worden vermeden.

In veel gevallen is de chef van het koelhuis tevens belast met de zorg over de koelinstallaties. Het opsporen en verhelpen van storingen behoort dan eveneens tot zijn taak. Het signaleren van onregelmatigheden kan door periodieke controle van de installatie en eventuele registratie van het kWh-gebruik worden vergemakkelijkt.

Van niet minder belang is het bewaartechnische aspect. De bewaartechnieken zijn in de loop van de tijd steeds ingewikkelder geworden. Het tijdperk van de luchtgekoelde bewaarplaats is althans voor hardfruit nagenoeg voorbij. Mechanisch gekoelde opslagruimten zijn ervoor in de plaats gekomen, die op hun beurt in toenemende mate vervangen worden door opslagruimten voor CA-bewaring. Het kennen en toepassen van de voor elk produkt optimale bewaaromstandigheden gaat steeds hogere eisen stellen aan de bekwaamheid van de chef van het koelhuis. Het bewaren van tuinbouwprodukten heeft zich tot een specialisme ontwikkeld; de ontwikkeling van koelhuischef tot bewaarspecialist dient daarmee gelijke tred te houden.

23.7 Koelhuisbezetting

De fruitkoelhuizen hebben in de regel slechts gedurende zes à zeven maanden van het jaar hardfruit (appelen en peren) in opslag. Slechts een betrekkelijk klein aantal koelhuizen heeft nog mogelijkheden om ook in de overige maanden het koelhuis in meer of mindere mate bezet te houden door het koelen van uien en zacht fruit (aardbeien, bessen, kersen,

pruimen enz.). Het komt soms ook voor dat citrusfruit opgeslagen kan worden (entrepot-opslag), doch dit geschiedt in hoofdzaak in koelhuizen die zich in het westen van het land bevinden.

De koelhuizen van de consumptieveilingen waar zowel fruit als groente verhandeld wordt hebben dikwijls een aanvullende bezetting met groenteprodukten (weekendkoeling) en weten als gevolg daarvan een beter bezettingsniveau te bereiken. De koelhuizen die uitsluitend hardfruit bewaren hebben, over het gehele jaar gerekend althans, een lage bezettingsgraad. In de maanden augustus en september is soms wat aanbod van vroege appel- en pererassen, doch het eigenlijke bewaarfruit komt pas in oktober, soms wat vroeger, soms wat later. In een fruitkoelhuis mag een gemiddelde bezetting van 40% met bewaarfruit zeker niet laag genoemd worden.

Indien in een bepaald koelhuis wordt besloten de opgeslagen hoeveelheid zo gelijkmatig mogelijk te ruimen kan de onderstaande situatie ontstaan.

Tabel 19. Voorraad in procenten van de maximale capaciteit.

	inslag	uitslag	voorraad
september	20		20
oktober	80		100
november		-	100
december		10	90
januari		20	70
februari		20	50
maart		20	30
april		20	10
mei		10	-
			470

De gemiddelde bezetting per jaar met bewaarfruit bedroeg in dit geval $\frac{470}{12} = 39,2\%$. Het is niet juist te stellen dat een koelhuis met een gemiddelde jaarbezetting van 40% voor 60% onderbezet is.

In bedrijfseconomische zin dient de onderbezetting namelijk berekend te worden ten opzichte van de normale bezetting en niet ten opzichte van de maximale bezetting. Indien het koelhuis van bovenstaand voorbeeld een normale bezetting heeft van 40% dan was er in dit geval dus een onderbezetting van 0,8% aanwezig.

23.8 Tariefberekening

In het voorgaande is reeds gesteld dat de kostprijs van het koelen de basis is voor de aanbiedingsprijs en dat is in dit geval het koeltarief. De samenstellende bestanddelen van een kostprijsberekening kunnen worden onderscheiden in vaste- en variabele kosten. De vaste kosten van afschrijving, rente en onderhoud lopen door, d.w.z. ze zijn onafhankelijk

van de hoeveelheid produkt die in het koelhuis aanwezig is. De variabele kosten daarentegen staan in nauw verband met de hoeveelheid opgeslagen produkt (directe lonen, stroomverbruik). Aangezien deze kosten ten dele eveneens een vast karakter kunnen dragen is het juister om in plaats van variabele kosten de benaming bedrijfskosten aan te houden.

Wat gebeurt er nu wanneer het koeltarief per maand of per week wordt berekend en er kort na de inslagperiode weer grote hoeveelheden produkt worden geruimd? Het koelhuis is dan bij de aanvang van de bewaring misschien voor 100% bezet geweest, maar de opslagperiode is kort en daarom de ontvangst aan koellonen te gering om de kosten te dekken. Dit onderbezettingsverlies kan worden voorkomen of althans worden beperkt door de tarieven zodanig vast te stellen dat in zulke gevallen de vaste kosten geheel of in ieder geval voor een groot deel zijn gedekt. Ter illustratie hiervan het volgende rekenvoorbeeld.

Voorcalculatie exploitatiekosten

koelhuis van 3000 ton

vaste kosten

afschrijving	f 93 000,-
rente	" 64 600,-
onderhoud	" 16 400,-
	<u>f 174 000,-</u>

bedrijfskosten

technisch personeel	f 29 500,-
leiding en administratie	" 10 900,-
electriciteit	" 29 600,-
diversen	" 11 800,-
	<u>f 81 800,-</u>

totaal-kosten	f 255 800,-
totaal incl. 10% winst- opslag	f 281 380,-

Het aantal tonmaanden bedraagt bij een normale koelhuisbezetting van 40%: 40% (12x3000 ton) = 14 400

Tarief per ton produkt per maand:

$$\frac{f 281\,380}{14\,400} = f 19,53, \text{ afgerond } f 20,-.$$

De tariefstelling kan nu zodanig plaatsvinden, dat in rekening wordt gebracht:

voor de eerste 3 maanden	f 60,- per ton
en voor elke volgende maand	" 20,- " "

Bij 100% bezetting vanaf de aanvang van de bewaring wordt dan in ieder geval aan koellonen ontvangen 3000 ton x f 60,- = f 180 000,-, hetgeen de vaste kosten ruimschoots veilig stelt.

De tariefstelling kan uiteraard nog op verschillende manieren geschieden. In dit verband verdient ook de post arbeidsloon enige aandacht. De directe loonkosten zijn afhan-

kelijk van de opgeslagen hoeveelheid en in veel mindere mate van de opslagduur. De directe arbeid in het koelhuis bestaat nl. in hoofdzaak uit in- en uitslagwerkzaamheden en deze moeten in dezelfde omvang worden verricht, of er nu lang of kort wordt bewaard. Het kan daarom aanbeveling verdienen deze kosten afzonderlijk in rekening te brengen, onafhankelijk dus van het koeltarief.

23.9 Exploitatiekosten in de praktijk

In onderstaande opstelling vermelden we de exploitatiekosten per 1000 kg opslagcapaciteit van een 5-tal fruitkoelhuizen over het jaar 1970.

Tabel 20. Exploitatiekosten van vijf fruitkoelhuizen over 1970 in guldens per 1000 kg opslagcapaciteit.

	a	b	c	d	e
<i>Opslagcapaciteit x</i>					
<i>1000 kg</i>					
CA-bewaring	7 900	4 000	4 200	2 300	1 200
mech. koeling	2 600	2 200	100	1 700	600
totaal	10 500	6 200	4 300	4 000	1 800
<i>Exploitatiekosten</i>					
<i>in gld/1000 kg</i>					
afschrijving	34,70	31,90	35,70	35,70	26,00
rente	21,30	18,30	24,10	22,60	17,30
onderhoud	3,10	5,80	2,40	3,40	2,00
lonen techn. pers.	4,90	14,00	9,50	18,00	12,10
" dir. en adm.	2,30		2,20	1,30	2,40
sociale lasten	1,90	3,60	2,40	3,20	3,60
stroomkosten	9,30	12,10	6,60	10,60	10,00
diverse kosten	9,70	8,10	9,30	4,30	7,20
	87,20	93,80	92,20	99,10	80,60

De cijfers zijn opgesteld op basis van ter beschikking gestelde gegevens. De kosten van afschrijving en rente werden volgens uniforme normen berekend over de aanschaffingswaarden.

Uit de gegevens blijkt dat de gemiddelde opslagkosten voor deze vijf koelhuizen variëren van 8 tot 10 cent per kg opslagcapaciteit. Het is duidelijk dat deze kosten vrij sterk uiteen kunnen lopen als gevolg van o.a. verschillen in bouwjaar, bouwwijze en de mate van mechanisatie, resp. het aandeel personeelskosten.

In tabel 21 vermelden we de verdeling van de kosten in procenten.

Tabel 21. Verdeling exploitatiekosten in procenten

	koelhuis					gem. a t/m e
	a	b	c	d	e	
afschr., rente, on- derh.	67,8	59,7	67,4	62,3	56,2	62,7
personeelskosten	10,4	18,7	15,3	22,7	22,5	17,9
stroomkosten	10,7	12,9	7,2	10,7	12,4	10,8
diverse kosten	11,1	8,7	10,1	4,3	8,9	8,6

Hieruit blijkt dat een overwegend deel van de kosten uit vaste kosten bestaat. Door eerdergenoemde substitutie van menselijk arbeid in de koelhuizen zullen de investeringen toenemen waardoor het aandeel vaste kosten nog zal stijgen. In de kapitaalintensieve koelbedrijven wordt het daarom een steeds dringender eis een behoorlijk bezettingsniveau te handhaven.

Het internationale stelsel van eenheden (SI) *)

In wetenschap en techniek vindt meer en meer een consequente toepassing van het SI plaats. Het onderstaande pretendeert niet méér te zijn dan een gemakkelijk te hanteren overzicht van de bestaande regels omtrent samenstelling en schrijfwijze van SI-eenheden, alsook een tabel met omrekeningsfactoren voor nog steeds gebruikte eenheden, die niet tot het SI behoren. Meer informatie verschaffen de normbladen NEN 333, 950, 1221 t/m 1226, 3021, 3035 en 3069, en ISO Recommendations R 31 en R 1000, waaraan het volgende groten-deels ontleend werd.

1. Het SI kent de volgende grondeenheden:

naam basisgrootheid	symbool	naam grondeenheid	symbool
lengte	l	meter	m
massa	m	kilogram	kg
tijd	t	seconde	s
elektrische stroom	I	ampère	A
thermodynamische temperatuur	T	kelvin	K
lichtsterkte	I	candela	cd
hoeveelheid stof	n	mol	mol

2. Uit machten, produkten of quotiënten van de grondeenheden volgen afgeleide eenheden, zoals snelheid ($m \cdot s^{-1}$), dichtheid ($kg \cdot m^{-3}$) e.d.
Soms dragen afgeleide eenheden een eigen naam, zoals hertz (s^{-1} , symbool Hz), newton ($kg \cdot m \cdot s^{-2}$, symbool N), watt (W), ohm (Ω) e.d., waaruit weer andere afgeleide eenheden kunnen volgen als bijv. $W \cdot m^{-2}$ (SI-eenheid voor de warmtestroomdichtheid, die op hun beurt soms weer een eigen naam krijgen, zoals de pascal (symbool Pa) voor de eenheid van druk ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} \cdot m^{-2}$).
3. Als aanvullende eenheden kent het SI de radiaal (rad) en de steradiaal (sr), resp. de eenheden voor vlakke hoek en ruimtehoek, waaruit afgeleide eenheden als $rad \cdot s^{-1}$ voor de hoeksnelheid en $cd \cdot sr$ (lumen, symbool lm) voor de lichtstroom te vormen zijn.
4. Ter vermijding van zeer grote of zeer kleine getallen gelden onderstaande decimale voorvoegsels. Aangeraden

*) Uitgave van de Stichting TFDL, Wageningen. 2e herziene druk, juli 1972.

wordt de onderstreepte beperkt te gebruiken.

tera T 10^{12}	<u>hecto</u> h 10^2	milli m 10^{-3}	femto f 10^{-15}
giga G 10^9	<u>deca</u> da 10	micro 10^{-6}	atto a 10^{-18}
mega M 10^6	<u>deci</u> d 10^{-1}	nano n 10^{-9}	
kilo k 10^3	<u>centi</u> c 10^{-2}	pico p 10^{-12}	

5. Hieronder volgen de voornaamste regels voor de schrijven- en zetwijze van namen en symbolen van grootheden en eenheden.

- Namen van grootheden zowel als van eenheden beginnen met een kleine letter, behalve aan het begin van een zin. Dit geldt ook voor eenheden, die van persoonsnamen zijn afgeleid (newton, watt, enz.).
- Symbolen voor grootheden zowel als voor eenheden worden niet door een afkortingspunt gevolgd (Z in plaats van z. voor lengte en mm in plaats van mm.).
- Symbolen voor grootheden worden cursief gedrukt, terwijl symbolen voor eenheden en decimale voorvoegsels recht-opstaand gedrukt worden, ook in overigens schuinstaand gedrukte tekst. Dit ter duidelijke onderscheiding van de symbolen voor grootheid en eenheid (zoals bijv. *m* voor massa en m voor meter).
- Voor symbolen voor eenheden wordt een kleine letter gebruikt, behalve wanneer het symbool is afgeleid van een eigennaam; dus m (meter), maar N (newton).
- Symbolen voor decimale voorvoegsels gaan zonder spatie of punt vooraf aan het symbool voor de eenheid (cm in plaats van c m en mV in plaats van m.V!).
- Het gebruik van dubbele voorvoegsels dient men te vermijden. Voor 10^{-9} m schrijft men 1 nm en niet 1 μ m enz.
- Bij veelvouden en delen van de grondeenheid kilogram gaat men uit van het gram, dus 10^{-6} kg is 1 mg en niet 1 μ kg.
- De combinatie van een voorvoegsel en het symbool voor een eenheid kan beschouwd worden als een nieuw symbool, zodat bijvoorbeeld geldt: $\text{cm}^3 = (\text{cm})^3$ en niet 10^{-2} m^3 .
- Het produkt van een aantal eenheden kan men op diverse manieren schrijven, bijv. a b, a x b, a b. Gewoonlijk wordt aan de laatste schrijfwijze de voorkeur gegeven. De punt staat op halve letterhoogte boven de regel.
- Voor een quotiënt van de eenheden a en b kan men schrijven: $\frac{a}{b}$, a/b, $a \cdot b^{-1}$ enz.
In combinaties mag nooit meer dan één schuine deelstreep aan dezelfde kant van de horizontale lijn voorkomen. Men dient te schrijven: J/(kg·K) of $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ en niet J/kg/K of iets dergelijks. T.a.v. symbolen voor grootheden gelden analoge regels.

Omrekeningstabel voor een aantal in de techniek voorkomende eenheden naar SI-eenheden.

Grootheid	Eenheid		Omrekening naar SI		Opmerkingen
	naam	symbool			
lengte l	ångström	† Å	10^{-10}	m	spectroscopie
	inch	in	0,0254	m	exact
	foot	ft	0,3048	m	12 in
	yard	yd	0,9144	m	3 ft
oppervlakte A	hectare	Δ ha	10^4	m ²	10^2 are ($1a=10^2m^2$)
	acre	A	4047	m ²	
	square inch	sq.in of in ²	$6,4516 \cdot 10^{-4}$	m ²	
	square foot	sq.ft of ft ²	$9,2903 \cdot 10^{-2}$	m ²	
	square yard	sq.yd of yd ²	$83,613 \cdot 10^{-2}$	m ²	
inhoud V	liter	Δ l	10^{-3}	m ³	exact, zie noot 6.
	cubic inch	cu.in of in ³	$16,387 \cdot 10^{-6}$	m ³	
	cubic foot	cu.ft of ft ³	$28,317 \cdot 10^{-3}$	m ³	in de Ver. Staten in Groot-Brittannië
	gallon (US)	US gal	$3,785 \cdot 10^{-3}$	m ³	
	gallon (Imp)	UK gal	$4,546 \cdot 10^{-3}$	m ³	
massa m	pound	lb	0,453 592 37	kg	exact (= 16 oz)
	ounce	oz	0,02835	kg	
	grain	gr	$0,0648 \cdot 10^{-3}$	kg	
	slug	slug	14,594	kg	
snelheid v	km per uur	km/h	0,278	m/s	zie noot 6.5
	foot per minute	ft/min; fpm	$5,08 \cdot 10^{-3}$	m/s	1 zeemijl per uur
	knoop (knot)	kn	0,515	m/s	
kracht F	dyne	† dyn	10^{-5}	N	Duits: kilopond (kp) exact
	kilogramkracht	- kgf	9,806 65	N	
	poundforce	lbf	4,448 22	N	
	poundal	pdl	0,138 26	N	
	pounds per cubic inch	lb/cu.in	$2,768 \cdot 10^4$	kg/m ³	
dichtheid (zie noot 6.6) ρ	pounds per cubic foot	lb/cu.ft	16,018	kg/m ³	in de Ver. Staten in Groot-Brittannië
	pounds per gallon (US)	lb/gal	119,83	kg/m ³	
	pounds per gallon (UK)	lb/gal	99,78	kg/m ³	
druk p	bar	Δ bar	10^5	Pa	N/m ² =Pa, sinds oktober 1971
	millibar	Δ mbar	10^2	Pa	
	normale atmosfeer	† atm	$1,013 25 \cdot 10^5$	Pa	exact (= 760 torr) 1 kgf/cm ²
	technische atmosfeer	- at	$0,980 665 \cdot 10^5$	Pa	
	millimeter kwik	- mmHg	133,322	Pa	13,5951 mmH ₂ O exact 10^{-4} at
	millimeter water	- mmH ₂ O	9,806 65	Pa	
	pound weight/sq.in	psi (lbf/in ²)	$6,895 \cdot 10^3$	Pa	25,4 mmHg exact 0,002 54 at exact
	pound weight/sq.ft	psf (lbf/ft ²)	47,880	Pa	
	inch of mercury	inHg (°Hg)	3386,39	Pa	
	inch of water	inH ₂ O (°H ₂ O)	249,089	Pa	
temperatuur T	-verschil: graad Celsius	Δ °C	1	K	kelvin, niet graad kelvin
	-niveau: graad Celsius	Δ °C	$x \text{ °C} = (x + 273,15)$	K	
	-niveau: graad Fahrenheit	°F	$x \text{ °F} = \frac{5}{9}x + 255,37$	K	
	-niveau: graad Rankine	°R	$5/9$	K	

Grootheid	Eenheid		Omrekening naar SI	Opmerkingen
	naam	symbool		
Dynamische viscositeit η	poise	† P	0,1	Pa·s
	centipoise	† cP	10^{-3}	Pa·s
		lbf·s/ft ²	47,88	Pa·s
		lbf·s/in ²	6895	Pa·s
Kinetische viscositeit ν	stokes	† St	10^{-4}	m ² /s
	centistokes	† cSt	10^{-6}	m ² /s
		in ² /s	$6,45 \cdot 10^{-4}$	m ² /s
Energie, arbeid, warmte, A, E, Q	erg	† erg	10^{-7}	J
	kilowattuur	kWh	$3,6 \cdot 10^6$	J
	'kilogrammeter'	- kgf·m	9,806 65	J
	elektronvolt	eV	$1,602 \cdot 10^{-19}$	J
	kilocalorie	- kcal	4186,8	J
	British thermal unit	Btu	1055	J
Macht, P	erg per seconde	erg/s	10^{-7}	W
	paardekracht	- pkj	735,498 75	W
	horse power	hp	745,7	W
	kilocalorie per uur	- kcal/h	1,163	W
		kgf·m/s	9,806 65	W
		Btu/h	0,293	W
	ton of refrigeration	ton of refr. (US)	3513	W
Moment, M	pound-inch	lb(f)-in	0,113	N·m
	pound-foot	lb(f)-ft	1,356	N·m
Warmtestroomdichtheid q		erg/(cm ² ·s)	10^{-3}	W/m ²
		cal/(cm ² ·min)	697,8	W/m ²
		kcal/(m ² ·h)	1,163	W/m ²
		Btu/(ft ² ·h)	3,154	W/m ²
Warmteoverdrachts (doorstraling) coëfficiënt λ		kcal/(m ² ·h·K)	1,163	W/(m ² ·K)
		Btu/(ft ² ·h·°F)	5,678	W/(m ² ·K)
Warmtegeleidingscoëfficiënt λ		kcal/(m·h·K)	1,163	W/(m·K)
		Btu/(ft·h·°F)	1,730	W/(m·K)
Vermogen, P		kcal/(kg·K)	4186,8	J/(kg·K)
Hoek, α, β	graad	Δ °	0,017 453	rad
				$1^\circ \text{C} = \frac{\pi}{180} \text{ rad}$
Stralingsintensiteit, I	stilb	- sb	10^4	cd/m ²
Magnetische flux, B	gauss	Gs	10^{-4}	T
Magnetische flux, Φ				
	maxwell	Mx	10^{-8}	Wb

met - aangegeven eenheden enz. dienen uiterlijk 31 december 1977 te zijn verdwenen.
 n de met † aangegeven eenheden zal de situatie vóór deze datum worden gezien.
 t gebruik van de met Δ aangegeven eenheden is toegestaan. Hiertoe behoort ook de ton
 symbool t) voor een massa van 1000 kg.

6. Noten en opmerkingen

- 6.1 Dit geldt sinds 1964. Daarvoor was 1 l gelijk aan $1,000\ 028\text{ dm}^3$. Teneinde verwarring te voorkomen, wordt aangeraden om bij nauwkeurige meetresultaten de eenheid liter niet te gebruiken.
- 6.2 De graad Celsius behoort zuiver beschouwd niet tot het SI. Aangeraden wordt om temperatuurverschillen altijd in kelvin uit te drukken.
- 6.3 Voor de diverse in de praktijk voorkomende eenheden voor viscositeit wordt verwezen naar de literatuur.
- 6.4 In 1971 is de naam siemens (symbool S) aanvaard voor Ω^{-1} .
- 6.5 Voor voertuigen is het gebruik van km/h toegestaan. Het gebruik van niet tot het SI behorende eenheden als minuut (min), uur (h), dag (d) en jaar (a) is in het dagelijks gebruik geoorloofd.
- 6.6 Men dient dichtheid te onderscheiden van soortelijk gewicht. Het laatste heeft de dimensie van kracht per volume-eenheid.

Index

Aanschaffingsprijzen	71	Isolatie	31
Aantal cellen	17	Kalkscrubber	45
Actieve-koolscrubber	46	Klimaat	40
Administratie	104	Klimaatregeling	36
Adviseurs	8	Koelcapaciteit	24, 25, 29
Afleving	72	Koelhuisbezetting	105
Bedrijfszekerheid	58	Koelinstallatie	24
Beladingsrendement	19	Kosten gebouw	101
Beveiliging	44, 56	Kosten inventaris	103
Bevochtiging	39	Kosten machines	102
Bewaarcapaciteit	97	Kwaliteitsverlies	72
Bewaarcondities	85	Kwaliteitsverloop	76
Bewaarklimaat	85	Los gestort produkt	62
Bezetting	15	Luchtbeweging	38
Bouw	8	Luchtsamenstelling	55
Bouwkosten	19	Luchtvochtigheid	53
Bouwkundige opzet	9	Meet- en regelapparatuur	51
Bouwterrein	9	Microbieel bederf	75
Buitenlandse produkten	93	Moleculaire-zeefscrubber	47
CA-bewaring	41	Noten	95
CA-condities	92	Personeelskosten	103
Capaciteit	29	Plasticscrubber	47
Carbonaatscrubber	46	Programma van eisen	8
Celgrootte	17, 19	Prijzen	65
Citrusfruit	94	Scrubbers	45
Constructie	12	Stapelborden	63
Dampdichte laag	34	Stapeling	20, 61
Deuren	35	Stapelkisten	20, 64
Drukvariaties	44	Stichtingskosten	98
Economie	97	Stikstofinspuiting	50
Electriciteitsvoorziening	28	Stroomverbruik	104
Ethanolaminescrubber	48	Tariefberekening	106
Exploitatie	99	Temperatuur	37, 51
Exploitatiekosten	108	Transport	66
Fruit	89, 94	Verdamping	73
Fundering	10	Verpakking	40, 59
Fust	59, 63	Vloeren	32
Gasdichtheid	42	Vochtigheid	37
Gemengde opslag	91	Volumegewichten	60
Geschrubde CA-bewaring	44	Voorbeeldberekening	25
Groenten	86, 96	Voorschriften	11
Grootte	14	Vormgeving	12
Heftrucks	68	Warmtebalans	25
Houdbaarheid	72	Warmteproductie	81
Inert-gasgeneratoren	48	Werkdrukken	29
Inkoeltijd	22		