

S P R E N G E R I N S T I T U U T

Haagsteeg 6, Wageningen

Tel.: 08370 - 19013

RAPPORT NO. 1922

Ir. J.W. Rudolphij en B.J.L. Veltman

HET ONTWERP VAN EEN OPSTELLING VOOR
PROEVEN OP HET GEBIED VAN CA-BEWARING
MET REGELING VOOR HET HANDHAVEN VAN DE
INGESTELDE GASMENGVERHOUDING IN IEDERE
CONTAINER

Uitgebracht aan de directeur van het Sprenger Instituut,
mei 1975, proj. no. 72.

Samenvatting

In dit rapport is beschreven het ontwerp van een installatie voor onderzoek op het gebied van CA-bewaring (controlled atmosphere), waarbij tegelijkertijd 28 verschillende bewaaromstandigheden kunnen worden gesimuleerd voor produkthoeveelheden in de orde van 100 kg. De 28 bewaaromstandigheden hebben betrekking op twee temperaturen en per temperatuur 14 verschillende te kiezen mengverhoudingen van zuurstof, koolzuur en stikstof. Daarnaast bestaat er de mogelijkheid om bij ieder van de twee temperaturen in drie van de veertien gevallen een lagere relatieve vochtigheid in te stellen dan de ca. 98% relatieve vochtigheid, die ontstaat in een gesloten systeem waarin zich vochtafgevend produkt bevindt. In zekere zin legt de eis van een lagere relatieve vochtigheid beperkingen op. Bijvoorbeeld in het geval van een eis van 85% r.v. bij een temperatuur van 2^oC kan afhankelijk van de vochtafgifte van het produkt de container maar voor een deel worden gevuld.

De installatie is voorzien van een regeling voor het constant houden van de mengverhouding van de genoemde gasen tegen de storende invloed van de ademhaling van de produkten in opslag en tegen de storende invloed van wijzigingen in de atmosferische druk.

Met het oog op de investeringskosten en gegeven het feit, dat er 28 regeléenheden zouden moeten worden geconstrueerd voor 28 volkomen gescheiden bewaarsystemen, is het principe van de regeling eenvoudig gehouden. Er tegenover staat het nadeel, dat de controleur er op moet toezien, dat in de scrubbers behorende bij de installatie, juist die hoeveelheid koolzuur wordt weggenomen, die wordt geproduceerd door het opgeslagen produkt als gevolg van de ademhalingsactiviteit. Aan het instrumentarium om de gasstroom door de scrubbers constant te houden en nauwkeurig te kunnen

instellen is dan ook veel aandacht besteed. Toch is met deze wijze van regelen bereikt, dat na de inlooperperiode, waarin het produkt de ademhalingsactiviteit stabiliseert op het niveau behorende bij de opgelegde bewaaromstandigheden, met een meer dan voorheen gespreide controle op de mengverhouding van de gassen kan worden volstaan.

Aan de opdracht een ontwerp te maken voor een installatie voor onderzoek op het gebied van CA-bewaring met o.m. de eigenschappen de schommelingen van de koolzuur en zuurstofgehalten van de bewaaratmosfeer gedurende een bewaarperiode te begrenzen en de noodzaak tot controle en bijsturing zodanig te verminderen dat geen weekendwerk behoeft te worden verricht, is voldaan in die zin dat aan de uitvoerder van de proeven een apparatuur ter beschikking is gesteld waarin veranderingen zich geleidelijk voltrekken zodat controle en bijsturing met grote tussenpozen kunnen plaatsvinden.

Voorwoord

Bij het realiseren van de in dit rapport beschreven apparatuur werd veel hulp ondervonden van de heer N. Wolven, die een groot aantal problemen op het gebied van kunststofverwerking en het gasdicht construeren van buisverbindingen wist op te lossen.

De heer W. Verbeek verleende zijn medewerking om te bereiken, dat een zeer essentieel onderdeel voor de regeling van de installatie nl. de sturing van de gasstroom door de scrubber goed kon worden beheerst. Daardoor werd het mogelijk de door te laten gasstroom nauwkeurig in te stellen en constant te houden gedurende lange tijd.

De heer G. Koldewe deed de suggestie aan de hand de in de container geplande kogelglijvloer voor het gemakkelijk verschuiven van stapels gevuld fust te vervangen door een kunststof glijplaat. Een bevochtigde kunststof glijplaat kan de taak van de kogelvloer goed overnemen en is aanmerkelijk goedkoper in de aanschaf.

De bedrading en montage van de 'stuuréénheden' en 'pompéénheden' is voor een belangrijk deel door de heer R.G. Bons verricht.

INHOUD	blz.
1. Inleiding	5
2. Opbouw van de Installatie	6
3. Constructie van de container	8
4. Analyse van het gaswisselingsproces in een CA-container met scrubber	15
5. Invloed van wijzigingen in de atmosferische druk	20
6. Invloed van een wijziging in de temperatuur	22
7. Regeling voor het constant houden van de ingestelde gasmengverhouding in de container.	22
Beschrijving van de stuur��nheid	26
Beschrijving van de pomp��nheid	29
Beschrijving van de vochtigheidsregeling	30
8. Centraal meetpaneel	33
9. Centrale zuurstofleiding	35
10. Resultaat van een contr��lemeting	37
Bijlage 1. Handelingen voor het instellen van een gasmengverhouding en in bedrijf stellen.	41
Bijlage 2. Lijst van belangrijkste onderdelen.	44

1. Inleiding

Voor het onderzoek op het gebied van CA-bewaring bleek in 1973 de behoefte te bestaan de opstelling van conditioneringséénheden (containers) bestemd voor gebruik bij geringe hoeveelheden produkt, te herzien.

In een nieuw ontwerp zouden dan de volgende punten gerealiseerd moeten worden.

- . Een opstelling geschikt om CA-bewaring uit te voeren in containers bij twee temperaturen en bij ieder van de twee temperaturen te bewaren onder gasmengsels van verschillende samenstelling.
- . Een aantal van de daarvoor benodigde conditioneringséénheden te voorzien van een vochtregeling teneinde naast de instelvariabelen temperatuur en samenstelling van de bewaaratmosfeer de mogelijkheid te openen te kunnen bewaren onder een lager vochtgehalte dan de ca. 98% relatieve vochtigheid, die ontstaat in een gesloten systeem met daarin een vochtafgevend produkt.
- . De ingestelde gasmengverhouding in een container, die door de ademhalingsactiviteit van het produkt in de container wordt verstoord, door middel van een regeling op peil te houden. Daarmee zou de dagelijkse controle op de gassamenstelling in de containers kunnen vervallen en zou met een controle met intervallen van enkele dagen en buiten de weekenden kunnen worden volstaan.
- . Een dergelijke regeling zou ook de variaties in zuurstof- en koolzuurgehaltes ten opzichte van de handregeling (ca. 0.5% tot 1.5% in 24 uur voor O₂ en ca. 0.5% tot 1% voor CO₂) moeten verkleinen. Gestreefd zal worden naar een grens van $\pm 0,2\%$ rond de ingestelde waarde.

Opmerking: Bij de bouw van de installatie is deze tole-

rantie enigszins verruimd. De realisatie hangt samen met de keuze van een type drukschakelaar. Hiervoor is nu een robustere uitvoering gekozen. Was bijvoorbeeld voor een kleiner type uit dezelfde serie gekozen, dan had wel aan de streefwaarde kunnen worden voldaan (zie hoofdstuk 10).

Voor de gehele opstelling zou een centrale plaats voor de meting van de gassamenstelling in de verschillende containers wenselijk zijn. Dit geeft de mogelijkheid de installatie op een later tijdstip uit te breiden met een geschreven contrôle op het verloop van de zuurstof- en koolzuurgehalten en de gehalten van andere belangrijke gasvormige componenten (bijv. ethyleen) in de containers.

2. Opbouw van de installatie

In verband met de eis om bewaarproeven met materiaal van dezelfde herkomst te kunnen uitvoeren bij twee temperaturen worden de containers verdeeld over twee bewaarcellen met ieder een wandlengte van 3.76 m. Om de containers aan twee zijden op een stelling twee hoog te kunnen plaatsen is 20 cm nodig voor de kolommen van de stelling en 24 cm voor speling. Blijft over een effectieve wandlengte voor 4 containers naast elkaar van 3.32 m (2 hoog = 8 containers per wand). H.u.v. een maximum breedte van 83 cm per container.

Een koker voor de koeler voorkomt, dat in een cel één van de wanden volledig kan worden benut. Aan de betreffende wand kunnen slechts 6 containers worden geplaatst.

De totale installatie bestaat dus uit 28 containers, 14 per cel, twee rijen van vier boven elkaar aan de ene wand en twee rijen van drie boven elkaar aan de andere wand.

Van de 28 containers kunnen 6 worden voorzien van een regeling voor het vochtgehalte.

Aangezien de 28 containers in principe ieder een eigen samenstelling van de bewaaratmosfeer moeten kunnen handhaven

is er wat betreft de regeling naar gestreefd iedere container te voorzien van een 'stuuréénheid' die in de tijd een éénmaal ingestelde mengverhouding van de in de container aanwezige gassen in stand houdt.

Een ander denkbaar, doch veel kosthaarder systeem is een systeem waarbij regelmatig de samenstelling van de bewaaratmosfeer (CO_2 -gehalte, O_2 -gehalte, N_2 -gehalte) in een container wordt gemeten en er aan de hand van een geconstateerde afwijking van een ingestelde gewenste mengverhouding wordt bijgestuurd bijv. door middel van inspuiting van één of meer van de gasvormige componenten.

Het laatstgenoemde systeem zou per container tenminste één meetinstrument vragen nl. voor de gasconcentratiemeting van of zuurstof of koolzuur met 'set-point' en signalering van de afwijking; of indien de meting centraal zou geschieden een geheugensysteem om voor iedere container de gemeten gasconcentraties te kunnen vergelijken met de in het geheugen opgeslagen gewenste gasconcentraties.

De 'stuuréénheden' staan los van de container. Ze zijn vrij uitwisselbaar en er kan bij breuk direct worden vervangen.

Hetzelfde geldt voor de 'pompéénheden'. Deze zorgen voor de luchtcirculatie in de container en door de scrubber, waar de door het produkt geproduceerde CO_2 wordt gebonden. De pompéénheden bestaan uit een membraampomp, een thyristorschakeling voor capaciteitsregeling en een naaldregelventiel voor nauwkeurig afstellen van de doorstroomsnelheid van het gasmengsel.

De 'stuuréénheden' zijn zo ontworpen, dat ter plaatse in de bewaarcel gasmonsters kunnen worden genomen voor analyse. De 'stuuréénheden' kunnen ook worden verbonden met een centraal meetpaneel buiten de twee bewaarcellen. In het laatste geval circuleert het gasmengsel van iedere container langs het centrale meetpaneel, aangedreven door de bij de container behorende circulatiepomp. Dan kunnen op het centrale punt de gasmonsters voor ana-

lyse worden getrokken.

Figuur 1 geeft een beeld van een containeropstelling met 'stuuréénheid' en 'pompéénheid' in een cel.

3. Constructie van de container

Bij het ontwerp van de nieuwe container hebben de volgende overwegingen een rol gespeeld:

1. Een constructie te maken met een zo gering mogelijk aantal soldeernaden i.v.m. gasdichtheid.
2. Afmetingen en vulopening zo te kiezen in relatie tot een in de handel verkrijgbaar fust, dat het vullen van de containers weinig moeite kost.
3. De container mag niet kwetsbaar zijn bij transport en vullen. Ook dit in verband met de mogelijkheid van optreden van lekkage.

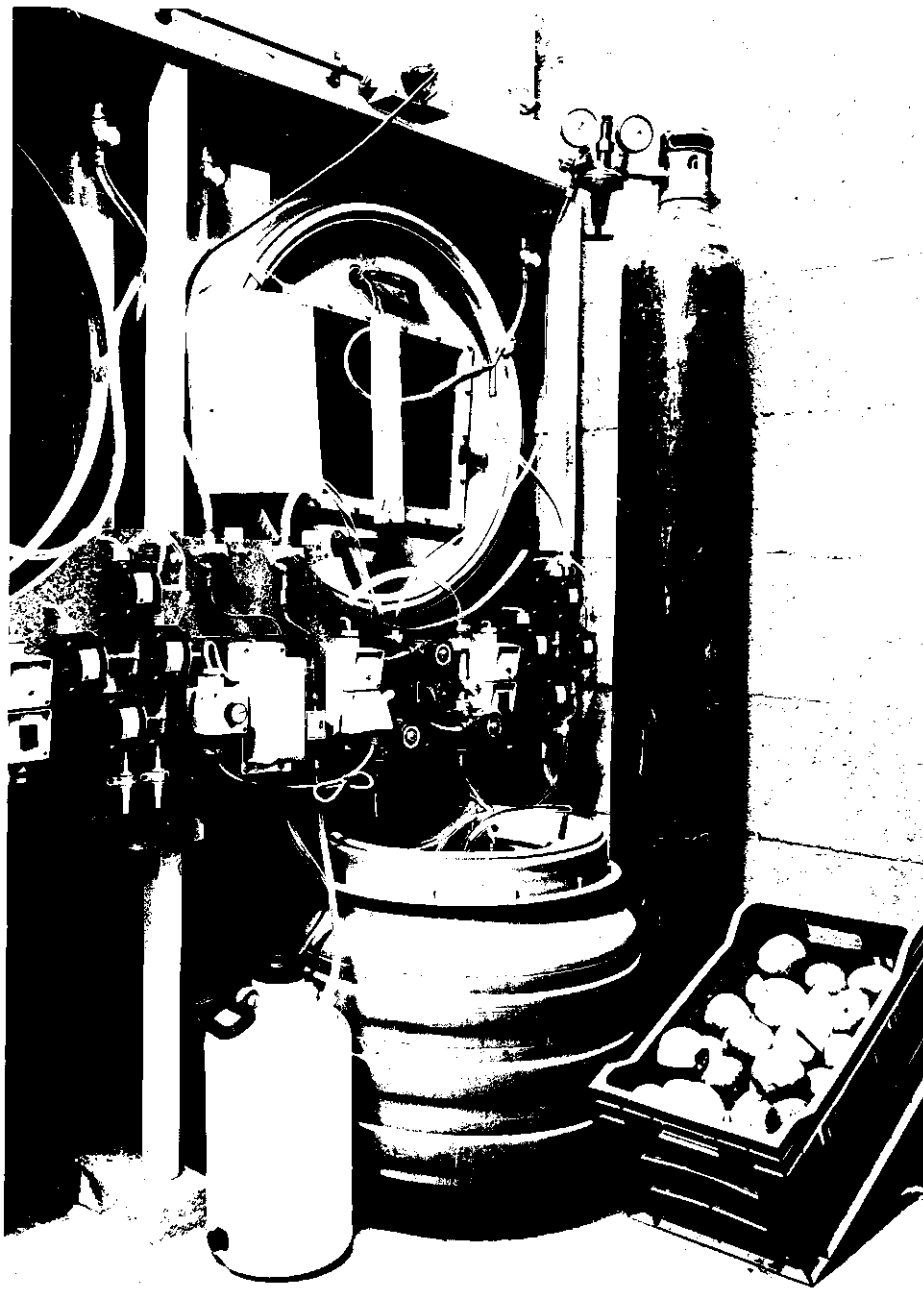


fig. 1. Opstelling CA-container

Bij de oude containers (materiaal: zinkplaat 14) trad gaslek hoofdzakelijk op door beschadiging van de gesoldeerde hoekstukken tijdens transport en door beschadiging van gesoldeerde zijnaden en wandnaden als gevolg van inbuigen of uitbulgen van de plaatwanden bij het vullen en bij de vaak optredende drukverschillen tussen omgeving en inwendige van de container tijdens een bewaarperiode.

Voor de nieuwe containers is opnieuw gekozen voor zinkplaat. Ditmaal de zwaardere vorm nl. zinkplaat 16 (16 kg per plaat). Een containerconstructie van een materiaal met versteviging of inwendig frame om hinder van drukverschillen tussen atmosfeer en gasdruk in de container te voorkomen is niet in overweging genomen in verband met het aantal te bouwen containers en de financiële consequenties. Het probleem van de drukverschillen is opgelost via de regeling voor het constant houden van de gassamenstelling in de container (zie hoofdst. 5 en 7).

De afmetingen van zinkplaten zijn standaard 1 m x 2,25 m. Gegeven een minimum aan soldeernaden, geen soldeernaden in de vlakke wanddelen en een optimaal gebruik van zinkplaat moeten de afmetingen van de container beperkt blijven tot de maten:

$$1,10 \text{ m} \times 0,95 \text{ m} \times 0,95 \text{ m}$$

De container kan dan worden gebouwd uit 3 zinkplaten. Gerekend is met overslagen van 2,5 cm.

Als gevolg van een beperking opgelegd door de wandlengte van de bewaarcellen, waarin de containers een plaats moeten vinden, wijzigt één der maten zich in 0,83 m. De definitieve afmetingen van de containers zijn dan ook als volgt vastgesteld:

breedte	0,83 m
hoogte	0,95 m
diepte	1,10 m

Om tegemoet te komen aan de bezwaren van lekstoten tijdens transport en vullen zijn de bewaarcellen voorzien van stellingen, waarbij het de bedoeling is de containers, die daarin worden geplaatst, niet meer te verplaatsen. De stellingen zijn voorzien van plankieren van hout om de bodemplaat van de containers te steunen, zodat tijdens het vullen geen doorbuiging kan plaats vinden met als gevolg het ontstaan van gaslekken in de gesoldeerde verbindingen. De diepte van de stellingen is vastgelegd op 1.15 m. Dit heeft als reden, dat de uitstekende delen van de container, hoofdzakelijk een 4-tal afsluiters, niet buiten de stelling behoeven te steken, zodat deze worden beschermd tegen stoten of een te ruwe behandeling. Aangezien de containers geen inwendig frame bevatten zijn deze gasafsluiters bevestigd aan de voorplaat. Het is een zwakke constructie met het oog op gaslek. Getracht is de constructie te verbeteren door ter plaatse de zinkplaat te versterkingen met extra plaatmateriaal. Er is van afgezien, de containers te versterken met een inwendig frame i.v.m. de galvanische werking tussen de zinkplaat en het framemateriaal in een vochtige omgeving.

Als sluiting voor de te construeren containers is opnieuw het fietswiel toegepast. Met een band voorzien van lengterprofilering, goed hard opgepompt, voldoet dit uitstekend mits zodanig geplaatst dat middellijn band=middellijn sluitvelg. Om een juiste plaatsing te verzekeren zijn stootnokken aangebracht. Dekfels van dit type zijn eenvoudig en snel te verwijderen en weer opnieuw aan te brengen. Om gaslek te voorkomen moet veel zorg worden besteed aan het vlak maken van de binnenzijde van de velgrand waarin het fietswiel wordt geplaatst. Vooral ter plaatse van de soldeernaad in deze rand.

De doorsnede van de vulopening is met de keuze van een fietswiel als deksel vastgelegd op 70 cm.

De spaken van het fietswiel zijn vervangen door een zinkplaat waarin een venster is aangebracht van perspex gevat

in siliconenrubber en voorzien van een anti-condenscoating. Hierdoor is waarneming van het gedrag van het produkt tijdens bewaring mogelijk.

De eis, dat de container gemakkelijk te vullen moet zijn leidt er toe, dat aandacht dient te worden besteed aan op de eerste plaats de keuze van fust en afhankelijk van de afmetingen hiervan op de tweede plaats, de plaatsing van de vulopening in het front van de container. Daarnaast aan een voorziening om fuststapels gevuld met produkt gemakkelijk in de container te kunnen verschuiven. Het laatste probleem is opgelost door op de bodem van de containers een nylonplaat aan te brengen van 2 mm dik. Gebleken is dat deze na bevochtiging een uitstekende glijplaat vormt voor kunststoffust.

In overleg is vastgesteld, dat de container zal worden gevuld met 12 fustéénheden (4 stapels van 3 hoog). De gewichtsinhoud van het fust zou in verband met de hanteerbaarheid op hoogte maximaal 12 kg mogen zijn. Verder is er de voorkeur aan gegeven om van kunststof fust gebruik te maken. Dit fustmateriaal beïnvloedt tijdens bewaring de vochthuishouding niet door vochtopname of vocht-afgifte.

Gekozen is een kunststof krat van lage druk polyetheen met geperforeerde bodem en wanden en met de afmetingen:

500 mm x 300 mm x 264 mm uitwendig (zie figuur 1)

Aan de hand van deze fustafmetingen is de plaats van de vulopening in het front van de container bepaald volgens de situatieschets van figuur 2. Kenmerkend voor de plaats van de vulopening zijn de daar aangegeven maten p en q. Bij de figuur zijn gegeven de voorwaarden waaraan moet worden voldaan. Deze leiden tot de volgende waarden voor p en q:

p = 210 - 220 mm

q = 100 mm

Het betekent een iets ten opzichte van het centrum naar links of rechts en omhoog verschoven plaats van de vulopening.

De container is aan de voorzijde voorzien van vier doorvoeropeningen, die zijn afgesloten met gaskranen. De gaskranen zijn voorzien van slangpijlen. De zuigopening links boven is verlengd met een pijp tot achterin de container. Rechts-onder bevindt zich de perszijde van het gascirculatiecircuit. Gescheiden hiervan en rechtsboven is de aansluiting voor drukmeting in de container. De druk in de container dient als stuursignaal voor de regeling. Om controle te kunnen uitoefenen is de container bij deze aansluiting tevens voorzien van een vloeistofmanometer. Linksonder bevindt zich de aansluiting voor toevoer van gasmengsel naar de container.

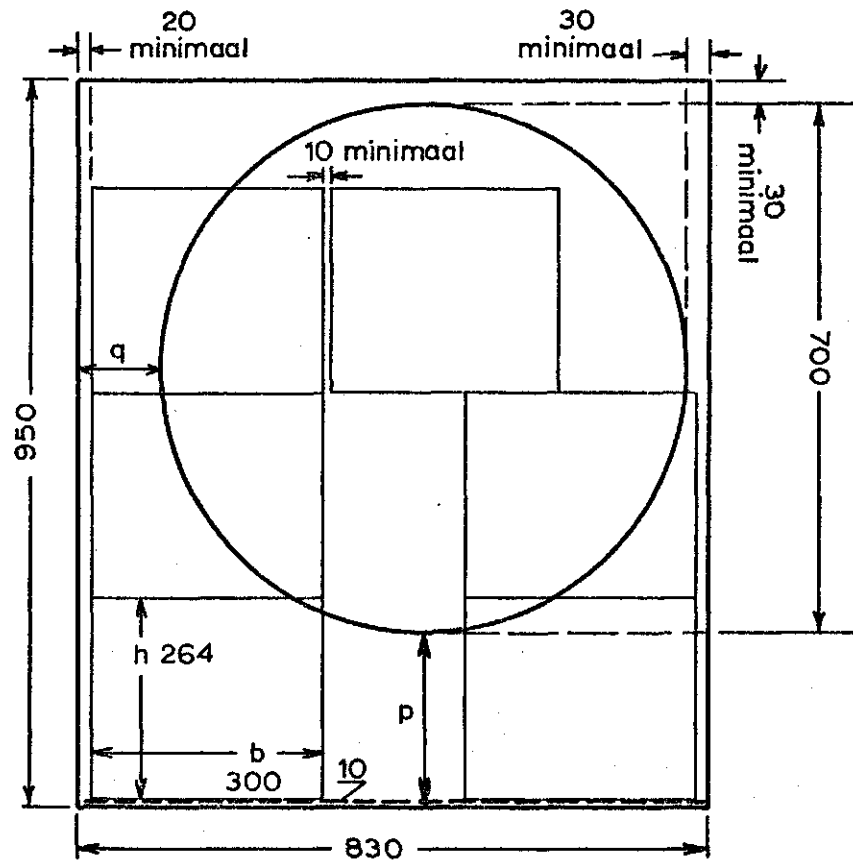


fig. 2. Schets voor het bepalen van de plaats van de vulopening van de container (gekenmerkt door de lengtematen p en q) i.v.m. met het gemakkelijk inschuiven van de laatste krat.

Voorwaarden: $p + 730 \leq 950$

$q + 730 \leq 830$

$$(3h + 10 - p - r)^2 + (2b + 30 - q - r)^2 \leq r^2$$

met:

$b = 300$ mm

$h = 264$ mm

$r = 350$ mm

Bovenop de container is verder nog een doorvoeropening aangebracht, die kan worden gebruikt om een vochtvoeler in de container aan te sluiten of een hygrostaat of temperatuurvoelers e.d.

4. *Analyse van het gaeffingsproces in een CA-container met scrubber.*

Het produkt, dat wordt opgeslagen in een container neemt O_2 op en geeft CO_2 af.

Globale reactievergelijking: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{warmte}$

Een orde van grootte van de zuurstofconsumptie en de koolzuurproduktie in een bewaaratmosfeer met dezelfde gassamenstelling als die van lucht, is gegeven in tabel 3. Gegevens over bewaring in een atmosfeer met lagere zuurstofconcentratie of hogere koolzuurconcentratie dan die van lucht zijn zo goed als niet voorhanden. Verwacht mag worden, dat de ademhalingsactiviteit van het produkt dan geringer zal zijn. De gegevens van tabel 3 kunnen dus zonder risico als ontwerpgegevens worden gehanteerd.

Na het bereiken van een vooraf gesteld CO_2 -gehalte of door inspuiting met gasmengsel direkt verkregen CO_2 -gehalte wordt de verder geproduceerde CO_2 gebonden aan KOH in oplossing (25 à 30 gewichtsprocent KOH). Met behulp van een circulatiepomp wordt gasmengsel uit de container gepompt door een scrubberpot met oplossing en teruggevoerd naar de container. Het verlies aan zuivere zuurstof, dat optreedt bij het ademhalingsproces moet worden aangevuld. In verband met de kosten verbonden aan het toevoeren van zuurstof uit gasflessen kan dit worden gedaan met lucht (21% O_2 , 0.03% CO_2 en ca. 78% N_2). Op langere termijn betekent echter compensatie met lucht

Tabel 3. Zuurstofopname en koolzuurafgifte van enkele produkten.

soort produkt	temp. °C	O ₂ -opname= CO ₂ afgifte cm ³ /kg.h. bij 760 mm Hg
bewaarpappel	0	0.9 - 1.9
	2	1.9 - 2.4
	5	2.4 - 3.7
	10	3.7 - 5.6
andijvie	0	17 - 23
	2	23 - 31
	5	31 - 38
	10	46 - 54

Gegevens ontleend aan: Produktgegevens Groente en Fruit,
Mededeling nr. 30, Sprenger Instituut.

Tabel 4. Zuurstofopname en corresponderende daling van het zuurstofgehalte in een CA-container bij aanvulling met lucht.

Produkt	O ₂ -opname niveau	O ₂ -verbruik door het produkt in de container	O ₂ -concentratie afname $\frac{dx}{dt}$	Tijd tot 0.2% grens
	cm ³ /kg.h	l/h	h ⁻¹	h
appel	0.5	0.07	0.007	30
	1	0.14	0.013	15
	4	0.58	0.053	3.7
andijvie	10	0.7	0.066	3
	25	1.8	0.166	1.2
	40	2.9	0.266	0.8

Het zuurstofgehalte in de container wijzigt zich volgens: $\frac{dx}{dt} = 79 \cdot \frac{G}{V} \cdot r$,
waarin: G= gewicht van het produkt in de container (appel 144 kg en
andijvie 72 kg)

V= volume van de container (0,855 m³)

r= zuurstofopname in cm³/kg.h

x= zuurstofgehalte in %

i.p.v. met zuivere zuurstof een daling van het O_2 -gehalte in de container en een toename van het N_2 -gehalte in de container ten opzichte van de vooraf ingestelde waarden. Het CO_2 -gehalte in de container wordt nauwelijks beïnvloed als gevolg van het geringe gehalte ervan in de lucht. Uit het zuurstofverbruik in een container gevuld met produkt kan het tijdens proeven te verwachten gasverbruik worden berekend wanneer aanvulling plaats vindt met zuivere zuurstof. Ook kan uit dat gegeven worden afgeleid het tempo van daling van het zuurstofgehalte in de containers wanneer aanvulling plaats vindt met lucht. In tabel 4 zijn de genoemde grootheden weergegeven voor een tweetal produkten en drie niveau's van zuurstofopname. Het zuurstofopname-niveau is afhankelijk van de bewaartemperatuur en de samenstelling van de bewaaratmosfeer. Daarnaast is in tabel 4 nog een kolom opgenomen, waarin wordt aangegeven na welke periode de afwijking van het gewenste zuurstofgehalte in de container bij compensatie met lucht de 0,2% grens overschrijdt (één van de nauwkeurigheidseisen).

Uit tabel 4 blijkt, dat voor groente het zuurstofverbruik kan liggen in de orde van max. 2 à 3 liter/h en voor appels in de orde van max. 0,5 à 0,6 liter/h. Een gasfles gevuld met zuurstof (50 liter; 200 atm.) bevat ca. 10000 liter gas onder atmosferische druk. Een dergelijke gasfles kan dus 28 containers met groente gedurende een periode van ca. 5 à 6 dagen en 18 containers met appels gedurende een periode van ca. 27 à 28 dagen van zuurstof voorzien.

Wordt de aanvulling van de verbruikte zuurstof verzorgd met lucht en mag het gehalte van de zuurstof in de container maximaal 0,2% afwijken van de ingestelde waarde dan moet periodiek het zuurstofgehalte in de containers worden gecorrigeerd. Voor groente van 1 x per drie uur tot 1 x per uur en voor appels van 1 x per vier uur tot 1 x per dertig uur. In het laatste geval kunnen de containers niet een ge-

heel weekend zonder toezicht blijven zoals dat in de bedoeling lag. Om die reden is besloten de containers te voorzien van een 'stuuréénheid' voor de automatische aanvulling van de verbruikte zuurstof met flessengas.

Bij het eerder gevolgde systeem van CA-bewaring in containers nl. het gebruik van een container met meendere kleine openingen wordt de optredende afname van het O_2 -gehalte tegengewerkt door het diffusieproces tussen een gasmengsel met een zuurstofgehalte van ca. 21% buiten de container en een gasmengsel met een geringer zuurstofgehalte binnen de container. Voor N_2 en CO_2 geldt het diffusieproces in omgekeerde richting. Bij een dergelijke container zal bij gelijkblijvende barometerstand worden gevonden een vertraagde afname van het zuurstofgehalte of zelfs een toename en ook een geringe afname van het koolzuurgehalte of evenwicht aangezien praktisch de scrubber zodanig wordt geregeld, dat koolzuurverlies door diffusie tezamen met koolzuurverlies door binding aan KOH in evenwicht wordt gehouden door de produktie.

Door middel van het sluiten van openingen of het ontsluiten ervan wordt het zuurstofgehalte zo veel mogelijk constant gehouden d.w.z. het op peil brengen van een te laag zuurstofgehalte kan worden beïnvloed; voor het op peil brengen van een te hoog zuurstofgehalte is men afhankelijk van de activiteit van het produkt na het sluiten van alle openingen in de container. In het laatste geval kan het proces worden versneld d.m.v. stikstof inspuiting en verdringing van het aanwezige gasmengsel via de aanwezige openingen. Ook het koolzuurgehalte moet in dat geval worden gecorrigeerd. Een bezwaar van de oude methode is, dat een tijdelijke verhoging van de atmosferische druk gedurende een periode zonder toezicht, tot gevolg heeft dat de containerinhoud wordt aangevuld met lucht waarin zich 21% O_2 bevindt en 0,03% CO_2 zonder

dat hier tegenover een verbruik staat van de zuurstof en een aanvulling van de koolzuur. Na een dergelijke storing is de gasmengverhouding in alle containers sterk gewijzigd (O_2 -gehalte te hoog en CO_2 -gehalte te laag) en moet er worden ingegrepen.

Het laatstbeschreven open systeem leent zich om een drietal redenen slecht voor toepassing van een vorm van automatisering:

1. Aanpassing aan het zuurstofverbruik van het produkt in de container moet geschieden door middel van het verwijderen of vernauwen van de open verbinding met de omgeving. Voor dit doel is een 'aan - uit' (open - gesloten) regeling ongeschikt.
2. Aanpassing aan atmosferische drukvariatiën is noodzakelijk om de containers te beschermen tegen drukverschillen tussen binnen en buiten groter dan 5 cm wk. in verband met het ontstaan van lekken. Voor dit doel zou als een ideale oplossing een aan de drukverandering aangepaste hoeveelheid van het in de container aanwezige gasmengsel moeten worden toegevoerd bij verhoging van de atmosferische druk en afgevoerd bij verlagening van de atmosferische druk. Dit is een geheel ander proces dan het onder 1 genoemde en daarmee niet onder één noemer te brengen zonder tot een gecompliceerde constructie van de stuur- of regel-eenheid te leiden.
3. Opname van een open systeem in een circulatiecircuit voor gasmengsel naar een centraal meetpaneel heeft het bezwaar dat door een in het circuit noodzakelijk aanwezig drukverval de mogelijkheid niet is uitgesloten, dat omgevingslucht door de openingen in de container wordt aangezogen.

Er is dan ook gekozen voor een gesloten systeem met zoals reeds genoemd compensatie van de verbruikte zuurstof door het gedoseerd toevoegen van zuurstof uit gasflessen en daarnaast een voorziening om de druk in de container aan te passen bij de heersende atmosferische druk.

5. Invloed van wijzigingen in de atmosferische druk

Een afname van de atmosferische druk betekent, dat een drukverschil ontstaat tussen containerinhoud en omgeving waarbij gasmengsel uit de container moet worden verwijderd tot het evenwicht is hersteld. De reden is, dat de containerconstructie drukverschillen groter dan 5 cm wk. niet toelaat zonder kans op lekkage. Het omgekeerde geldt bij een toename van de atmosferische druk. De barometerstanden bewegen zich praktisch tussen de grenzen 740 mm Hg (987 m.bar) en 780 mm Hg ⁽¹⁰⁴⁰⁾ (m bar). Extreme weertypen buiten beschouwing gelaten. In tabel 5 is weergegeven hoeveel gasmengsel moet worden verwijderd of hoeveel moet worden aangevuld wanneer de atmosferische druk verschuift van de ene grens naar de andere. Een goedkope oplossing zou zijn de aanvulling te doen plaats vinden met lucht. Het effect daarvan op de aanwezige zuurstof- en koolzuurgehaltes is eveneens weergegeven.

Gezien de eis, dat verandering in de gasvolumeconcentraties in de container bij voorkeur moeten worden begrensd tot 0,2%, volgt uit tabel 5 dat voor het corrigeren van atmosferische storingen slechts in aanmerking komt het werken met een gasmengsel in de mengverhouding zoals dat reeds in de container aanwezig is. Om dit te kunnen realiseren is gebruik gemaakt van een buffervoorraad, die is ondergebracht in een vat buiten de container. Bij drukdaling wordt de buffervoorraad aangevuld met gasmengsel uit de container en bij drukstijging wordt gasmengsel uit de buffervoorraad naar de container overgebracht. Om vanuit een middenpositie zowel een drukdaling als een drukstijging te kunnen opvangen moet het buffervoorraadvat een inhoud hebben van tenminste $0,046 \text{ m}^3 + 0,044 \text{ m}^3 = 0,09 \text{ m}^3$. Er kan worden volstaan met een inhoud van $0,05 \text{ m}^3$. Echter in dat geval dient bij de inzet de in dit volume onder te brengen hoeveelheid gasmengsel te worden vastgesteld aan de hand van de dan heersende atmosferische druk. Er is naar gestreefd de eerstgenoemde oplossing te realiseren.

Tabel 5. Invloed van verandering in atmosferische druk.
Aanvulling of verwijdering van gasmengsel voor
het handhaven van drukevenwicht tussen het in-
wendige van de container en omgeving.

Druk- verandering	Hoeveelheid aan te vullen (+) of te verwijderen (-) gas	Indien aangevuld wordt met lucht			
		Wijziging van het O ₂ - gehalte		Wijziging van het CO ₂ - gehalte	
		Beginniveau		Beginniveau	
		x	Δx	x	Δx
mm. Hg	m ³	%	%	%	%
780 → 740	- 0.046		0		0
740 → 780	+ 0.044	3	+ 0.9	3	- 0.1
		5	+ 0.8	6	- 0.3
		7	+ 0.7	9	- 0.1

Aanvulling: $\Delta V = V - \frac{VB}{B+\Delta B}$

$$\Delta x_{O_2} = \frac{(21-x)\Delta B}{B+\Delta B}$$

$$\Delta x_{CO_2} = \frac{-x \cdot \Delta B}{B+\Delta B}$$

Waarin: B = barometerdruk (mm. Hg)

V = volume van de container
= 0.855 m³

x = gasvolume concentratie
in %

Te verwijderen: $\Delta V = \frac{VB}{B-\Delta B} - V$

6. Invloed van een wijziging in de temperatuur

In een container waar de druk binnen in evenwicht moet worden gehouden met de atmosferische druk brengt een temperatuurwijziging eenzelfde effect met zich mee als een wijziging in de atmosferische druk, nl. bij een temperatuurdaling moet het gasmengsel worden aangevuld en bij een temperatuurstijging moet er gasmengsel worden verwijderd. In het geschetste systeem met een buffervoorraad kan aanvulling plaats vinden met gasmengsel van dezelfde samenstelling als in de container aanwezig is en is er geen probleem van wijziging in de mengverhouding van de gassen. In de gedachtengang, dat aanvulling met lucht als alternatief aanvaardbaar zou zijn, kan worden berekend met de volgende formules, dat de 0,2% grens van wijziging in de gasconcentratie bereikt zou worden bij een temperatuurdaling van 3K voor de zuurstof.

$$\text{Voor } O_2 : \Delta x = \frac{(21-x)\Delta T}{T}$$

T = bewaartemperatuur
ca. 275 K

$$\text{Voor } CO_2 : \Delta x = \frac{-x\Delta T}{T}$$

ΔT = temperatuurwijziging [K]
x = gasconcentratie in % van het volume. Het effect is het grootste bij een lage zuurstofconcentratie (stel 3%) en een hoge koolzuurconcentratie (stel 9%).

In dat geval moeten temperatuurschommelingen in de cellen waar de containers met inhoud zijn opgeslagen beperkt blijven tot 3K.

7. Regeling voor het constant houden van de ingestelde gasmengverhouding in de container.

Uit de procesbeschrijving van hoofdstuk 4 en de beschrijving

van de invloed van drukveranderingen en temperatuurveranderingen in de hoofdstukken 5 en 6 komt naar voren, dat een regeling de volgende elementen moet bevatten:

1. De zuurstofconcentratie in de container moet worden gecompenseerd met zuurstof uit gasflessen.
2. Contrôle moet worden uitgeoefend op het verwijderen van de hoeveelheid CO_2 , die in de container wordt geproduceerd.
3. Bij oplopende barometerstand moet proportioneel gasmengsel van de juiste samenstelling naar de container worden gebracht en bij aflopende barometerstand worden afgevoerd.

Eenzelfde systeem moet worden gevolgd bij resp. temperatuurdaling en temperatuurstijging.

Aan de punten 1 en 3 kan worden voldaan door een regeling, die als stuurvariabele het drukverschil tussen inwendige en omgeving van de container hanteert. Mits dit drukverschil kleiner blijft dan 5 cm wk.

Echter moet de 'stuur-eenheid' dan in staat zijn om onderscheid te maken tussen een drukverschil containerinhoud vs. atmosferische druk, waarbij de atmosferische druk gelijk is gebleven (sturing van de zuurstofaanvulling) en een drukverschil containerinhoud vs. atmosferische druk als gevolg van een wijziging in de atmosferische druk (sturing van de aanvulling met of afvloeiing van gasmengsel).

Een opstelling, die in principe aan deze eisen kan voldoen is geschetst in figuur 6.

De figuur toont een container (855 l inhoud) met scrubbercircuit en een kleiner vat, waarin zich in een kunststofomhulsel (100 l inhoud) de reservevoorraad gasmengsel bevindt. De zuurstoftoevoeging geschiedt door magneetafsluiter a, die wordt geopend wanneer een drukschakelaar een drukverschil van een te kiezen grootte, echter ≤ 2 cm wk (0,2% grens),

tussen het inwendige van de container en een referentie constateert. De referentie is de druk in het reservevat, die gelijk is aan de atmosferische druk sinds het laatste moment van bijstelling. Een tweede drukschakelaar constateert of er een drukverschil ontstaat tussen omgeving en reservevat. De laatste opent de magneetafsluiters b en c bij overschrijding van een te kiezen drukverschil Δp waarvoor moet gelden $2 \text{ cm wk} < \Delta p \leq 5 \text{ cm wk}$. Is het drukverschil positief dan wordt menggas geperst van de reserve naar de container, is het drukverschil negatief dan stroomt menggas van de container naar de reserve. De relaïsschakeling dient er voor om te voorkomen dat tijdens het druknivelleringsproces magneetafsluiter a kan worden bekrachtigd. Het zuurstofaanvullingsmechanisme is dus gedurende die korte periode uitgeschakeld.

Aan de drukverschilschakelaars moet de eis worden gesteld, dat ze de magneetafsluiters inschakelen bij de genoemde waarden voor de drukverschillen en dat ze de magneetafsluiters pas uitschakelen wanneer de drukverschillen zo goed als opgeheven zijn. M.a.w. de schakeldifferentie van de te kiezen drukschakelaars moet groot zijn.

Betreffende de eis, die wordt gesteld onder punt 2 kan een drukverschil als stuurvariabele geen uitkomst bieden. De juiste werking van de in figuur 6 geschetste opstelling berust geheel op een nauwgezette uitvoering van het verwijderen van de in de container geproduceerde CO_2 .

Voor een volledige automatisering zou het nodig zijn het CO_2 -niveau in de container continu te meten en de doorstroomsnelheid van gasmengsel door de scrubber te regelen aan de hand van geconstateerde afwijkingen van een gegeven instelpunt. Voor 28 containers met ieder een eigen instelpunt kostbaar om te realiseren. Met op de achtergrond de gedachte, dat het ademhalingsniveau zich stabiliseert, wanneer het produkt in de container zich wat zijn temperatuur betreft na enige tijd heeft aangepast, is gemeend dat toch met een handbediende sturing van de doorstroomsnelheid van de scrubber kon worden volstaan. Aan de fijnregeling van deze doorstroomsnelheid is aandacht besteed, evenals aan de stabiliteit er van op lange termijn.

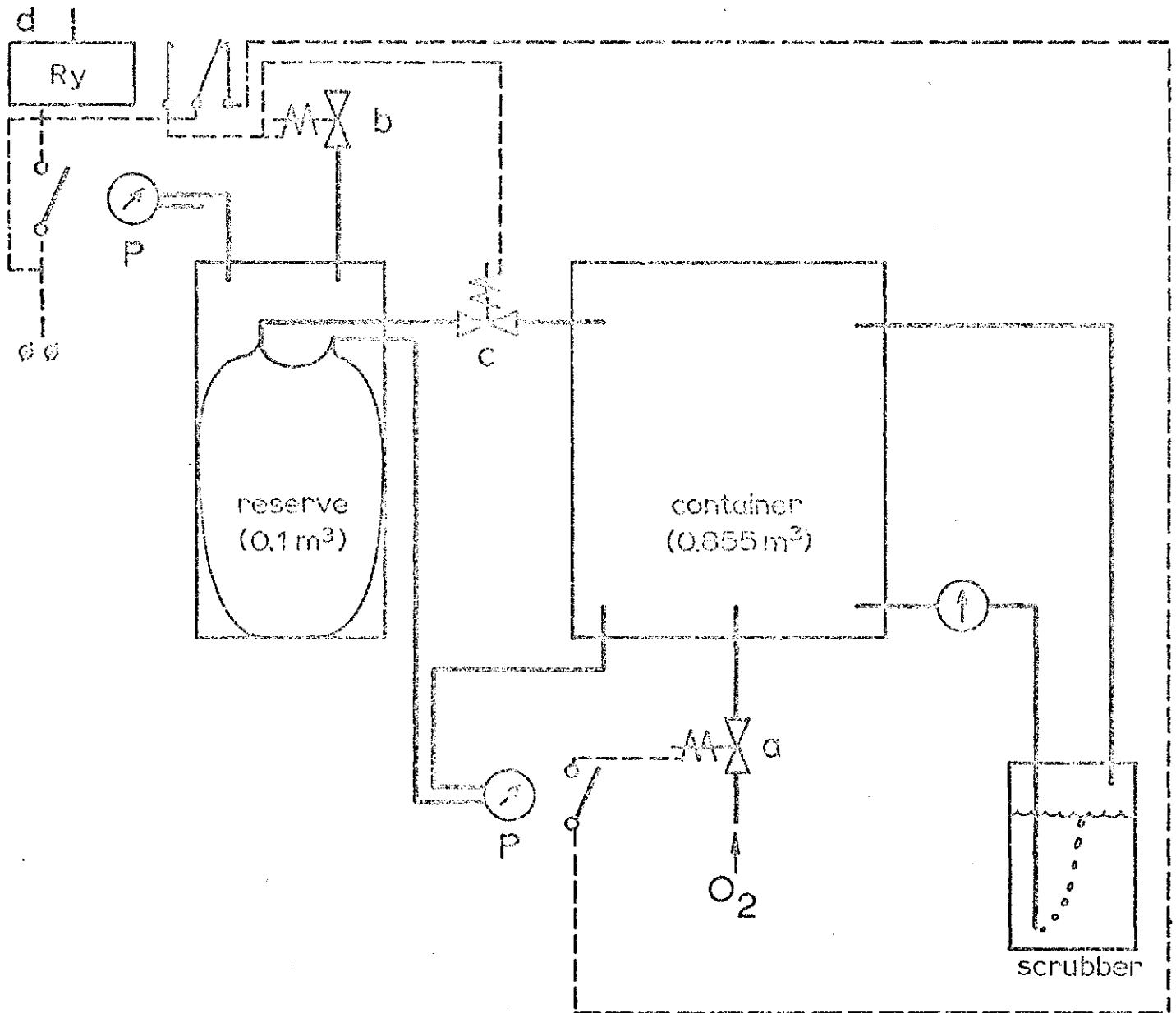


fig. 6. Principeschets regeling CA-container
Zie voor de betekenis van de symbolen de lijst van onderdelen (bijlage 2)

Beschrijving van de 'stuuréénheid'

De definitieve uitvoering van de stuuréénheid is afgebeeld in figuur 7. Aangezien de twee nodige drukverschilschakelaars zowel op een drukverschil in positieve zin als op een drukverschil in negatieve zin moeten reageren zijn ze ieder opgebouwd uit twee drukverschilmeetéenheden, die parallel zijn geschakeld en in tegengestelde richting. Hoewel het laatste strikt genomen niet nodig is voor de drukverschilschakelaar tussen reserve en container (zie figuur 6)-deze behoeft tijdens de normale werking van de apparatuur slechts een onderdruk in de container ten opzichte van de reserve vast te stellen - is ook deze dubbelzijdig uitgevoerd en wel om veiligheidsredenen. Heeft de container een overdruk ten opzichte van de reserve, hetgeen onder normale werkomstandigheden nooit het geval kan zijn, dan blijft de zuurstoftoevoer naar de container gesloten en schakelt de apparatuur zichzelf in de toestand waarin drukverschillen tussen omgeving, reserve en container worden genivelleerd. Dit is ook het geval, wanneer één der 4 drukverschilmeetéenheden mocht haperen en er de toestand ontstaat, dat de regelapparatuur tegelijkertijd een overdruk en een onderdruk constateert; hetzij tussen omgeving en reserve, hetzij tussen reserve en container. Verder is er bij de opzet van de 'stuuréénheid' nog rekening mee gehouden, dat een druknivellering tussen omgeving en ruimte in het buffervoorraadvat boven de reserve gasmengselhouder sneller verloopt dan de druknivellering tussen de reserve gasmengselhouder en de container. De 'stuuréénheid' is zo ingericht, dat gelegenheid wordt gegeven tot een volledige stabilisering van de toestand alvorens de normale zuurstofaanvullingsprocedure opnieuw start.

Een met de hand te bedienen schakelaar is toegevoegd, die de functie van de drukschakelaar tussen reserve en omgeving kan overnemen. Deze was noodzakelijk om de vulprocedure voor de reserve bij de inzet te kunnen uitvoeren (zie bijlage 1).

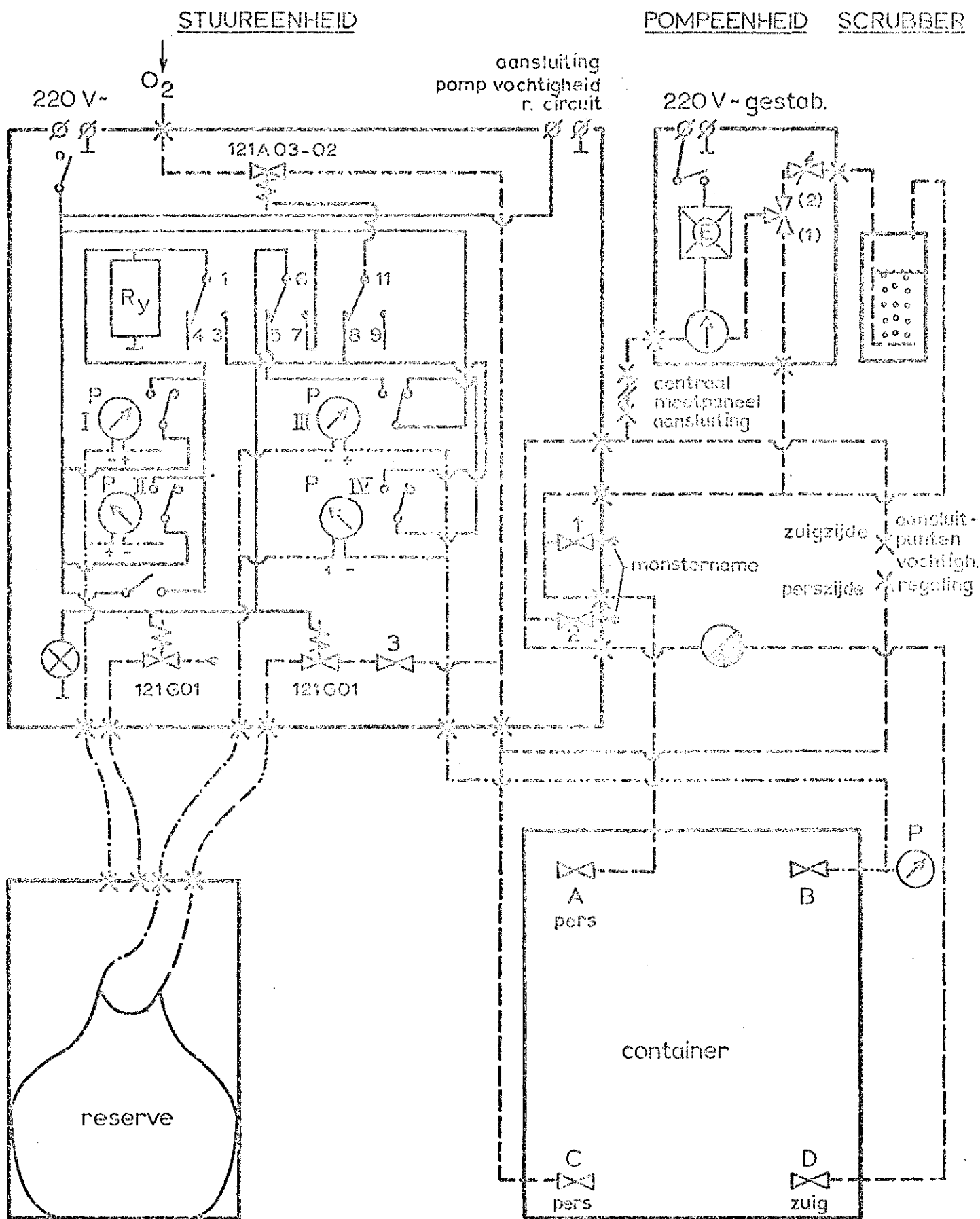


fig. 7 Schema van regeling CA-containers

Tabel 8 Schakelposities van de stuuréénheid

schakel posities	omschrijving	ingangen												relais	uitgangen	
		drukschakelaar reserve-atm.		drukschakelaar reserve-container		drukschakelaar schake- laar		hand- schake- laar								
		-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+		2 x 121 G01	121A03 02
		m	v	m	v	m	v	m	v	m	v	m	v			
1	<u>normaal</u> geen O2 aanv.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	O2 aanv.	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
3	<u>beveiliging</u>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
4		0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
5	<u>compensatie</u> <u>wijziging</u> <u>atmosferische</u> <u>druk</u>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
6		1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
7		1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
8		1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
9		0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
10		0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
11		0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
12		0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
13	<u>beveiliging</u>	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
14		1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
15	<u>beveiliging</u>	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
16		1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
17	handschakelaar	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	

m = maakcontact
v = verbreekcontact

0 = verbroken
i = contact

Eén en ander wordt gedemonstreerd aan de tabel van schakelposities (tabel 8).

Om de handelingen te kunnen uitvoeren, die nodig zijn voor het instellen van het gasmengsel bij inzet en voor het bemonsteren van het in de container aanwezige gasmengsel, zijn de afsluiters 1, 2 en 3 aangebracht.

De magneetafsluiter a van figuur 6 wordt teruggevonden als magneetafsluiter 121 A03-02 in figuur 7. De magneetafsluiters b en c van figuur 6 worden teruggevonden als de twee magneetafsluiters 121 G01 in figuur 7. Aan de laatste magneetafsluiters moet de eis worden gesteld van een grote doorlaatopening in beide richtingen en een direkte sturing omdat gas stroomt door deze magneetafsluiters onder een drukverschil van slechts enkele cm wk.

Tijdens de monstername om de gasmengverhouding in de container te bepalen wordt enig gas aan het systeem onttrokken. Deze hoeveelheid gas wordt vervangen door zuivere zuurstof. Regelmatische monstername betekent dus een oplopend zuurstofgehalte. Hetzelfde geldt wanneer door een foutieve scrubberinstelling teveel koolzuur aan het systeem wordt onttrokken. Geheel zonder bijstellen kan het systeem dus niet. Het kan echter met zeer ruime tussenpozen geschieden afhankelijk van de noodzaak tot meer of minder veelvuldige controle. Bij een laag zuurstofniveau van 3%, waar het systeem het meest gevoelig is, kan in het totaal ca. 1,8 liter gas worden onttrokken alvorens de 0,2% grens wordt overschreden.

Beschrijving van de 'pompéénheid'

De 'pompéénheid' verzorgt de luchtcirculatie. In verband met het onttrekken van CO₂ door de scrubber moet de grootte van de luchtcirculatie nauwkeurig ~~en~~ te stellen zijn en constant blijven in de tijd. Om die reden is de pomp voorzien van een thyristorcapaciteitsregeling en wordt deze gevoed uit een ge-

stabiliseerde netspanning. In de gasleiding is een naaldregelventiel opgenomen om de grootte van de gasstroom nauwkeurig te kunnen instellen. Het regelbereik is 0,3 l/min. tot 9 l/min.

Een driewegkraan geeft de keuze de luchtstroom door de scrubber te leiden of er om heen. Het laatste is van belang wanneer gasconcentraties moeten worden bepaald met gasmeetinstrumenten, die voor een juiste uitslag een vrije uitstroming van het te bemonsteren gas vereisen (drukzijde).

De scrubber is aan de perszijde van de circulatiepomp geplaatst en niet aan de aanzuigzijde om het probleem van vast aangezogen afsluitdoppen, die het vernieuwen van de KOH-oplossing bemoeilijken, te ondervangen. Een klemsysteem op de afsluitdoppen van de scrubberpoten is dan gewenst.

Beschrijving van de vochtigheidsregeling.

Dit komt neer op een circulatiecircuit voor het door het produkt bevochtigde gasmengsel waarin een thermisch geregelde vochtafscheider is opgenomen (zie figuur 9). De vochtopnemer bestaat uit vier warmtewisselaars, die zijn geplaatst in een thermostaatbad met glycoloplossing. Aangezien de bewaartemperatuur van produkt in het algemeen tussen de 0°C en 5°C zal liggen is er op gerekend, dat het thermostaatbad kan functioneren bij een temperatuur van -10°C. Dit om in staat te zijn met gasmengsel van een voldoende lage dauwpuntstemperatuur het vochtgehalte in de container te beheersen. Een lange dunne spiraalleiding in de retour moet er voor zorgen, dat het gedroogde gasmengsel met de bewaarruimtetemperatuur opnieuw de container bereikt. Het circulatiecircuit heeft een eigen membraampomp met een instelbare capaciteit tot 9 l/min. De opvangcapaciteit voor vocht in de thermostaat is ca. 3 liter (1,5 m² oppervlak, 2 mm dik ijs). Daarna moeten de

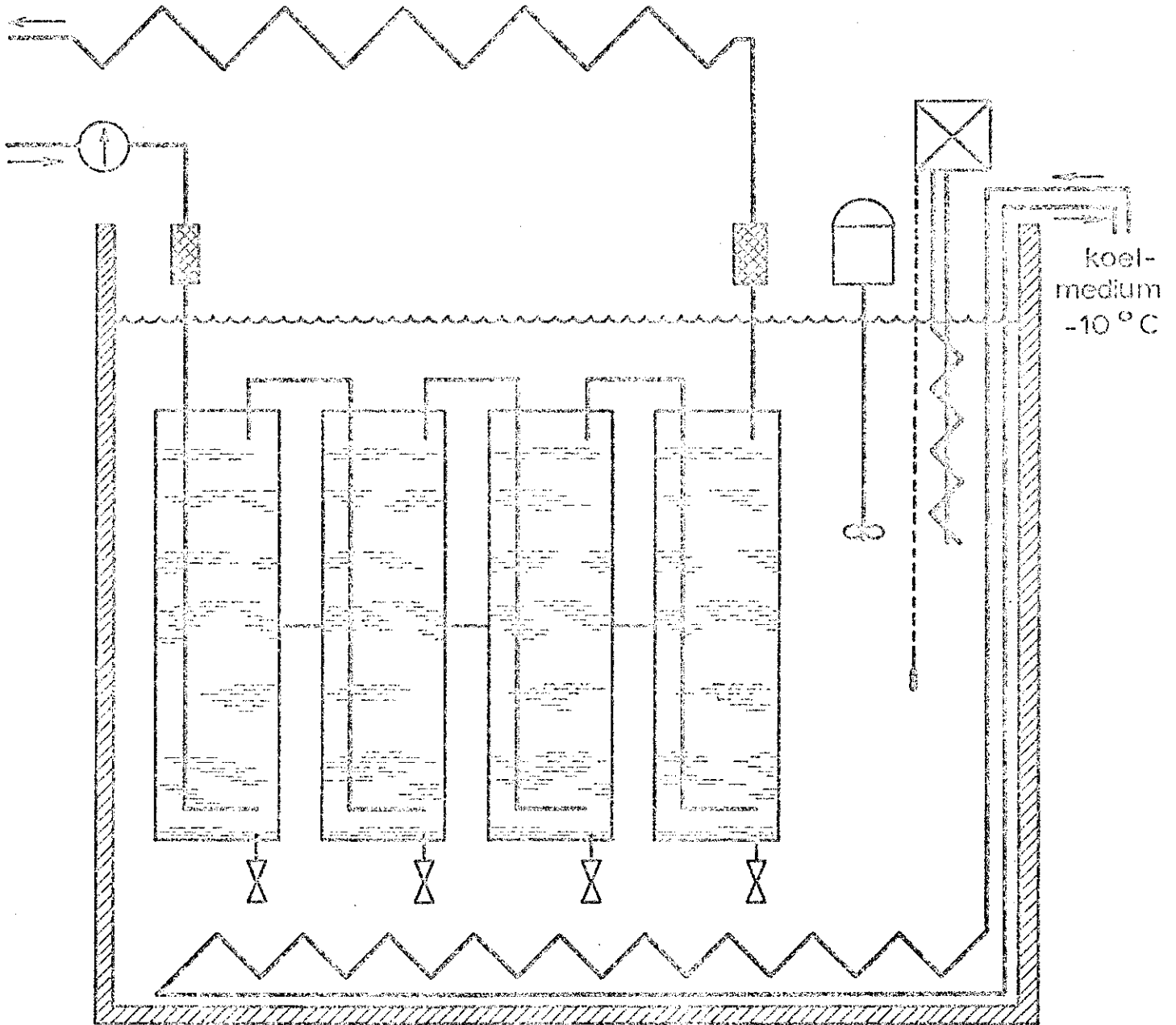


fig. 9. Vochtigheidsregeling CA-containers

(Zie voor symbolen de lijst van onderdelen, bijlage 2)

warmtewisselaars worden ontdooid door de gasdichte snelkoppelingen los te nemen en de warmtewisselaars te verwarmen. Afsluiters zijn aanwezig om het vocht te kunnen aftappen. Van een vulling met appels, 144 kg in de container, kan in één keer dus ca. 2% vochtverlies worden opgevangen en voor een vulling met groente, ca. 71 kg in de container, kan dus ca. 4% vochtverlies in één keer worden opgevangen. Echter afhankelijk van de vochtafgifte is in een extreem geval het niet mogelijk de container volledig te vullen zoals een volgende berekening laat zien.

Bij de start van een proef wordt de container gevuld met een gasmengsel uit een gascilinder en er wordt dus in het algemeen gesproken, gestart met een droge atmosfeer in de container.

Het vocht afkomstig van het produkt bevochtigt de atmosfeer in de container en later ontstaat een stationnaire situatie, waarbij het geproduceerde vocht moet worden weggenomen door het circulerende gasmengsel.

De doorstroomsnelheid van het gasmengsel, de thermostaattemperatuur en in het uiterste geval de hoeveelheid produkt in de container zullen moeten worden aangepast om een gewenste relatieve vochtigheid in de container te kunnen handhaven. Het vochtgehalte in de container kan in het stationnaire geval worden beschreven met:

$$X \approx \frac{Gq}{v} + X_i \quad (1) \text{ waarin:}$$

X = vochtgehalte in de container $[\text{g}/\text{m}^3]$

X_i = vochtgehalte van het binnenkomende gasmengsel $[\text{g}/\text{m}^3]$

G = massa van het produkt in de container $[\text{kg}]$

(bv. appels tot een max. van 144 kg)

q = Vochtafgifte in de container $[\text{g}/\text{kg}\cdot\text{h}]$

(Stel voor appels 0,1% per dag $\approx 0,04 \text{ g}/\text{kg}\cdot\text{h}$)

v = Doorstroomsnelheid van het gasmengsel $[\text{m}^3/\text{h}]$

(max. $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$).

Stel dat gewenst is een relatieve vochtigheid in de container van 85% bij een bewaartemperatuur van 2°C. De thermostaat wordt ingesteld op een relatieve vochtigheid van 40% bij de temperatuur van 2°C. (thermostaat -9°C)

2°C betekent een verzadigde dampspanning $P_v = 697 \text{ N/m}^2$
 85% r.v. geeft dan een dampspanning van $P_{d85} = 592 \text{ N/m}^2$
 40% geeft een dampspanning van $P_{d40} = 279 \text{ N/m}^2$

$$X = \frac{P_{d85}}{R_d T} = \frac{592}{461.9 \times 275} \times 10^3 = 4.66 \text{ g/m}^3$$

$$X_i = \frac{P_{d40}}{R_d T} = \frac{279}{461.9 \times 275} \times 10^3 = 2.19 \text{ g/m}^3$$

$$\Delta X = 2.47 \text{ g/m}^3$$

($R_d =$ gasconstante voor waterdamp per kg = $\frac{8315 \text{ J/k mol.K}}{18 \text{ kg/k mol}} = 461.9 \text{ J/kg}$.
 en $T =$ absolute temperatuur = 275 K)

Uit (1) volgt: $\frac{G^q}{v} \leq \Delta X$ of $\frac{G \times 0.04}{v} \leq 2.47$

Dit kan wanneer:

$$v \geq 2.3 \text{ m}^3/\text{h} \quad (\text{Uitgesloten i.v.m. beperking tot } 0 \text{ m}^3/\text{h})$$

of $G \leq 31 \text{ kg}$.

De mogelijkheden van de vochtregeling zijn dus in zekere zin beperkt. In het beschreven geval mag de hoeveelheid produkt in de container de 31 kg niet overschrijden.

8. Centraal meetpaneel (figuur 10)

14 Containers kunnen worden aangesloten op een centraal meetpaneel. In figuur 10 is de aansluiting van twee er van geschetst. In de aanvoerleidingen bevinden zich gasstroom-

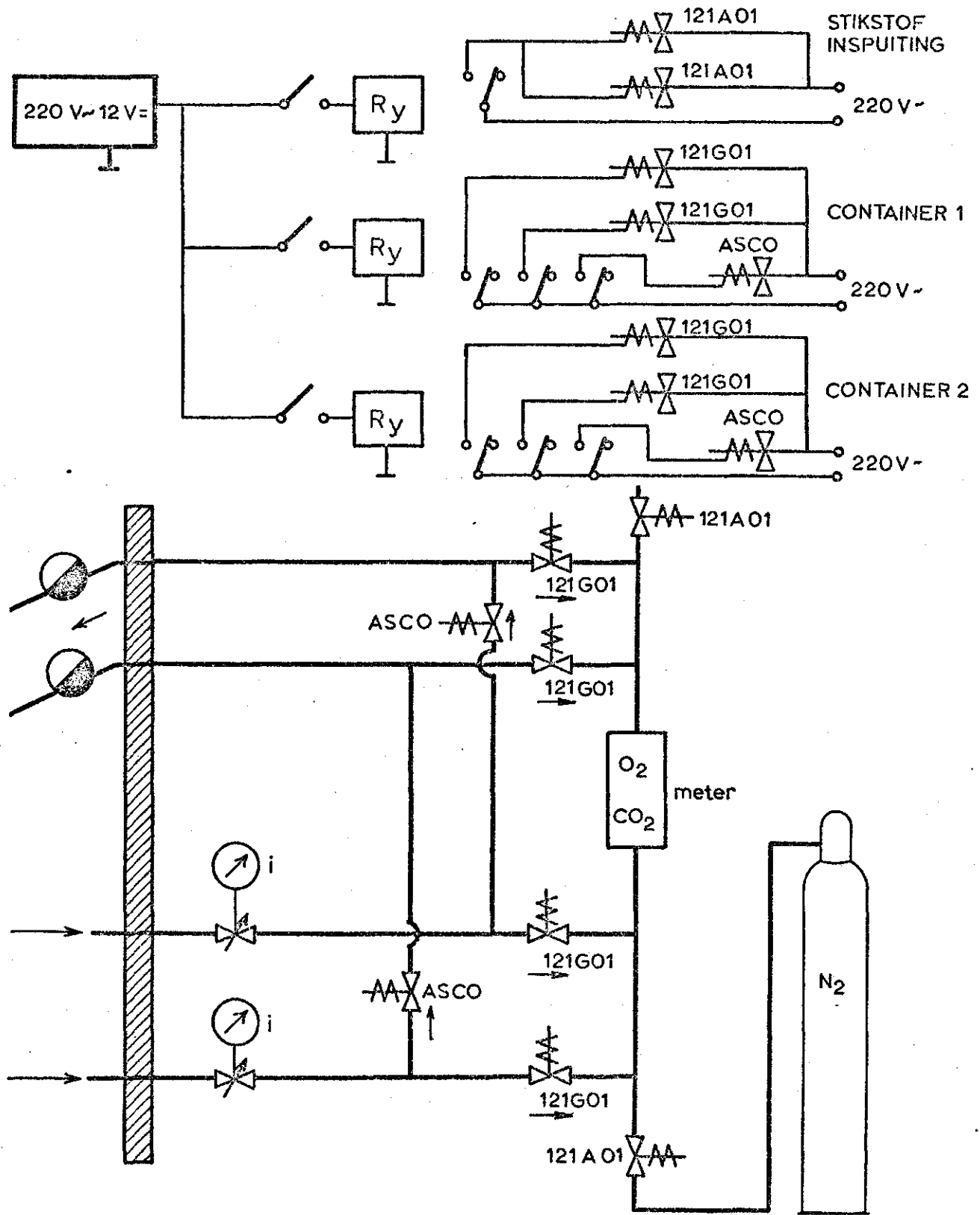


fig. 10. Centraal meetpaneel met twee containers aangesloten + electrisch schema (Zie voor symbolen de lijst van onderdelen, bijlage 2)

meters voor controle op de grootte van de gasstroom door de scrubber. Met een fijnregelventiel kan ter plaatse iets worden bijgesteld. Het meetbereik van de gasstroommeters is naar beneden begrensd tot 60 ml/min. Een zeer geringe circulatie 0,3 ml/min. tot 60 ml/min. kan dus niet worden afgelezen.

Met een wipschakelaar voor iedere container kan de gasstroom worden omgeschakeld van een 'by-pass' leiding naar de centrale meetleiding. Daarin is de gasconcentratie meetapparatuur opgenomen. Een afzonderlijke wipschakelaar is aanwezig om de gasmeetinstrumenten tussen de metingen door te kunnen doorspoelen met stikstof. Bij verdergaande automatisering kunnen te zijner tijd de schakelfuncties van de handbediende schakelaars worden overgenomen door een schakelklok en kan aan de gasconcentratie meetinstrumenten een schrijvende uitvoer worden toegevoegd.

In de toestand, dat de by-pass leiding via het ASCO magneetventiel (normaal geopend - bekrachtigd gesloten) in gebruik is, staat over de magneetventielen 121 G01 een drukval tegengesteld aan de doorlaatrichting. Om lek te voorkomen in deze situatie zijn de magneetventielen voorzien van verzwaarde veren (veerdruk 700 gr). Ook in dit geval moeten de magneetventielen zich openen onder een overdruk van enkele cm wk.

Om deze reden zijn direkt werkende magneetventielen toegepast met grote doorlaatopeningen (\varnothing 14 mm).

9. Centrale zuurstofleiding

Er is voorzien in een centrale zuurstofdistributieleiding voor de zuurstofvoorziening van de containers in de twee bewaarcellen (zie figuur 11). Om een beveiliging te verkrijgen tegen het losschieten van leidingen van de slangpilaren naar de containers, waarbij zuurstof vrij zou uitstromen in de waarruimte, is in iedere cel in de leiding een gasstroommeter met alarmcontact voor een gasstroom van een zekere grootte

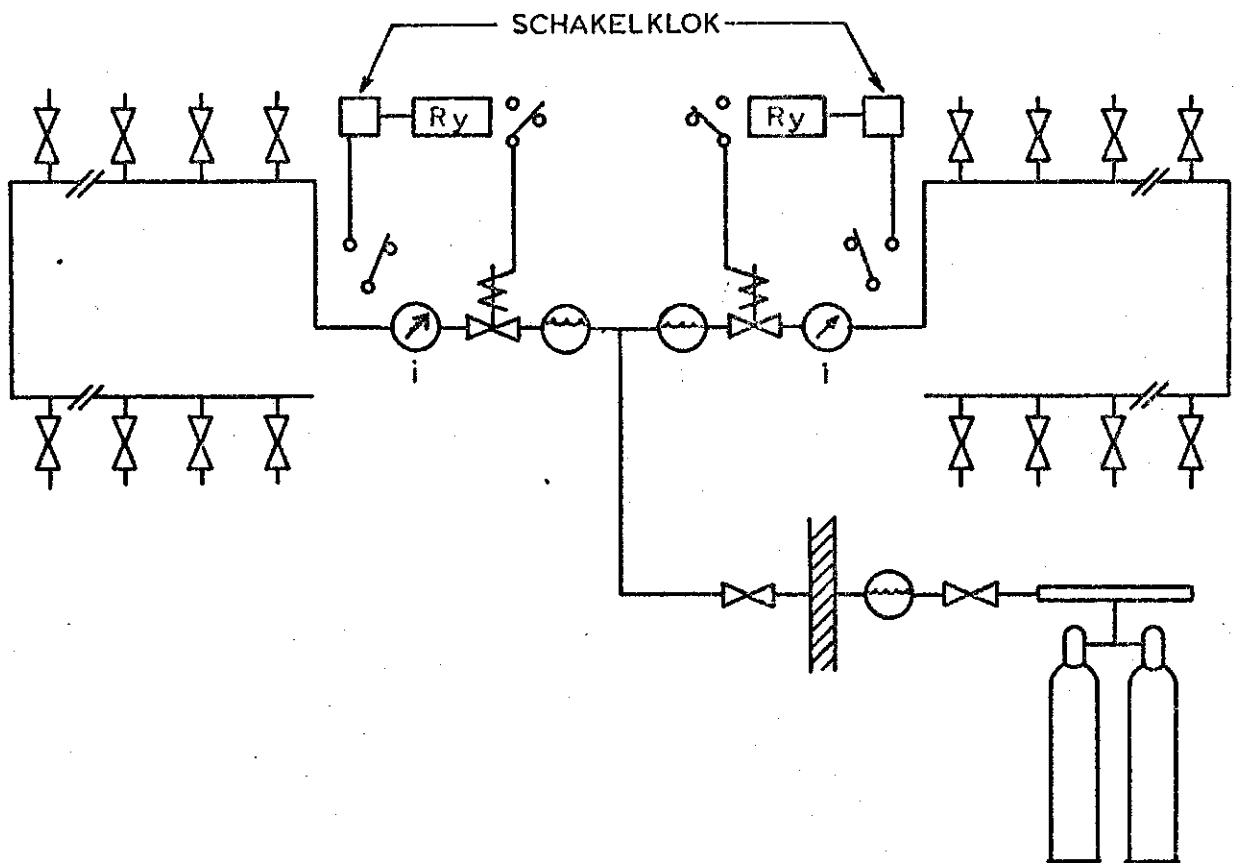


fig. 11. Centrale zuurstofdistributieleiding met uitstroombeveiliging

opgenomen. Dit contact start een schakelklok en is de tijd van doorstroming van gas te lang, d.w.z. langer dan nodig om in een container de gasdruk met ca. 2 cm wk te verhogen, dan sluit de klok via een relais een magneetventiel in de zuurstofdistributieleiding. Deze leiding wordt op dat moment geblokkeerd.

10. Resultaat van een controlemeting.

Gedurende 12 dagen is aan een container, gevuld met 140 kg appels en voorzien van een 'stuuréénheid' de gassamenstelling gecontroleerd. Het resultaat is vermeld in tabel 12. De opstelling stond in een werkhof met sterk wisselende temperatuur als gevolg van zonnestraling door dakramen. Daardoor is de ademhalingsactiviteit van de appels wisselend en wordt de juiste instelling van de gasstroom door de scrubber bemoeilijkt. Het resultaat van de regeling dient dan ook in hoofdzaak te worden beoordeeld aan het constant blijven van de som van het koolzuur- en zuurstofgehalte.

De tolerantie eis van $\pm 0,2\%$ volumeprocent zuurstof rond het instelpunt vraagt een drukverschilschakelaar (figuur 7 nr IV), die reageert bij een drukverschil van 2 cm wk. Omdat er vier drukverschilschakelaars per container nodig zijn waarbij aan de andere drie de eis wordt gesteld dat de schakeling plaats vindt bij een drukverschil van 4 à 5 cm wk, is om wille van de éénheid de keuze gevallen op een robuuste drukverschilschakelaar met instelspecificaties: 1,5 cm wk - 30 cm wk. Praktisch blijken deze drukverschilschakelaars aan de benedengrens instelbaar te zijn tot minimaal 3 cm wk. Dit betekent voor de tolerantie-eis, dat een variatie van $\pm 0,3$ volumeprocent zuurstof rond het instelpunt moet worden toegelaten. Deze omstandigheid zou te accepteren zijn; echter doet zich bij een drukverschil ter grootte van ca. 3 cm wk bij sommige containers het probleem voor, dat de plaatwanden aan de zijkant plotseling inbuigen. Het volume

van de container wordt daardoor verkleind, het drukverschil wordt verkleind en daarna moet opnieuw worden gewacht tot het produkt voldoende zuurstof heeft opgenomen om opnieuw een drukverschil van 3 cm wk te laten ontstaan. In totaal ten opzichte van de oude toestand een drukverschil van max. 6 cm wk en een afwijking van het ingestelde zuurstofgehalte van ca. 0,6%. De corresponderende te verwachten spreiding in het sompercentage van zuurstof en koolzuur van 1,2% blijkt in tabel II praktisch iets groter te zijn nl. 1,8% (Hierin zijn nu ook meetfouten begrepen).

Het geschetste probleem is in de containeropstelling in de cellen voorlopig opgelost, door de zijwanden van de containers een voordruk te geven door middel van afstandhouders tussen aangrenzende containers.

Op langere termijn gezien verdient het aanbeveling de betreffende drukverschilschakelaars (fig. 7, nr. IV) HUBA model 610 te vervangen door beter aangepaste drukverschilschakelaars. Bijvoorbeeld HUBA model 600 (instelbereik 3 mm wk tot 20 mm wk).

Gedurende de proefperiode werd opgemerkt, dat de gasstroom door de scrubber minder constant bleef gedurende lange tijd dan wenselijk zou zijn. Een oplossing is gezocht in een stabilisatie van de voeding van de gascirculatiepompen en in het dempen van stroomsnelheidsvariaties door het aanbrengen van een weerstand in de scrubberleiding in de vorm van een naaldregelventiel. Aangezien het direkt gaat om het verwijderen van een paalde hoeveelheid koolzuurgas per tijdséénheid is het vanzelfsprekend van belang dat de concentratie van KOH in de scrubber op peil wordt gehouden door regelmatig de oplossing te vernieuwen.

Het resultaat vermeld in tabel 12 toont aan, dat de som van koolzuur- en zuurstofgehalte goed op peil wordt gehouden ondanks variërende barometerstand en variërende temperatuur. De spreiding in de somwaarden kan nog worden verminderd door de hierboven genoemde maatregelen. De variaties in de zuurstof- en koolzuurgehaltes ieder afzonderlijk hangen wanneer de somwaarde constant blijft, sterk samen met de mate van beheersing van de scrubberwerking. Ook ten aanzien van een betere beheersing van dit onderdeel zijn maatregelen genomen. Tenslotte zal naar verwachting de constantheid van de temperatuur in de bewaar ruimte, waar de containers permanent worden opgesteld, belangrijk hierin bijdragen.

Tabel 12. Metingen aan een CA-container + stuuréénheid

datum	tijdstip uur	CO ₂ %	O ₂ %	Som CO ₂ +O ₂ %	barometerstand m.bar	bijzonderheden
26/9/74	10.30	5	13.8	18.8	1009	scrubber gas- stroom ver- groot
	16.30	5	13.4	18.4	1013	
27/9/74	10.00	5	12.4	17.4	1009	
	16.30	6.5	10.7	17.2	1004	
30/9/74	11.00	4	13.4	17.8	1020	
	16.00	4	13.0	17.0	1022	
1/10/74	8.00	4	13.4	17.4	1027	
	16.30	4.5	13.5	18.0	1027	
2/10/74	9.00	5	13.4	18.4	1024	
	16.30	4.5	14.5	19.0	1021	
3/10/74	8.30	4.1	14.6	18.7	1017	
	16.30	4.5	14.4	18.9	1015	
4/10/74	8.30	3.0	15.1	18.1	1011	scrubber gas- stroom ver- laagd
	16.30	3.1	15.1	18.2	1012	
7/10/74	9.00	8.0	9.8	17.8	999	
	16.30	8.5	9.3	17.8	997	
8/10/74	10.00	8.6	9.6	18.2	1010	
	16.30	8.6	10.0	18.6	1015	

Bijlage 1.

HANDELINGEN VOOR HET INSTELLEN VAN HET GASMENGSEL

- Gegevens:*
- a) De schakelaar-lamp combinatie op de stuuréénheid dient voor algehele drukvereffening tussen container, reservevat en atmosfeer.
 - b) De driewegkraan regelt het al of niet inschakelen van de scrubber.
 - c) Afsluiter (1) of (2) is de afsluiter voor monsternamming en wordt ook gebruikt voor niveellering van drukverschillen tussen container en omgeving.
 - d) Afsluiters (1) (2) en (3) worden gebruikt bij het vullen en ledigen van de reserve.

Waarschuwing:

Denk eraan om bij gebruik van het naaldregelventiel op de pompéénheid ook de capaciteit van de pomp aan te passen.

Algemeen

- 1e. Pomp inschakelen d.m.v. schakelaar op pompéénheid
- 2e. Met de driewegafsluiter op pompéénheid scrubber-circuit by-pass inschakelen (stand 1)
- 3e. Schakelaar van schakelaar-lampéénheid op stuuréénheid omschakelen (rode lamp brandt).

Reserve-ledigen

- 4e. Afsluiters (3) en (2) op stuuréénheid sluiten.
- 5e. Afsluiter (1) op stuuréénheid openen.
- 6e. Afsluiters op container: (A) sluiten
 - (B) sluiten, of open in geval drukmeting geschiedt d.m.v. contrôlemanometer.
 - (C) open
 - (D) open

Onderdruk pompen in container van enkele cm.wk.

- 7e. Beëindigen met (2) openen en (D) sluiten.
- 8e. Reserve ledigen d.m.v. openen en sluiten afsluiter (3) op regeléénheid. Eindigen met (3) gesloten. (eventueel herhalen handelingen 4,5,6,7,8). Resterende onderdruk in container vereffenen d.m.v. het openen van afsluiters (A) en (D).

Gasmengsel in container (doorspoelen)

- 9e. Aansluiten gasmengselflessen op stuuréénheid bij afsluiter (1).
- 10e. Op stuuréénheid afsluiters (1) en (2) open en gasmengsel doorspoelen.
- 11e. Eindigen met sluiten van (2) op de stuuréénheid en d.m.v. inbreng gasmengsel een overdruk van enkele cm wk. in de container aanbrengen.
- 12e. Afsluiter (1) op stuuréénheid sluiten.

Reserve vullen (Het is nodig de procedure van overdruk en vullen van de reserve enige malen te herhalen alvorens voldoende gasmengsel in de reserve is overgebracht. Handelingen 11 en 12 herhalen).

D.m.v. het openen en sluiten van de afsluiter (3) op de stuuréénheid de reserve tot het gewenste volume vullen (ca. half vol, of afh. van barometerstand meer of minder, indien gewenst).

- 13e. Overdruk, die resteert in container laten vereffenen d.m.v. het openen en sluiten van afsluiter (2) op de stuur éénheid.

In bedrijf stellen

- 14e. Openen afsluiter (3) op stuuréénheid.
Afsluiters (1) en (2) zijn gesloten.
- 15e. Schakelaar van schakelaar-lampéénheid terugzetten (rode lamp uit).

- 16e. Driewegschakelaar bij pompéénheid naar stand 2. (schakelt scrubber-circuit in).
- 17e. Luchtstroom door scrubber regelen d.m.v. draaiknopregelaar en naaldregelventiel bij pomp.
- 18e. Zuurstoffics openen.
- 19e. Na enige tijd éénmaal drukverschil nivelleren tussen vat reserve en container. Schakelaar-lampéénheid inschakelen gedurende korte periode.

Gasmonsters

Gasmonster te trekken bij de aansluiting van afsluiter 1 (perszijde v/d pomp) mits eerst driewegkraan van stand 2 naar stand 1.









Kan ook bij afsluiter 2 (zuigzijde van de pomp). In het geval de rode lamp brandt vindt drukvereffening met de buitenlucht plaats.




Beveiliging

Blijft de rode lamp gedurende langere tijd branden dan heeft de stuuréénheid zichzelf als gevolg van bijzondere omstandigheden uitgeschakeld.

Bijlage 2.

LIJST VAN BELANGRIJKSTE ONDERDELEN

		aantal
<i>Circulatiepomp</i>	: WISA membraampomp, model ASKvD met perbunan membraam.	28
	WISA membraampomp, model ASK met perbunan membraam;	6
	Duiker Tech. Handelsmij, Den Haag	
<i>Magneetafsluiter</i>	: Lucifer 121G01	56
	Lucifer 121G01 met versterkte veer	28
	Lucifer 121A03-02, ontvet voor zuurstof;	28
	Geveke Groenpol, Amsterdam	
	ASCO 8211 B33 (bekrachtigd=gesloten)	14
	Econosto, Rotterdam	
<i>Naaldregelventiel</i>	: Brooks model 8502, naaldgrootte 5;	28
	Brooks, Veenendaal	
<i>Handbediende afsluiter:</i>		
	Simmonds Patentslangtuitkraan F 104; Vihamy, Arnhem	196
<i>Driewegkraan</i>	: Hoke Selecto-Mite, catagolus nr. 7165G4B; Ingenieursbureau Gommer Rijswijk	28
		
<i>Thyristorcapaciteitsregeling:</i>		
	Scheidingstransformatoren Varel, type VB 4817/220V/220V 5VA; Printservice, Echt	28
<i>Relais</i>	: Keyswitch KMK 3p, 220 V; Theal NV, Amsterdam	28
		
<i>Wisselspanningsstabilisator:</i>		
	Reguvolt, model E, 200 VA v. Reysen, Delft	2
<i>Verschilddrukschakelaar</i>		
	Huba 610, 15-300 mm wk.; Berg & Burg, Breukelen	112

		aantal
<i>Vloeistofmanometer</i>	:SGI 40-0-40 mm;	28
	Wigersma & Sikkema, Arnhem	
<i>Gasstroommeter met naaldregelventiel:</i>		
	Sho-rate, model 1355-8505, R2-15C	14
	150 mm buis met Carboloy kogelvlotter, naaldgrootte 5,60 ml/min → 9,71/min;	
	Brooks, Veenendaal	
<i>Gasdichte snelkoppelingen:</i>		
	Eénzijdig PolyFlo-PolyFlo leiding, 29k P;	12
	de Gids & Feldman, Amsterdam	
<i>Thermostaatbaden</i>	:Type Tx45 PMT 1461 B/type nr. TxZ 45-/K6;	6
	Tajson, Zoetermeer	
<i>Kunststofvaatjes</i>	:117 l; Pit Plastics, Almelo	28
<i>Oplijmslensen + afdichtingen</i>		
	Vinkplast 560041/560047, 160 mm;	56
	Vink B.V., Didam	
<i>Nylonplaat</i>	:Akulon 2 mm dik, 2x1 m;	14
	Mientjes, Roden	
<i>Scrubber potten</i>	:nauwhals flessen type nr. 10354(zpe);	28
	Emergo, Landsmeer	
<i>Plastic kratten</i>	:nr. 190-1, grijs met geperforeerde bodem;	350
	Schiphorst, Deventer	



Teken voor een vocht afscheider



Drukregelaar