



Pekka Rantti Esa Manninen Ann-Charlott Kjerp

Tilasäiliöopas

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
Agricultural Research Centre of Finland

VAKOLA

Maatalousteknologian tutkimuslaitos

Institute of Agricultural Engineering

Osoite
Vakolantie 55
03400 VIHTI
Puhelin
(09) 224 251
Telekopio
(09) 224 6210

Address
Vakolantie 55
FIN-03400 VIHTI
FINLAND
Telephone int.
+358 9 224 251
Telefax int.
+358 9 224 6210

SISÄLLYSLUETTELO

JOHDANTO	3
1 TILASÄILIÖN VAIKUTUS MAIDON LAATUUN	4
1.1 Maidon bakteeripitoisuus	4
1.2 Maidon muokkautuminen	5
2 TILASÄILIÖITÄ KOSKEVAA LAINSÄÄDÄNTÖÄ	6
2.1 Euroopan Unionin vaikutus lainsäädäntöön	6
2.2 Katsaus lainsäädäntöön	6
3 TILASÄILIÖN RAKENNE	7
3.1 Perustyypit	7
3.2 Tilasäiliön osat ja toiminta	8
3.3 Jäähdytysteho ja jäähdytysaika	10
3.4 Maidon jäätyminen	11
3.5 Tilasäiliön energiankulutus	12
3.6 Tilasäiliöiden kylmäaineet	13
3.6.1 Kylmäaineen valinta ja käyttörajoitukset	13
3.6.2 Kylmäaineen vaihtaminen käytettyyn tilasäiliöön	14
3.7 Normit ja standardit	15
3.7.1 ISO 5708	15
3.7.2 Valmisteilla oleva EN-standardi	16
3.7.3 Suomen vanhat kansalliset tilasäiliönormit	16
3.7.4 Tilasäiliönormien vertailu	17
4 TILASÄILIÖN MITOITTAMINEN	18
5 TILASÄILIÖ, MAITOHUONE JA LYPSYKONE	19
5.1 Tilasäiliön tuominen maitohuoneeseen	19
5.2 Tilasäiliön lämmöntuotto	20
5.3 Maidon lämmön talteenotto	21
5.4 Lypsykoneen ja tilasäiliön yhdistäminen	22
6 TILASÄILIÖN PESU	23
6.1 Pesun tavoitteet	23
6.2 Tilasäiliön lika	23
6.3 Pesutapahtuman tekijät	24
6.4 Pesun vaiheet ja vaihtoehtoiset pesumenetelmät	25
6.5 Pesulaitteet	26
6.5.1 Tilasäiliön pesupumppu	27
6.5.2 Tilasäiliön pesuautomaatti	28
6.5.3 Tilasäiliön ja lypsykoneen yhdistelmäpesuautomaatti	29
6.6 Pesuveden määrä	30
6.7 Pesu- ja desinfiointiaineet	30
KIRJALLISUUTTA	32
LIITE TILASÄILIÖN OSTAJAN MUISTILISTA	33

JOHDANTO

Maidonkäsittely, mukaanlukien maidonjäähdytys, on ollut Suomessa varsin tarkkaan viranomaismääräyksin säädeltyä. Suomen liittyminen ensin ETA-sopimukseen ja sen jälkeen Euroopan Unioniin merkitsi lainsäädännön perusteellista uudistumista EU:n direktiivien mukaiseksi. Käytännössä maidonkäsittelyn ja maidonkäsittelylaitteiden viranomaissäättely keventyi ja jokseenkin kaikki ETA-alueella myynnissä olevat maidon kanssa tekemisissä olevat koneet, laitteet ja tarvikkeet voivat laillisesti tulla myyntiin myös Suomessa.

Muuttuneessa tilanteessa tilasäiliön käyttäjä ja varsinkin ostaja on usein ymmällään tehdessään laitteisiin liittyviä päätöksiä. Tämän oppaan tarkoituksena on auttaa erityisesti tilasäiliön ostajaa hankkimaan paras mahdollinen laite. Tilasäiliöopas perustuu kesällä 1997 vallinneeseen tilanteeseen ja tuolloin voimassa olleeseen lainsäädäntöön. Oppaan eräissä kohdissa viitataan myös ennen ETA-sopimusta voimassa olleisiin määräyksiin, varsinkin kun kuvataan vuosien varrella lainsäädännössä ja normeissa tapahtuneita muutoksia.

Suomen EU-jäsenyys on lisännyt paineita maidontuotannon tehostamiseksi. Tuotanto-panosten ja tuotteiden hintasuhteiden muutokset johtavat väistämättä maidontuotantoyksiköiden lukumäärän pienenemiseen ja keskikoon kasvuun. Maassamme on maidonjäähdytyskapasiteettia litroin mitattuna tarpeeksi, mutta kapasiteetti koostuu varsin iäkkäistä ja ennen kaikkea pienistä tilasäiliöistä. Koska tekniset ja tuotannolliset syyt estävät laajamittaisen pienten tilasäiliöiden hyödyntämisen kasvaneissa tuotantoyksiköissä, huomattava osa Suomen tilasäiliökannasta tulee uusiutumaan lähivuosien aikana. Oman lisänsä muutospaineesiin tuo jäähdytyslaitteiden kylmäaineiden ympäristövaikutuksien vähentämiseen tähtäävät määräykset.

Tämän oppaan ovat laatineet yhteistyössä Maatalouden tutkimuskeskuksen Maatalousteknologian tutkimuslaitoksen (MTT/VAKOLA) tarkastaja Pekka Rantti, VALIO OY:n Alkutuotannon ja neuvonnan neuvontapäällikkö Esa Manninen ja Meijeriosuuskunta MILKAN neuvontapäällikkö Ann-Charlott Kjerp.

1 TILASÄILIÖN VAIKUTUS MAIDON LAATUUN

Varastointi optimaalisissakaan olosuhteissa ei paranna maidon laatua, vaan erilaiset maitoa pilaavat prosessit alkavat heti lypsyn jälkeen jatkuakseen aina meijerin lämpökäsittelyyn asti. Tilasäiliön tehtävänä on mahdollistaa maidon varastointi tilalla hidastamalla mahdollisimman tehokkaasti maidon pilaantumista. Tilasäiliön materiaalien, rakenteen ja toimintojen tulee olla sellaisia, ettei laite itse pilaa tai vahingoita maitoa.

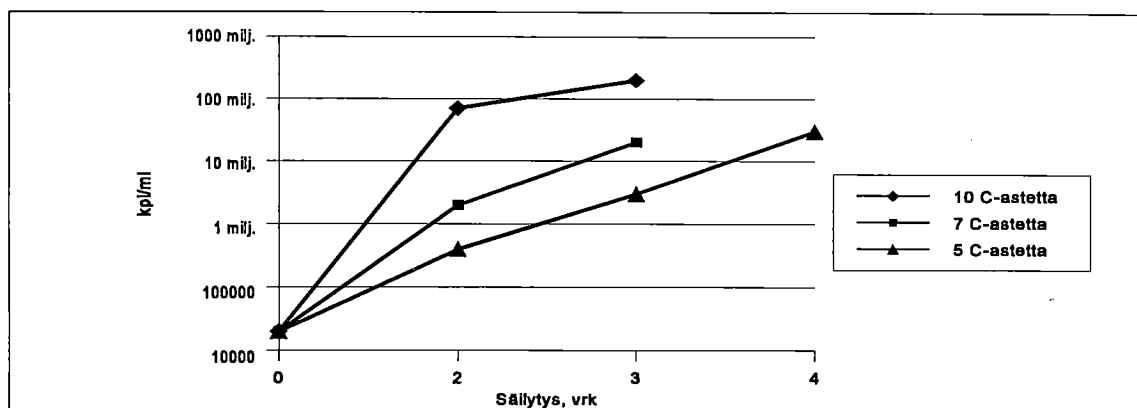
1.1 Maidon bakteeripitoisuus

Hyvälaatuisen maidon bakteerien kokonaismäärä ei yleensä lisääny tilasäiliössä kahden ensimmäisen säilytysvuorokauden aikana, mikäli säilytyslämpötila on noin +4 °C. Kuitenkin jo tänä aikana kylmässä viihtyvät bakteerit eli psykrotrofit muodostavat vallitsevan bakteerikannan. Ne jatkavat kasvuaan keräilyn ja varastoinnin ajan aina meijerin lämpökäsittelyyn asti. Psykrotrofit lisääntyvät sitä nopeammin mitä hitaammin lämpötila laskee haluttuun tasoon ja mitä suurempi bakteerikontaminaatio on ollut. Jos psykrotrofien määrä maidossa kohoaa yli 1 milj. kpl/ml, niiden erittämät proteolyttiset ja lipolyttiset entsyymit aiheuttavat makuvirheitä maitotuotteissa.

Sekoitus, pumppaus ja maidon kuljetus lisäävät maidon ilmapitoisuutta. Tämä edesauttaa aerobisten psykrotrofien kasvua. Jos maidossa on riittävästi psykrotrofisia bakteereja, nämä saattavat hajottaa valkuaisaineita ja aiheuttaa siten ongelmia mm. juustonvalmistuksessa.

Jäähdytetyssä raakamaidossa olevien kolimuotoisten bakteerien kasvu nopeutuu, jos jäähdytys on hidasta tai lämpötila varastoinnin ja kuljetuksen aikana on yli 5 °C.

Lipolyttisiksi kutsutaan bakteereita, jotka muodostamiensa entsyymien avulla pystyvät hajottamaan rasvoja aiheuttaen siten makuvirheitä maidossa ja erityisesti rasvapitoisissa maitovalmisteissa. Proteolyttiset bakteerit hajottavat maidon valkuaisaineita ja pilaavat siten valkuaispitoisia maitotuotteita. Useimmat (noin 90 %) psykrotrofiset bakteerit ovat joko lipolyttisiä tai proteolyttisiä tai molempia (noin 60 %). Jos psykrotrofimäärä on 5...6 vrk ajan yli 300 000 kpl/ml tai enemmän, voi tästä olla seurauksena makuongelmia.



Kuva 1. Psykrotrofisten bakteereiden lisääntyminen varastoinnin aikana eri säilytyslämpötiloissa. Lähde: Tilasäiliöolosuhteiden vaikutuksesta tuottajamaidon laatuun, 1989.

Maidon säilytysaika ennen lämpökäsittelyä koostuu maidon säilytyksestä tilalla (2 vrk) ja siirroista meijeriin. Lämpökäsittely tuhoaa bakteerit, mutta psykrotrofien ennen lämpökäsittelyä erittämät proteolyttiset ja lipolyttiset entsyymit säilyttävät toimintakykynsä lämpökäsittelystä huolimatta.

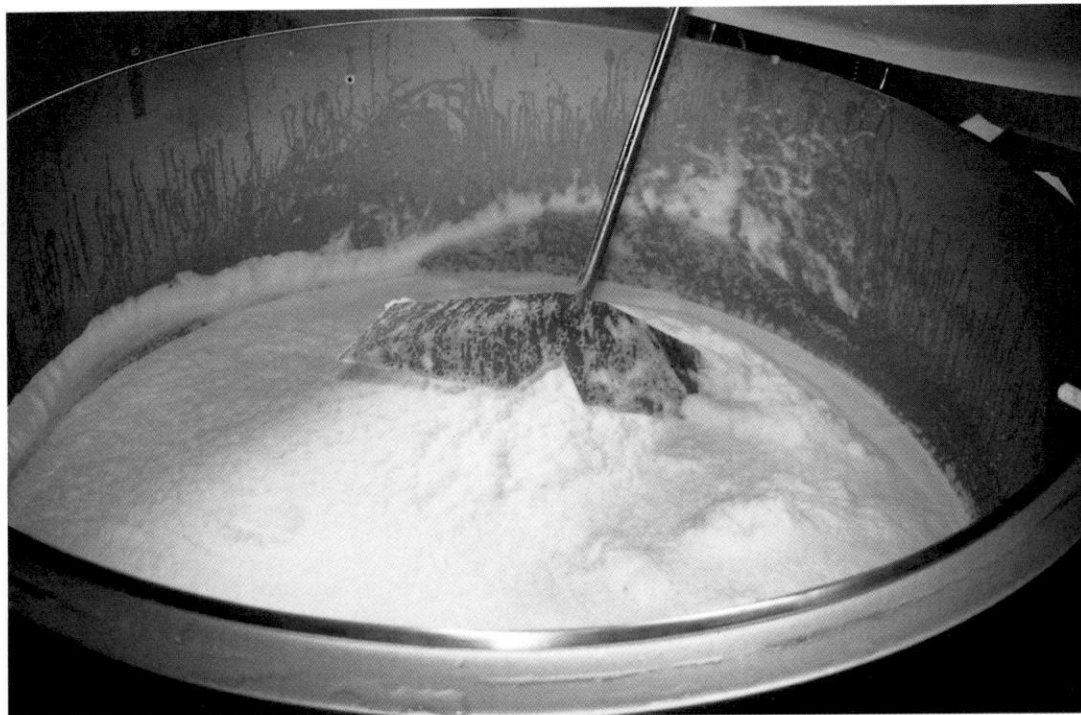
Ihanteellinen tilanne olisi, jos maito jäähdytettäisiin heti lypsyn jälkeen alle +4 C-asteeseen, mieluummin lähelle nollaa ja toimitettaisiin heti meijeriin lämpökäsittelyyn. Tällaisen käytännön toteuttaminen ei ole taloudellisesti kannattavaa.

1.2 Maidon muokkautuminen

Maidon rasva on pienissä suojaavan kalvon ympäröimissä palloissa. Kun kalvo fysikaalisten tai kemiallisten muutosten alaisena menee rikki, maidon luontainen lipaasientsyymi aiheuttaa lipolyysiä. Tällöin syntyy mm. vapaita rasvahappoja (FFA), jotka ovat voimakkaanhajuisia ja -makuisia yhdisteitä. Mitä enemmän maitoa käsitellään mekaanisesti, sitä enemmän rasvapallojen suojakalvot vaurioituvat. Psykrotrofiset bakteerit muodostavat entsyymejä, jotka rikkovat kalvon kemiallisesti.

Rasvapallon kalvo kestää merkittävästi enemmän muokkausta kylmänä kuin lämpimänä. Niinpä maito tulisi jäähdyttää mahdollisimman nopeasti alle +4 °C lämpötilaan. Maidon lämpötila ei saisi nousta korkeaksi toisessakaan lypsyssä. Erityisesti lämmintä maitoa on käsiteltävä hellävaraisesti.

Maidonkäsittelyssä on aina pidettävä tavoitteena mahdollisimman vähäistä muokkausta. Toisaalta maito ei saa kermoittua, jotta siitä saataisiin edustava näyte. Tärkeää on myös se, että tilasäiliöön tuleva maito johdetaan maidon pinnan alle, jotta maitoon ei sekoittuisi ilmaa.



Kuva 2. Liian tehokkaan sekoituksen aiheuttamaa maidon vaahtoamista.

2 TILASÄILIÖITÄ KOSKEVAA LAINSÄÄDÄNTÖÄ

2.1 Euroopan Unionin vaikutus lainsäädäntöön

ETA-sopimuksen ja Suomen EU-jäsenyyden myötä maidonkäsittelylaitteita koskeva lainsäädäntö on muuttunut melkoisesti. Alunperin vuodelta 1946 peräisin ollut maidontarkastuslaki kumottiin ensin maitohygienialailla, joka vuorostaan korvattiin 1.1.1997 voimaan astuneella lailla eläimistä saatavien elintarvikkeiden elintarvikehygieniasta (1195/96). Samalla ovat kumoutuneet maidontarkastuslain nojalla annetut alemmat säädökset. Nykyisin maidonkäsittelyä koskeva lainsäädäntö on jokseenkin EU:n vaatimusten mukainen.

Nykyinen lainsäädäntö ei aseta tilasäiliöille yhtä tiukkoja vaatimuksia kuin vanha lainsäädäntö. Tämä käy ilmi mm. siitä, ettei aiemmin vaadittu korkeintaan 30 minuutin jäähdytysaika +4 C-asteeseen neljännen lypsyn päätyttyä ei enää ole voimassa, vaan mahdollisimman nopea jäähdytys +6 C-asteeseen riittää. Siten myös korkeintaan +4 °C säilytyslämpötilavaatimus on historiaa. Tilasäiliöille on asetettu sinänsä runsaasti vaatimuksia, mutta vanhoista määräyksistä poiketen yksiselitteiset raja-arvot puuttuvat lähes tyystin.

Huomattava muutos verrattuna vanhaan lainsäädäntöön on myös se, ettei tilasäiliöiltä ja niiden lisälaitteilta enää edellytetä tyyppihyväksyntää ennen markkinoille saattamista. Vapaaehtoista testausta ei voi kutsua tyyppitarkastukseksi, vaikka testimenetelmät eivät poikkeaisikaan aikoinaan tyyppitarkastuksissa käytetyistä menetelmistä.

2.2 Katsaus lainsäädäntöön (perustuu tilanteeseen kesällä 1997)



Maa- ja metsätalousministeriön päätöksessä maidontuotantotiloille asetettavista hygieniavaatimuksista (20/EEO/94, ns. tilapäätös) edellytetään, että

- tuotantotilassa on oltava riittävät ja asianmukaiset maidon jäähdytys- ja säilytyslaitteet,
- laitteiden on oltava ehjiä, hyvässä kunnossa, helposti puhtaana pidettäviä ja ne on voitava desinfioida,
- tilasäiliön pesun ja desinfioinnin jälkeen on varmistuttava, että säiliö valuu tyhjäksi,
- pesu- ja desinfiointiaineiden on oltava Eläinlääkintä- ja elintarvikelaitoksen (EELA) hyväksymiä ja
- maito on mahdollisimman nopeasti jäätyttä jähdytettävä +6 °C lämpötilaan tai sen alapuolelle.

Maa- ja metsätalousministeriön maitohygieniapäätöksessä (19/EEO/94, ns. laitospäätös) edellytetään, että

- tilasäiliöstä maitoautoon siirrettävän maidon lämpötila saa olla korkeintaan +6 °C ja yksittäisissä tapauksissa korkeintaan +10 °C, kuitenkin niin, ettei kuljetussäiliössä olevan maidon lämpötila nouse yli +6 C-asteen ja
- maidon lämpötila maitoautossa ei keräilyn päätyttyä saa ylittää +7 C-astetta.

Työturvallisuuslain (299/58) nojalla annetussa valtioneuvoston päätöksessä koneiden turvallisuudesta (1314/94) (päätöksellä on saatettu voimaan EU:n konedirektiivin vaatimusta-so) edellytetään mm., että

- kone täyttää koneturvallisuusdirektiivin olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset (sisältää mm. vaatimuksen käyttötarkoitukseen soveltumisesta),
- koneen mukana toimitetaan käyttäjän kielinen käyttöohje,
- valmistaja/markkinoille saattaja antaa ns. vaatimustenmukaisuusvaatituksen ja
- valmistaja/markkinoille saattaja kiinnittää koneeseen CE-merkinnän.



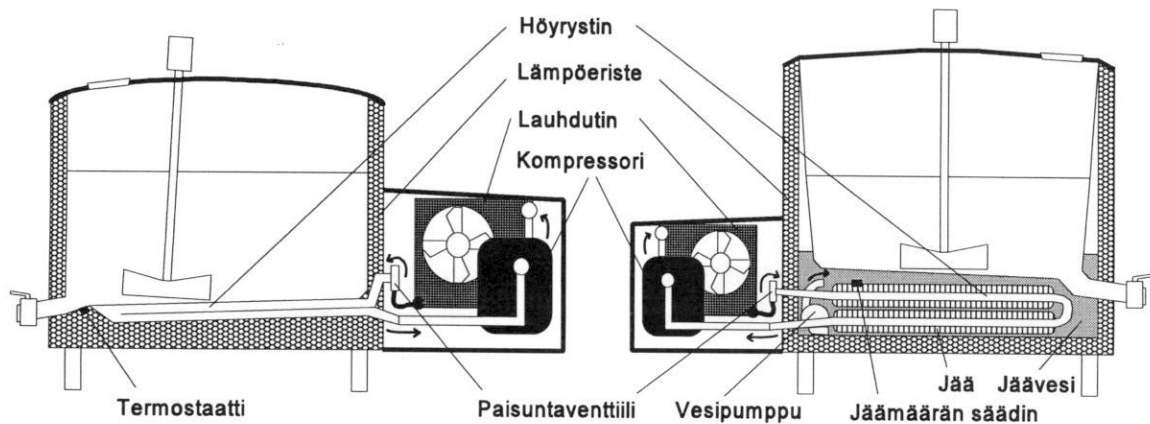
Saman valtioneuvoston päätöksen erityisesti elintarviketeollisuuskoneita koskevissa terveys- ja turvallisuusvaatimuksissa edellytetään, että

- kone on suunniteltava ja rakennettava siten, että vältetään myrkytys-, sairaus- ja tartuntavaarat,
- elintarvikkeiden kanssa kosketuksiin joutuvien materiaalien on täytettävä niitä koskevat erityismääräykset,
- pintojen liitoksineen on oltava sileitä ilman reunoja ja rakoja, joihin voi kertyä orgaanista ainetta,
- liitosten tulisi olla hitsattuja tai muulla tavoin jatkuvia, ruuviliitokset tms. ovat sallittuja vain teknisesti välttämättömissä tilanteissa,
- elintarvikkeiden kanssa kosketuksiin joutuvien pintojen puhdistaminen ja desinfiointi on oltava helppoa,
- puhdistus- ym. liuosten tulee päästä poistumaan koneesta esteettömästi,
- nesteiden ja elävien olioiden pääsy koneen sellaisiin osiin, joita ei voi puhdistaa tulee estää,
- apuaineet, esim. voiteluaineet, eivät saa päästä kosketuksiin elintarvikkeiden kanssa ja
- koneen käyttöohjeessa on ilmoitettava suositeltavat pesu- ja desinfiointiaineet sekä -menetelmät.

3 TILASÄILIÖN RAKENNE

3.1 Perustyytit

Tilasäiliöt ovat toimintaperiaatteeltaan joko suoraan tai epäsuorasti jäähdyttäviä. Ensin mainittu rakenne tarkoittaa sitä, että jäähdyttävä kylmäaine on mahdollisimman läheisessä kosketuksessa maitoon. Käytännössä välissä on vain maitosäiliön pohjapelti. Epäsuorassa jäähdytyksessä kylmäaineella jäähdytetään ensin väliainetta, jolla vuorostaan jäähdytetään maitosäiliötä. Jääpankkitilasäiliö, jossa maitoa jäähdyttävänä väliaineena käytetään vettä, on esimerkki epäsuorasta jäähdytyksestä. Toimintaperiaate-eroista seuraa, että monet suorajäähdytteen ja jääpankkitilasäiliön ominaisuudet poikkeavat toisistaan.



Kuva 3. Suorajähdytteinen (suorahöyrystein) ja jääpankkitilasäiliö

Suorajähdytteisen ja jääpankkitilasäiliön perusero on siinä, että jälkimmäisessä suurin osa jäädytykseen tarvittavasta ”kylmäenergiasta” on varastoitu jään. Jäädytyksen aikana osa jäästä sulaa ja ottaa sulamiseen tarvittavan lämmön maidosta. Lypsyjen välillä jääpankki jäädytetään entiselleen odottamaan seuraavaa lypsyä. Suorajähdytteisessä tilasäiliössä ei kylmävarastoa ole, vaan jäädytyskoneikko tuottaa kaiken tarvittavan kylmätehon jäädytyksen aikana. Oleellista on, ettei jääpankkitilasäiliön jääpankki saa sulaa koskaan kokonaan. Jos niin kuitenkin käy, loppujäädytys on kokonaan pienen koneikon varassa, eikä maito ehdi jäähtyä tarpeeksi saati jääpankki palautua entiselleen seuraavaa lypsyä varten. Jääpankkitilasäiliöön ei siten koskaan pidä kerralla lypsää suurempaa maitomäärää kuin se, mille säiliö on mitoitettu. Suorajähdytteinen säiliö toimii vastaavassa ylilypsytalanteessa sikäli joustavammin, että maito todennäköisesti ehtii jäähtyä ennen seuraavaa lypsykertaa. Maidon laadun kannalta liian pitkää jäädytysaikaa ei tietenkään voi suositella.

3.2 Tilasäiliön osat ja toiminta

Tilasäiliön perusosa on maitosäiliö. Suorajähdytteisen tilasäiliön maitosäiliö on astia, joka on ympäröity lämpöeristeellä ja ulkoverhoilulla. Jääpankkitilasäiliö muistuttaa vesihaudetta. Siinä maitosäiliö on sijoitettu suuremman eristetyn säiliön sisään. Itse jäävesivarasto eli jääpankki on yleensä maitosäiliön alapuolella, mutta varsinkin suuren säiliön jääpankkina voi olla tilasäiliöön putkilla yhdistetty erillinen jäävedenkehitin. Rakenne voi olla myös sellainen, että jäävesi huuhtelee maitosäiliötä ainoastaan kiertovesipumpun käydessä. Tällöin tilasäiliön pesu helpottuu, koska kylmän jääveden kierrätys voidaan pysäyttää pesun ajaksi.

Alipainetilasäiliö on vankkarakenteinen umpisäiliö, jossa lypsyyn aikana vallitsee lypsykoneen alipaine. Tavallista umpisäiliötä ei edes pidä yrittää käyttää alipainesäiliönä, koska sen rakenne ei kasaan rutistumatta kestä suurta paine-eroa.

Jäädytystyön tekee jäädytyskoneikko. Kompressori imee höyrystimestä matalapaineista kylmäainekaasua ja pumppaa sen lauhduttimeen, jossa kuumentunut korkeapaineinen kaasu jäähtyy ja nesteytyy. Edelleen korkeapaineinen, mutta nyt nestemäinen kylmäaine ruiskutetaan

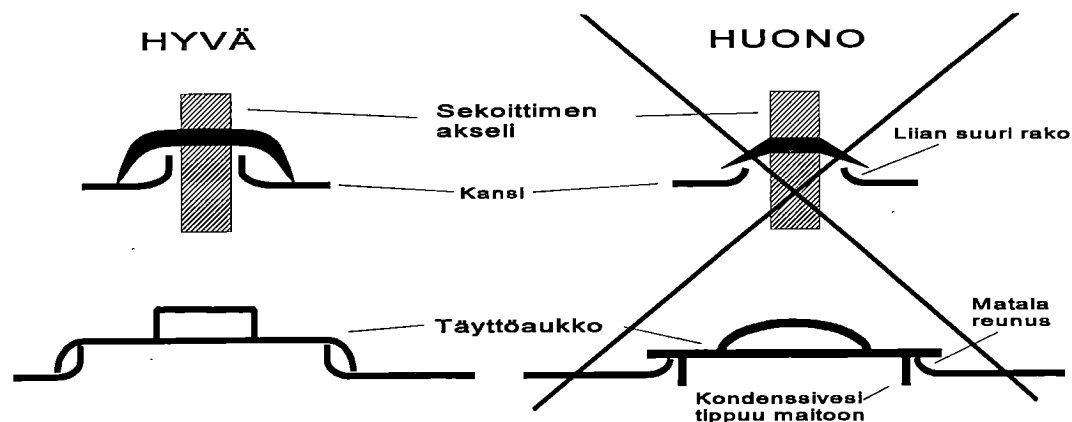
pienen aukon eli paisuntaventtiilin tai ohuen kapillaariputken kautta tilasäiliön höyrystimeen. Höyrystimen alhaisessa paineessa kylmäaine kiehuu ja ottaa kiehumiseen tarvitsemansa energian ympäristöstään. Suorahöyrysteisen tilasäiliön höyrystin sijaitsee maitosäiliön pohjassa, joka nykysäiliöissä on kaksinkertaista peltiä. Kylmäaine höyrystyy peltien välisissä kanavissa. Jääpankkitilasäiliön höyrystin on yleensä veteen upotettu kuparinen putkikierukka. Kierto alkaa alusta, kun kompressorin imee kylmäainehöyryn jälleen puristettavaksi. Termi ”Pump Down” tarkoittaa toimintoa, joka kompressorin pysähtyttyä imee kylmäainekaasun pois höyrystimestä. Tällä estetään höyrystinpaineen nousu liian korkeaksi esim. pesun aikana.

Suorajähdytteinen tilasäiliö tekee koko jäähdystystyön lypsyn aikana sekä välittömästi lypsyn jälkeen. Jääpankkitilasäiliön jäävarastoon kerätään lypsyjen välillä ”kylmäenergiaa”, jolla suurin osa jäähdystystyöstä tehdään. Suorajähdytteisen tilasäiliön koneikko on siten huomattavasti jääpankkitilasäiliön koneikkoa suurempi, koska hetkellisesti tehon tarve on suurempi.

Maidon lämpötilan säätölaite eli termostaatti on oleellinen varsinkin suorajähdytteisen tilasäiliön osa. Maidon lämpötila pidetään varastoinnin aikana haluttuna kompressorin tarpeen mukaan käyttämällä. Termostaatin tuntoelin on kiinnitetty joko maitosäiliön pohjapellin alapintaan tai säiliön seinämän alaosaan. Jääpankkitilasäiliössä kompressorin käynti ei yleensä perustu maidon lämpötilaan, vaan jään määrään jääpankissa. Termostaatilla tai kellolla ohjataan maitosäiliön ulkopintaa jäävedellä huuhtelevan pumpun käyntiä.

Sekoittimen tehtävänä on tehostaa lämmön siirtymistä pois maidosta pitämällä maito tasalämpöisenä sekä estää maidon ainesosien erottuminen. Jos sekoitus ei ole riittävää, maito on vaarassa jäätyä suorajähdytteisen tilasäiliön höyrystinpinoille. Vaara on sitä suurempi mitä vähemmän säiliössä on maitoa. Ensimmäisen lypsyn jäähdystystä ei pidä aloittaa liian aikaisin, vaan noudattaa säiliön käyttöohjeita. Jäätymisvaaran takia on tärkeää, että suorajähdytteinen tilasäiliö sekoittaa maitoa aina kompressorin käydessä. Toisaalta liian tehokas sekoittaminen muokkaa maitoa. Maidon varastoinnin aikana 1...2 minuutin sekoitus 20...30 minuutin välein on suositeltavaa.

Tilasäiliön kannen tulee estää vesi- ja likaroiskeiden pääsy maitoon. Kannen rakenteen ja säiliön reunojen tulee olla sellaisia, etteivät valumavedet ja kannen sisäpintaan tiivistynyt



Kuva 4. Ulkopuolisen lian ja roiskeiden pääsy tilasäiliöön on estettävä.

kosteus virtaa maitoon. Täyttöaukot, sekoittimen läpiviennit jne. tulee olla varustettu ylöspäin käännetyllä reunuksella. Kansi ei kuitenkaan saa olla niin tiivis, että tyhjennyksen tai pesun painevaihtelut vaurioittaisivat tilasäiliötä.

3.3 Jäähdytysteho ja jäähdytysaika

Jäähdytyksessä maidosta siirretään pois merkittävä määrä energiaa. Laskennallisesti 300 lypsylämpimän maitolitrin jäähdytyksessä vapautuu jokseenkin yhtä paljon energiaa kuin tarvitaan 1 000 vesilitran lämmittämiseen kymmenellä asteella. Kotitalouden jääkaappeihin ja pakastimiin verrattuna tilasäiliöiden jäähdytystehot ovatkin monin verroin suurempia.

Tilasäiliön jäähdytysteho voidaan ilmoittaa kilowatteina (kW). Tällöin tarkoitetaan maidosta pois siirtyvää lämpötehoa. Jäähdytystehoa ei pidä sekoittaa tilasäiliön kompressorin sähkötehoon, joka on huomattavasti jäähdytystehoa pienempi. Esim. 1 500 l suorajäähdytteisen tilasäiliön jäähdytysteho on olosuhteista ja konstruktiosta riippuen 5...8 kW kompressorin moottoritehon ollessa 2...3 kW. Kysymys ei silti ole ikiliikkujasta, vaan maidossa olevan lämpöenergian siirtämisestä ulkoisen sähköenergian avulla toiseen paikkaan. Tilasäiliön sijoitusta ja maitohuoneen ilmastointia suunniteltaessa vapautuva lämpö on syytä ottaa huomioon.

Puhekielessä tilasäiliön ”jäähdytysteholla” tarkoitetaan usein jäähdytysaikaa +4 °C lämpötilaan. Eri laitteiden jäähdytysominaisuuksia vertailtaessa on aina huomattava, mihin mittausmenetelmään ilmoitettu jäähdytysaika perustuu. Kansainvälisesti tunnetuin mittausmenetelmä on esitetty standardissa ISO 5708. Valmisteilla oleva tilasäiliöiden EN-standardi (joskus puhutaan myös CEN-standardista) on jäähdytysajan mittausmenetelmän osalta samanlainen kuin ISO 5708. Suomessa tunnetuin mittausmenetelmä perustuu kansallisiin, vuoteen 1994 voimassa olleisiin maa- ja metsätalousministeriön tilasäiliöille asettamiin vaatimuksiin. Koska kansallisiin vaatimuksiin sisältyi tilasäiliöiden tyyppitarkastuspakko, on useimmista Suomessa käytössä olevista tilasäiliötyypeistä mitattu neljännän lypsytyn jäähdytysaika em. kansallisella menetelmällä. Läheskään kaikista uusista, EU-jäsenyyden aikana markkinoille tulleista malleista kyseisiä mittaustuloksia ei ole, joten niiden vertaaminen Suomessa noudatettuun vaatimustasoon ja käytössä olevaan tilasäiliökantaan on vaikeaa. Tilasäiliölle ilmoitettu standardin ISO 5708 mukainen jäähdytysaika ja luokitus voi perustua teoreettiseen laskelmaan, sillä standardi ei edellytä jäähdytysajan varmentamista mittaamalla.

Suomessa maito kerätään tiloilta joka toinen päivä. Kahden ilta- ja kahden aamulypsytyn maidon jäähdytykseen ja varastointiin mitoitettua säiliötä kutsutaan neljän lypsytyn tilasäiliöksi. Tällaisen säiliön pitää maidon laadun kannalta hyväksyttävässä ajassa pystyä jäähdyttämään lypsylämpimää maitoa 25 % nimellistilavuudestaan +4 C-asteeseen tai kylmemmäksi. Jos tilasäiliö täyttyy kahdesta lypsykerrasta, tulee käyttää ns. kahden lypsytyn säiliötä, joka on mitoitettu jäähdyttämään kerralla puolet tilavuudestaan. Jos kaikkien lypsykertojen maito ei mahdu tilasäiliöön ja on pakko käyttää kahta tilasäiliötä, tulee niitä täyttää samanaikaisesti. Missään tapauksessa ei pidä ensin lypsää toista täyteen ja sitten vasta aloittaa toisen täyttämi-

nen. Tulevaisuudessa Suomeen saattaa tulla myös kuuden lypsyn säiliöitä, joiden jäähdytysteho riittää nimellistilavuuden kuudesosan tehokkaaseen jäähdytykseen. Neljälle lypsykerralle niiden jäähdytysteho on liian pieni.

3.4 Maidon jäätyminen (jäänmuodostus)

Maidon jäätympiste ($-0,52\text{ °C}$) on vain vähän veden jäätympistettä alempi. Maidon jäähdyttäminen mahdollisimman nopeasti sitä kuitenkaan jäädyttämättä on siksi vaativa tehtävä. Jääpankkitalasäiliöissä maidon jäätyminen on käytännössä mahdotonta, koska jäähdytykseen käytetään kylmimmilläänkin 0-asteista vettä. Jäämäärän säätimen rikkoutuessa, jos jääpankki jäätyy kiinni maitosäiliöön, voi maitokin jäätyä.

Suorajäähdytteisessä tilasäiliössä selvästi alle 0-asteisen kylmäaineen erottaa maidosta vain ohut pelti. Maidon lämpötilan ollessa alhainen ja sekoituksen puutteellinen maito alkaa jäätyä kiinni säiliön pohjaan. Suorajäähdytteisen tilasäiliön toiminnan kannalta on oleellista, että lämpötilansäätöjärjestelmä saa mahdollisimman oikean ja viiveettömän tiedon säiliössä olevan maidon lämpötilasta. Usein kriittinen kohta on termostaatin anturin oma massa ja kiinnitys maitosäiliöön. Jäänmuodostus voi johtua myös termostaatin vääristä asetusarvoista, jolloin katkaisulämpötila on liian alhainen tai siitä, että tehokasta jäähdytystä on tavoiteltu säätämällä höyrystimen lämpötila liian alas. Jäänmuodostuksesta eroon pääseminen vaatii huoltomiehen toimenpiteitä. Tilasäiliön käyttäjän ei yleensä pidä puuttua säiliön asetusarvoihin tai koneikon säätöihin. Säätöyrityksistä voi asiantuntemuksen ja mittalaitteiden puuttuessa seurata konerikko tai vakavia maidon laatuongelmia.



Kuva 5. Tilasäiliöiden jäähdytysominaisuuksien mittausta MTT/VAKOLAssa.

Jäätymisvaara on suurimmillaan, kun tilasäiliössä on vähän maitoa ja maidon lämpötilan muutokset ovat siten nopeimmillaan. Mahdollista jäätä voi varovasti tunnustella säiliön pohjasta ensimmäisen lypsyn jälkeen välittömästi kompressorin pysähtyttyä esim. tilasäiliön mittatikulla. Sekä kansainvälisten tilasäiliöstandardien että vanhojen kansallisten tilasäiliönormien mukaan jäätä ei saa jäähtyksen tai varastoinnin aikana muodostua, jos neljän lypsyn säiliössä on maitoa vähintään 10 % säiliön nimellistilavuudesta. Tilasäiliö tulee valita siten, ettei ensimmäisen lypsyn maitomäärä jää alle 10 %:n tilasäiliön nimellistilavuudesta. Jos tuotannon kausivaihtelu on suurta, jääpankkitylasäiliö on suorajäähdysteistä turvallisempi valinta, koska pienen täytöksen jäätymisvaaraa ei ole.

Tilasäiliön lämpömittarin voi tarkistaa vertaamalla mittarin näyttöä kalibroituun lämpömittariin. Mittarin hidas reagointi lämpötilan muutoksiin kielii anturin huonosta kiinnityksestä ja tarkistusmittarista poikkeava loppulämpötila lämpömittarin säätötarpeesta. Useimmissa nykysäiliöissä lämpömittari ja termostaatti on yhdistetty, joten väärin näyttävästä tai hitaasti reagoivasta lämpömittarista seuraa, ettei maidon lämpötilan säätökään toimi parhaalla mahdollisella tavalla.

3.5 Tilasäiliön energiankulutus

Tilasäiliön energiankulutus ilmoitetaan esimerkiksi wattitunteina jäähdytettyä maitolittraa kohti. Totuudenmukaisin tapa on ilmoittaa tilasäiliön energiankulutus tyhjennyksestä tyhjennykseen eli neljän peräkkäisen lypsyn energiankulutus. Tällöin energiankulutukseen sisältyy sekä jäädytykset lypsujen yhteydessä että kompressorin ja sekoittimen käyntijaksot varastoinnin aikana, mutta myös pesun tilasäiliöön kohdistamasta lämpörasituksesta johtuva energiankulutus, ei kuitenkaan pesuveden lämmitykseen ja kierrätykseen tarvittavaa energiaa. Jos puhutaan vain neljännen lypsyn jäähtyksen energiankulutuksesta, on varauduttava siihen, että todellinen neljän peräkkäisen lypsyn energiankulutus maitolittraa kohti on 10...40 % yksittäisen lypsyn energiankulutusta suurempi.

Jääpankkitylasäiliön energiankulutus on suorajäähdysteisen kulutusta suurempi. Ero johtuu mm. siitä, että jääpankkisäiliössä lämpötila höyrystimen ulkopuolella on aina noin 0 °C eli useita asteita alempi kuin suorajäähdysteisessä. Siten jääpankkitylasäiliön koneikko toimii hyötysuhteen kannalta epäedullisemmalla alueella kuin suorajäähdysteisen tilasäiliön koneikko. Lisäksi jääpankkitylasäiliön seinämäpinta-ala on vastaavan kokoista suorajäähdysteistä säiliötä suurempi ja jääveden kierrätyspumppu kuluttaa energiaa ja yleensä luovuttaa hukkalämpönsä jäävesitilaan. Pesun aikana jääpankki sulaa osittain ja se pitää jäädyttää entiselleen ennen ensimmäistä lypsyä. Jääpankkitylasäiliö on pidettävä aina kylmänä ja siten se kuluttaa energiaa myös tyhjennyksen ja ensimmäisen lypsyn välisenä aikana.

MTT/VAKOLAn vuosina 1970...1996 tekemissä tilasäiliökoetuksissa ja -testeissä on todettu, että suorajäähdysteisen tilasäiliön neljän peräkkäisen lypsyn energiankulutus on noin 20 Wh/l (= 20 kWh/1000 l). Kulutukset ovat vaihdelleet välillä 15...36 Wh/l. Pelkän neljännen lypsyn jäähtyksen energiankulutukset ovat vaihdelleet välillä 10...24 Wh/l. Jääpankkitylasäiliöiden neljän peräkkäisen lypsyn kulutukset ovat vaihdelleet välillä 30...53 Wh/l.

Jos maitoa jäähdytetään vuodessa 150 000 litraa, tilasäiliön sähkönkulutus on 20 Wh/l ja yksi kWh maksaa 40 penniä, jäähdytyksen energiakustannus on 1 200 mk/vuosi. Vertailun vuoksi, jos tilasäiliön yhdellä pesukerralla kuluu yhteensä 100 l kuumaa vettä, jota on lämmitetty sähköllä 60 C-astetta, energiakustannus on noin 500 mk vuodessa.

3.6 Tilasäiliöiden kylmäaineet

3.6.1 Kylmäaineen valinta ja käyttörajoitukset

Kuluneet 1990-luvun vuodet ovat olleet vilkkaita kylmäainemarkkinoilla. CFC-yhdisteitä (mm. R12) sisältävien uusien kylmlaitteiden käyttöönotto kiellettiin Suomessa vuoden 1995 alusta. Lähitulevaisuudessa samat rajoitukset ulotettaneen koskemaan myös HCFC-yhdisteitä (mm. R22) sisältäviä laitteita. Tätä kirjoitettaessa näyttää siltä, että kylmäteholtaan yli 10 kilowattisten tai sähköteholtaan yli 2 kilowattisten HCFC-yhdisteitä sisältävien uusien kylmlaitteiden käyttöönotto kiellettäisiin vuoden 1998 aikana. Tehorajat alittavia laitteita koskeva käyttöönottokielto alkaisi vuoden 1999 alusta. Otsonikerrokselle vaarattoman HFC-yhdiste R134a:n käytölle ei ole näköpiirissä lainsäädännöllisiä rajoituksia.

Taulukko 1. Tietoja eräistä kylmäaineista.

Kylmäaine	Kauppanimiä	Laji	Uusasennuskielto	Täyttökielto (seur. 5 v aikana)
R12		CFC	1.1.1995	todennäköinen
R22		HCFC	valmisteilla	mahdollinen
R134a		HFC	-	-
R401a	MP39	HCFC	valmisteilla	mahdollinen
R403b	R69L	HCFC	valmisteilla	mahdollinen
R404a	FX70, HP62	HFC	-	-
R407c	AC9000, HX3, ICI66	HFC	-	-
R410a	AZ20	HFC	-	-
R502		CFC	1.1.1995	todennäköinen

Ruotsissa on jo päätetty kieltää vuoden 1998 alusta uusien HCFC-laitteiden käyttöönotto sekä CFC-yhdisteiden täyttö olemassa oleviin laitteisiin. Vuonna 2000 Ruotsissa astuu voimaan CFC-laitteiden käyttökielto ja vuonna 2002 myös HCFC-yhdisteiden täyttökielto olemassa oleviin laitteisiin. HCFC-laitteiden käyttökiellosta ei ole tehty päätöstä. Se, miten Suomi seuraa Ruotsin esimerkkiä, riippuu lainsäätäjistä. Saksassa uusien HCFC-laitteiden käyttöönotto on kiellettyä vuoden 2000 alusta. EU:n viimeinen takaraja HCFC-yhdisteistä luopumiselle on vuoden 2014 loppu. Jo nyt lainsäädäntö edellyttää kylmäaineiden talteenottoa ja niiden hävittämistä ongelmajätelaitoksessa.

Tällä hetkellä Suomessa on saatavana sekä R22- että R134a-kylmäaineilla toimivia uusia tilasäiliöitä. Uusia R12-tilasäiliöitä ei ole saanut ottaa käyttöön 1.1.1995 jälkeen. Koska R12

on hyvin tunnettu ja kylmäteknisiltä ominaisuuksiltaan tilasäiliökäyttöön erinomainen, ei korvaaviin kylmäaineisiin siirtyminen ole ollut helppoa. Ongelmia on kaksi: 1) uusiin tilasäiliöihin tulisi valita asemansa vakiinnuttava kylmäaine, jotta niiden kunnossapito tulevaisuudessa olisi mahdollisimman vaivatonta. 2) jo käytössä olevien tilasäiliöiden kunnossapito tulisi olla mahdollista ilman kalliita muutostöitä. Jälkimmäisessä tapauksessa riittää yleensä se, että tilasäiliö voidaan kohtuukustannuksin pelastaa ennenaikaiselta romuttamiselta.

3.6.2 Kylmäaineen vaihtaminen käytettyyn tilasäiliöön

Jos tilasäiliön kylmäaine joudutaan vaihtamaan, tulee pyrkiä siihen, että laite toimii uudella kylmäaineella yhtä hyvin kuin alkuperäisellä. Vaihtoon ryhdyttäessä kannattaa kuitenkin harkita, kuinka paljon käyttövuosia tilasäiliöllä vielä on jäljellä. Toimivan tilasäiliön kylmäainetta ei kannata vaihtaa vain siksi, että kyseinen kylmäaine on kielletty tai tullaan kieltämään uusasennuksissa. Lainsäädännön muutokset voivat luonnollisesti pakottaa luopumaan toimivistakin laitteista (vertaa Ruotsin tilanteeseen). Tällä hetkellä kylmäaineen vaihto tarkoittaa käytännössä R12:n korvaamista jollakin toisella aineella, mutta tulevaisuudessa myös R22 pääsee korvattavien listalle.

Jokseenkin selkeä pitkän tähtäimen vaihtoehto R12:lle on R134a, koska ominaisuuksiltaan se on hyvin lähellä R12:ta. Suomessa on yhä yli 20 000 enimmäkseen vanhahkoa ja pienehköä R12-tilasäiliötä. Säiliöistä valtaosa kannattaa käyttää loppuun ja aikanaan romuttaa asianmukaisesti. Ainoastaan suurimpien, nuorimpien ja hyväkuntoisimpien muuntaminen R134a:lle voi tulla kysymykseen. Kun käytetty R12-tilasäiliö muutetaan R134a:lle, on vanha mineraaliöljy poistettava järjestelmästä mahdollisimman tarkkaan ja korvattava esteröljyllä. Myös kuivain ja paisuntaventtiili on vaihdettava. Erityistä huomiota on kiinnitettävä laitteiston tiiviyyteen. Jos R12 on vuotanut ulos järjestelmästä, R134a:lle käy varmasti samoin. Esim. kierreliitokset tulisi korvata aina kun mahdollista juotoksilla ja hitsauksilla. Jos kylmäaineen vaihto on tehtävä tilalla lypsyjen välissä, joutuisin ja joskus ainoa vaihtoehto on koko koneikon vaihtuuteen tai peruskorjattuun. Tilasäiliön jäähdytystehoon oikein tehdyllä R12 - R134a vaihdolla ei ole merkittävää vaikutusta. Eräänlaisena pikakorjauksena moniin, varsinkin käyttöikänsä loppupuolella oleviin R12-säiliöihin on vaihdettu HCFC-seos R401a. Operaatiota voidaan perustella sen nopeudella ja edullisuudella. R12-jääpankkilasäiliöön voidaan vaihtaa myös R22-koneikko, koska putkihöyrystimen paineenkesto ei yleensä muodostu ongelmaksi.

Suorajäähdytteinen tilasäiliö asettaa kylmäaineelle erityisvaatimuksen: kylmäaineen lämpötilaliukuman tulee olla pieni eli koko kylmäaineen tulee höyrystyä samassa lämpötilassa. Yksikomponenttisten kylmäaineiden (esim. R12, R22, R134a) liukuma on 0 °C. Kaksi- tai useampi komponenttisilla seoskylmäaineilla liukuma voi olla useita asteita, esim. R401a:lla 4,5 °C, R407c:llä 7,4 °C ja R404a:lla 0,7 °C. Liukumasta seuraa, että lämpötila tilasäiliön höyrystimessä vaihtelee ja jos pyritään suureen jäähdytystehoon, maito jäätyy kylmimmissä kohdissa. Jos jäänmuodostus halutaan välttää, pitää jäähdytystehosta tinkiä. Seoskylmäainetta, jonka liukuma on useita asteita, ei siten voi pitää suositeltavimpana vaihtoehtona suorajäähdyt-

teiseen tilasäiliöön. Jääpankktilasäiliö ei ole yhtä hankala, koska jäävesi väliaineena estää maidon jäätyksen. Seoskylmäaineen vuotaessa käy yleensä niin, että komponentit vuotavat ulos yksi kerrallaan ja seoksen koostumus ja kylmätekniiset ominaisuudet muuttuvat. Siksi vuodon jälkeen järjestelmä on ensin tyhjennettävä ja vasta sitten täytettävä uudelleen. Jos kylmäainetta vain lisätään, ”luodaan” uusi seoskylmäaine, jonka ominaisuuksia ja käyttäytymistä kukaan ei tunne. Huollon yhteydessä on kylmälaitteeseen ehdottomasti merkittävä, millä kylmäaineella ja kompressorijäljellä se on täytetty, koska jo nyt markkinoilla on kymmeniä eri aineita ja tuotemerkkejä. Laitteen huolto ei tulevaisuudessa helpotu ja halpene, jos täytöksestä on korkeintaan hataria muistikuvia.

Kylmäaine R22 on sikäli R12:ta ongelmallisempi, että antamastaan suuremmasta kylmätehosta johtuen R22-tilasäiliön kompressori on iskuilavuudeltaan pienempi kuin samantehoisen R12- tai R134a-säiliön kompressori. Kääntäen tästä seuraa, että jos R22-säiliöön joskus on pakko vaihtaa kylmäaine, jää kylmäteho R134a:lla liian pieneksi, jos kompressoria ei samalla vaihdeta suurempaan. R22:n tilasäiliöissä esikuvansa veroisesti toimiva korvike antaa vielä odottaa itseään. Suurin osa 1990-luvulla myydyistä tilasäiliöistä toimii R22-kylmäaineella. Nämä säiliöt kannattaa toistaiseksi pitää entisellään.

3.7 Normit ja standardit

3.7.1 ISO 5708

ISO 5708 vuodelta 1983 on tunnetuin voimassa oleva kansainvälinen tilasäiliöstandardi. Sen voimassaoloa jatkettiin vuonna 1995, koska Euroopan Standardisointijärjestön, CENin valmistelema tilasäiliöiden eurostandardi on yhä työn alla.

Oleellista standardissa ISO 5708 on:

- kahden ja neljän lypsyn tilasäiliöt,
- kolme ympäristönlämpötilaluokkaa: A (+38 °C), B (+32 °C) ja C (+25 °C),
- kolme jäähdytysaikalukkaa: I (2,5 h), II (3,0 h) ja III (3,5 h),
- jäähdytysaika +4 C-asteeseen mitataan kertakaatomenetelmällä, jossa säiliöön kaadettavan veden lämpötila on +35 °C ja säiliössä olevan veden lämpötila ennen kaatoa on +4 °C,
- eristyskokeessa lämpötilan nousu on korkeintaan 1,0 °C neljässä tunnissa ja
- maidon lämpötila ei varastoinnin aikana saa olla yli +4 °C eikä maito saa jäätyä.

Esimerkki Luokitusmerkintä 4CI tarkoittaa neljän lypsyn tilasäiliötä, joka ympäristön lämpötilassa +25 °C jäädyttää yhden lypsyn maitomäärän (25 % nimellistilavuudestaan) +4 C-asteeseen korkeintaan 2,5 tunnissa. Vastaavasti 2BIII tarkoittaa kahden lypsyn säiliötä, joka ympäristön lämpötilassa +32 °C jäädyttää yhden lypsyn maitomäärän (50 % nimellistilavuudestaan) +4 C-asteeseen korkeintaan 3,5 tunnissa.

Huomattavaa standardissa on se, että jäähdytyskoe tehdään kertakaatomenetelmällä. Nimestään huolimatta +35 C-asteista testivettä ei kaadeta säiliöön kerralla, vaan tilasäiliö täytetään

vedellä, jonka lämpötila neljännen lypsyn jäähdytysaika mitattaessa asetellaan +11,8 C-asteeseen (=75 % +4 C-asteista vettä ja 25 % +35 C-asteista vettä). Tämän jälkeen jäähdytys käynnistetään ja jäähdytysaika +4 °C lämpötilaan mitataan.

Standardin ISO 5708 mukainen jäänmuodostuskoe tehdään +5 C-asteen ympäristössä siten, että 10 % nimellistilavuudesta +35 °C vettä jäähdytetään katkaisulämpötilaan, jonka jälkeen tarkastetaan onko säiliön pohjassa jäätä. Tämän jälkeen testiveden annetaan lämmitä itsestään ja tarkastetaan, että jäähdytys käynnistyy viimeistään +4 C-asteessa. Tarvittaessa koe tehdään myös säiliön ympäristölämpötilaluokan mukaisessa lämpötilassa.

Ympäristönlämpötilaluokitusta (A, B, C) ja jäähdytysaikaluoitusta (I, II, III) ei voi verrata toisiinsa, koska ensinmainittuun vaikuttaa ensisijaisesti tilasäiliön lauhdutin ja jälkimmäinen taas riippuu mm. kompressorin ominaisuuksista. Ei siis voi olettaa, että korkeaan ympäristönlämpötilaan suunnitellun tilasäiliön jäähdytys nopeutuisi merkittävästi ympäristön viileessä.

3.7.2 Valmisteilla oleva EN-standardi

Euroopan standardisointijärjestössä (CEN) on jatkunut koko 90-luvun tilasäiliöiden eurostandardin valmistelu. Vaikka standardi on vielä työryhmävaiheessa (CEN/TC 153/WG 8), tilasäiliöiden luokittelu sekä suorituskyvyn mittaamenetelmät on jo sovittu.

Standardin laatiminen aloitettiin ISO 5708:n pohjalta ja sieltä periytyykin mm. kertakaatomenetelmä, testiveden lämpötila (+35 °C) jäähdytysajan mittauksessa ja luokitusmerkintätapa. Lisäystä on mm. uusi, entisiä tiukempi jäähdytysaikaluokka 0, (2,0 h) ja kuuden lypsyn tilasäiliöt. Eristyskykyvaatimus on käytännössä sama, vaikka on kirjoitettu muotoon korkeintaan 3 °C/12 h. Vaatimus jäätyttömyydestä ja jäänmuodostuskoe vastaa ISO 5708:aa. Uutta ISO-standardiin verrattuna on tilasäiliöiden pesulaitteita koskeva osa puhdistuvuuskokeineen.

Jos tuleva EN-standardi harmonisoidaan, sen mukaisen laitteen katsotaan täyttävän EU:n konedirektiivin olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Tästä syystä standardiluonnos sisältää runsaasti tarkennuksia ja työturvallisuuteen ja hygieniaan liittyviä lisävaatimuksia verrattuna lähtökohtana olleeseen ISO 5708:aan. Tässä yhteydessä on syytä muistaa, ettei EN-standardin mukainen rakenne ole ainoa tapa rakentaa konedirektiivin vaatimukset täyttävä laite. Standardit eivät ylipäätään ole pakollisia vaatimustasoja, vaan esimerkkejä, miten lainsäädännön asettamat vähimmäisvaatimukset voidaan täyttää.

3.7.3 Suomen vanhat kansalliset tilasäiliönormit

Suomessa vuoteen 1994 voimassa olleet pakolliset kansalliset maa- ja metsätalousministeriön eläinlääkintöosaston tilasäiliöille asettamat vaatimukset poikkeavat monin paikoin em. kansainvälisistä normeista.

Oleellista kansallisissa normeissa on:

- neljän lypsyn tilasäiliöt,
- ympäristön lämpötila +25 °C,
- jäähdytysaika +4 °C lämpötilaan neljännen lypsyn päättymisestä on korkeintaan 30 minuuttia,

- jäädytysaika mitataan jatkuva täyttö -menetelmällä, jossa +32 C-asteinen testivesi kaadetaan tasaisesti 90 minuutin aikana tilasäiliöön, jossa jo olevan veden alkulämpötila on neljännessä lypsyssä +2 °C ja toisessa lypsyssä +4 °C,
- seosmaidon lämpötila toisessa lypsyssä saa nousta korkeintaan +10 C-asteeseen,
- lämpötilan nousu eristyskokeessa +25 °C:n ympäristössä on korkeintaan 2 °C/12 h ja
- jäänmuodostuskokeessa ei saa muodostua jäätä, kun 10 % nimellistilavuudesta +6 C-asteista vettä jäädytetään katkaisulämpötilaan eikä kytkentälämpötila tämän jälkeen saa olla yli +4 °C, kun vettä keinotekoisesti lämmitetään 0,3 °C/min.

Kansallisten ja kansainvälisten normien merkittävin ero on tilasäiliön täyttötavassa jäädytysaikaa mitattaessa. Kansallinen jatkuva täyttö -menetelmä jäljittelee todellista käyttötilannetta, jossa valmiiksi kylmään tilasäiliömaitoon vähitellen lypsetään lämmintä maitoa. Käytännössä hän koko neljän lypsän ajan tilasäiliömaidon lämpötila on selvästi alempi kuin kertakaatomenetelmän lähtölämpötila 11,8 °C. Kertakaatomenetelmässä mitataan tilasäiliön teknistä suorituskykyä lämpötilaolosuhteissa, joihin kunnossa oleva laite ei käytännössä joudu.

Kansallinen jäänmuodostuskoe, joka tehdään sekä +5 että +25 °C:n ympäristössä, asettaa lisälämmityksen (0,3 °C/min) vuoksi huomattavasti kovemmat vaatimukset tilasäiliön lämpötilansäätöjärjestelmälle kuin ilman lämmitystä tehtävät kokeet. Nykyään, kun kansallisen testin mukaan todettu jäätymättömyys ei enää ole ehdoton vaatimus, kannattaa mieluummin sallia hiukan liian korkea kytkentälämpötila kuin jäänmuodostus katkaisulämpötilassa.

MTT/VAKOLA on säilyttänyt valmiutensa testata tilasäiliöitä em. kansallisten vaatimusten mukaisin menetelmin. Mittaustulokset mahdollistavat tilasäiliöiden vertailun olemassa olevaan tilasäiliökantaan ja siihen vaatimustasoon, joka maassamme oli käytössä ennen EU-jäsenyyttä. MTT/VAKOLAn testiraportteja ja koetuselostuksia lukiessa kannattaa muistaa, että testitulokset pätevät vain sellaisiin tilasäiliöihin, jotka ovat samanlaisia kuin testissä olleet laitteet. Eli ainakin merkki, malli, tilavuus, kompressori ja kylmäaine ovat samoja.

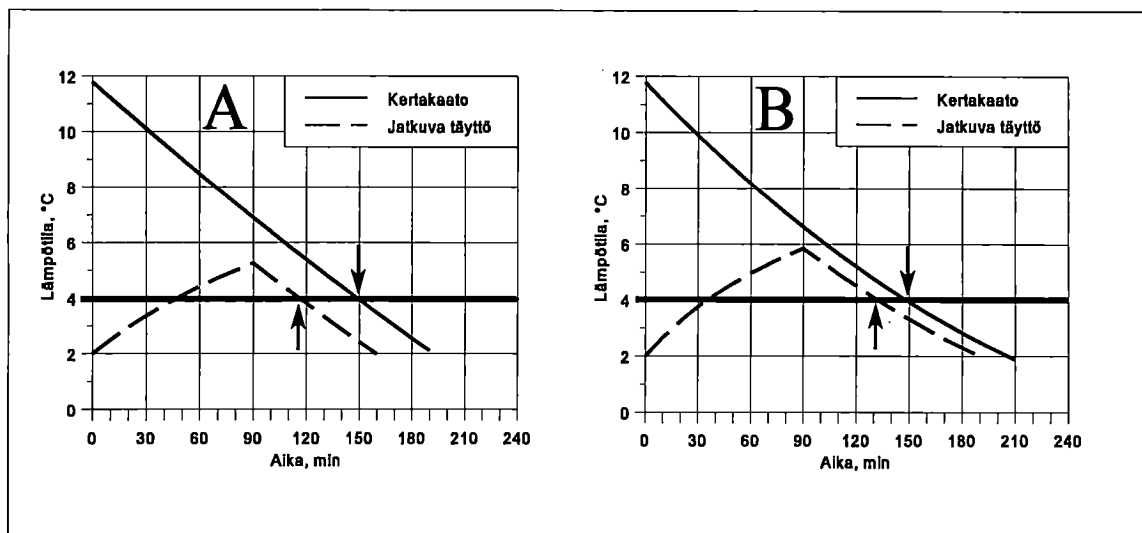
3.7.4 Tilasäiliönormien vertailu

Riippumatta siitä, minkä normin mukainen tilasäiliö on ja miten sen ominaisuudet on mitattu, uusien tilasäiliöiden tulee kaikkien muiden koneiden tapaan täyttää EU:n konedirektiivin olennaiset turvallisuus- ja terveysvaatimukset. Vakuudeksi tästä valmistaja (tai markkinoille saattaja) antaa ostajalle vaatimustenmukaisuusvakuutuksen ja kiinnittää tilasäiliöön CE-merkinnän.

Koska sekä ISO 5708 että tuleva EN-standardi perustavat jäädytysajan mittauksen kertakaatotestiin, +35 C-asteiseen testiveteen ja +4 °C lämpötilaan tilasäiliössä ennen kaatoa, vertailu kansalliseen jatkuva täyttö -menetelmään on vaikeaa. Syy vertailun vaikeuteen on siinä, että kertakaatotesti määrittelee tilasäiliön jäädytyskäyrältä vain alku- ja loppupisteen. Pisteet voidaan aina yhdistää suoralla, mutta todellisuudessa tilasäiliön jäädytysteho pienenee sisällön lämpötilan laskiessa. Todellinen jäädytyskäyrä on siten tilasäiliön konstruktiosta riippuen enemmän tai vähemmän kaareva.

Kuvan 6 esimerkksäiliöt jäähdyttävät eri tavalla, vaikka saavat kertakaatotestissä saman tuloksen. A-säiliön jäähdysteho pysyy lähes vakiona koko jäähdystyksen ajan. Sen sijaan B-säiliö jäähdystää alussa huomattavasti tehokkaammin kuin lopussa 4 C-asteen läheisyydessä. Tästä seuraa, että käytännön olosuhteissa B-säiliö on A:ta hitaampi, kuten jatkuva täyttö -käyristä havaitaan. Kertakaatotestiin perustuvasta jäähdystysajasta +4 C-asteen lämpötilaan ei voi päätellä, muistuttaako säiliö enemmän A- vai B-tyyppiä. Molempien esimerkksäiliöiden jäähdystysaika kertakaatotestissä on 149 min ja luokitusmerkintä siten I (esim. 4CI). Kuitenkin B-säiliön jäähdystysaika jatkuva täyttö -menetelmällä mitattuna on 41 min eli paljon pitempi kuin A-säiliön 25 min. Vain A olisi aikanaan läpäissyt kansallisen tyyppitarkastuksen. Normien vertailu vaikeutuu entisestään, jos tiedossa on vain säiliön jäähdystysaikaluokka eli jäähdystysaika puolen tunnin tarkkuudella.

Useimmat tilasäiliöt ovat lähempänä esimerkin säiliötä A kuin säiliötä B. Siten luokkien 4CI ja 4BI mukaisten tilasäiliöiden voidaan yleensä arvioida täyttävän vanhan kansallisen suorituskykyvaatimuksen. Koska joukossa on myös poikkeuksia, varmuuden asiasta antaa vain mittaus.



Kuva 6. Käytännössä eri tavoin toimivien suorajäähdysteisten tilasäiliöiden neljännes lypsyn jäähdystyksen vertailu. Kertakaatotestin lähtötilanne on standardin ISO 5708 mukainen, molempien säiliöiden jäähdystysaika on 149 min (2 h 29 min) ja luokitus siten 4CI. Selvä ero jäähdystysominaisuuksissa käy ilmi kertakaatotestien perusteella lasketuista jatkuva täyttö -kuvaajista.

4 TILASÄILIÖN MITOITTAMINEN

Jotta tilasäiliö toimisi tarkoitetulla tavalla, sen koon tulee olla oikeassa suhteessa jäähdystettävään maitomäärään. Helppointa mitoitus on tilanteessa, jossa tuotoksen kausivaihtelu on mahdollisimman vähäistä eikä tuotantoa ole tarkoitus laajentaa tai supistaa.

Tilasäiliön mitoittamiseen vaikuttavat ainakin seuraavat tekijät:

1. Maitomäärä nyt ja tulevaisuudessa. Tilasäiliö kannattaa mitoittaa siten, että karjan tuotoksen ollessa suurimmillaan, säiliöön mahtuisi vielä viides lypsykerta. Toisaalta ensimmäisen lypsykerran maitomäärä ei pienenkään tuotoksen aikana saisi jäädä alle 10 %:n säiliön nimellistilavuudesta.
2. Lehmien keskituotos ja tuotoksen poikkeama keskimääräisestä. Karjantarkkailutiloilla keskituotos on noin 7 000 kg/vuodessa. Pientä tuotosta on helpompi kasvattaa kuin suurta.
3. Tuotoksen kausivaihtelun suuruus.
4. Tilasäiliön toimintaperiaate. Jääpankkitilasäiliö sallii suorajäähdytteistä tilasäiliötä suuremman tuotoksen kausivaihtelun, koska pienen maitomäärän jäätyminen ei ole todennäköistä. Jääpankkitilasäiliö on samasta syystä mahdollista ylimitoittaa odottamaan tulevaa tuotannon tai tuotoksen kasvua.

Yleensä ei ole eduksi ylimitoittaa tilasäiliötä johtuen suuremmista hankintakustannuksista, suuremmasta energiankulutuksesta, pestävän pinnan lisääntymisestä ja ensimmäisen lypsykerran liian pienestä maitomäärästä varsinkin tiloilla, joilla on suuri kausivaihtelu.

5 TILASÄILIÖ, MAITOHUONE JA LYPSYKONE

Maitohuoneoppaassa (Maitohygienialiitto, 1996) on kerrottu tilasäiliön vaatimasta tilasta ja muista säiliön sijoittamiseen vaikuttavista tekijöistä. Maitohuonetta suunniteltaessa on huomioitava tilasäiliön koko, muoto ja lauhduttimen sijainti, ovien ja ilmanvaihtoaukkojen sijainnit, lypsykoneen päätelaitteen sijainti ja tilantarve sekä käyttäjän tarvitsema tila lypsykoneen ja tilasäiliön ympärillä. Seinän ja tilasäiliön väliin on hyvä jättää noin puolen metrin väli säiliön ulkopesua varten. Tilasäiliön tyhjennysyhteen eteen on jätettävä tilaa ainakin metrin verran. Maitohuoneen riittävä sisäkorkeus on myös muistettava, sillä suurten tilasäiliöiden kannen tai miesluukun avaaminen vaatii tilaa korkeussuunnassa.

Suuri umpitilasäiliö voidaan sijoittaa myös seinän läpi siten, että täyttö- ja tyhjennysyhteet sekä ohjauslaitteet ovat maitohuoneen puolella säiliön peräpään ja koneikon ollessa seinän takana toisessa huonetilassa. Läpivienti seinästä on toteutettava tiiviisti. Asennustavasta ei vielä liene suomalaisia kokemuksia. Joka tapauksessa lauhdutinta ei sovi asentaa liian kylmään tilaan, koska tilasäiliöt on yleensä suunniteltu ja rakennettu toimimaan ympäristönlämpötiloissa +5 C-asteesta ylöspäin.

5.1 Tilasäiliön tuominen maitohuoneeseen

Itse maitohuone, oviaukon koko sekä reitti ulkoa maitohuoneeseen on suunniteltava siten, ettei nykyistä tarvetta suuremman tilasäiliön tuominen ja sijoittaminen aiheuta ongelmia. Vaikeasti purettavat rakenteet eivät ole suositeltavia, koska eteen voi tulla tilanne, jolloin

tilasäiliö on saatava nopeasti ulos ja uusi tilalle. Avomallisen tilasäiliön kansi sekoittimiseen ja jalat ovat yleensä irrotettavissa, jolloin tarvittava oviaukon leveys on tilasäiliön korkeus ilman kantta ja jalkoja (edellyttäen, että tilasäiliön saa kääntää kyljelleen). Tilasäiliön käyttöohjeissa voi olla maininta siitä, kuinka kauan pitää odottaa, ennen kuin kyljellään olleen säiliön saa käynnistää. Umpisäiliön kapein mitta on yleensä säiliön leveys. Ennen tilasäiliön valintaa on syytä varmistaa myyjältä säiliön kuljetusreitille asettamat vähimmäisvaatimukset.

5.2 Tilasäiliön lämmöntuotto

Tilasäiliön toiminnan kannalta on tärkeää, että maidosta peräisin oleva lämpöenergia saadaan siirrettyä pois säiliön läheisyydestä. Yleensä lämpö tuuletetaan ilmajäähdytteisellä lauhduttimella maitohuoneen ilmaan ja siitä edelleen ulos tai navetan muihin osiin.

Maidonjäähdytyksessä käsitellään merkittäviä energiamääriä. Jos maitoa jäähdytetään 30 C-astetta, tilasäiliöstä vapautuu taulukossa 2 esitetyjä energiamääriä. Taulukko on suuntaa-antava ja se on laadittu 800, 1600 ja 2400 l:n suorajäähdytteisille (SJ) sekä jääpankkitilasäiliöille (JP).

Taulukko 2. Esimerkkejä maidonjäähdytyksen lämmöntuotosta.

Tilavuus l	Tyyppi	Yhden lypsyn maitomäärä l	Jäähdytysaika / koneikon käyntiaika h	Jäähdytysteho kW	Koneikon otta- ma sähköteho kW	Keskimääräinen lämpöteho käyntiaikana kW	Vapautuva energiamäärä käyntiaikana kWh
800	SJ	200	2,5/2,5	2,8	1,3	4,1	10
1600	SJ	400	2,5/2,5	5,6	2,6	8,2	21
2400	SJ	600	2,5/2,5	8,4	3,9	12,3	31
800	JP	200	2,5/8	2,8	0,5	1,4	11
1600	JP	400	2,5/8	5,6	1,0	2,8	22
2400	JP	600	2,5/8	8,4	1,5	4,1	33

400 maitolitrin jäähdytys 30 C-asteella vapauttaa noin 14 kWh energiaa. Lisäksi suorajäähdytteisessä tilasäiliössä itse jäähdytystyöhön kuluu noin 6,5 kWh, joten lämpöä vapautuu yhteensä lähes 21 kWh. Jos jäähdytys kestää 2,5 tuntia, vastaa säiliö yli 8 kW:n lämmitintä. Samankokoisen jääpankkitilasäiliön käynnin aikainen lämmöntuotto on huomattavasti edellistä pienempi, vaikkei laitteen hyötysuhde olekaan aivan yhtä hyvä. Jos jääpankki jäädytetään entiselleen 8 tunnissa, jää säiliön keskimääräinen lämmöntuotto alle 3 kW:n.

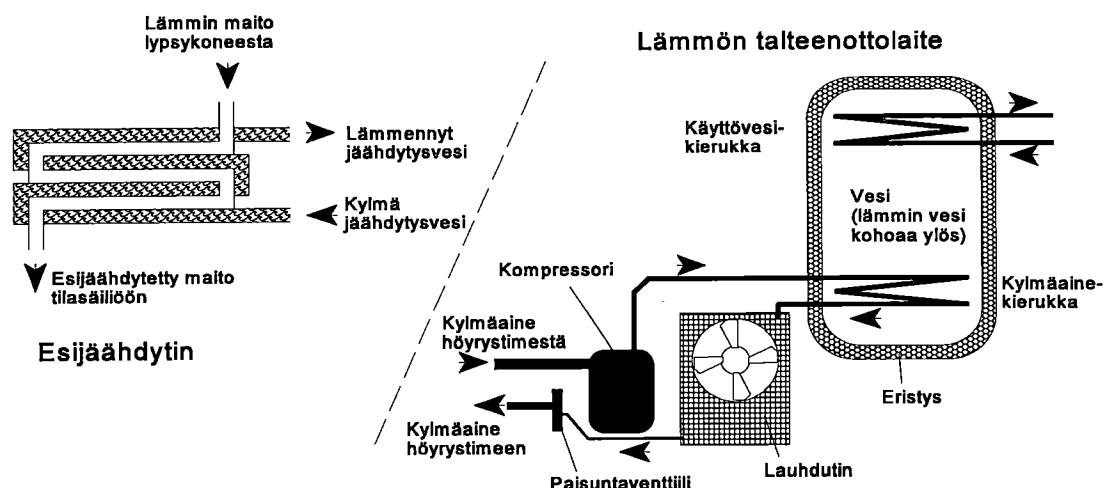
Suorajäähdytteisen tilasäiliön hetkellinen lämmöntuotto riippuu jäähdytys- ja käyntiajasta. Jos jäähdytystehoa kasvatetaan koneikkoa suurentamalla ja jäähdytysaika lyhenee tällöin 2,5 tunnista 2 tuntiin, kasvaa lämpöteho käyntiaikana noin 20 %. Jääpankkitilasäiliön jäähdytysteho riippuu lähinnä siitä, miten hyvin jäävesi huuhtelee maitosäiliön ulkopintaa, joten jäähdytystehon nosto ei välttämättä lisää lämpökuormaa ympäristöön.

Talvella, jolloin maitohuoneen liika lämpeneminen ei ole ongelma, on varottava, ettei lauhduttimelle tuleva ilma ole liian kylmää. Tilasäiliöt suunnitellaan yleensä alimmillaan +5 C-asteen ympäristön lämpötiloille. Tätä alemmissa lämpötiloissa voi esiintyä mm. jäätymis- ja lämpötilansäätöongelmia. Jos lauhdutin halutaan asentaa ulos, myyjältä pitää ensin varmistaa, onko asennus mahdollinen ja vastaako myyjä edelleen siitä, että tilasäiliö toimii halutulla tavalla.

5.3 Maidon lämmön talteenotto

Tilasäiliöiden koon kasvaessa tulee vastaan tilanne, jolloin maidon sisältämää lämpöenergiaa kannattaa ottaa talteen. Talteenoton kannattavuusraja riippuu suuresti siitä, korvataanko talteenotolla sähköllä, öljyllä vaiko kotoisella polttoaineella tuotettua lämpöä ja onko talteen saatavalle energialle järkevää käyttöä. Lämmön talteenotto voidaan järjestää periaatteessa kahdella tavalla eli joko esijäähdyttämällä tilasäiliöön tulevaa maitoa tai ottamalla lämpöä talteen kylmäaineesta. Parhaiten talteenotto sopii tilanteeseen, jossa voidaan lämmittää suurehkoa vesimäärää vain muutamilla asteilla. Lämmön talteenottoa kylmäaineesta ei juuri kannata harkita alle 1 500 litran säiliöistä, koska saatu hyöty hukkuu helposti laitekustannuksiin.

Tyypillinen maidon esijäähdytin on levy- tai putkilämmönvaihdin, jonka läpi maito johdetaan tilasäiliöön. Jäähdytysaineena käytetään kylmää vesijohtovettä. Esijäähdytys tuottaa paljon vettä, jonka lämpötila on noussut vain muutamalla asteella. Jotta järjestelmä toimisi hyvin, on sekä veden että maidon virrattava mahdollisimman yhtäjaksoisesti lämmönvaihtimen läpi. Lämmennyt vesi on joko käytettävä, varastoitava tai päästettävä viemäriin, jos esijäähdytyksen tarkoituksena on vain maidon jäähdytyksen nopeuttaminen ja tilasäiliön kuormituksen pienentäminen. Jos lypsykoneen maitopumppu on ylimitoitettu, ja käy siksi vain pienen osan lypsyajasta, ei nopeasti virtaava maito ehdi jäähtyä lämmönvaihtimessa. Esijäähdytys vesijohtovedellä ei kuormita tilasäiliötä vaan vähentää tilasäiliön jäähdytystyötä ja sähkönkulu-



Kuva 7. Periaatekuvat maidon esijäähdyttimestä ja lämmön talteenottolaitteesta

tusta. Sen sijaan järjestely, jossa esijäähdyttimessä kierrätetään jääpankkitylasäiliön jäävettä ei luonnollisesti vähennä tilasäiliön kuormitusta, vaikka voikin nopeuttaa maidon jäähtymistä. Tehokkaalla esijäähdyttimellä voidaan tehostaa maidonjäähdytystä myös silloin, kun neljän lypsyn tilasäiliötä väärinkäytetään kahden tai kolmen lypsykerran säiliönä. Esijäähdytin voidaan asentaa paikalleen tilasäiliön kylmätekniikkaan koskematta. On huomattava, että maidon kanssa kosketuksiin tuleva esijäähdytin on oltava helposti puhtaana pidettävä ja se on pestävä jokaisen lypsyn jälkeen.

Lämmön talteenotto kylmäaineesta tarkoittaa ennen tilasäiliön omaa ilmajäähdytteistä lauhdutinta tai sen tilalle asennettua vesilauhdutinta. Koska kylmäaine lauhduttimessa on selvästi lypsettävää maitoa lämpimämpää, tuottaa järjestelmä esijäähdytystä lämpimämpää vettä. Lämpötila ei silti ole riittävä käytettäväksi navetan yksinomaisena pesuvenenä, ei varsinkaan pesuautomaateissa, joissa ei ole vedenlämmittintä. Käytännössä talteenottolaitteella voidaan tuottaa noin +50 C-asteista vettä. Lämpötilan korottaminen liikaa kuormittaa tilasäiliötä ja heikentää sen jäähdytysominaisuuksia. Myös talteenottolaitteen tuottama lämmin vesi on joko käytettävä heti tai varastoitava esim. talteenottolaitteen omaan varajaan. Ilmajäähdytteisen lauhduttimen korvaaminen kokonaan vesilauhduksella on harkinnan arvoinen vaihtoehto varsinkin suurin tilasäiliöihin. Tällöin on varmistuttava, että lauhdutukseen on aina käytettävissä kylmää vettä.

Lämmön talteenotosta seuraa, että tilasäiliön maitohuonetta lämmittävä vaikutus vähenee tai jää kokonaan pois. Tarvittaessa maitohuone on varustettava erillisellä lämmityslaitteella. Tilanne on sama, jos tilasäiliön lauhdutin sijoitetaan maitohuoneen ulkopuolelle. On myös syytä miettiä valmiiksi, miten maitohuoneen tuuletus voidaan järjestää, jos talteenottolaitteeseen tulee toimintahäiriö.

5.4 Lypsykoneen ja tilasäiliön yhdistäminen

Lypsykoneen ja tilasäiliön yhtymäkohta on hankala paikka sekä laitevalmistajille että normien ja standardien laatijoille. Samaa mieltä ollaan toki siitä, että maito on saatava hellävaraisesti tilasäiliöön. Ajatuksen tekninen toteutus kuitenkin mielellään jätetään toisen osapuolen huoleksi.

Maito voidaan johtaa lypsykoneesta tilasäiliöön monella eri tavalla. Sankokoneesta maito kaadetaan siivilän läpi säiliöön. Putkilypsykoneessa käytetään yleensä maitopumppua tai vielä joskus pneumaattista päästintä. Alipainetilasäiliössä vallitsee sama alipaine kuin lypsykoneessa, joten maito virtaa maidonkokoajasta tilasäiliöön painovoiman avulla. Alipainetilasäiliön erikoissovelluksessa, suoratäyttöjärjestelmässä, maitoputkisto jatkuu suoraan tilasäiliöön ilman välissä olevaa maidonkokoajaa. Tällöin lypsyyn ja maidonkuljetukseen käytetty ilma kulkee tilasäiliön kautta. Muut kuin maitopumppu edellyttävät, että tilasäiliö on riittävän alhaalla lypsykoneen päätelaitteeseen nähden.

Epäpuhtauksien pääsy tilasäiliöön estetään suodattimella, jonka suoratäyttöjärjestelmässä pitää olla melko harva ja laaja, jottei lypsyalipaine häiriinny. Sen sijaan maitopumpun

painepuolella voidaan käyttää tiheää suodatinta. Maito tulisi johtaa liikaa muokkaamatta ja säiliön sisäpintoihin roiskimatta lähelle tilasäiliön pohjaa. Säiliöiden kasvaessa täyttöaukon ja pohjan pystysuorasta etäisyydestä on tullut ongelma. Maidon kannalta paras ratkaisu on lähelle säiliön pohjaa ulottuva jäykkä putki. Putki on kuitenkin pestävä sekä sisältä että ulkoa joka lypsykerran jälkeen. Korkeaan säiliöön tarvitaan pitkä putki, jonka pesu on hankalaa ja jonka pujottaminen paikalleen vaatii kiipeilyä ja korkeaa maitohuonetta. Jos putken sijasta käytetään letkua, on varmistuttava, ettei heiluva letkunpää roiski maitoa eikä letku tartu sekoittimeen. Lyhyellä putkikäyrällä maito voidaan ohjata valumaan pitkin tilasäiliön sisäpintaa. Tällöin kuitenkin seinään jää maitoinen kohta, joka puhdistuu vasta tilasäiliön pesun yhteydessä. Myös tilasäiliön tyhjennysyhdetä voidaan käyttää täyttöyhteenä. Järjestely ei ole vielä kovin tunnettu, mutta varsinkin suuren tilasäiliön täyttöön vaihtoehtoa kannattaa harkita. Tyhjennysyhteen ulkopää on luonnollisesti pestävä joka lypsykerran jälkeen.

6 TILASÄILIÖN PESU

6.1 Pesun tavoitteet

Tilasäiliön pesulla on kolme tavoitetta. Riittävä puhtaus on saavutettu vasta, kun kaikki tavoitteet ovat toteutuneet. Tavoitteista ainoastaan fysikaalinen puhtaus on edes osittain mahdollista todeta silmämääräisesti, muu puhtaus voidaan osoittaa vain laboratorioanalysein.

<i>Fysikaalinen puhtaus</i>	Pinnat ovat puhtaita valkuais- ja rasvaliasta ja erilaisista kivetymistä. Fysikaalinen puhtaus riippuu käytettävästä pesumenetelmästä, pesuaineesta ja pesuveden lämpötilasta.
<i>Mikrobiologinen puhtaus</i>	Pinnat ovat puhtaita mikrobeista. Mikrobiologinen puhtaus riippuu pesu- ja desinfiointiaineista sekä pesu- ja desinfiointilämpötiloista.
<i>Kemiallinen puhtaus</i>	Pinnat ovat puhtaita kemiallisista jäämistä. Kemiallinen puhtaus riippuu huuhtelusta sekä pesu- ja desinfiointiaineiden annostelusta.

6.2 Tilasäiliön lika

Tilasäiliön pintoihin tarttuva maitojäte sisältää liukoisuudeltaan ja poistettavuudeltaan erilaisia aineita. Maitojäämillä on tyypillistä, että ne tarttuvat tiukasti kiinni pintoihin, jos tilasäiliötä ei puhdisteta nopeasti käytön jälkeen. Lian kaikkien ainesosien tehokas poistaminen edellyttää oikeaa pesurutiinia sekä tarkoitukseen ja olosuhteisiin sopivien pesuaineiden käyttöä.

LIKA	LIUKOISUUS	POISTAMINEN
sokeri	veteen	helppo
rasva	emäkseen ei veteen	vaikea
valkuainen	veteen emäkseen vähän happoon	vaikea
mineraalit	yleensä happoon vaihtelevasti veteen	vaihtelee

6.3 Pesutapahtuman tekijät

Pesun lopputulos riippuu pesutekijöistä. Eri pesutekijöitä voi tiettyyn rajaan saakka kompensoida toisillaan. Siten on esim. mahdollista tehokkaalla harjauksella irrottaa likaa, joka koneellisessa pesussa vaatisi käsinpesua huomattavasti korkeamman lämpötilan.

Vesi Vesi vaikuttaa sekä kemiallisesti että mikrobiologisesti. Jos vesi on kovaa tai rautapitoista, on pesuaineen annostusta lisättävä ja valittava ko. vedelle sopiva pesuaine. Liian pehmeä vesi aiheuttaa pintojen korroosiota. Pesuveden on täytettävä talousvedelle asetetut laatuvaatimukset.

Mekaaninen vaikutus Pesun mekaanisella vaikutuksella tarkoitetaan kiertopesussa pesuliuoksen virtausta ja pintoihin kohdistamaa painetta. Käsinpesussa mekaaninen vaikutus aikaansaadaan harjaamalla.

Pesuaine Pesuaineen tehtävänä on toimia liankantajana, joka irrottaa likapartikkeleita, kiinnittää nämä itseensä ja estää niiden tarttumisen takaisin pestäviin pintoihin. Pesuaineen valinta riippuu erityisesti pesuveden ominaisuuksista.

Liian pieni pesuaineannostus ⇒ Pesuaineosasia ei riitä kaiken lian kannattamiseen, huono pesutulos.

Liian suuri pesuaineannostus ⇒ Tarvitaan paljon huuhteluvettä, pestävät pinnat kuluvat, pesu rasittaa ympäristöä.

Lämpötila Pesuveden lämpötila vaikuttaa pesussa tapahtuviin kemiallisiin reaktioihin. Lämpötilan nosto alueella +45...80 °C lisää pesutehoa 1,5...2 kertaa jokaista 10 C-astetta kohti. Rasvalikaa on vaikea poistaa alle +45 C-asteisella vedellä, koska osa maitorasvasta on silloin kiteytyneenä. Yli +80 C-asteen lämpötila ei enää paranna pesutehoa merkittävästi, mutta lisää energiankulutusta. Kuumalla pesuvedellä on myös mikrobeja tuhoava vaikutus.

Aika Jos pesuaika on liian lyhyt, pesuaineosat eivät ehdi toimia ja jos pesuaika on liian pitkä, pesuaineosat menettävät tehoaan eivätkä irrota ja kannata likaa. Pesuliuos voi myös jäähtyä liikaa.

6.4 Pesun vaiheet ja vaihtoehtoiset pesumenetelmät

Tilasäiliön pesussa on vähintään neljä vaihetta eli neljä erillistä vettä. Ennen pesua pitää varmistua siitä, että edellä kuvatut pesun lopputulokseen vaikuttavat tekijät (veden laatu, mekaaninen vaikutus, pesuaine, lämpötila ja aika) ovat kunnossa.

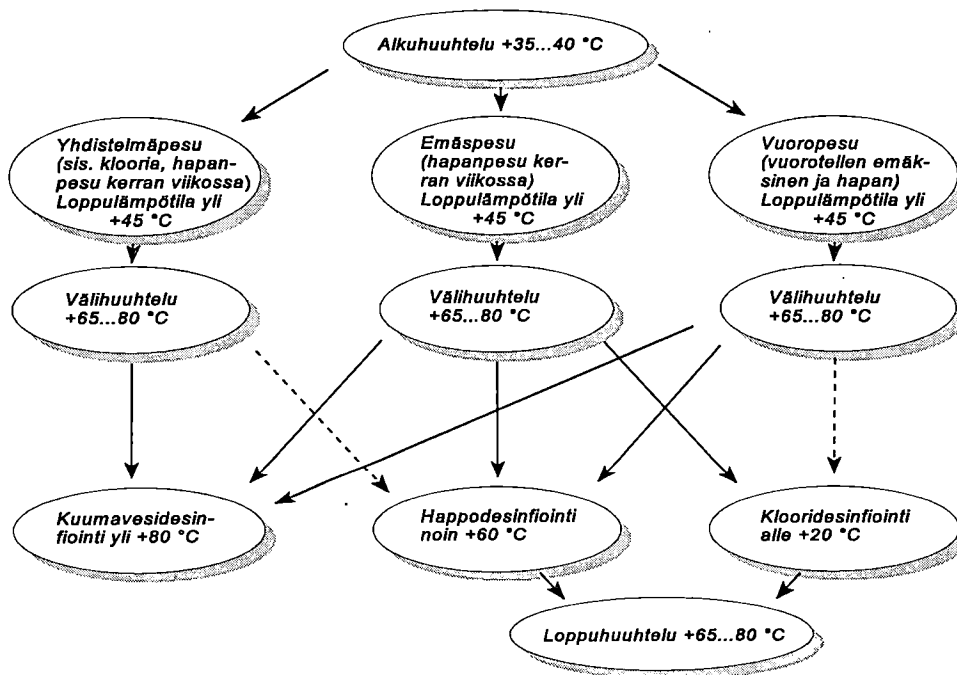
1. *Alkuhuuhtelu* Tilasäiliön pesu aloitetaan alkuhuuhtelulla, jolla säiliöstä poistetaan maitojäämät, jotta ne eivät alenna varsinaisen pesun tehoa sitomalla pesuainetta. Haalea, +35...40 °C, alkuhuuhteluvesi irrottaa rasvaa kohdallisesti eivätkä valkuaisaineet vielä saostu kiinni pintoihin. Alkuhuuhteluvettä ei kierrätetä, vaan tehdään ns. läpihuuhtelu. Joskus on eduksi tehdä kaksi alkuhuuhtelua, joista jälkimmäinen on lämmin.
2. *Pesu* Pesumenetelmä riippuu valitusta pesuaineesta. Menetelmästä riippumatta pesuveden lämpötila ei kierrätyksen lopussakaan saa laskea alle +45 C-asteen.
 1. Emäspesu, joka vaatii säännöllisen hapanpesun maitokiven ja saostumien poistamiseen. Hapanpesu suositellaan tehtäväksi kerran viikossa.
 2. Pesu klooripitoisella yhdistelmäpesuaineella. Lisäksi hapanpesu kerran viikossa.
 3. Vuoropesu joka toinen kerta emäksisellä ja joka toinen kerta happamalla pesuaineella.
3. *Välihuuhtelu* Pesun jälkeen tilasäiliö huuhdellaan huolellisesti pesuainejäämien poistamiseksi. On suositeltavaa käyttää mahdollisimman kuumaa vettä, sillä lämpö tuhoaa mikrobeja. Jos pesu on tehty hapanpesuaineella ja tilasäiliö on tarkoitus desinfioida kloorilla, on huuhtelun oltava erityisen perusteellinen, jotta happamat pesuainejäämät ja kloori eivät pääse reagoimaan keskenään.
4. *Desinfointi* Desinfointi voidaan tehdä joko kuumalla vedellä, kloorilla tai hapolla. Desinfointi pelkällä kuumalla vedellä tulee kysymykseen, jos tilan vesi on hyvälaatuista ja käytettävissä olevan veden lämpötila on +80...85 °C. Huonolaatuinen vesi tai kuuman veden puute edellyttää muita desinfointitapoja.

Klooridesinfiointi tehdään viileällä, alle +20 °C vedellä, jottei muodostu vaarallisia höyryjä ja pinnat eivät syöpyisi. Em. syistä klooridesinfointia ei suositella tehtäväksi happaman pesun jälkeen. Klooripitoisen yhdistelmäpesuaineenkaan jälkeen erillisdesinfointi kloorilla ei ole järkevää.

Happodesinfointi irrottaa maitokiveä ja sopii tiloille, joilla on kova vesi. Desinfointi tehdään lämpimällä, noin +60 C-asteisella vedellä.

5. Loppuhuuhdtelu Jos desinfointia ei suoriteta tai desinfointiin on käytetty klooria tai happoa, tarvitaan toinen huuhtelu pesu- ja desinfointiainejäämien poistamiseksi. Jäämät voi mitata pH-liuskalla. Jos huuhteluveden pH poikkeaa 0,5 yksikköä tai enemmän pesuun käytetyn puhtaan veden pH:sta, on tilasäiliön huuhteluita jatkettava.

Huuhtelun jälkeen tarkistetaan, ettei säiliöön jää yhtään vettä. Kannen tai miesluukun sekä tyhjennussyhteen annetaan olla auki, kunnes tilasäiliö on kuivunut ja tuulettunut.



Kuva 8. Vaihtoehtoisia tilasäiliön pesumenetelmiä

6.5 Pesulaitteet

Tilasäiliö voidaan pestä joko käsin tai koneellisesti. Käytännössä kaikki umpisäiliöt, ts. miesluukulla varustetut tilasäiliöt on tarkoitettu koneellisesti pestäviksi. Avosäiliöt sekä jääpankkisäiliöt pestään yleensä käsin. Jääpankkisäiliöiden pesussa veden lämpötila harvoin nousee yli +50 C-asteen, joten harjausta tarvitaan pesutuloksen varmistamiseen.

Koneellinen pesu voidaan tehdä joko pesupumpulla, tilasäiliön pesuautomaatilla tai tilasäiliön ja lypsykoneen yhdistelmäpesuautomaatilla. Pesulaitteen toimintaperiaatteesta riippumatta on tärkeää, että vesimäärä, veden lämpötila sekä pesu- ja desinfiointiaineiden annostus ovat kunnossa. Lisäksi pesuautomaattien ohjelman kulkua tulee tarkkailla ja puhdistaa vedenottonippon siivilät säännöllisesti. Tilasäiliön pesu pesulaitteella ei välttämättä poista käsinpesujen tarvetta. Pesu- ja huuhtelutulosta on tarkkailtava jatkuvasti ja myös itse pesulaite on pidettävä puhtaana.

Suorahöyrysteisten tilasäiliöiden pesu koneellisesti onnistuu yleensä ongelmitta, kunhan muistetaan tyhjennysyhteen ja miesluukun tai kannen reunojen säännöllinen käsinpesu sekä varmistetaan riittävän korkeasta pesulämpötilasta.

Jääpankkitilasäiliön pesu koneellisesti on yleensä vaikeaa. MTT/VAKOLAn koetusten perusteella perinteisen, noin 1 000 litran jääpankkitilasäiliön (jäävesi on jatkuvasti kiinni maitosäiliössä) pesu onnistuu vain vähintään 15 kW lämmitysvastuksella varustetulla pesuautomaatilla tai jos jäävesi poistetaan maitosäiliön pohjasta. Muussa tapauksessa pesuveden lämpötila laskee nopeasti liian alhaiseksi, jolloin osa likapartikkeleista kiinnittyy takaisin pestyihin pintoihin. Jääpankkitilasäiliön pesussa kuluu paljon energiaa, koska kuumakin pesuvesi jäähtyy nopeasti ja toisaalta osa jäävarastosta sulaa ja pitää ennen lypsyä jäädyttää ennalleen. Taloudellisin ja pesutuloksen kannalta suositeltava vaihtoehto onkin pestä jääpankkitilasäiliö käsin. Tällöin mekaanisella harjauksella kompensoidaan pesuveden jäähtymistä. Jääveden siirtäminen pois pesun ajaksi pienentää oleellisesti energiankulutusta ja parantaa pesutulosta. Joissain tapauksissa säiliö voi tällöin olla jopa suorajäähdytteisen veroinen peseytyvyydeltään.

6.5.1 Tilasäiliön pesupumppu

Pesupumppu on joko erillinen tai tilasäiliön yhteyteen asennettu pesuveden kierrätykseen tarkoitettu pumppu. Pesun ajaksi pumpun imuvoima liitetään tilasäiliön tyhjennysyhteyteen. Pumpun paineletku liitetään tilasäiliön kanteen tai yläosaan asennettuun pesusuuttimeen. Pesusuutin voi sijaita myös sekoittimen varressa. Markkinoilla on myös pesupumppuja, joiden

Esimerkki Tilasäiliön pesu pesupumpulla (pesu tulee aina suorittaa tilasäiliön ja pesupumpun käyttöohjeissa esitetyllä tavalla):

- esihuuhtelu vesiletkulla ja haalealla vedellä (läpihuhtelu, maitojäämät pois),
 - 2...4 minuutin huuhtelu pesupumpulla +35...40 °C vedellä,
 - tarvittaessa tilasäiliön esilämmitys kuumalla vedellä ennen pesua (varsinkin talvella ja heti tilasäiliön tyhjennyksen jälkeen pinnat ovat kylmiä ja jäähdyttävät pesuvedettä nopeasti),
 - pesuaineen annostelu ja pesu pesupumpulla vähintään +70 °C vedellä,
 - pesuveden poisto viimeistään, kun veden lämpötila on laskenut +45...50 C-asteeseen,
 - 3...4 minuutin huuhtelu kuumalla vedellä,
 - desinfiointi ja toinen huuhtelu ja
 - lopputuloksen tarkistaminen.
-

jäykän varren päässä oleva pesusuutin pujotetaan pesun ajaksi tyhjennysyhteen kautta tilasäiliöön. Tällöin on varottava käyttämästä liian suurta vesimäärää ja varmistettava laitteen oikea asento, jottei pesusuutin jää veden pinnan alle.

Koska pesupumpussa ei ole automatiikkaa tai veden lämmitysmahdollisuutta, se vaatii aina käyttäjän läsnäoloa ja toimenpiteitä. Käyttäjä annostelee pesu- ja desinfiointiaineet ja pesuprosessin vedet sekä huolehtii vesien oikeista lämpötiloista ja kierrätysajoista. Tilasäiliön sekoitin tulee käynnistää pesun ajaksi. Kuumaa vettä sekä pesu- ja desinfiointiaineita tulee käsitellä varoen.

6.5.2 Tilasäiliön pesuautomaatti

Pesupumpun tapaan myös tilasäiliön pesuautomaatti on joko erillinen tai tilasäiliön yhteyteen rakennettu. Laite käy läpi automaattisesti tietyn ennalta määrätyn pesuohjelman. Käyttäjän tehtäväksi jää pesu- ja desinfiointiainesäiliöiden täyttäminen ja pesuautomaatin tuloveden lämpötilasta ja paineesta huolehtiminen. Pesuautomaatti vaatii yleensä vähintään 1 kg/cm^2 paineista tulovettä. Pinnankorkeusanturi (pressostaatti tai sähkönjohtavuuteen perustuva) on vedenoton ohjauksessa kellolaitetta suositeltavampi, jos vesijohtopaine vaihtelee. Yleensä yhdysrakenteisessa tilasäiliön pesuautomaatissa ei ole lämmitysvastusta, joten tuloveden lämpötilavaatimus voi olla lähes $+90 \text{ }^\circ\text{C}$. Ennen laitehankintoja pesuautomaatin käyttövesivaatimukseen tulee tutustua huolellisesti ja selvittää, toteutuvatko ne suunnitellussa käyttöpaikassa jokaisella pesukerralla. Erillisessä pesuautomaatissa voi olla lämmitin kierrätettävän veden lämpötilan ylläpitämiseksi, joten tulovesi voi silloin olla edellistä viileämpää. Pesu- ja desinfiointiaineet annostellaan yleensä jokaista pesukertaa varten erikseen. Nestemäisille tuotteille on myös automaattisia annostelulaitteita.



Kuva 9. Yhdysrakenteisella pesuautomaatilla varustettu suuri umpisäiliö (kuva Erja Mattila).

Tyypillisesti tilasäiliön pesuautomaatin pesuohjelmassa on seuraavat vaiheet:

- esihuuhtelu haalealla vedellä,
- pesu kuumalla vedellä,
- huuhtelu lämpimällä tai kuumalla vedellä ja
- desinfiointi tai toinen huuhtelu.

Koska pesuautomaatti ei vaadi käyttäjän läsnäoloa, laitteen tulee ilmoittaa mahdollisista toimintahäiriöistä. Samasta syystä pesutulosta on tarkkailtava ja ainakin tyhjennysyhde ja kannen tai miesluukun reuna sekä mittatikun tausta on pestävä säännöllisin välein käsin. Myös pesuautomaatin tulovesisuodattimet on muistettava puhdistaa esim. kerran kuukaudessa.

6.5.3 Tilasäiliön ja lypsykoneen yhdistelmäpesuautomaatti

Yhdistelmäpesuautomaatti muistuttaa ominaisuuksiltaan, toiminnaltaan ja olosuhdevaatimuksiltaan tilasäiliön pesuautomaattia. Koska laitetta käytetään sekä lypsykoneen että tilasäiliön pesuun, se on yleensä varustettu vesialtaalla tai -säiliöllä, jossa on lämmitysvastus ja jossa pesuvettä lämmitetään ennen kierrätystä ja monesti myös kierrätyksen aikana. Yhdistelmäpesuautomaattia ei ole suunniteltu tietyn tilasäiliömallin pesuun, joten tilalla olevan laitteen soveltuvuus varsinkin suuren tilasäiliön pesuun on ensin selvitettävä. Tällöin huomiota on kiinnitettävä veden määrän ja lämpötilan säätömahdollisuuksiin, pesupumpun tuottoon sekä tilasäiliön ja pesuautomaatin korkeussuhteisiin. Esimerkiksi MTT/VAKOLAn koetuksissa yhdistelmäpesuautomaateilla on pesty noin 1 000 litran säiliöitä, joten tuloksia ei suoraan voi soveltaa selvästi suurempiin malleihin.

Yhdistelmäpesuautomaatti tulee sijoittaa siten, että imulinja tilasäiliön tyhjennysyhteeltä pesuautomaattiin on mahdollisimman lyhyt ja että pesuautomaatti, tilasäiliö ja imulinja valuvat tyhjiksi pesuohjelman vaiheiden välissä. Veden lämmitysvastuksen sijoittaminen siten, että vastuksen ”suojana” on aina vettä, ei ole suotavaa, koska tällöin huomattava määrä edellisen vaiheen liuosta siirtyy seuraavaan vaiheeseen. Pesuainesiirtymän poistaminen voi vaatia useita ylimääräisiä huuhteluita. Yhdistelmäpesuautomaatin vesimäärä tulisi olla säädettävissä erikseen sekä tilasäiliölle että lypsykoneelle.

Eräistä alunperin yhdysrakenteisella pesuautomaatilla varustetuista tilasäiliöistä on mahdollista jättää pesuautomaatti pois ja käyttää pesuun tilalla ennestään olevaa lypsykoneen ja tilasäiliön yhdistelmäpesuautomaattia. Vastuukysymysten kannalta suositeltavin vaihtoehto on tilasäiliön oman pesuautomaatin käyttö, koska huonosta pesutuloksesta vastaa laitteen myyjä, jos käyttäjä on noudattanut annettuja ohjeita. Koska yhdysrakenteisessa pesuautomaatissa ei yleensä ole vedenlämmittintä, se vaatii erittäin kuumaa tulovettä. Vedenlämmittimellä varustettua erillistä pesuautomaattia on mahdollista käyttää, vaikka tuloveden lämpötila olisi alhainen. Jos päädytään erillisen, tilalla olevan pesuautomaatin käyttöön, tulee tarkoin selvittää laitteen soveltuvuus käyttötarkoitukseensa. Erityistä huomiota on kiinnitettävä kiertovesipumpun tuottoon verrattuna pesusuuttimien paine- ja virtausvaatimuksiin sekä vesimäärän säätömahdollisuuksiin.

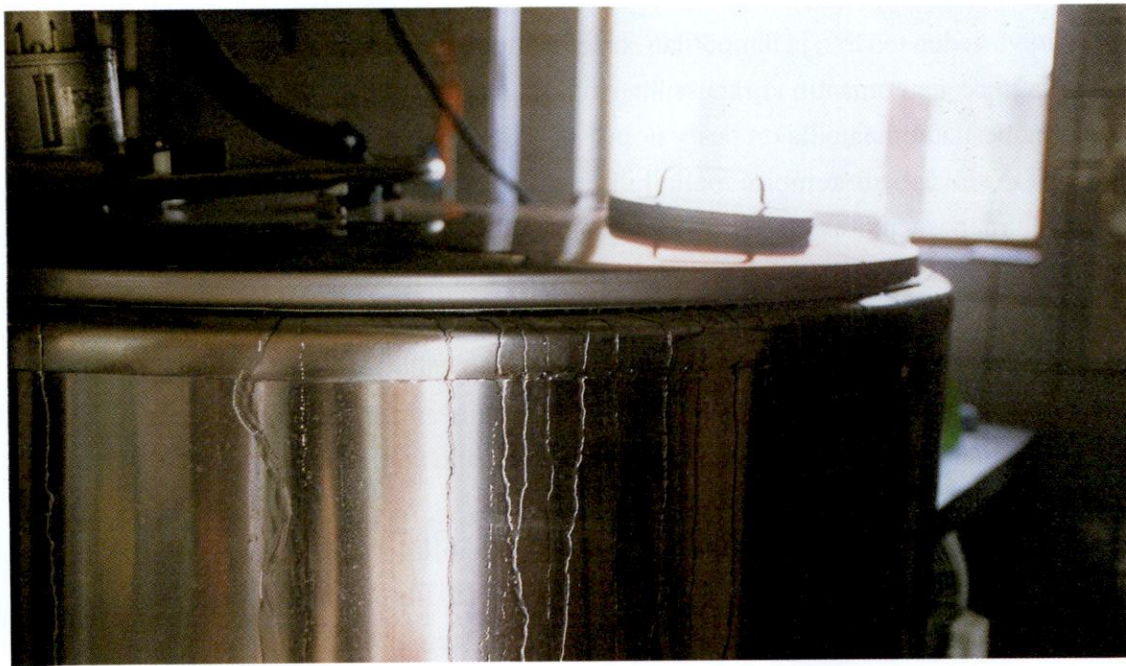
6.6 Pesuveden määrä

Koneellisessa tilasäiliön pesussa tarvitaan vettä niin paljon, ettei pesulaitteen pumppu ime ilmaa kierrätyksen aikana. Turhan suuri vesimäärä merkitsee veden, energian ja pesuaineen tuhlausta. Ohjearvoja tarvittavaksi vesimääräksi/pesuohjelman vaihetta kohti on esitetty taulukossa 3. Tarkat pesuvesimäärät tulee käydä ilmi tilasäiliön ja pesulaitteen käyttöohjeista. Vedenotto on aina säädettävä tapauskohtaisesti oikeaksi ja samalla on otettava huomioon vesijohtopaineen vaihteluiden mahdolliset vaikutukset vedenottoon sekä avosäiliön kannen raosta pois vuotava vesi.

Jos käytetään tilasäiliön ja lypsykoneen yhdistelmäpesuautomaattia, vesimäärä on voitava säätää oikeaksi molempien laitteiden pesuun.

Taulukko 3. Pesuveden määrä tilasäiliön koneellisessa pesussa (ohjeellinen)

Tilasäiliön tilavuus, l	600...900	900...1800	1800...3000	3000...4000
Pesuveden määrä, l	20...30	30...40	40...50	50...60



Kuva 10. Avosäiliön kannen raosta vuotava vesi varmistaa raon peseytymisen. Liian suuri vuoto kuitenkin haaskaa pesuvettä ja -ainetta.

6.7 Pesu- ja desinfiointiaineet

Suomessa saa maidonkäsittelylaitteiden pesuun ja desinfiointiin käyttää vain Eläinlääkintä- ja elintarvikelaitoksen (EELA) hyväksymiä pesu- ja desinfiointiaineita. Luettelo hyväksytyistä aineista on julkinen ja siitä saa EELAn lisäksi tietoja ainakin meijereistä. On syytä muistaa,

että markkinoilla on tilasäiliöitä ja niiden pesulaitteita, joiden käyttöohjeissa mainitaan kemikaaleja, joita ei saa käyttää Suomessa. Pesu- ja desinfiointiaineet tulee annostella valmistajan antamien ohjeiden mukaan. Ohjeet on luettava aina pakkausta avattaessa, etteivät mahdolliset muutokset koostumuksessa ja annostelussa jää huomaamatta. Pesutulosta on tarkkailtava ja pesuaine on tarvittaessa vaihdettava tilan olosuhteisiin paremmin sopivaksi. Pesu- ja desinfiointiainepakkaukset on säilytettävä hyvin suljettuna kuivassa ja viileässä paikassa ja poissa lasten ulottuvilta. Aineita tulee käsitellä vain suojäkäsineillä.

KIRJALLISUUTTA

CEN/TC 153/WG8 N 100 rev E. Food processing machinery - Bulk milk coolers on farms - Requirements for construction, performance suitability for use, safety and hygiene. 1996. European Committee for Standardization. Brussels. 48 s. (Standardiluonnos).

Elintarvikelainsäädäntö. 1997. Oy Edita Ab. Helsinki. (Mukana kesäkuun 1997 päivitys.) ISBN 951-37-0654-0.

ISO 5708-1983 Refrigerated bulk milk tanks. 1983. International Organization for Standardization. 19 s.

Koetusselostukset no 822, 823, 824, 825, 868, 947, 949, 950, 951, 1041, 1046, 1108, 1133, 1140, 1207, 1212, 1230, 1245, 1256, 1267, 1269, 1289, 1305, 1306, 1308, 1309, 1314, 1316 ja 1317. 1972-1992. Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos.

Koetusselostukset no 1320 ja 1325. 1993. Maatalouden tutkimuskeskuksen Maatalousteknologian tutkimuslaitos.

LINTILÄ, J. 1989. Tilasäiliöolosuhteiden vaikutuksesta tuottajamaidon laatuun. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, Maitotaloustieteen laitos. 73 s.

Maito huoneopas. 1996. Maitohygienialiitto r.y. Helsinki. 26 s.

Maitotilan pesuopas. 1994. Valio Oy, Alkutuotanto ja neuvonta. Helsinki. 36 s.

MANTERE-ALHONEN, S. (toim.) 1990. Maidon ja maitovalmisteiden mikrobit. VAPK-Kustannus, Ammattikasvatustieteiden tutkimuskeskus. Helsinki. 222 s. ISBN 951-37-0103-4.

Valtioneuvoston päätös koneiden turvallisuudesta. 1994. Suomen säädöskokoelma no 1314.

TILASÄILIÖN OSTAJAN MUISTILISTA

Tämän listan tarkoituksena on muistuttaa, mihin asioihin tilasäiliön ostajan tulisi kiinnittää huomiota hankintapäätöstä tehdessään. On syytä muistaa, että tilasäiliökauppa on kuin auton hankinta. Ostaja päättää saamansa informaation perusteella, minkä markkinoilla olevista malleista hän haluaa. Myyjä vastaa siitä, että laitteesta annetut tiedot pitävät paikkansa ja että ostajan asettamat vaatimukset täyttyvät.

- Standardin ISO 5708 (tai tulevan EN-standardin) mukainen suorituskykyluokka 4CI, 4C0, 4BI tai 4B0 tai vaihtoehtoisesti neljännen lypsyn jäähdytysaika korkeintaan 30 minuuttia vanhan kansallisen normin mukaan mitattuna.
- Tilasäiliön vertailu mahdollisiin testiraportteihin.
- CE-merkintä ja vaatimustenmukaisuusvakuutus.
- Käyttäjän kielinen käyttöohje, jossa myös pesuohjeet ja tiedot pesuveden laatu-, lämpötila-, määrä- ja painevaatimuksista.
- Kannen, täyttöaukkojen ja sekoitinakselin roiskevesitiiviys.
- Mitoitus viidelle lypsykerralle, kuitenkin niin, että ensimmäisen lypsykerran maitomäärä on aina vähintään 10 % nimellistilavuudesta (huomioitava tilan olosuhteet ja tulevaisuuden näkymät).
- Ilmoitettujen pesuveden lämpötila-, määrä- ja painevaatimusten vertailu tilan olosuhteisiin.
- Sijoituspaikan sopivuuden ja kuljetusreitit tarkistus.
- Kaupan ehtojen ja tilasäiliön ominaisuuksien sopiminen kirjallisesti myyjän kanssa.

VAKOLAn tutkimuseloituksia

47. Lannoitteenlevityksen tasaisuus. 1987.
48. Jauhituksen tilantarve ja pölyhaittojen vähentäminen. 1987.
49. Maatalouskoneiden tietokanta. 1988.
50. Lannanpoistolaitteiden toiminta ja kestävyys. 1988.
51. Pienten pihatoiden ilmanvaihdon erityisvaatimukset. 1988.
52. Tuotantorakennusten suunnittelu ja rakentaminen käytännössä. 1988.
53. Hellävarainen perunankorjuu. 1989.
54. Syyskylvöä korvaavien muokkausmenetelmien vaikutus kevätvehnän satoon 1975-1988. Pitkäaikaisen aurattoman viljelyn vaikutukset hiesusaven rakenteeseen ja viljavuuteen 1989.
55. Ei julkaisua.
56. Kosteiden pintojen kosteudentuotanto navetoissa. 1989.
57. Kylmäilmakuivurin mitoitus ja käyttö. 1990.
58. Leikkuupuimurin kulkukyky vaikeissa olosuhteissa. 1990.
59. Lietelantajärjestelmien toimivuus. 1990.
60. Heinän varastokuivaus. 1991.
61. Viljankuivauksen pölyhaitat. 1992.
62. Säilörehun siirto ja käsittely talvella. 1991.
63. Naudanlihan tuotantomenetelmät ja -rakennukset. 1992.
64. Kiedotun pyöröpaalisäilörehun valmistustekniikka ja laatu. 1993.
65. Hellävarainen perunan kaupakunnostus. 1993.
66. Naudanlihan tuotantomenetelmät ja -rakennukset II. 1993.
67. Betonit ja muovit navetan lattiamateriaaleina. 1993.
68. Lannankäsittelyn taloudellisuuden ja lannan ravinteiden hyväksikäytön parantaminen. 1994.
69. The effect of ground profile and plough gauge wheel on ploughing work with a mounted plough. 1994.
70. Järeän sahatavaran mekaaniset ominaisuudet. 1995.
71. Varattu
72. Lannan levitys kasvustoon. 1996. Osa 1. Lietelannan sijoituslaitteen rakenteelliset vaatimukset suomalaisissa olosuhteissa.
73. Lannan levitys kasvustoon. 1996. Osa 2. Lietelannan levitysmahdollisuudet kasvavaan viljanoraaseen.
74. Kylmäkasvattamoiden kuivikepohjien toimivat vaihtoehdot. 1996.
75. Konetöiden turvallisuuden ja tehokkuuden parantaminen. 1996.
76. Laboratorioiden työn ja työympäristön kehittäminen. 1996.

VAKOLAn rakennusratkaisuja

- 1/1994 Kylmä osakuivikepohjainen emolehmäkasvattamo.
- 2/1995 Rehtijärven keinokosteikko.
- 3/1995 Puurakenteiset ruokinta-aidat ja parrenerottimet.
- 4/1996 Perustamistapojen hintavertailu.
- 5/1997 Havaintoja kylmäpihattojen lannankäsittelystä.
- 6/1997 Kalustohallista toimiva sikala

VAKOLAn tiedotteita

- 49/91 Betonit ja muovit navetan lattiamateriaaleina
- 50/91 Pölyn ja roskien talteenotto lämminilmakuivaamossa
- 51/92 Viherkesannon perustaminen ja hoito
- 52/92 Kaasut ja pöly eläinsuojien ilmanvaihdossa
- 53/93 Lannoitteenlevittimien levitystasaisuus
- 54/93 Maaseudun koerakentamisen ohjelmointi
- 55/93 Pyöröpaalisäilörehun korjuu, varastointi ja laatu
- 56/93 Maaseuturakentamisen ideakilpailu
- 57/93 Syyskylvöjen varmentaminen
- 58/93 Maatilan ja maatilamatkailun jätehuolto
- 59/93 Maatilamyymälätoiminta vanhassa maatilan asuinrakennuksessa
- 60/93 Tyhjien maatilarakennusten uusi käyttö
- 61/94 Lietelannan varastointi ja levitys
- 62/94 Tuotantorakennusten alapohjia ja piha-alueiden päällysrakenteita
- 63/94 Turvallinen puunpilkonta
- 64/94 Itkupinta-tuloilmalaitteen vaikutus eläinsuojassa
- 65/94 Oksainen hake pienpolttimissa
- 66/94 Pako- ja savukaasujen analysointi
- 67/94 Käyttökokemuksia jyräkylvölannoittimista
- 67S/94 Brukserefareheter av vältkombisåmaskiner
- 68/94 Käsikäyttöisten liekittimien käyttöominaisuuksia
- 69/95 Renkaiden vaikutus traktorin vetokykyyn ja maan tiivistymiseen
- 70/95 Hakkeen kuivaus imuilmalla
- 71/95 Klapiattiloiden käyttöominaisuudet
- 72/96 EPS-rakeet ja EPS-rouhe sikalan lietesäiliön katteena
- 73/96 Kevytsaviharkkojen kuivuminen ja lujuus
- 74/97 Rikkakasvien torjunta viljoista riviväliharauksella
- 75/97 Öljypellavan leikkuupuinti
- 76/97 Tilasäiliöopas

