

Tuomas Lippo

Meijeriteollisuuden tuotantotilojen LVIA-suunnitteluohje

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

3.12.2018

Tekijät Otsikko	Tuomas Lippo Meijeriteollisuuden tuotantotilojen LVIA-suunnitteluohje
Sivumäärä Aika	37 sivua 3.12.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI, suunnittelupainotteinen
Ohjaajat	projektipäällikkö Satu Ketola yliopettaja Aki Valkeapää
<p>Insinööriyön tarkoituksena on toimia ohjeena meijeriteollisuuden tuotantotilojen LVIA-suunnittelulle. Työssä on hyödynnetty standardien ja ohjeiden lisäksi suunnittelijoiden kokemuksia meijeri- ja elintarviketeollisuuden LVIA-suunnittelussa.</p> <p>Insinööriyössä esitellään elintarviketeollisuuden yleisiä hygieniavaatimuksia ja -riskejä sekä syvennyttään maidon hygieniariskeihin. LVI-tekniikan osalta esitetään hygieenisiä muotoja ja materiaaleja, jonka jälkeen keskitytään lämmityksen ja jäähdytyksen, vesi- ja viemärijärjestelmien sekä ilmanvaihdon osa-alueisiin. Jokaisesta osa-alueesta esitetään keskeisiä suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä sekä kaluste- ja laitevaatimuksia. Lopuksi käsitellään automaattisuunnittelua.</p> <p>Meijeriteollisuuden tuotantotilat vaativat LVIA-suunnittelijalta erityistä huomiota hygieniariskien estämiseksi. Insinööriyö antaa LVIA-suunnittelijalle lähtövalmiudet meijeriteollisuuden tuotantotilojen suunnitteluun sekä tietoa maitotuotteiden hygieniariskeistä. Meijeriteollisuuden LVIA-suunnittelu on yleisesti tapauskohtaista, ja jokaisessa työssä on tärkeää ottaa huomioon tilaajan vaatimukset.</p>	
Avainsanat	elintarviketeollisuus, meijeriteollisuus, elintarvikehygienia, LVIA, suunnitteluohje

Author Title Number of Pages Date	Tuomas Lippo HVAC and BAS Design Guidelines for Production Facilities in Dairy Industry 37 pages 3 December 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Design
Instructors	Satu Ketola, Project Manager Aki Valkeapää, Principal Lecturer
<p>The goal of the final year project was to create basic guidelines for HVAC and BAS designing in the dairy industry. The Bachelor's thesis focused on the production areas of a dairy plant. The aim was to provide a manual consisting of the fundamentals of food hygiene in a dairy plant and guidelines for HVAC designing.</p> <p>Information was gathered from various sources, including international standards and directives, manufacturer instructions as well as first-hand experience from HVAC engineers. The thesis covered heating, cooling, ventilation, water, sewage and building automation systems along with the basic food hygiene in the dairy industry.</p> <p>Firstly, different levels of hygiene were defined and the hazards of food hygiene, which include physical, chemical and biological risks, were studied. Secondly, adequate HVAC and BAS design guidelines to prevent the risks and hazards were compiled.</p> <p>This Bachelor's thesis offers guidelines for HVAC and BAS designing in the dairy industry. The guidelines include design factors as well as equipment requirements. The project shows how important food hygiene is and how specific HVAC and BAS designing can influence hygiene in a dairy plant.</p>	
Keywords	HVAC, BAS, food hygiene, dairy industry, building services engineering guidelines

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tarkoitus	1
1.2	Pöyry Finland Oy	1
1.3	Talotekniikka Pöyryllä	2
2	Elintarviketeollisuuden hygienia	2
2.1	Taustaa	2
2.2	Hygieniatasot	2
2.2.1	Perushygieniataso	3
2.2.2	Hyvä hygieniataso	3
2.2.3	Vaativa hygieniataso	3
2.2.4	Erittäin vaativa hygieniataso	3
2.3	Epäpuhtauksien lähteet	4
2.3.1	Pääryhmät	4
2.3.2	Mikrobit	5
3	Maidon hygieniariskit	6
3.1	Raakamaito	6
3.2	Hygienia maitotilalla	6
3.3	Hygienia jalostuslaitoksessa	7
3.3.1	Maidon lämpötila jalostuslaitoksessa	7
3.3.2	Raakamaidon lämpökäsittely	7
3.3.3	Lämpökäsitelty maito	8
4	LVIA-suunnittelun tavoitteet	8
4.1	Kalusteet ja materiaalit	8
4.2	Lämmitys ja jäähdytys	10
4.3	Vesi- ja viemärijärjestelmä	10
4.4	Ilmanvaihto	11
5	Lämmityksen ja jäähdytyksen suunnitteluohje	11
5.1	Lämmitys	12
5.2	Jäähdytys	12
5.2.1	Jäähdytysmenetelmät	12

5.2.2	Jäähdytysneste	13
5.3	Hukkalämmön käyttö	14
5.4	Lämmönjakokeskus	14
6	Vesi- ja viemärijärjestelmän suunnitteluohje	14
6.1	Käyttövesi	14
6.2	Prosessivesi	15
6.3	Vesipisteet	16
6.4	Jäteveden viemärointi	17
6.4.1	Viemäristön materiaali	19
6.4.2	Lattiakaivot	19
6.4.3	Lattiakanaali	20
6.4.4	Viemäriverkoston puhdistaminen	21
6.5	Huleveden viemärointi	21
7	Ilmanvaihdon suunnitteluohje	21
7.1	Ilmanvaihtolaitoksen ominaisuudet	21
7.1.1	Ilmanvaihtokone	21
7.1.2	Kanavisto	23
7.1.3	Päätelaitteet	25
7.2	Tuloilmavirta	25
7.2.1	Mäntävirtaus	26
7.2.2	Sekoittava ilmanjako	26
7.2.3	Oikosulkuvirtaus	27
7.2.4	Syrjäyttävä ilmanjako	27
7.2.5	Ilman lämpötila	28
7.2.6	Ilman kosteus	28
7.3	Lämmöntalteenotto	28
7.3.1	Pyörivä lämmönsiirrin	28
7.3.2	Levylämmönsiirrin	29
7.3.3	Nestekiertoinen lämmönsiirrin	29
7.4	Kiertoilmavirta	29
7.5	Siirtoilma	29
7.6	Poistoilmavirta	30
8	Automaation suunnitteluohje	32
9	Yhteenveto	33
	Lähteet	35

Lyhenteet

AISI	ASTM International -standardisoimisjärjestön standardi teräksille.
EHEC	Enterohemorraaginen Escherichia coli -bakteeri (kolibakteeri) on bakteeri, joka aiheuttaa ruokamyrkytyksiä.
EN	Eurooppalaisen CEN-standardisoimisjärjestön standardi.
HEPA	High Efficiency Particulate Air filter on ilmansuodatintyyppi, jota käytetään paljon puhdastiloissa korkean erotusasteen vuoksi.
HST	Haponkestävä teräs.
LVIA	Lämmitys- ja jäähdytys-, vesi- ja ilmanvaihtotekniikka sekä automaatio ovat taloteknisiä järjestelmiä.
pH	pH-luku on happamuuden tasoa määrittelevä numeerinen arvo. pH 7 on neutraali.
UV	Ultraviolettisäteily on sähkömagneettista säteilyä, jonka aallonpituus on näkyvää valoa lyhyempi.

1 Johdanto

1.1 Työn tarkoitus

Insinööriyön tarkoituksena on laatia LVI-suunnittelijalle helppokäyttöinen suunniteluohje meijeriteollisuuden LVIA-järjestelmille. Työssä käydään läpi meijeriteollisuuden hygieniariskejä sekä suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä lämmityksen ja jäähdytyksen, vedenkäsittelyn, ilmanvaihdon ja automaation näkökulmista. Työssä tuotantotiloilla ja hygieniatiloilla tarkoitetaan meijerin tiloja, joissa käsitellään pakkaamattomia elintarvikkeita. Tällaisten tilojen LVIA-suunnittelu vaatii erityistä huomiota. Työstä on rajattu pois meijereiden yleiset tilat, kuten toimistot ja taukotilat, jotka pääsääntöisesti eivät vaadi erikoissuunnittelua.

1.2 Pöyry Finland Oy

Työn tilaaja on kansainvälinen konsultointi- ja suunnitteluyritys Pöyry Finland Oy. Pöyry Oyj:n perusti Jaakko Pöyry vuonna 1958. Yritys aloitti toimintansa metsäteollisuusalalla. Hankkeita oli Etelä-Amerikasta Australiaan asti ja vuosien varrella Pöyrystä muodostui yksi suurimmista metsäteollisuusalan konsultointiyrityksistä. Helsingin pörssiin Pöyry listautui vuonna 1997.

Tällä hetkellä yritys toimii 40 maassa yli 5000 asiantuntijan voimin. Yksi Pöyryn tärkeimmistä toimialoista on teollisuus.

”Pöyry toimii seuraavilla aloilla: sähkön ja lämmön tuotantolaitokset, sähkön siirto ja jakelu, uusiutuva energia, sellu- ja paperiteollisuus, kemianteollisuus ja biojalostus, liikennejärjestelmät, vesi ja ympäristö sekä kiinteistöt.” (1)

Yrityksellä on aikaisempaa suunnittelukokemusta myös meijeriteollisuuden alalla. Insinööriyössä hyödynnetäänkin ohjeiden ja määräysten lisäksi Pöyryn työntekijöiden osaamista. (1)

1.3 Talotekniikka Pöyryllä

Pöyryn talotekninen suunnittelu keskittyy pääsääntöisesti teollisuuden tuotantolaitoksiin ja edistyneisiin kiinteistöjärjestelmiin. Pöyryn talotekniikan osasto suunnittelee LVI-, automaatio- sekä sähköjärjestelmiä. Osasto on ollut mukana kotimaisissa sekä kansainvälisissä hankkeissa. Pöyryn talotekniikan osasto on suunnitellut muun muassa Valion Riihimäen välipalatehtaan LVIA-järjestelmät.

Talotekniikan osaston kaksi toimipistettä sijaitsevat Pöyryn pääkonttorilla Vantaalla sekä Oulussa. Pöyryllä työskentelee noin 50 LVI-alan suunnittelijaa.

2 Elintarviketeollisuuden hygienia

2.1 Taustaa

Elintarvike voi pilaantua tuotannon kaikissa vaiheissa. Pilaantunut elintarvike voi aiheuttaa ihmiselle sairauksia tai jopa kuoleman. Elintarvikehygienialla varmistetaan, että kuluttajille tarjottava tai myytävä ruoka on turvallista. (2)

Hyvä elintarvikehygienia vaatii asiaankuuluvat suunnitteluperiaatteet. Tuotantotilojen sekä laitteiston tulee olla suunniteltu, rakennettu ja asennettu hyvien hygieniaperiaatteiden mukaisesti. Hyvin suunniteltu tuotantotila vähentää ulko- ja sisäpuolisia hygieniariskejä ja mahdollistaa järjestelmien helpon huollettavuuden. (3, s. 5.)

Oikeanlaisilla taloteknisillä ratkaisuilla pystytään vaikuttamaan rakennuksen hygieniatasoon. Oikein suunniteltu talotekniikka on osa hygieenistä elintarviketeollisuutta.

2.2 Hygieniatasot

Rakennuksen sisätilojen hygieniatasot voidaan jakaa neljään eri tasoon (kuva 1): perushygieniatasoon, hyvään hygieniatasoon, vaativaan hygieniatasoon sekä erittäin vaativaan hygieniatasoon (4, s. 4).

2.2.1 Perushygieniataso

Perustasoon kuuluu suurin osa rakennuksista, esimerkiksi asuinrakennukset. Perustasossa sisätiloilla ei ole vaativia hygieniavaatimuksia. (4, s. 4.)

2.2.2 Hyvä hygieniataso

Hyvään hygieniatasoon kuuluvat yleiset tilat, kuten koulut ja liikuntahallit. Näissä tiloissa liikkuu enemmän ihmisiä kuin asuinrakennuksissa, joten hygieniavaatimukset ovat suuremmat. (4, s. 4.)

2.2.3 Vaativa hygieniataso

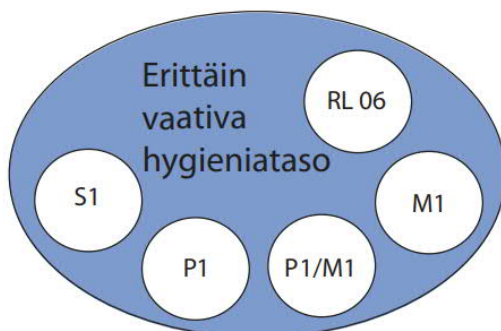
Vaativaan hygieniatasoon kuuluvat esimerkiksi päiväkodit, vanhusten palvelutilat sekä ruoanvalmistustilat. Tällaisissa tiloissa huonolla hygienialla voi olla vakavammat seuraukset kuin hyvän hygieniatason tiloissa. (4, s. 4.)

2.2.4 Erittäin vaativa hygieniataso

Elintarviketeollisuuden valmistustilojen lisäksi erittäin vaativaan hygieniatasoon (kuva 1) kuuluvat sairaaloiden leikkaussalit, laboratoriot sekä lääkkeiden valmistustilat. Erittäin vaativan hygieniatason tiloissa huono hygienia voi aiheuttaa suuren terveys- ja turvallisuusriskin, jota torjutaan tilojen asianmukaisella käytöllä ja suunnittelulla.

Rakennuksessa voi olla hygieniatasoltaan eritasoisia tiloja. Tilat järjestetään vyöhykeisiin, jolloin erittäin vaativan hygieniatason tilat ovat erillään alempien hygieniatasojen tiloista. Rakennuslaajennusten on oltava yhteensopivia rakennuksen alkuperäisen hygieniatason kanssa. (4, s. 4.)

Erittäin vaativa hygieniataso



Kuvassa käytetty luokitus, sulkuihin on merkitty luokitusnumerointi paremmasta heikompaan:
 S = Sisäilmastoluokitus (1...3)
 P = Rakennustöiden puhtausluokitus (1...2)
 P = IV-järjestelmän puhtausluokitus (1...2)
 M = IV-tuotteiden puhtausluokitus (1/-)
 M = Rakennusmateriaalin päästöluokitus (1...3)
 RL = Rasitusluokat sisätiloissa (06...01)

Kuva 1. Erittäin vaativan hygieniatason luokitukset (4, s. 4).

2.3 Epäpuhtauksien lähteet

2.3.1 Pääryhmät

Elintarvikkeen saastuttavat epäpuhtaudet jaetaan kolmeen ryhmään:

- vieraat fyysiset esineet
- kemialliset aineet
- biologiset syyt. (5, s. 16–18.)

Jokainen mainituista ryhmistä voi aiheuttaa elintarviketuotteen pilaantumisen ja kuluttajaan kohdistuvan terveysriskin. Fyysiset esineet voivat johtaa esimerkiksi tukehtumiseen. Kemiallisista aineista voi jäädä tuotteeseen jäämiä, jotka aiheuttavat vammoja tai sairastumista. Biologiset syyt, kuten taudinaiheuttajat, voivat johtaa ruokamyrkytykseen tai sairastumiseen. (6, s. 12.)

2.3.2 Mikrobit

Mikrobeilla tarkoitetaan yleensä paljaalla silmällä näkymättömiä pieneliöitä, joita ovat bakteerit, virukset, sienet eli homeet ja hiivat sekä loiset eli alkueläimet, heijonadot ja sukkulamadot. (7)

Mikrobit ovat ihmiselle täysin luonnollisia. Mikrobeja on kaikkialla, vedessä, pölyssä, ihmisen iholla ja ruoansulatuksessa. Myös kaikissa elintarvikkeissa esiintyy mikrobeja, ja hyötymikrobeja voidaan jopa lisätä elintarvikkeisiin valmistusprosessin aikana. Sairauksia aiheuttaviin mikrobeihin kuuluu vain pieni osa mikrobeista. Niitä kutsutaan patogeenisiksi mikrobeiksi tai pilaajamikrobeiksi.

Elintarvikkeessa lisääntyvät mikrobit voivat pilata elintarvikkeen. Kaikkien mikrobien pääsyä elintarvikkeeseen ei voida kuitenkaan estää. Hyvä hygieniataso vähentää mikrobien leviämistä ja elintarvikkeiden oikeat säilytystavat estävät mikrobien lisääntymisen elintarvikkeessa.

Mikrobit elävät lämpimässä, ravinteikkaassa, kosteassa, happipitoisessa ja happamassa ympäristössä. Mikrobien kasvua saadaan hidastettua tai jopa pysäytettyä muuttamalla niiden elinympäristöä. Helpoin tapa on muuttaa elintarvikkeen lämpötilaa. Elintarvikkeen kuumennus vähintään +70 °C:seen tappaa siinä elävät mikrobit. Elintarvikkeen lämpötilan laskeminen ei tuhoa mikrobeja, mutta niiden lisääntymisnopeus hidastuu huomattavasti. Muita elinympäristön osa-alueita on vaikea muuttaa, mikäli elintarviketta ei haluta muuttaa.

Homeet ja hiivat tarvitsevat happea kasvaakseen. Elintarvikkeet voidaan pakata ilmatomiin pakkauksiin tai suojakaasuihin, jolloin homeet ja hiivat eivät pysty lisääntymään. Anaerobibakteerit eivät tarvitse happea lisääntyäkseen, joten myös vakuumpakkauksia pitää säilyttää kylmässä.

Useat bakteerit tarvitsevat korkeaa vesiaktiivisuutta.

Veden aktiivisuudella (a_w) tarkoitetaan vapaan veden määrää. Mitä enemmän veteen on liuennut erilaisia kemiallisia aineita, kuten suoloja tai sokereita, sitä pienempi on veden aktiivisuus. (8)

Mikrobit eivät tarvitse suurta määrää vettä, vaan veden täytyy olla mahdollisimman puhdasta. Kuivaamalla tai suolaamalla pystytään siten vähentämään mikrobien määrää.

Mikrobit kasvavat joko happamassa tai neutraalissa ympäristössä. Suurin osa elintarvikkeista on neutraaleja. Maidon pH on 6 eli lievästi hapan, joten maito voi toimia kasvualustana mikrobeille. Homeet voivat lisääntyä jopa alle pH 3,5:ssä. Joidenkin elintarvikkeiden, kuten piimän, happamuus syntyy mikrobien avulla. (8)

3 Maidon hygieniariskit

3.1 Raakamaito

Raakamaidolla tarkoitetaan maitotiloilla tuotettua lämpökäsittelemätöntä maitoa. Tilamaito on raakamaitoa, jota myydään suoraan kuluttajalle. (9)

Pastöroimattomassa raakamaidossa voi esiintyä erilaisia ihmiselle tautia aiheuttavia bakteereja, kuten EHEC -bakteereita, kampylobakteereita, salmonellaa, *Listeria monocytogenes* sekä *Yersinia enterocolitica* ja *Yersinia pseudotuberculosis* -bakteereita. (10)

Raakamaidon käyttöä suositellaan vain kuumennettuna tai kuumennettävien ruokien valmistuksessa. Vanhusten, lasten, raskaana olevien tai sairaana olevien henkilöiden ei tulisi kuluttaa raakamaitoa, sillä mahdolliset taudinaiheuttajat voivat aiheuttaa vakavia sairauksia. Terveille aikuisille raakamaito ei ole yhtä suuri riski. (9)

3.2 Hygienia maitotilalla

Maitotilojen järjestelyiden on rajoitettava maidon pilaantumisvaaraa. Maidon säilytystiloihin ei saa päästä tuhoeläimiä, ja tilat on erotettava lypsykarjasta. Kaikki materiaalit, jotka ovat kosketuksissa maidon kanssa, tulee pestä ja desinfioida ja niiden on oltava hyvässä kunnossa. Materiaalien on oltava myrkyttömiä.

Jos eläimillä on utaretulehdus tai niitä hoidetaan lääkkeillä, joista maitoon voi jäädä jäämiä, maitoa ei anneta ihmiskäyttöön. Myöskään maitoa, jossa on kemiallisia tai fyysikaalisia poikkeamia, ei käytetä ihmisravintona.

Maito on pidettävä kylmänä heti lypsyn jälkeen. Se jäähdytetään vähintään +8 °C:n lämpötilaan, mikäli maito kuljetetaan samana päivän aikana, ja vähintään +6 °C:n lämpötilaan, jos kuljetustahti on harvempi. Kuljetuksen aikana kylmäketju ei saa katketa ja jalostuslaitokseen saapuvan maidon lämpötila ei saa olla yli +10 °C. Lämpötilavaatimuksia ei tarvitse noudattaa, jos maito jalostetaan kahden tunnin sisällä lypsämisestä. (11, s. 61–62.)

3.3 Hygienia jalostuslaitoksessa

3.3.1 Maidon lämpötila jalostuslaitoksessa

Jalostuslaitokseen saapuva maito pitää jäähdyttää nopeasti vähintään +6 °C:n lämpötilaan. Maitoa ei tarvitse jäähdyttää, jos maidon jalostus alkaa neljän tunnin kuluttua maidon saapumisesta. (11, s. 64–65.)

3.3.2 Raakamaidon lämpökäsittely

Raakamaito lämpökäsitellään jalostuslaitoksessa. Lämpökäsittelyssä maidon lämpötilaa nostetaan nopeasti, jonka jälkeen se jäähdytetään välittömästi. Terveydelle haitalliset bakteerit kuolevat käsittelyssä.

Pastörinti on maidon lievä lämpökäsittely, jossa maidon lämpötila nostetaan +75 °C:seen 15 sekunniksi. Pastörinti ei poista maidon kaikkia mikrobeja.

Iskukuumennus on pastörintia voimakkaampi lämpökäsittely, joka poistaa maidosta kaikki mikrobit. Maidon lämpötila nostetaan muutamaksi sekunniksi +135 °C:seen, minkä jälkeen maito jäähdytetään ja pakataan. Avaamattomassa pakkauksessa iskukuumennettu maito säilyy pastöroitua maitoa pidempään, jopa useita kuukausia. (12)

3.3.3 Lämpökäsitelty maito

Pastöroinnin tai iskukuumennuksen jälkeen maidolle ei enää tehdä mikrobeja tappavia käsittelyjä, joten maitotuote on suojattava myöhempien prosessivaiheiden aikana.

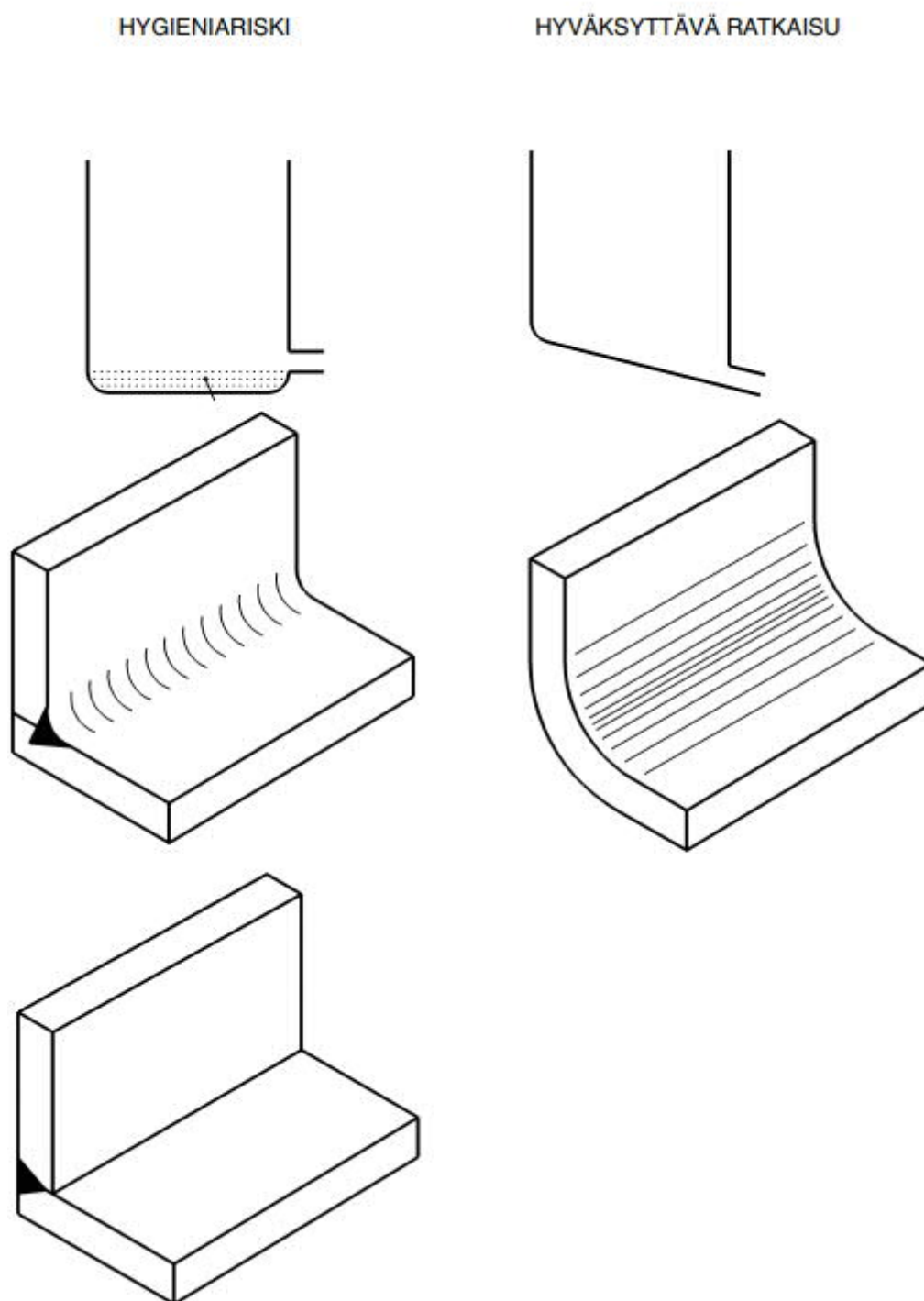
Hyvä suojaus saavutetaan estämällä ristikontaminaatio lämpökäsittämättömän maidon kanssa. Materiaalivirran kulkureitti suunnitellaan mahdollisimman suoraviivaiseksi ja hygieniatasoilla erotetaan toisistaan eri tuotantovaiheissa olevat maitotuotteet. (13)

4 LVIA-suunnittelun tavoitteet

Mikrobit leviävät ihmisten välityksellä erilaisten pintojen kautta, ja ne kulkevat myös ilmassa sekä vedessä. Hyvällä hygieniasuunnittelulla pystytään vähentämään haitallisten mikrobien leviämistä. (14, s. 5.)

4.1 Kalusteet ja materiaalit

Kalusteiden ja laitteiden, kuten ovenkahvojen ja valokatkaisimien, pintojen materiaalit tulisi valita mikrobien kasvua hylkiviksi (kuva 2). Puu ja muut huokoiset materiaalit keräävät likaa ja toimivat hyvänä kasvualustana epäpuhtauksille. Kalusteet, kuten hanat (kuva 3) ja käsidesinfektio-pumput, voidaan suunnitella kosketusvapaiksi, mikä vähentää mikrobien leviämistä kosketuksen välityksellä. Kalusteet ja laitteet tulee asentaa niin, että niiden ja niiden ympäristön puhdistaminen on helppoa. Kalusteiden muotoilulla voidaan myös vähentää lian kertymistä. (4, s. 4; 13.)



Kuva 2. Esimerkkejä likaa keräävistä ja hygieenisistä rakenteista ja niiden muodoista (6, s. 49, 53).



Kuva 3. Kosketusvapaa pesuallashana Oras Medipro (15).

4.2 Lämmitys ja jäähdytys

Erittäin vaativissa hygieniatiloissa ei käytetä lämpöpattereita. Tiloja voidaan lämmittää ilmalämmityksellä, lattialämmityksellä tai säteilijöillä. Puhallinkonvektori ei saa kondensoida, sillä kondenssivesi on mikrobeille hyvä kasvualusta.

Lämmityksen ja jäähdytyksen putkistot pitää suunnitella niin, etteivät runkolinjat kulje tuotantotiloissa. Tuotantotilan kattoon kannakoidut putket keräävät likaa, ja niitä on vaikea puhdistaa. Vuototapauksissa putket vuotaisivat tuotantotiloihin. Putket tulisi viedä ympäröivissä tiloissa mahdollisimman lähelle tuotantotilassa olevaa kohdetta.

Jäähdytyspalkit pitää suunnitella helposti puhdistettaviksi. Jäähdytyslaitteet pitää tarkastaa ja puhdistaa ennen jäähdytyskautta. Jäähdytyspalkit eivät saa kondensoida tuotantotiloihin. (4, s. 5; 13.)

4.3 Vesi- ja viemärijärjestelmä

Vesijohtoverkosto suunnitellaan sellaiseksi, ettei se edesauta mikrobien lisääntymistä. Veden virtausnopeuden pitää olla tarpeeksi suuri, jotta mikrobit eivät pysty kasvamaan

putkistossa. Seisova vesi on otollinen ympäristö mikrobien kasvulle, joten putkistossa olevan veden tulee vaihtua riittävän usein, joko säännöllisen käytön tai teknisten ratkaisujen avulla. Hyvällä eristyksellä estetään kylmän veden lämpeneminen ja lämpimän veden jäähtyminen. Käyttöväettä voidaan myös desinfioida.

Erittäin vaativissa hygieniatiloissa lattiakaivoja tulisi välttää. Jos erittäin vaativaan hygieniatilaan on pakko asentaa lattiakaivo, se pitää pystyä puhdistamaan helposti. Pesuallashajulukkojen tulee olla tarpeeksi kaukana altaasta, jotta hajulukon mikrobikanta ei pääse leviämään pesualtaaseen. (4, s. 5.)

4.4 Ilmanvaihto

Hyvin suunnitellulla ilmanvaihtojärjestelmällä pyritään estämään epäpuhtauksien leviäminen ilman välityksellä. Ilman liikettä eritasoisten hygieniatilojen läpi pyritään estämään. Ilman tulisi kulkea aina vaativammasta hygieniatasosta vähemmän vaativaan. Tilojen painetasoja muuttamalla pystytään hallitsemaan ilmavirtoja. Tilan alipaineistaminen estää likaisen ilman kulun ympäröiviin tiloihin. Ylipaineistuksella pystytään eristämään tilan ilma ympäröivästä ilmasta. Tilat, joissa vallitsee ylipaine, pitää tiivistää, jotta vuotoilmaa pääsisi muihin tiloihin mahdollisimman vähän. Ilman laatua tulee tarkkailla säännöllisesti. Siihen voidaan käyttää laskeumamaljoja tai ilmanäytteenottimia.

Ilmanvaihdon toimivuuden takaamiseksi kriittiset tilat voidaan varustaa kahdella ilmanvaihtokoneella. Toinen kone pystyy väliaikaisesti korvaamaan huollettavan koneen ilmamäärän, jolloin prosessia ei tarvitse seisauttaa. (4, s, 4; 13.)

5 Lämmityksen ja jäähdytyksen suunnitteluohje

Lämmityksellä ja jäähdytyksellä hallitaan tuotantotilojen lämpötiloja. Maitotuote on pääsääntöisesti prosessiputkistossa tai säiliössä, eikä se ole kosketuksissa ympäröivään tilaan, kuten esimerkiksi liha- tai kasvituotteet. Tuotantotilojen tavoitelämpötilat voidaan suunnitella työntekijöiden mukavuuden mukaan.

Prosessilaitteet tarvitsevat lämmitystä ja jäähdytystä. Maitotuotteen prosessointi, esimerkiksi pastörinti, vaatii lämpöenergiaa. Prosessiin voidaan tuoda lämpöenergia ve-

den lisäksi esimerkiksi höyryllä. Vastaavasti prosessilaitteet lämpenevät prosessin aikana, joten ne tarvitsevat jäähdytystä.

Projektista riippuen LVI-suunnittelijan vastuulla on tuoda prosessille sen tarvitsema lämmitys tai jäähdytysteho. Prosessisuunnittelijalle kuuluu varsinaisen lämmitys- tai jäähdytystehon mitoitus. (13)

Pakkaamisen jälkeen maitotuotteita säilytetään kylmätiloissa, jotka vaativat kylmät olosuhteet. Maitotuotteita täytyy säilyttää enintään +6 °C:n ja jäätelöitä enintään -18 °C:n lämpötilassa. (16)

5.1 Lämmitys

Tuotantotilat ovat usein suuria tiloja, jotka vaativat kokonsa puolesta paljon lämmitystehoa. Lämmityspattereiden lukumäärä näissä tiloissa olisikin suuri. Perinteiset seinä- tai lattiakiinnikkeiset lämmityspatterit muodostavat epäpuhtaan alueen patterin taakse. Patterin takaosaa sekä patterin lamellien välejä on vaikea puhdistaa. Myös patterin kannakkeet, venttiilit sekä putkisto keräävät likaa ja vaativat tarkkaa pesua.

Tuotantotiloja on helpompi lämmittää ilman avulla. Tuloilmakoneessa sekä kiertoilmakoneessa oleva lämmityspatteri vie vähemmän tilaa, eikä se ole lämmitettävässä tilassa haittaamassa tilan puhdistettavuutta. (13)

Tuloilmaa lämmitetään sekä tulo- että kiertoilmakoneissa. Tuotantotiloihin puhallettu tuloilma on hyvin suodatettua ja usein puhtaampaa kuin raitis ulkoilma, joten tuotantotiloista otettua ilmaa on hyvä käyttää kiertoilmana. Tuotantotilojen lämpötilan tulee olla +17–19 °C. Tämä takaa työntekijöille mukavat työskentelyolosuhteet. (13; 17, s. 6.)

5.2 Jäähdytys

5.2.1 Jäähdytysmenetelmät

Tuotantotiloja jäähdytetään lämpökuorman mukaan ja niissä pyritään pitämään hyvät työskentelyolot. Tiloja voidaan jäähdyttää jäähdytyspalkeilla tai ilmalla. Usein raitisil-

maa jäähdytettäessä jäähdytyspatteriin kondensoituu vettä, koska ilman suhteellinen kosteus nousee 100 %:iin. Kiertoilmaa on hyvä jäähdyttää, koska kertaalleen jäähdytetty ilma on yleensä kuivempaa kuin raitisilma eikä siten kondensoi yhtä paljon. Meijerituotteiden säilyttämiseen suunnatut kylmähuoneet täytyy jäähdyttää, jotta tuotteiden lämpötila pysyy enintään +6 °C:ssa.

Jäähdytykseen voi käyttää jäähdytyslaitteen lisäksi vapaajäähdytystä. Vapaajäähdytyksellä jäähdytysnestettä jäähdytetään kylmän ulkoilman avulla ilman kompressoriyksikköä. Ympärivuotisessa jäähdytyksessä vapaajäähdytys vähentää energiankulutusta erityisesti talvella. Lämpiminä vuodenaikoina vapaajäähdytys ei toimi, koska ulkoilman lämpötila on korkeampi kuin jäähdytysnesteen lämpötila. (13)

5.2.2 Jäähdytysneste

Jäähdytysverkostossa käytetään lämmönsiirtonesteinä veden ja propyleeniglykolin seosta. Vedellä on propyleeniglykolia parempi ominaislämpökapasiteetti, mutta vesi jäätyy korkeammassa lämpötilassa. Valmiit pakatut maitotuotteet täytyy säilyttää enintään +6 °C:ssa, jolloin vedellä on vaara jäätyä, ja pakasteet enintään -18 °C:ssa. Veden ja propyleeniglykolin seos, liuoksen voimakkuudesta riippuen, pysyy sulana myös 0 °C:n alapuolella.

Propyleeniglykoli on vettä tiheämpää. Huonompi ominaislämpökapasiteetti sekä suurempi tiheys johtavat suurempaan virtaamaan kuin vedellä. Suurempi virtaama taas nostaa painehäviöitä ja vaatii suuremman putkiston ja pumpun. Jos propyleeniglykolia on liian vähän, järjestelmä voi jäätyä ja jos sitä on liikaa, järjestelmän tehokkuus laskee. Propyleeniglykolin pitoisuus liuoksessa on yleensä 30–50 % riippuen jäätymisvaarasta (taulukko 1).

Taulukko 1. Vesi-propyleeniglykoli-seoksen jäätymispisteet eri massasuhteilla (18).

Propyleeniglykoli % seoksen massasta	0	10	20	30	40	50	60
Seoksen jäätymispiste °C	0	-3	-8	-14	-22	-34	-48

Etyleeniglykoli on toinen yleisesti käytetty lämmönsiirtoneste, jolla on parempi ominaislämpökapasiteetti kuin propyleeniglykolilla. Etyleeniglykoli on kuitenkin propyleeniglykolia paljon myrkyllisempää, eikä se näin ollen sovi elintarviketeollisuuteen. (13; 19.)

5.3 Hukkalämmön käyttö

Tuotantotilojen prosessilaitteet tarvitsevat lämpöenergiaa prosessin eri vaiheissa. Prosessista palaavaa lämmintä prosessivettä voidaan hyötykäyttää lämmittämiseen. Vedellä voidaan esimerkiksi esilämmittää ilmanvaihdon lämmitysverkostoa. Lämmitysverkoston lämmönsiirtimet täytyy kuitenkin suunnitella niin että ne pystyvät lämmittämään koko lämpötarpeen, mikäli prosessi ei olekaan käynnissä. Jäähdytyslaitteiden lauhdeämpöä pystytään myös hyödyntämään lämmitysverkostossa. (13)

5.4 Lämmönjakokeskus

Lämmönjakokeskuksen suunnittelulle ei ole erityisiä tuotantotyypistä johtuvia vaatimuksia. Tilan tulee olla erillään tuotantotiloista, mikä tarkoittaa, että hygieniatiloista ei pääse suoraan lämmönjakokeskukseen. (13)

6 Vesi- ja viemärijärjestelmän suunnitteluohje

6.1 Käyttövesi

Käyttövesi ei saa aiheuttaa vaaraa terveydelle. Siinä ei saa olla haitallisia mikrobeja tai kemiallisia aineita, jotka voivat aiheuttaa äkillisiä tai pitkäaikaisia terveyshaittoja. Tulevan veden laatua on tarkkailtava mikrobiologisilla analyyseillä. Tulevasta vedestä etsitään muun muassa kolibakteereja. Vesiputkeen voidaan asentaa sameusmittari, joka mittaa veden sameutta ja hälyttää liian sameasta vedestä. (13)

Legionellabakteeri lisääntyy +20–45 °C:n lämpöisessä vedessä, joten kylmävesiverkostossa veden lämpötilan tulee olla tätä matalampi sekä lämminvesiverkostossa kor-

keampi. Pitkään käyttämättömänä seisova kylmä vesi lämpenee ja vastaavasti lämmin vesi jäähtyy.

Käyttövesiverkosto tulee varustaa lämpimän veden kierrolla. Kiertopiiri kierrättää lämmintä vettä, jolloin vesi ei seiso ja viileny lämminvesiputkessa. Kiertopiirin tulee pitää vesi vähintään +55 °C:n lämpöisenä.

Juoksevan kylmän veden lämpötilan tulee olla alle +20 °C, eikä seisovan veden lämpötila saa nousta yli +24 °C:seen. Kylmävesipiiri voidaan varustaa automaattisella tyhjennysventtiilillä, jos kylmävesipisteitä käytetään harvoin. Tyhjennysventtiili päästää kylmää vettä automaattisesti putkistosta joko veden lämpötilan noustessa asetusarvoon tai tietyn ajan välein. (13; 20.)

Käyttövesiverkosto on varustettava takaiskuventtiileillä. Venttiilit estävät veden virtaamisen väärään suuntaan ja tätä kautta tapahtuvan ristikontaminaation. (13)

6.2 Prosessivesi

Prosessiveden lämpötilan tulee olla vähintään +55 °C, ja se otetaan vain puhtaasta käyttövedestä. Prosessissa käytetyn veden laatu pitää varmistaa. Laatu voidaan varmistaa

- UV-käsittelyllä
- mikrobisuodatuksella
- lämpökäsittelyllä.

UV-käsittelyssä käytetään putkistoon asennettavia UV-lamppuja. Ultraviolettivalo tuhoaa vedestä viruksia ja bakteereja. Se ei kuitenkaan vaikuta veden makuun tai hajuun, kuten esimerkiksi klooraus. UV-lampun jälkeen on laitettava suodatin, joka kerää lasinsirut, mikäli valo menee rikki. Putkistoon pitää myös laittaa suodatin, joka kerää putkesta irtoavat partikkelit sekä veden mukana tulevat muut epäpuhtaudet, kuten hiekan. (13; 21.)

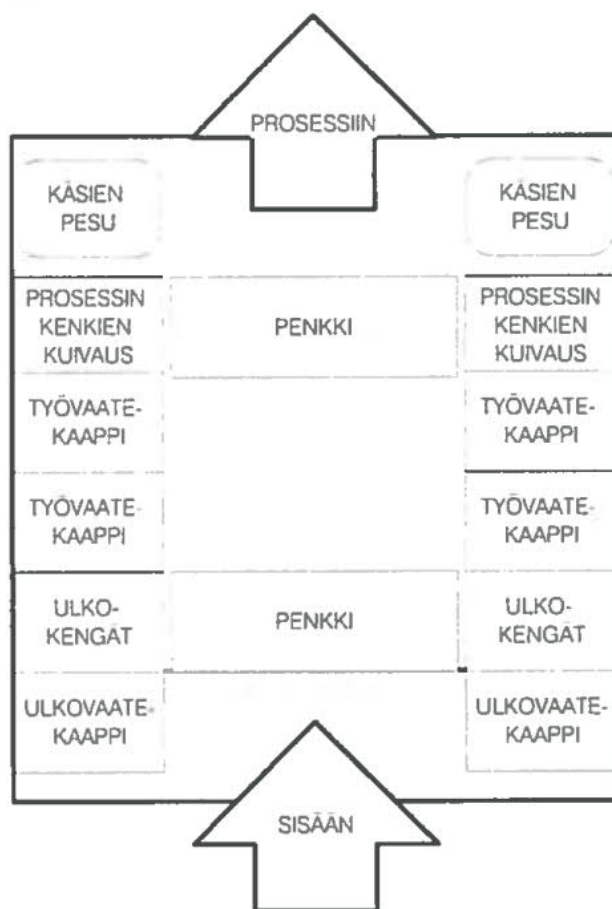
Mikrobisuodatuksella tarkoitetaan prosessiveden suodattamista. Mikrobit ja muut epäpuhtaudet jäävät suodattimeen eivätkä pääse prosessiin. Suodattimen likaisuutta täytyy tarkkailla ja likaiset suodattimet vaihtaa.

Lämpökäsittelyllä tarkoitetaan veden keittämistä. Kiehuva vesi tuhoaa bakteerit ja muut mikro-organismit tehokkaasti. (13)

6.3 Vesipisteet

Vesipisteiden kuntoa tulee tarkastella säännöllisesti. Likaiset ja rikkoutuneet hanat, letkut tai muut vesikalusteet pitää vaihtaa. Käyttämättömät vesipisteet keräävät seisovaa vettä, mikä vähentää veden puhtautta. Vähäisessä käytössä olevat tai käytöstä poistetut vesipisteet on hyvä purkaa ja tukkia mahdollisimman läheltä haaraa, jotta putkeen ei jää umpikujia seisovalle vedelle. (13)

Käsienpesupisteitä tulee sijoittaa eri hygienia-alueiden kulkuaukkoihin, jotta työntekijät pystyvät pesemään kädet vaihtaessaan hygienia-aluetta. Kosketusvapaita hanoja tulee käyttää hygienia-tiloihin mentävillä kulkureiteillä, jotta bakteerit ja muut epäpuhtaudet eivät leviä käsien välityksellä. Jokaisella hygienia-alueella tulee olla tarpeeksi pesupisteitä, jotta työntekijät pystyvät pesemään kätensä kulkematta toiselle hygienia-alueelle (kuva 4). (13)



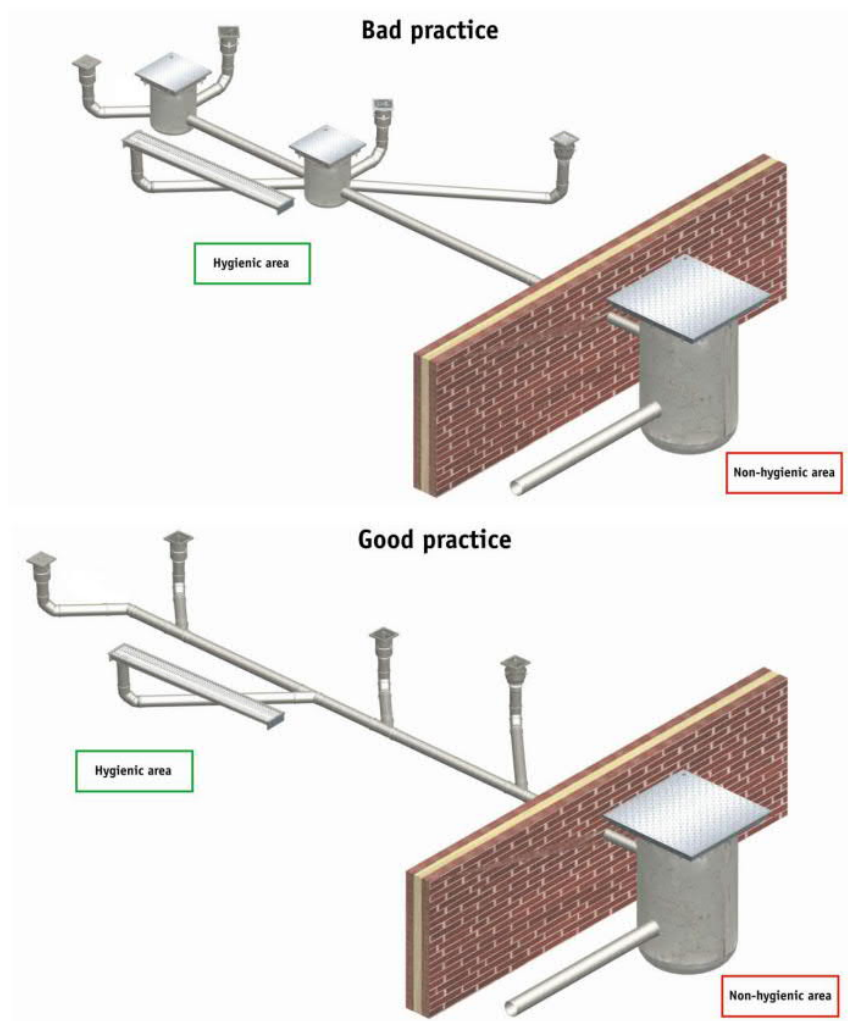
Kuva 4. Esimerkki sulkutilan, jossa vaihdetaan työvaatteet sekä pestään kädet, pohjakuvasta (13).

6.4 Jäteveden viemärointi

Viemärointi on suunniteltava sellaiseksi, että se ei aiheuta tuotannolle minkäänlaista hygieniariskiä. Viemäristön tulee olla helposti puhdistettava. Viemäreiden sekä lattiakaivojen kuntoa on tarkkailtava, lisäksi on huolehdittava, että lattiakaivot eivät kuivu. Lattiakaivojen kuivumista voidaan estää esimerkiksi kelluvalla pallosuljennalla, jollaista käytetään ilmanvaihtokoneen kuivakaivoissa. Tuotantotiloja pestään säännöllisesti, joten viemäroinnille täytyy varata neutralointisäiliö. Neutraloinnissa veden pH-arvo laimennetaan lähemmäksi neutraalia (pH 7). Ilman neutralointia pesuvedet voivat esimerkiksi syövyttää viemäreitä.

Eri hygienialueilla pitää olla omat runkoviemärit, jotka yhdistyvät kokoojaviemäriin vasta hygienialueen ulkopuolella. Tämä estää epäpuhtauksien kulkeutumisen hygie-

nia-alueiden välillä. Jos runkoviemäreitä joudutaan viemään eri hygienia-alueiden läpi, niin virtaussuunnan täytyy olla korkeammasta hygienia-luokasta matalampaan. Virtauksen turvaamiseksi runkolinjoihin voidaan laittaa takaisku- tai padotusventtiilit, jolloin jätevesi ei pääse virtaamaan takaisin kokoojaviemäristä runkoviemäriin. Jäteveden tarkastuskaivot tulee sijoittaa hygienia-alueen ulkopuolelle (kuva 5).



Kuva 5. Esimerkki hyvästä ja huonosta viemäroinnistä (3, s. 82).

Jäteveden laatua tulee tarkkailla. Jätevedestä voidaan huomata esimerkiksi rikkoutuneen jäähdytyslaitteen jäähdytysainevuodot. Jätevedestä tarkkaillaan myös mikrobeja kuten kolibakteereja. Bakteerit ja muut mikrobit jätevedessä kertovat epäpuhtauksista tuotannossa. (3, s. 82; 13.)

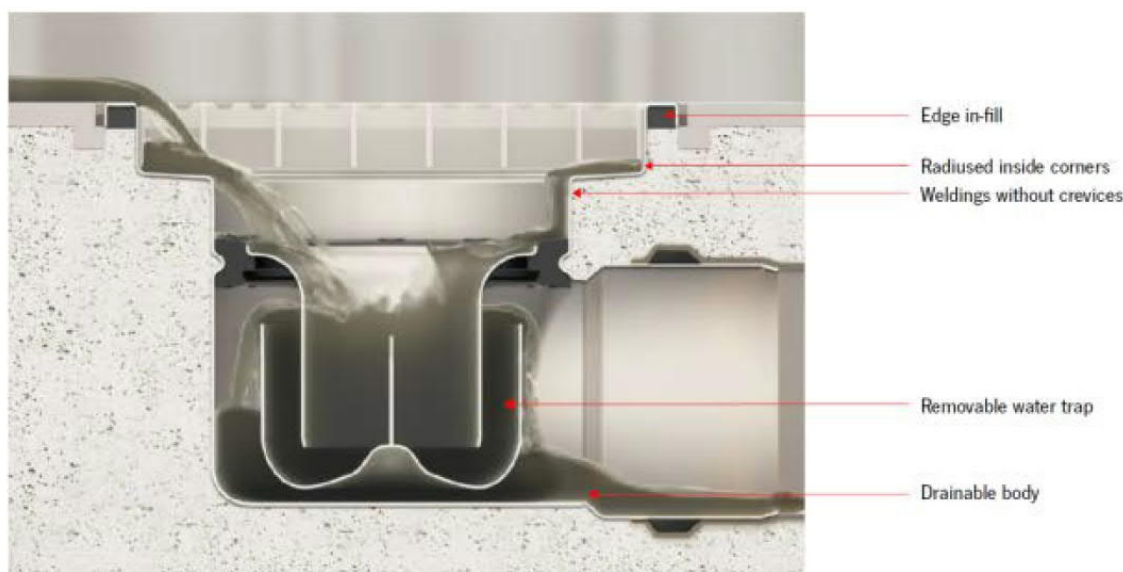
6.4.1 Viemäristön materiaali

Prosessilaitteita pestään ja puhdistetaan säännöllisesti, joten viemäreiden sekä lattiakaivojen materiaalin tulee olla vähintään ruostumatonta terästä (EN 1.4301, AISI 304). Prosessilaitteita voidaan desinfioida myös kemiallisesti, esimerkiksi kloorivedellä, jolloin viemärimateriaalin täytyy olla haponkestävää ruostumatonta terästä (EN 1.4401, AISI 316L). Käytöstä poistetut viemärit tulee purkaa, jotta niihin ei pesiytyisi rottia tai muita tuholaisia. (3, s. 66–70; 13.)

6.4.2 Lattiakaivot

Runko, kokoojaviemärit sekä lattiakaivot tulee hitsata yhteen saumattomasti. Pantaliittimillä yhdistetyt viemärit saattavat vuotaa, ja pantaliittimillä yhdistetty lattiakaivo toimii kasvualustana epäpuhtauksille. Lattiakaivossa ja kanaaleissa ei saa olla teräviä kulmia ja nurkkia tai saumoja, koska ne keräävät epäpuhtauksia.

Pyöreä lattiakaivo on neliön muotoista kaivoa parempi. Neliön nurkat aiheuttavat lattiaan fyysistä rasitusta, joka voi vaurioittaa lattiarakennetta. Pyöreä kaivo jakaa rasituksen tasaisesti koko alueelle. Vesilukon tulee olla irrotettavaa mallia, jotta koko lattiakaivo ja viemäristö on helppo puhdistaa (kuva 6). Lattiakaivot täytyy varustaa sihdeillä, jos niihin voi mennä irtoroskaa. Lattiakaivo tulee sijoittaa mahdollisimman lähelle viemäritävyä kohdetta, jotta likainen vesi ei ajelehdi lattialla. (3, s. 69–83; 13.)



Kuva 6. Poikkileikkaus tuotantotiloihin sopivasta lattiakaivosta irrotettavalla vesilukolla (3).

Kemikaalivarastossa ja muissa tiloissa, joissa on viemäriverkostoon kelpaamattomia aineita, tulee olla suljettava viemäri. Viemäri avataan vain pesun ajaksi, jotta onnettomuustilanteessa jätevesiviemäriin ei pääsisi vaarallisia kemikaaleja ja aineita.

Varastoissa sekä kylmä- ja pakastetiloissa ei tarvitse olla lattiakaivoja. Kyseiset tilat voidaan viemäroidä esimerkiksi lattiakaadoilla. Mahdolliset pesu- sekä sulatusvedet on kuitenkin viemäroitävä niin, etteivät ne valu tuotantoalueelle. (3, s. 69–83; 13.)

6.4.3 Lattiakanaali

Lattiakanaaleissa tulee olla nostettavat lattiaritilät, jotta kanaalin voi puhdistaa. Lattiakanaaleissa ja -ritilöissä käytetään samoja periaatteita kuin lattiakaivoissa. Sileä hitsattu ritilä kerää vähemmän likaa kuin perinteinen hammastettu ruuturitilä.

Lattiakanaalin muodon tulee olla joko V:n tai U:n muotoinen. Kanaalin pohjan kaadon tulee olla vähintään 1 %, jotta kanaalin reunoille valuvat jätevedet kulkeutuvat varmasti viemäriin. Lattiakanaalissa sekä muissa viemäreissä täytyy ottaa huomioon mahdollisen kuumen veden aiheuttama lämpölaajeneminen. (3, s. 73–83; 13.)

6.4.4 Viemäriverkoston puhdistaminen

Viemäreiden tarkastus- ja puhdistusluukkuja hygieenisillä alueilla pitää välttää. Puhdistusluukut voidaan sijoittaa esimerkiksi hygienen tilan seinän toiselle puolelle. Tällöin puhdistusluukkuihin kerääntyvät epäpuhtaudet eivät ole hygienen tilassa. Viemäreiden puhdistus ja tarkastus hygienen tiloissa onnistuu irrotettavien vesilukkojen avulla. (13)

6.5 Huleveden viemärointi

Sade- ja sulamisvedet on johdettava sadevesikaivoihin kallistusten avulla. Pihalle rakennuksen ympäristöön ei saa jäädä lätäköitä. Katolta tulevien sadevesirännien tulee olla umpinaisia ja johtaa suoraan viemäriin. Sadevesiviemärien pystynousuihin voidaan asentaa esimerkiksi rotta-stoppari. Stopparin kohdalla viemäriin halkaisija kaksinkertaistuu, mikä estää tuholaiseläimiä kiipeämästä sadevesiviemäreitä pitkin rakennuksen katolle. Mikäli hulevettä ei pystytä viemään suoraan kaivoon, se ei kuitenkaan saa jäädä kulkureiteille tai työskentelyalueelle.

Katolla sijaitsevia hulevesiputkia ei saa tehdä tiivisteliitoksilla vaan ne täytyy hitsata. Viemäriputket on sijoitettava niin, että ne eivät ole hygienia-alueiden yläpuolella. (3, s. 49; 13.)

7 Ilmanvaihdon suunnitteluohje

7.1 Ilmanvaihtolaitoksen ominaisuudet

7.1.1 Ilmanvaihtokone

Tuloilmasäleikön ja -kammion pitää olla tarpeeksi isoja, jotta vettä ja lunta ei pääse tuloilman suodattimiin. Tuloilmakammio voidaan varustaa vedenerotussäleiköllä ja viemärillä. Suodattimiin päässyt vesi toimii hyvänä kasvualustana mikrobeille. Ilmanvaihtokoneelle asti pääsevän lumen voi sulattaa esilämmityspatterilla. (13; 22, luku 14.)

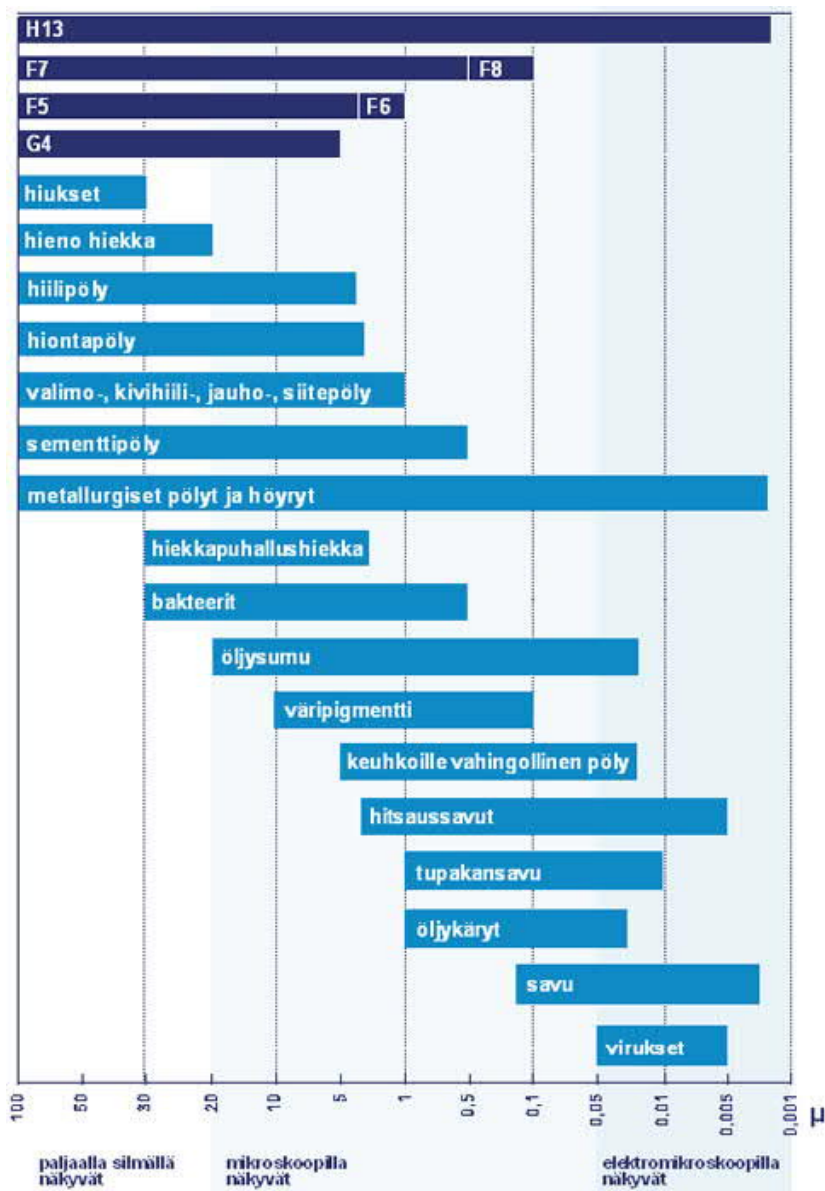
Ilmanvaihdon konehuoneen suunnittelu ei eroa normaalista konehuoneesta. Tilan tulee olla helppokulkuinen ja helppo puhdistaa. Ilmanvaihtokone tulee sijoittaa niin, että se

on helppo huoltaa ja puhdistaa. Kriittisiä tiloja varten voi olla kaksi konetta, mikäli toinen kone menee epäkuntoon. (13)

Ilmanvaihtokoneen tulee olla sisältä ruostumatonta terästä. Saumat ja kulmat ilmanvaihtokoneen sisällä keräävät likaa, ja niitä tulisi välttää. Kannakkeiden kiinnitykset ja kaikki läpiviennit tulee tiivistää. Tiivistys estää nesteitä ja likaa pääsemästä rakenteisiin ja sitä kautta muihin tiloihin. (3, s. 26–27; 13.)

Suorakäyttöinen puhallin on perinteistä hihnapuhallinta parempi vaihtoehto. Hihnasta syntyy kulumisen aiheuttamaa pölyä, mikä tukkii suodattimen. (23)

Tuloilman suodatuksella estetään ulkoilmassa olevien epäpuhtauksien pääsy sisätiloihin. Suodattimet tulee vaihtaa vähintään kerran vuodessa riippumatta suodattimen puhtaudesta. Suodattimet tulee asentaa tiiviisti, jotta ilmavirta ei pääse suodattimen ohi. Korkean hygieniatason vaativilla alueilla suodatusluokan tulee olla F7 tai parempi ja suodattimen yhteydessä tulisi käyttää karkeaa esisuodatusta. F7-luokan suodatin suodattaa 80 % 0,4 mikrometrin kokoisista hiukkasista. Alueilla, joilla elintarvikkeen saastumisriski on suuri, tulee käyttää HEPA-suodattimia (H13, H14). H13-suodatin suodattaa jopa 99,95 % hiukkasista, joiden koko on 0,1 mikrometriä (kuva 7). (3, s. 122; 13; 24.)

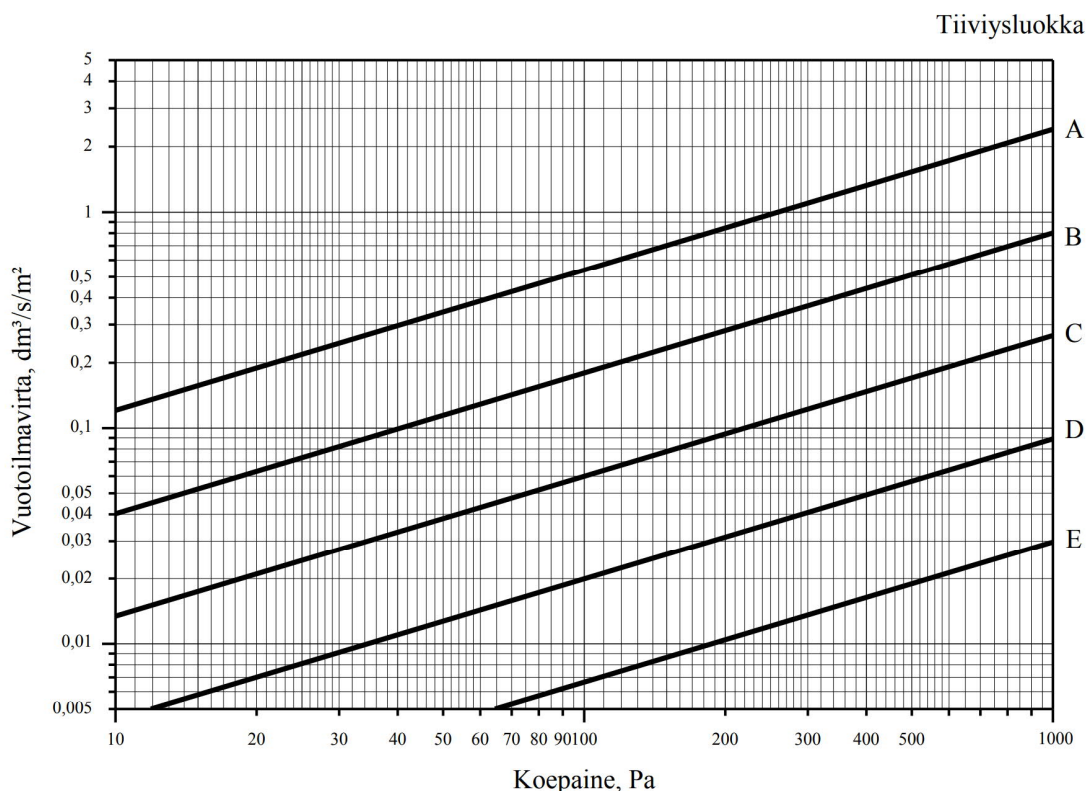


Kuva 7. Suodatinluokat ja hiukkaskokotaulukko (25).

7.1.2 Kanavisto

Ilmanvaihtokanavien kulkua hygieniatiloissa tulee välttää. Kanavien päälle kerääntyy pölyä ja likaa, joka toimii kasvualustana epäpuhtauksille. Kanavat tulee sijoittaa niin, että päätelaitteet pystytään asentamaan pintoihin, kuten seinään tai kattoon. Kanavistojen läpiviennit on eristettävä siten, ettei lika pääse kulkemaan seinärakenteen läpi. Kanavat tulee tarkastaa vuoden välein ja puhdistaa pölystä vähintään kolmen vuoden välein. Mikäli kanavissa on paljon likaa, ne tulee tarvittaessa desinfioida. (13)

Tiivis ilmanvaihtojärjestelmä vähentää vuotoilmavirtaa ja vaikeuttaa epäpuhtauksien leviämistä ilmanvaihdon kautta. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan ilmanvaihtojärjestelmän tiiviysluokaksi riittää luokka B. Tiiviysluokka saavutetaan käyttämällä seuraavaksi tiiviimmän luokan kanavaosia. Ilmanvaihtojärjestelmän tiiviysluokanluokan B saavuttaminen vaatii siis luokan C osia (kuva 8). Elintarviketeollisuudessa tulisi kuitenkin käyttää mahdollisimman tiiviitä osia vuotoilman vähentämiseksi.



Kuva 8. Ilmanvaihtojärjestelmän vuotoilmavirrat eri tiiviysluokissa vaipan pinta-alaa kohti. (17, s. 17)

Poistoilmakanavat pyritään suunnittelemaan alipaineiseksi. Luokkien 1 ja 2 poistoilmakanavat voivat olla ylipaineisia rakennukseen nähden, jos kanaviston tiiviysluokka on C. (17, s. 16–18.)

Kanavamateriaalin ja kanavaeristeen päällä olevan pellityksen tulee olla ruostumatonta terästä. Kanavat, joissa kulkee viileää ilmaa, tulee eristää niin että vesi ei pääse kondensoitumaan kanavan pinnoille. (13)

7.1.3 Päätelaitteet

Tuloilman päätelaitteet tulee suunnitella ja sijoittaa niin, että ilmavirta saadaan kohdistettua työskentelyalueille. Maitotuotteen kontaminaatiota voidaan estää kohdepuhalluksella. Tällöin suodatettu ilma puhalletaan laminaarisesti halutulle alueelle. Laminaarivirtaus ja paine-erot estävät ympäröivässä ilmassa olevien epäpuhtauksien pääsyn tuoteeseen kohdepuhalluksen alueella. Erittäin vaativissa hygieniatiloissa voidaan tuloilman pääte-elimeen sisällyttää HEPA-suodatin. (26, s. 113.)

Tuloilman päätelaitteena voidaan käyttää myös kangaskanavaa. Koko kanaviston voi teoriassa korvata kangaskanavalla, mutta tässä työssä kankaalla tarkoitetaan perinteisen päätelaitteen korvaavaa osaa. Kangaskanava mahdollistaa tasaisen ilmavirran koko kanavan pituudelta. Kangaskanavasta tulee ilmaa myös ylöspäin, mikä vähentää kanavan päälle kerääntyvää pölyä. Laaja puhalluspinta-ala vähentää vedon tunnetta suurillakin ilmamäärillä sekä jäähdytyskaudella ilmaa jäähdytettäessä. Kangaskanavat pitää pestä vähintään kerran vuodessa hyvän hygieniatason ylläpitämiseksi. (13)

Poistoilman päätelaitteina voidaan käyttää imukartioita tai muita tyyppillisiä poistoilman päätelaitteita. Puhdastiloista poistettava poistoilma on usein puhdasta. (13)

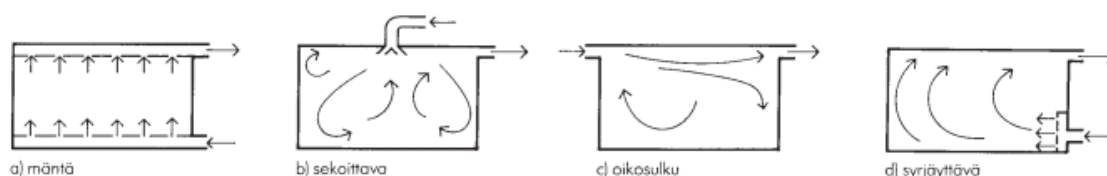
7.2 Tuloilmavirta

Tuloilmavirran ollessa suurempi kuin poistoilmavirta, hygieniatila on ylipaineinen. Tällöin ympäröivissä tiloissa oleva likainen ilma ei pääse rakenteiden läpi hygieniatilaan. Tuloilmalla pystytään vaikuttamaan tilassa vallitsevaan lämpötilaan sekä työntekijöiden viihtyvyyteen. Riittävä ilmanvaihtuvuus ja lämpötila mahdollistavat työntekijöille miellyttävät työskentelyolosuhteet. Tuloilmavirta mitoitetaan ilmanvaihtuvuuden sekä tilaan tarvittavan lämmitys- tai jäähdytystehon avulla. Tyyppillisesti ilman tulisi vaihtua 20 1/h. (13)

Tuloilmavirran jako voidaan jakaa neljään perustyyppiin (kuva 9) (27):

- määntävirtaukseen
- sekoittavaan ilmanjakoon

- oikosulkuvirtaukseen
- syrjäyttävään ilmanjakoon.



Kuva 9. Ilmanjaon perustyytit (27).

7.2.1 Mäntävirtaus

Mäntävirtauksella tarkoitetaan koko tilan läpi yhtenä rintamana kulkevaa ilmavirtaa. Ilmavirta kulkee puhtaammalta alueelta likaisemmalle alueelle. Virtaus voi kulkea joko katon ja lattian välillä tai seinästä seinään.

Mäntävirtauksella tilaan saadaan tasainen ilmavirta ja koko tilan ilma pystytään vaihtamaan tehokkaasti. Epäpuhtaudet eivät pääse sekoittumaan koko tilaan, joten puhtain alue on lähellä tuloilmaelimiä. Tehokkaalla ilmanvaihtuvuudella pystytään poistamaan epäpuhtauksia ja jäähdyttämään tilaa.

Mäntävirtaus vaatii hyvää suunnittelua ja paljon tilaa. Esimerkiksi vaakatasossa kulkeva mäntä vaatii kahden seinän pinta-alan tulo ja poistoilmalle. Katosta lattiaan -virtauksella saadaan ilmaa kevyemmät epäpuhtaudet virtaaman virtauksen mukana suoraan alas, eivätkä ne nouse ilman mukana leijaillemaan. Mäntällä saadaankin keskimäärin alhaisempia epäpuhtauspitoisuuksia kuin muilla ilmanjaoilla. (13; 27; 28.)

7.2.2 Sekoittava ilmanjako

Sekoittava ilmanjako tarkoittaa perinteistä ilmanvaihtoa, jossa tulo- ja poistoilman päätelaitteet ovat tasaisesti tilassa. Päätelaitteista puhallettava tuloilmavirta sekoittuu tilassa olevaan ilmaan ja tasaa ilman laatua. Epäpuhtauksista ei yritetä päästä eroon, vaan ne sekoittuvat tasaisesti, jolloin tilan huippupitoisuudet laimenevat. (28)

Mäntävirtaukseen verrattuna sekoittava ilmavirta poistaa epäpuhtauksia huonommin. Tämä johtuu esimerkiksi lämpötilakerrostumisesta ja epätäydellisestä sekoittumisesta.

Sekoittava ilmavirta sopii mäntävirtausta paremmin kuitenkin lämmitykseen, koska tuloilma sekoittuu tasaisemmin tilassa olevaan ilmaan. Tuloilmavirran tulee olla noin kaksi kertaa suurempi sekoittavassa ilmavirrassa, jotta saadaan sama ilmanlaatu kuin mäntävirtauksella. (27; 28.)

Tuloilmalaitteiden määrästä ja sijoittelusta voi tulla vedon tunnetta. Pieni määrä päätelaitteita vaatii suuremman ilmamäärän laitetta kohti, mikä johtaa suureen ilmannopeuteen. Päätelaitteiden sijoittelussa täytyy ottaa huomioon, että järjestelmä toimii sekoitavasti, eikä tee esimerkiksi oikosulkua. Oikosulkuvirtaus syntyy, jos tuloilmalaite puhalttaa poistoilmalaitteeseen eikä ilma pääse sekoittumaan huoneilmaan. (28)

Meijerissä maitotuote kulkee pääsääntöisesti prosessiputkessa tai säiliössä eikä ole suorassa kosketuksessa ympäröivään ilmaan. Tiloihin riittää siis tavallinen sekoittava ilmanvaihto. Päätelaitteet on sijoitettava siten, että ihmisten työskentelyalueelle saadaan optimaaliset olosuhteet. Liian kova ilmavirta työpisteillä aiheuttaa vedon tunnetta. (13; 27.)

7.2.3 Oikosulkuvirtaus

Oikosulkuvirtauksella tulo- ja poistoilman päätelaitteiden välille luodaan ilmasuihku. Tuloilmavirta sekoittuu rajallisella alueella tilan ilmaan ja ottaa mukaansa epäpuhtauksia. Oikosulkuvirtausta voidaan käyttää tilanteissa, jossa perinteinen kohdepoiston poistoilmahuuva on liian pieni halutulle alueelle ja tila on liian iso järkevälle mäntävirtaukselle. (13)

7.2.4 Syrjäyttävä ilmanjako

Syrjäyttävällä ilmanjaolla pyritään luomaan samantyylinen ilmanjako kuin mäntävirtauksella. Suurien päätelaitteiden ja suuren ilmavirran sijaan tilan ilmanjakoa hallitaan esimerkiksi lämpötilakerrostumilla. Tilan lattiatasolle puhalletaan viileää ilmaa, mikä syrjäyttää lämpimän ja epäpuhtaan ilman ylemmäksi. Tuloilman nopeuden täytyy olla tarpeeksi matala, jotta tuloilma ei sekoitu huoneilman kanssa. Tilaan syntyy kerrostumia ilman tiheyden mukaisesti. Epäpuhtauksia saadaan poistettua tehokkaasti oleskeluvyöhykkeeltä.

Syrjäyttävä ilmanjako toimii parhaiten korkeissa huoneissa, joissa on tilaa kerrostumiselle sekä tiloissa, joissa epäpuhtauden lähteet ovat lämpimiä. (28)

7.2.5 Ilman lämpötila

Tuotantotiloissa työskentelevillä on paljon vaatteita päällä. Työvaatteet, kuten hiussuojat, vähentävät ihmisestä lähteviä epäpuhtauksia. Ilman lämpötilan tulee olla $17 \pm 2^\circ\text{C}$, jotta työntekijöillä olisi miellyttävä työskennellä. (20)

7.2.6 Ilman kosteus

Tuotantotiloissa suhteellisen ilman kosteuden tulisi olla $45 \pm 5 \%$. Ilman kosteus ei saa olla niin suuri, että vesi kondensoituu pinnoille ja antaa mikrobeille kasvualustan. Kier-toilmakojeilla saadaan jäähdytettyä tilaa ilman, että ilman mukana tulee lisää kosteutta. Mikäli tarpeellista, ilmaa voidaan kostuttaa kanavassa tai ilmanvaihtokoneessa olevalla höyrykostuttimella. (13; 28.)

7.3 Lämmöntalteenotto

Lämmöntalteenotto ottaa lämpimästä poistoilmasta lämpöä ja siirtää sen kylmään tuloilmaan. Lämmöntalteenotto vaikuttaa rakennuksen energiatehokkuuteen vähentämällä tuloilman lämmitysenergian tarvetta. Lämpöä voidaan ottaa talteen eri tavoin, joista vain nestekiertoinen lämmönsiirrin sopii hygienia-tiloihin. (13; 29.)

7.3.1 Pyörivä lämmönsiirrin

Pyörivällä lämmönsiirtimellä on erittäin hyvä, jopa 80 %:n, lämmönsiirron hyötysuhde. Pyörivässä lämmönsiirtimessä on ilmaa läpäisevä hitaasti pyörivä sylinteri, jonka läpi tulo- ja poistoilma virtaavat. Pyörivällä lämmönsiirtimellä voidaan siirtää myös kosteutta. Sylinteri edellyttää, että ilmanvaihtokoneet ovat joko päällekkäin tai rinnakkain.

Pyörivä lämmönsiirrin sekoittaa aina tulo- ja poistoilmaa keskenään. Poistoilmassa olevat epäpuhtaudet voivat joutua takaisin tuloilmaan, joten pyörivää lämmönsiirrintä ei tule käyttää hyvää hygieniaa vaativissa tiloissa. (13; 29.)

7.3.2 Levylämmönsiirrin

Levylämmönsiirtimessä tulo- ja poistoilmavirrat ohjataan vastakkain tai ristiin. Ilmavirtojen välissä on metallilevy, joka välittää lämpöenergiaa. Ilmavirrat eivät sekoitu keskenään kuten pyörivässä lämmönsiirtimessä.

Ongelmana levylämmönsiirtimessä on veden kondensoituminen. Ilmassa oleva kosteus kondensoituu vedeksi ja jää metallilevyyn, kun tulo- ja poistoilman lämpötilaero on suuri. Kondensoitunut vesi heikentää siirtimen tehoa ja toimii kasvualustana mikrobeille ja muille epäpuhtauksille. (13)

7.3.3 Nestekiertoinen lämmönsiirrin

Nestekiertoisessa lämmönsiirtimessä tulo- ja poistoilmakanavissa on lämmityspatterit, joiden välillä kiertää neste, esimerkiksi veden ja glykolin seos, joka siirtää lämpöenergiaa. Lämmönsiirrin ei siis sekoita tulo- ja poistoilmaa keskenään, ja siksi se sopiikin lämmönsiirtimeksi hygieniatioissa. Nestekiertoinen järjestelmä ei myöskään siirrä kosteutta. Nestekiertoinen lämmönsiirrin mahdollistaa myös tulo- ja poistoilmakoneiden sijoituksen eri tiloihin. (13; 29.)

7.4 Kiertoilmavirta

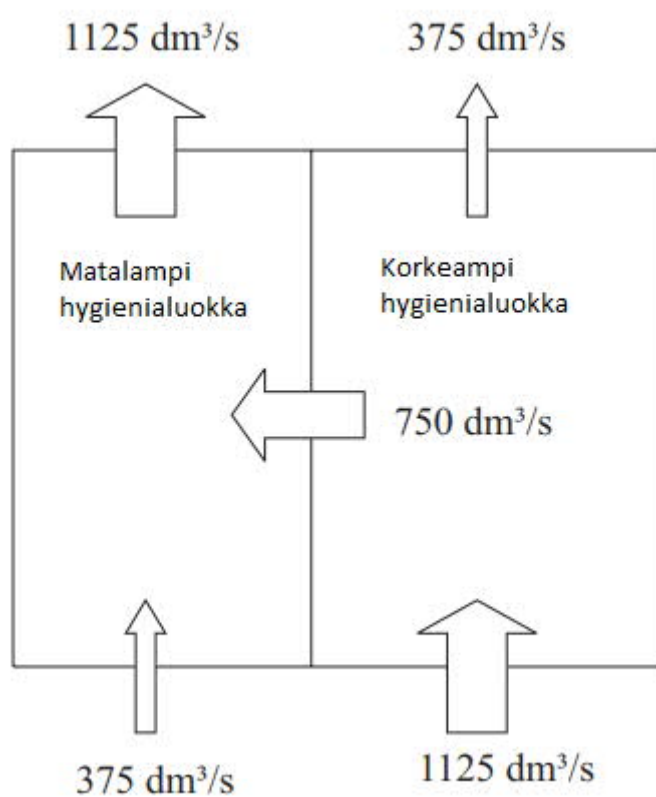
Kiertoilmalla tarkoitetaan tilasta poistettua poistoilmaa, joka palautetaan takaisin samaan tai toiseen tilaan. Tuotantotiloissa oleva ilma on puhdasta hyvän suodatuksen ja ilmanvaihtuvuuden ansiosta, joten tiloissa olevaa ilmaa on hyvä hyödyntää kiertoilmana. Kiertoilmaa on hyvä käyttää jäähdytykseen, sillä se ei kondensoi yhtä paljon kuin raitisilma. Tiloihin täytyy kuitenkin tuoda myös raitista tuloilmaa, jotta tilojen painetasot pysyvät kunnossa. Kiertoilman käyttäminen on energiatehokkaampaa kuin kylmän raitisilman lämmittäminen. (13; 20, s. 4.)

7.5 Siirtoilma

Siirtoilmalla tarkoitetaan tilasta toiseen siirrettävää ilmaa. Siirtoilmaa voidaan siirtää joko paine-erojen avulla tai koneellisesti. Meijereissä suuret tuotantotilat voidaan jakaa

hygienia-alueittain verholla, joka estää ihmisten ja materiaalivirran kulun eri hygienialuokkien välillä. Verho estää materiaalivirran ristikontaminaation prosessin eri vaiheissa.

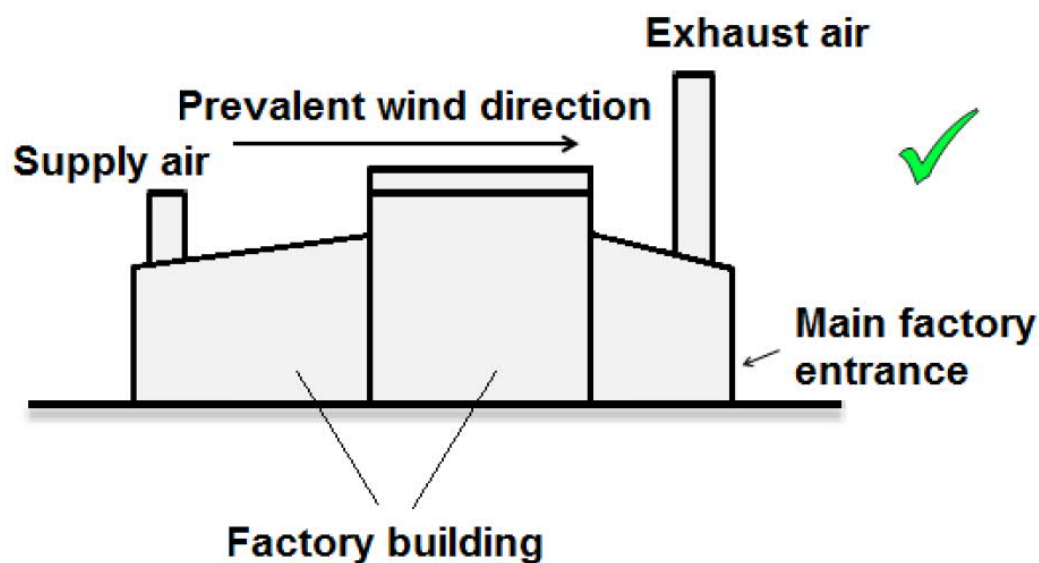
Ilma pääsee kuitenkin liikkumaan verhon läpi vapaasti, joten ilman täytyy liikkua aina puhtaammalta alueelta likaisempaan. Tuotantotilan puhtaammasta päästä tehdään ylipaineinen suhteessa likaisempaan päähän tuomalla sinne enemmän tuloilmaa. Likaisemmasta päästä poistetaan suurempi ilmamäärä, jolloin tilan ilmatase pysyy tasapainossa (kuva 10). (13; 20.)



Kuva 10. Esitys kahden eri hygienialuokassa olevan avoimen tilan ilmatasapainosta (20).

7.6 Poistoilmavirta

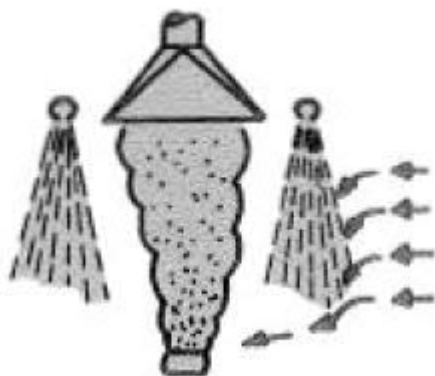
Poistoilma on vietävä vesikaton yläpuolelle. Se ei saa aiheuttaa vaaraa muille rakennuksille, ympäristölle tai ihmisille. Ulospuhalluslaitteet tulee sijoittaa niin, ettei poistoilma pääse sekoittumaan tuloilmaan (kuva 11). (17, luku 14)



Kuva 11. Tehdasrakennuksen tulo- ja poistoilman sijainnit (3, s. 123).

Kohdepoistoja käytetään, kun kohteessa syntyy paljon epäpuhtauksia. Meijereissä kohdepoistoja tarvitaan esimerkiksi pakkaamossa, joissa valmis tuote pakataan säilytystä ja kuljetusta varten. Pakkaamossa syntyy käryä ja pölyä.

Kun epäpuhtauksia syntyy vain tietyissä pisteissä, on järkevintä käyttää kohdepoistoja. Epäpuhtauden lähteen lähelle tuodaan huuva, joka poistaa likaisen ilman. Huuva voidaan varustaa tuloilmaverhoilla, jotka vähentävät epäpuhtauksien sekoittumisen ympäröivään ilmaan (kuva 12). Tuotantotilan poistoilmavirtaan ei lasketa kohdepoistojen virtaamia. Kohdepoistoille pitää kuitenkin tuoda vastaava tuloilmamäärä. (13; 28.)



Kuva 12. Kohdepoiston ympärillä oleva ilmaverho (28).

8 Automaation suunnitteluohje

Rakennusautomaatio on osa nykyaikaista LVI-järjestelmää. Varsinaisia rakenteita ja materiaaleja koskevia vaatimuksia tuotantotiloilla ei automaation suhteen ole. Samaa automatiikkaa voidaan käyttää asuinkiinteistöissä sekä meijeriteollisuudessa. Teollisuuskohteissa automaatiota käytetään huomattavasti enemmän kuin kiinteistöissä ja sillä pystytään varmistamaan järjestelmien toimivuus sekä tuotannon turvallisuus. (30)

Tuotantotiloissa automatiikkaakin tulee olla mahdollisimman vähän. Säätolaitteet ja alakeskukset tulee asentaa tuotantotilojen ulkopuolelle. Antureissa voidaan käyttää langattomia yhteyksiä, jolloin anturit ja kytkimet tarvitsevat vain sähkövirran, mikä vähentää antureille tulevien kaapeleiden määrää. Langattomuus mahdollistaa automaation luettavuuden sekä säädettävyyden myös rakennuksen ulkopuolelta. (30;31;32.)

Automaation keskeinen tehtävä on LVI-järjestelmien säätäminen paremman energiatehokkuuden saavuttamiseksi sekä turvallisuuden lisäämiseksi. Automaatiolla pystytään ohjailemaan jokaista osa-aluetta LVI-järjestelmissä. Oikeanlaisella automaatiosuunnittelulla saadaan vähennettyä rakennuksen energiakulutusta ja siitä johtuvia kustannuksia.

Ilmanvaihdossa automaatiolla pystytään tarkkailemaan esimerkiksi tilojen tulo- ja poistoilman laatua. Poistoilmasta voidaan mitata muun muassa ilman lämpötilaa, kosteutta

sekä hiilidioksidipitoisuutta. Mitattujen arvojen perusteella voidaan säätää tuloilman lämpötilaa ja määrää sekä lämmitys- tai jäähdytyspatterin tehoa. Säättämällä ilmamäärää tarpeen mukaan päästään tehokkaampaan energiankulutukseen kuin käyttämällä vakioilmamäärää. (30; 32.)

Käyttövesien lämpötilaa voidaan tarkkailla laadun varmistamiseksi. Aikaisemmin mainittu kylmän käyttöveden tyhjennysventtiili saa tiedon vesiputkessa olevalta lämpötilanturilta ja laskee lämmenneen veden pois järjestelmästä. Lämpimän käyttöveden lämpötilaa pystytään myös korottamaan, mikäli prosessi vaatii kuumempaa vettä.

Automaatiolla pystytään mittaamaan tilojen lämpötilaa. Lämpötilatiedon avulla automaatiojärjestelmä pystyy säätämään jäähdytys- tai lämmitystehon tarvetta. Tilojen turha lämmitys tai jäähdytys lisää energiankulutusta ja kustannuksia.

Automaation avulla saadaan reaaliaikaisia hälytystietoja. Putkissa sekä kanavissa olevilta paineantureilta saadaan tietoa järjestelmien painetasapainoista. Tavallista korkeampi paine-ero voi viestiä tukoksesta. Esimerkiksi pumpun rikkoutuessa tai raitisilmasuodattimen tukkeutuessa hälytykseen pystytään reagoimaan välittömästi. (30)

9 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena on ollut perehtyä meijeriteollisuuden tuotantotiloihin LVIA-suunnittelun näkökulmasta. Hygienia on erittäin tärkeässä osassa elintarviketeollisuudessa, ja se näkyy myös LVIA-suunnittelussa. Ohjeessa syvennytään meijeriteollisuuden hygieniariskeihin ja tarpeisiin, jotta suunnittelija ymmärtäisi oikeanlaisen suunnittelun tärkeyden.

Meijeriteollisuuden LVI-suunnittelu eroaa huomattavasti tavallisen asuinrakennuksen suunnittelusta. Oikeiden olosuhteiden lisäksi suunnittelijan on kiinnitettävä huomiota materiaalivalintoihin, päätelaite- ja kalustetyyppeihin, reitityksiin sekä huollettavuuteen. Suunnittelijan tulee hahmottaa rakennus kokonaisuutena eikä vain erillisinä tiloina.

Automaation osalta suunnittelu ei juuri eroa tavallisesta kohteesta. Automatiikan määrä on kuitenkin suurempi, ja automaatiota käytetään laajemmin kuin perinteisessä asuinrakennuksessa.

Muuhun elintarviketeollisuuteen verrattuna meijerituotteet ovat pitkälti umpinaisessa prosessiputkessa tai säiliössä. Maito ei ole kosketuksissa ympäröivään ilmaan, kuten esimerkiksi liha lihanjalostamoissa. Meijerien tuotantotilojen suunnittelussa tulee kuitenkin ottaa huomioon hyvin samankaltaisia asioita kuin muussa elintarviketeollisuudessa. Monet asiat, kuten hygienia-alueet, pätevät jokaiseen tuotantolaitokseen, jossa käsitellään elintarvikkeita.

Tämä insinööriyö antaa suunnittelijalle lähtövalmiudet meijeriteollisuuden LVI-suunnitteluun. Insinööriyössä on koottu ohjeita ja standardeja eri lähteistä. Suunnittelijan on muistettava noudattaa maakohtaisia määräyksiä. Suunnittelijan on myös otettava huomioon, että jokainen suunnittelukohde on tapauskohtainen ja jokaista kohdetta on tarkasteltava yksilöllisesti ja otettava huomioon tilaajan erikoisvaatimukset.

Insinööriyötä tehdessäni olen oppinut elintarvike- sekä meijeriteollisuuden hygieniavaatimuksista ja LVIA-suunnittelusta. Automaation osalta ohje jäi lyhyeksi, koska automaatiolla ei ole erityisiä hygieniavaatimuksia vaan se tukee LVI-järjestelmiä. Tämän takia automaatio-osuuden rajaaminen meijeriteollisuuteen oli haasteellista. Suunnitteluohjetta voisi tarkentaa automaation osalta syventymällä automaatiojärjestelmiin.

Lähteet

- 1 Pöyryn historia. Verkkoaineisto. Pöyry. <<http://www.poyry.fi/tietoa-meista/poyry-suomessa/poyryn-historia>>. Luettu 8.3.2018
- 2 Food hygiene. Verkkoaineisto. Maailman terveysjärjestö WHO. <http://www.who.int/foodsafety/areas_work/food-hygiene/en/>. Luettu 8.3.2018.
- 3 Doc 44: Hygienic design principles for food factories. 2014. European Hygienic Engineering and Design Group.
- 4 Hygienia sisätiloissa. Tilasuunnittelu. 2017. LVI 05-10599. Rakennustieto Oy.
- 5 SFS-EN 15593: Pakkaukset. Hygienian hallinta elintarvikepakkausten tuotannossa. Vaatimukset. 2008. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 6 SFS-EN 1672-2+A1: Elintarvikelineet. Perusteet. Osa 2: hygieniavaatimukset. 2009. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 7 Yleistä mikrobeista. 2016. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. Verkkoaineisto. <<https://www.evira.fi/elintarvikkeet/tietoa-elintarvikkeista/elintarvikevaarat/ruokamyrkytykset/yleista-mikrobeista/>>. Luettu 12.3.2018
- 8 Mikrobien kasvua edistävät tekijät. 2016. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. Verkkoaineisto. <<https://www.evira.fi/elintarvikkeet/tietoa-elintarvikkeista/elintarvikevaarat/ruokamyrkytykset/yleista-mikrobeista/mikrobien-kasvua-edistavat-tekijat/>>. Luettu 12.3.2018
- 9 Usein kysyttyä raakamaidosta. 2016. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. Verkkoaineisto. <<https://www.evira.fi/elintarvikkeet/alkutuotanto/elaimista-saatavat-elintarvikkeet/maito/usein-kysyttya-raakamaidosta/>>. Luettu 8.3.2018.
- 10 Raakamaito ja ruokamyrkytykset. 2016. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. Verkkoaineisto. <<https://www.evira.fi/elintarvikkeet/alkutuotanto/elaimista-saatavat-elintarvikkeet/maito/raakamaito-ja-ruokamyrkytykset/>>. Luettu 8.3.2018.
- 11 EY N:o 853/2004: Eläinperäisiä elintarvikkeita koskevat erityiset hygieniasäännöt. 2017. Euroopan Parlamentti ja neuvosto.
- 12 Maidon käsittely. 2017. Verkkoaineisto. Valio. <<https://www.valio.fi/tuotteet/artikkeli/maidon-kasittely-1/>>. Luettu 7.3.2018.

- 13 Raiko, Erja. 2018. LVI-pääsuunnittelija, Pöyry Finland Oy. Haastattelu 15.3.2018. Haastattelijana Tuomas Lippo.
- 14 Hygienia sisätiloissa. Yleiset perusteet. 2017. LVI 05-10598. Rakennustieto Oy.
- 15 5520F Oras Medripro – Pesuallashana, 9/12 V. 2018. Tekninen esite. Oras Oy.
- 16 Maa- ja metsätalousministeriön asetus ilmoitettujen elintarvikehuoneistojen elintarvikehygieniasta annetun maa- ja metsätalousministeriön asetuksen muuttamisesta. 2014. 1119/2014. Verkkoaineisto. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20141119>>. Luettu 25.9.2018
- 17 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D2. Ympäristöministeriö.
- 18 Typical Freezing and Boiling Points of Aqueous Solutions of DOWTHERM SR-1 and DOWTHERM 4000. DOW. Verkkoaineisto. <http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh_0985/0901b80380985f78.pdf?filepath=/heattrans/pdfs/nore>. Luettu 22.9.2018
- 19 Glycol Heat-Transfer Fluids Ethylene Glycol versus Propylene Glycol. Verkkoaineisto. Veiola Water Tech. <http://www.veoliawatertech.com/crownsolutions/ressources/documents/2/21823_Glycol.pdf>. Luettu 21.9.2018
- 20 Veden lämpötila. Vesi- ja viemärlaitteistot -opas. Talotekniikkainfo. Verkkoaineisto. <<https://www.talotekniikkainfo.fi/vesi-ja-viemarilaitteistot-opas/luku-2-rakennuksen-vesilaitteisto/6>> . Luettu 18.9.2018
- 21 UV-desinfiointi. Verkkoaineisto. Wetec Finland Oy. <<https://www.wetec.fi/uv-desinfiointi>> Luettu 10.8.2018.
- 22 Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas. 2017. Talotekniikkateollisuus ry.
- 23 Recair™ Hygieniakone. Tekninen esite. Recair Oy.
- 24 Suodatinluokat ja niiden tunnuksset. Verkkoaineisto. Hengitysliitto. <https://www.hengitysliitto.fi/sites/default/files/liitetiedostot/suodatinluokat_tunnukset.pdf>. Luettu 13.3.2018
- 25 Hiukkaskokotaulukko. Verkkoaineisto. Biobe Oy. <http://www.biobe.fi/tuotteet/suodattimet/images/hiukkaskokotaulukko_001.jpg>. Luettu 13.3.2018

- 26 Puhdastilojen tuloilmalaitteet SPNH ja SPNV. 2016. Tekninen esite. Fläkt Woods Oy.
- 27 Innanen, Seppo. 2018. Erikoistilojen LVI-tekniikka. Ammattikorkeakoulun luento. Metropolia Ammattikorkeakoulu
- 28 Teollisuusilmanvaihdon suunnittelu, osat 1-3. 1989. LVI 30-10148, LVI 30-10149 ja LVI-30-10150. Rakennustieto Oy.
- 29 Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto. 2010. LVI 38-10454. Rakennustieto Oy.
- 30 Holopainen, Teemu. 2018. Automaatiosuunnittelija, Pöyry Finland Oy. Haastattelu 24.9.2018. Haastattelijana Tuomas Lippo.
- 31 Rakennusten säätölaitteiden käyttö ja huolto. 1994. LVI 49-10234. Rakennustieto Oy.
- 32 Ali-Rantala, Olli. Tuoteryhmäpäällikkö. Lindroos Hannu. Aluepäällikkö. 2018 Swegon ekskursion. Kirkkonummi. 18.9.2018