

Teemu Saarenmaa

Erikoispiirteet elintarviketuotantolaitoksen sähkösuunnittelussa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

21.11.2016

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Teemu Saarenmaa Erikoispiirteet elintarviketuotantolaitoksen sähkösuunnittelussa 44 sivua + 1 liite 21.11.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Sähköprojektipäällikkö Jussi Toivonen Lehtori Vesa Sippola
<p>Insinööriyö toteutettiin SRV Rakennus Oy:lle, joka kuuluu suomalaiseen rakennusalan pörssi-yhtiö SRV Yhtiöt Oy:öön. Aiheeksi insinööriyöhön valittiin käynnissä olevan projektin pohjalta elintarviketuotantolaitoksen sähkösuunnitteluun liittyvien erikoispiirteiden selvittäminen, joita voidaan käyttää jatkossa hyväksi vastaavien kohteiden suunnittelun ohjauksessa.</p> <p>Työssä perehdyttiin ensin eri elintarvikkeiden tuotantotiloihin ja tuotantoon liittyviin hygieenisiin riskeihin keräämällä tietoa alaan liittyvästä kirjallisuudesta ja European Hygienic Engineering and Designing Group:n ohjeistuksista elintarviketehtaille.</p> <p>Perehtymisen pohjalta voitiin todeta tiloilta vaadittavan äärimmäisen puhtaita ja hygieenisiä olosuhteita varsinkin raakojen elintarvikkeiden käsittelyssä ja toisaalta taas tuotantotilat voivat olla räjähdysvaarallisia tiloja, jos tuotannossa käytetään jauhoja tai muita pölyäviä materiaaleja. Työssä tutkittiin sekä puhtaiden että räjähdysvaarallisten tilojen vaikutuksia eri järjestelmien sähkösuunnitteluun. Tilaaajalta saatavat lähtötiedot ovat tärkeimpiä asioita suunnittelun onnistumiselle, jotta jo suunnitteluvaiheessa voidaan huomioida käsiteltävän tuotteen hygieniavaatimukset, käytettävät puhdistusmenetelmät, prosessilaitteiden sijainnit ja tuotantoalueiden olosuhteet.</p> <p>Elintarviketuotantotilat antavat vaatimuksia sähkölaitteille ja asennustarvikkeille, kuten kaapeleille, käsiteltävästä elintarvikkeesta ja sen tuotantotavoista riippuen. Suunnittelussa pitää huomioida laitteiden rakenteelliset ominaisuudet ja kotelointiluokat, niiden sijoituspaikat sekä kemikaalinkestoisuudet. Räjähdysvaarallisissa tiloissa laitevalinta pitää tehdä tilan käyttötarkoituksen mukaan ja virtapiirien suojaukseen pitää valita oikeat suojalaitteet sekä maadoitusten toteutus vaarallisen kipinöinnin estämiseksi.</p> <p>Insinööriyön tuloksena saatiin hyvät lähtövalmiudet elintarviketuotantotilojen sähkösuunnittelussa huomioitaviin asioihin.</p>	
Avainsanat	elintarviketuotantotila, räjähdysvaarallinen tila, puhdistila, sähkösuunnittelu

Author Title	Teemu Saarenmaa Special Features of Electrical Design in Food Factories
Number of Pages Date	44 pages + 1 appendix 21 November 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Jussi Toivonen, Electrical Project Manager Vesa Sippola, Senior Lecturer
<p>This Bachelor's thesis was made for SRV Rakennus Oy which is part of a Finnish listed company called SRV Yhtiöt Oyj. The aim of this thesis was to research special features of electrical design in food factories that the company could use in the future. The aim was related to SRV's existing project.</p> <p>First, different kind of food production areas and production hygienic risks were studied by using books and European Hygienic Engineering and Designing Group principles for food factories.</p> <p>As a result of studying food production, it was noticed that the main issue in production areas is good hygienic conditions, especially when handling raw materials. Also, production areas can be explosive atmospheres, if products which apply dust in the air are handled there. This study focuses on clean and explosive areas and how these affect electrical design. It is very important that the customer of the project provides the necessary process information before starting the designing. The needed information could be for example hygienic requirements, used cleaning methods, locations of the process devices and conditions in the production areas.</p> <p>Food factories have requirements for electrical devices and installation materials, for example cables, depending on handled products and handling methods. In electrical design the structures of devices, IP-classifications, locations of the process devices and durability of chemical materials need to be observed. In explosive atmospheres the main points to observe are to choose the correct devices to areas where those are designed to be used, and to choose protection devices and earthing systems which prevent dangerous sparks.</p> <p>This Bachelor's thesis provides good principles for electrical design in food factories.</p>	
Keywords	food factories, explosive atmospheres, clean rooms, electrical design

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	SRV Yhtiöt Oyj	2
3	Työn taustoja elintarviketuotannosta	3
3.1	Elintarvikkeiden tuotanto ja valvonta Suomessa	3
3.2	Hygienian tärkeys	3
3.3	Pilaantumisriskit	4
4	Tuotantotilojen osat ja suunnittelu	4
4.1	Puhdastilat	5
4.1.1	Puhdastilat elintarviketeollisuudessa	6
4.1.2	Tilaluokat	7
4.1.3	Tilan rakentaminen	8
4.2	Räjähdyksivaaralliset tilat	8
4.2.1	Laiteryhmät ja -luokat	10
4.2.2	Räjähdyssuojusrakenteet	12
4.2.3	Räjähdyssuojasasiakirja	16
4.2.4	Sähkölaitteen valitseminen Ex-tilaan	17
4.3	Tuotantotilojen suunnittelu	19
4.3.1	Laitoksen sijoitus ja ulkotilat	19
4.3.2	Pinnat ja materiaalit	21
4.3.3	Laitteiden hygienia	21
5	Elintarviketuotantolaitoksen sähkösuunnittelu	21
5.1	Laitoksien sähkönjakelu ja varavoiman käyttö	22
5.1.1	Sähköliittymän mitoitus	22
5.1.2	Varavoima tuotantolaitoksessa	23
5.2	Yleiset ohjeet	24
5.2.1	Asennuspaikat	24
5.2.2	Läpiviennit	24
5.2.3	Kotelointiluokat	26

5.3	Kaapelireitit	26
5.3.1	Asennustavat	26
5.3.2	Materiaalit	27
5.3.3	Reittien mitoitus	28
5.4	Kaapelit	28
5.4.1	Kaapelit tuotantotilassa	28
5.4.2	Räjähdyksivaarallisista tiloista johtuvat lisävaatimukset kaapeleille	29
5.5	Sähkökeskukset	30
5.6	Sisävalaistus	31
5.7	Ulkovalaistus	33
5.8	Turvavalaistus	34
5.8.1	Riskialttiin työalueen valaistus	34
5.8.2	Valaisimien valinta	35
5.9	Maadoitukset	35
5.9.1	Yleiset maadoitukset	35
5.9.2	Prosessimaadoitukset	36
5.9.3	Maadoitukset ja potentiaalintasaus räjähdysvaarallisissa tiloissa	37
5.10	Prosessilaitteet	38
6	Esimerkkikohde	38
7	Yhteenveto	40
	Lähteet	42
	Liitteet	
	Liite 1. Räjähdyssuojaustasojen ja -rakenteiden välinen suhde.	

Lyhenteet

ATEX	Atmospheres explosibles. Ranskankielen sanoista tuleva lyhenne, jolla Suomessa usein viitataan räjähdysvaarallisiin tiloihin.
EHEDG	European Hygienic Engineering and Designin Group. Eurooppalainen yhteenliittymä, johon kuuluu laitevalmistajia, elintarvikkeiden tuottajia ja tutkimuslaitoksia.
EPL	Equipment protection level. Standardeissa esitetty luokittelu räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäville laitteille.
Ex	Explosive, räjähtävä. Käytetään etuliitteenä esimerkiksi laitteessa, joka on tarkoitettu käytettäväksi räjähdysvaarallisessa tilassa (Ex-laite).
Exd	Ex-tilassa käytettävän laitteen räjähdyspaineen kestävä rakennetyyppi.
Exe	Ex-tilassa käytettävän laitteen varmennettu rakennetyyppi.
Exi	Ex-tilassa käytettävän laitteen luonnostaan vaaraton rakennetyyppi.
Exm	Ex-tilassa käytettävän laitteen massavalurakenteinen rakennetyyppi.
Exn	Ex-tilassa käytettävän laitteen suojausrakenteinen rakennetyyppi.
Exo	Ex-tilassa käytettävän laitteen öljytäytteinen rakennetyyppi.
Exp	Ex-tilassa käytettävän laitteen suojatuuletteinen rakennetyyppi.
Exq	Ex-tilassa käytettävän laitteen hiekkatäytteinen rakennetyyppi.
Exs	Ex-tilassa käytettävän laitteen erikoisrakenteinen rakennetyyppi.
ExtD	Pölyvaaralliseen tilaan soveltuva tiivis rakennetyyppi.
GMP	Good Manufacturing Practice. Puhdastiloissa lähinnä lääketeollisuuden tuotantotavoille annetut viranomaisvaatimukset.

ISO-luokka Puhdastilat jaetaan standardin mukaan ISO-luokkiin 1-9 ilmassa esiintyvien hiukkaspitoisuuksien mukaan.

1 Johdanto

Insinööriyössä on tarkoitus perehtyä elintarviketuotantotilojen sähkösuunnittelussa huomioitaviin asioihin sekä käydä ratkaisuja läpi esimerkikohteessa käytettyjen ratkaisujen avulla. Aluksi perehdytään lyhyesti elintarviketuotantoon ja siihen liittyviin asioihin, kuten hygieniariskeihin ja -vaatimuksiin, joiden vuoksi voidaan eri järjestelmille tarvita erityisratkaisuja. Elintarviketuotantoon liittyviin tiloihin vaikuttavat monet eri tekijät, kuten tilojen vaaditut lämpötilat, tilojen vaaditut puhtaudet sekä tiloissa tuotettavat tuotteet. Esimerkiksi helposti pilaantuvien tuotteiden vuoksi tiloilta vaaditaan erinomaista puhtautta, ja toisaalta tuotannossa saattaa aiheutua pölyä tai siellä voidaan käsitellä kemiallisia aineita, jotka saattavat tehdä tilasta räjähdysvaarallisen. On kuitenkin huomioitava, että tuotannon kaikki tilat eivät välttämättä aseta erityisvaatimuksia sähkösuunnittelulle ja -asennuksille vaan suunnittelussa pitää huomioida jokainen tila sen käyttötarkoituksen ja saatujen lähtötietojen perusteella. Eri elintarvikkeiden ja niiden tuotantotavoista johtuen työssä tutkitaan puhdastilojen, räjähdysvaarallisten tilojen ja elintarvikealan standardeja ja määräyksiä sekä niiden vaikutuksia sähkösuunnitteluun. Lähteinä käytetään myös sähköalan standardeja, aiheeseen liittyvää kirjallisuutta ja alan asiantuntijoiden haastatteluista kerättyjä tietoja.

Insinööriyö toteutetaan SRV Rakennus Oy:lle, joka kuuluu suomalaiseen rakennusalan pörssiyhtiö SRV Yhtiöt Oyj:öön. Aiheeseen päädyttiin käynnissä olevan projektin pohjalta, jossa SRV rakentaa HKScan Oyj:lle uutta siipikarjan tuotantolaitosta. Uusi laitos korvaa vanhan tällä hetkellä käytössä olevan tuotantolaitoksen, ja se tulee tehostamaan tuotantoa huomattavasti. Tavoitteena on laatia työ, jota voidaan jatkossa hyödyntää yrityksen vastaavissa projekteissa suunnittelun ohjauksessa ja varsinaisen toteutuksen tukena työmaavalvonnassa.

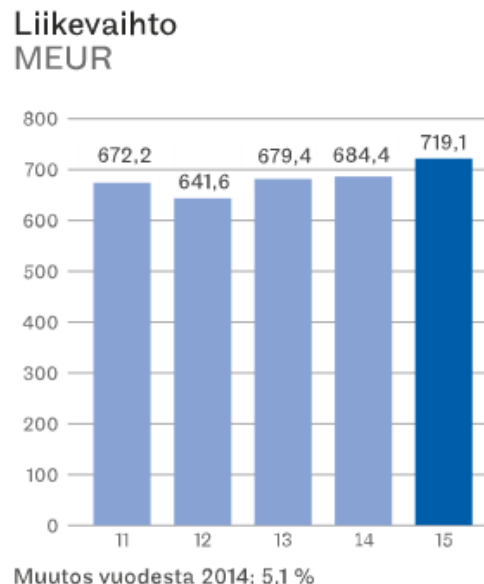
Työssäni ei perehdytä laitoksen prosessilaitteiden toimintaan eikä niiden automaatiojärjestelmiin, koska esimerkikohteessa SRV:n urakkaan ei sisälly prosessissa käytettäviä laitteita eikä niiden automaatiojärjestelmiä vaan ne ovat tilaajan omia hankintoja. Urakkaan sisältyy kuitenkin sähkönsyöttö prosessilaittekeskuksille ja tämä vaikuttaa laitoksen sähkön jakelun suunnitteluun.

2 SRV Yhtiöt Oyj

Vuonna 1987 perustettu yhtiö sai nimekseen SRV Viitokset. Yhtiön nimi tulee viidestä perustetusta yhtiöstä ja SRV on lyhenne Suomen Rakennusviennistä. 1990-luvulla yritys perusti yhteisyrityksiä Neuvostoliittoon, Latviaan sekä Turkuun ja Joensuuhun. Uusien yrityksiensä lisäksi SRV Viitokset teki yritysostoja Suomessa. 2000-luvulla yhtiön toiminta on laajentunut edelleen, ja vuonna 2007 SRV listautui Helsingin pörssiin. Myöhemmin SRV:n aluetoimintojen nimet muuttuivat ja vuonna 2011 SRV toimitila- ja asuntotuotanto yhdistyivät SRV Rakennus Oy:ksi. Nykyään yhtiöön kuuluu myös SRV Infra Oy. (Historia 2016.)

SRV on rakennusalalla toimiva konserni, jonka toiminta perustuu liike- ja toimitilojen, asuntojen sekä infrarakentamisen- ja logistiikkakohteiden kehittämiseen ja rakentamiseen. Yritys toteuttaa hankkeet hyödyntämällä omaa hankekehitys- ja projektinjohtomalliaan. Emoyhtiö SRV Yhtiöt Oyj:n vastuulla on konsernin taloudelliset ja hallinnolliset tehtävät. (Konsernin rakenne 2016; Vuosikertomus 2015.)

Vuonna 2015 SRV:n liikevaihto oli 719,1 miljoonaa euroa (kuva 1), josta Suomen liike-toiminnan osuus oli 91 %. Nykyään yrityksessä työskentelee hieman yli tuhat työntekijää. (Vuosikertomus 2015.)



Kuva 1. SRV:n liikevaihto vuosina 2011–2015 (Vuosikertomus 2015).

3 Työn taustoja elintarviketuotannosta

3.1 Elintarvikkeiden tuotanto ja valvonta Suomessa

Suomessa elintarviketeollisuus jakautuu laajasti ruokien ja juomien tuotantoon perusraaka-aineista pitkälle jalostettuihin valmisteisiin (Elintarviketeollisuus 2016). Tuotettavien elintarvikkeiden on oltava turvallisia, ja tätä varten Suomessa on säädetty elintarvikelaki, jonka on valmistellut maa- ja metsätalousministeriö. Laki antaa perusvaatimukset elintarviketuotannolle edellyttäen muun muassa tuotannon valvomista, todellisten tietojen antamista elintarvikkeista ja elintarvikkeiden jäljitettävyyttä. Lainsäädäntö perustuu pääosin Euroopan unionin yhteiseen lainsäädäntöön.

Valvovana viranomaisena toimii Maa- ja metsätalousministeriön hallinnon alla Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. Lisäksi valvontaan liittyvää työtä voivat tehdä esimerkiksi ympäristöterveydenhuollon johtajat, kuntien ja kaupunkien lääkärit ja eläinlääkärit. (Elintarviketuotanto 2016; Wirtanen 2006: 36; Korkeala 2007: 446–447.)

3.2 Hygienian tärkeys

Elintarvikehygienialla tarkoitetaan välittömiä toimenpiteitä ja edellytyksiä, joiden avulla varmistetaan elintarvikkeen sopiminen ihmisravinnoksi. Terveysteen, puhtauteen ja turvallisuuteen liittyviä toimenpiteitä valvotaan ja ohjeistetaan alkutuotannosta kulutukseen asti. Lain mukaan elintarvikehygieenisistä riskejä sisältävien työtehtävien suorittajan on Suomessa osoitettava hygieniosaamisensa testillä, jonka osa-alueita ovat muun muassa mikrobiologia, hygieeniset työtavat sekä omavalvonta ja lainsäädäntö. Panostamalla hygieniosaamiseen voidaan esimerkiksi ruokamyrkytyksien määrää vähentää, koska on arvioitu, että hygieniavaatimusten laiminlyönti aiheuttaa yli puolet niistä. (Elintarvikehygienia 2016.)

Kuluttajien vaatimukset valmistettavien tuotteiden laadusta ohjaa tuotantoa kontrolloituihin tiloihin, koska nykyään suositaan tuotteita, joita on prosessoitu mahdollisimman vähän ja samalla halutaan pitkiä säilyvyysaikoja. Prosessoinnin minimoiminen tarkoittaa, että tällaiset tuotteet ovat hyvin herkkiä kontaminaatiolle eli elintarvikkeen saastumiselle, joka voi aiheuttaa terveystarvekuluttajalle. (Wirtanen 2006: 36.)

3.3 Pilaantumisriskit

Elintarvikkeiden pilaantumista tutkitaan aistinvaraisin, kemiallisin ja mikrobiologisin menetelmin, joilla arvioidaan elintarvikkeen makuun, hajuun, rakenteeseen ja ulkonäköön epäedullisesti vaikuttavia tekijöitä. Pilaantuminen voi aiheutua useista tekijöistä, kuten mikrobiologisista ja kemiallisista syistä tai valmistukseen kuulumattomista vieraista aineista. Kaikki edellä mainitut tekijät voivat aiheuttaa kontaminaatoriskin tuotteelle. (Korkeala 2007: 177–181; SFS-EN 1672-2 2009: 12.)

Mikrobiologisiin syihin kuuluvat esimerkiksi tuholaiset, jotka voivat aiheuttaa vahinkoja tuotteelle tai elintarvikkeeseen kulkeutuneet mikrobit, jotka alkavat kasvaa ja pilaavat tuotteen. Siihen, kuinka nopeasti pilaantuminen tapahtuu, vaikuttavat ympäristön olosuhteet, elintarvikkeen rakenne ja käsittelyssä tapahtuneet virheet, kuten kylmäketjun katkeaminen. Yleisiä kalatuotteen pilaajia ovat maitohappobakteerit, koska bakteerit aiheuttavat maitohappokäymistä. Hiilihydraattipitoiset tuotteet pilaantuvat usein hiivoista johtuvasta käymisestä, jossa hapettomassa tilassa esimerkiksi mehuihin muodostuu alkoholia.

Kemiallista pilaantumista tapahtuu esimerkiksi silloin, jos tiloja on puhdistettu sellaisella aineella, mikä käynnistää kemiallisen reaktion tai tuote hapettuu biokemiallisen reaktion käynnistyttyä.

Valmistukseen kuulumattomia vieraita aineita voi johtua elintarvikkeeseen esimerkiksi käytettävän koneen osista. (Elintarvikkeiden saastuminen (kontaminaatio) ja pilaantuminen; SFS-EN 1672-2 2009: 12.)

4 Tuotantotilojen osat ja suunnittelu

Elintarvikealan tuotantotiloista käytetään usein nimitystä elintarvikehuoneisto. Elintarvikehuoneistoksi katsotaan sisällä tai ulkona oleva tila, jos siellä tapahtuu kaikki elintarvikkeelle tehtävä käsittely. Koko prosessi voi sisältää valmistusta, säilytystä, kuljettamista, tarjoilua, myyntiä tai muuta käsittelyä myytäväksi tarkoitetulle elintarvikkeelle. Alkutuo-
tantopaikka ei sisälly elintarvikehuoneistoihin.

Huoneistosta on tehtävä ilmoitus asianomaiselle valvontaviranomaiselle, tai jos tiloissa käsitellään eläimestä saatavaa elintarviketta, on sille haettava hyväksyntä elintarvikelaitokseksi ennen toiminnan aloittamista. (Elintarvikelaki 2006; Elintarvikehygieniasetus 2011; Elintarvikehuoneistot 2016.)

Insinööriyössä esimerkkinä käytetyssä laitoksessa käsitellään siipikarjasta saatavia elintarvikkeita, joten se katsotaan elintarvikelaitokseksi.

Euroopan unionin hygieniavaatimukset kaikille elintarvikealan toimijoille vaativat, että tilat on pidettävä puhtaina ja hyvässä kunnossa. Tämä tarkoittaa, että jo suunnitteluvaiheessa on otettava huomioon tilojen hyvät hygieeniset olosuhteet. Tiloissa on oltava riittävä määrä käymälöitä, ilmanvaihtoa, pesualtaita ja valaistusta. (Elintarvikehygieniasetus 2011.)

4.1 Puhdastilat

Puhdastilojen käyttö on lähtenyt lääkintätilojen ja elektroniikkakomponenttien valmistustiloista, jonka jälkeen niitä on alettu hyödyntämään myös elintarviketuotannossa. Elintarviketuotannossa ilman kautta kulkevat partikkelit voivat aiheuttaa tuotteen pilaantumisen ja sitä kautta aiheuttaa vaaraa ihmiselle. Tilojen rakentamisessa ja käyttämisessä pitää huomioida, että ilmassa esiintyvien partikkelien kontrollointi on oltava mahdollista sekä niiden pääsy tilaan ja säilyminen tilassa pystyttävä minimoimaan. Tilan käyttötarkoituksen mukaan voidaan kontrolloida muita olosuhteisiin vaikuttavia tekijöitä, kuten kosteutta, lämpötilaa ja ilmanpainetta. Esimerkiksi valmistustilana puhdastila koostuu huoneen rakenteista, sen ilmanvaihdosta ja tilassa työskentelevän henkilöstön toimintatavoista. (SFS-EN ISO-12644-1 2015: 5–7; Salo 2008.)

Puhdastiloille on laadittu kansainväliset GMP-viranomaisvaatimukset, jotka koskevat lähinnä potilasturvallisuuden varmistamista ja lääkkeiden valmistamista määräykset täytävissä tiloissa. GMP-lyhenne tulee kyseisten viranomaisvaatimusten nimestä Good Manufacturing Practice. Vaatimuksia tarkentavat kansainväliset ISO-puhdastilastandardit, jotka antavat ohjeita tilojen teknisille vaatimuksille ja suoritusarvoille. (Salo 2008.)

Tilat jaetaan kolmeen eri olotilaan valmius- ja käyttöasteen mukaan. As built eli rakennusvalmiissa tilassa kaikki käyttöhyödykkeet on asennettu ja ne toimivat, mutta tilaan ei ole vielä tuotu tuotantolaitteita eikä siellä ole henkilöstöä. At rest eli lepotilassa oleva puhdastila on täysin valmis, mutta tilassa ei vielä ole henkilöstöä. Operational eli toiminnassa olevassa puhdastilassa työskennellään ennalta sovitulla tavalla. Olotila vaikuttaa luokituksen määrittelyyn, joka voi muuttua olotilan mukaan. (Tuomi 2012. SFS-EN ISO 14644-1 2015: 9.)

4.1.1 Puhdastilat elintarviketeollisuudessa

Elintarviketeollisuudessa puhdastilat sopivat parhaiten niiden tuotteiden valmistukseen, jotka eivät vaadi kuumennusta ennen käyttöä tai valmistusprosesseihin, joissa kuumenkäsittely aiheuttaisi tuotteelle rakenteellisia muutoksia. Näitä ovat muun muassa leipomot tai lihan tuotannon pakkausvaihe. Erilaisten mikrobien, kuten bakteerien ja hiivaja homeitiöiden, määrät ovat elintarviketeollisuuden puhdastiloissa seurattuja arvoja, koska nämä voivat pilata tuotteen tai muodostaa jopa ihmisen terveydelle vaarallisia myrkyjä. Pahimpana hiukkaslähteinä elintarviketuotannossa ovat tiloissa työskentelevät ihmiset, sillä ihosta voi irrota päivässä miljoonia 20–40 µm:n kokoisia hilsepartikkeleja. Liikkuminen, kosmetiikka ja korut sekä ihottuma ja tulehtunut iho voi lisätä irtoavien hiukkasten määrää. Näiden vuoksi tuotantotiloissa on käytettävä tarkoitukseen sopivaa vaatetusta.

Elintarviketuotantotiloille ei ole asetettu tarkkaa sääntelyä ilmassa olevien hiukkasten lukumäärälle, vaan tilojen toteutustapa määritellään erikseen prosessikohtaisesti valmistustapojen mukaan. Tärkeimpänä on huomioitava prosessin osat, joissa kontaminaattoriski on suurin ja keskitettävä puhdastilaratkaisut tällaisiin paikkoihin. Hyvänä esimerkkinä voi pitää leipälinjaston uunin jälkeistä osioita, jolloin kontaminaattoriskiä voidaan huomattavasti pienentää ennen kuin leipä on paketoitu. (Salo 2008: 26; Wirtanen 2006: 36–37.)

4.1.2 Tilaluokat

Puhtaiden alueiden ja tilojen ilman hiukkaspitoisuutta valvomalla mahdollistetaan kontaminaatiolle herkkien materiaalien ja tuotteiden valmistaminen. Kansainvälinen ISO-standardisarja 12644 on Suomessakin vahvistettu standardi, joka määrittelee tilaluokat ilmassa olevien hiukkasten perusteella. Lisäksi standardi määrittelee testausmenetelmät ja näytteenottokehtien valinnan.

Luokat jaetaan hiukkaskokojen 0,1 µm–5 µm välillä yhdeksään eri luokkaan. Vertailuna tähän sopii esimerkiksi ihmisen hius, joka on kooltaan noin 100 µm. Nämä luokat on esitetty taulukossa 1. Vaikkei elintarviketuotannolle määritellä standardeissa tai laeissa tarkkaa luokkaa, johon pitäisi pyrkiä, niin laitokset käytännössä sijoittuvat taulukon väljempään päähän, kun taas tiukasti valvottuja tiloja ovat esimerkiksi lääkintä- ja elektrooniikkakokoonpanotilat. (Salo 2008; SFS-EN ISO 14644-1 2015: 1–3; Tuomi 2012.)

Puhdastilojen hiukkaspitoisuuden mukainen luokitus voidaan ilmoittaa joko yhdessä tai useammassa tilan olotilassa. (SFS-EN ISO 14644-1 2015: 10).

Taulukko 1. Taulukko 1. Standardin mukaiset ISO-luokat hiukkaspitoisuuden mukaan (SFS-EN ISO14644-1 2015: 11).

ISO-luokan numero (N)	Suurimmat hiukkaspitoisuudet (hiukkasia/m ³) hiukkasille, jotka ovat yhtä suuria tai suurempia kuin alla esitetyt koot ^a					
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1 µm	5 µm
1	10 ^b	d	d	d	d	e
2	100	24 ^b	10 ^b	d	d	e
3	1 000	237	102	35 ^b	d	e
4	10 000	2 370	1 020	352	83 ^b	e
5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	d, e, f
6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
7	c	c	c	352 000	83 200	2 930
8	c	c	c	3 520 000	832 000	29 300
9 ^a	c	c	c	35 200 000	8 320 000	293 000

Elintarviketuotannossa tilojen luokittelussa käytettyjä partikkelimääriä on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Raja-arvot elintarviketuotantotilan partikkelimäärille (Wirtanen 2006: 37).

**Raja-arvot a) partikkelimäärille ja b) mikrobimäärille erityyppisissä kontrolloiduis-
sa tiloissa: A) steriilituotantotila, B) steriilituotantoa ympäröivä tila, C) asepti-
nen tuotantotila ja D) kontrolloitu tila vähemmän kriittisille tuotantovaiheille.**

a)

Puhdastila- luokka	Partikkelimäärät / m ³		Käytössä	
	'Ei toimintaa' -tilassa 0,5 µm	5 µm	0,5 µm	5 µm
A	3500	1	3500	1
B	3500	1	350000	2000
C	350000	2000	3500000	20000
D	3500000	20000	ei määritelty	ei määritelty

b)

Puhdastila- luokka	Ilmanäyte pmy / m ³	Laskeumamalja (Ø 9 cm) pmy / 4h	Kontaktiagar (Ø 5,5 cm) pmy / pinta	Hanskojen mikrobijäljet pmy / hanska
A	< 1	< 1	< 1	< 1
B	10	5	5	5
C	100	50	25	ei määritelty
D	200	100	50	ei määritelty

4.1.3 Tilan rakentaminen

Usein puhdastilat sijaitsevat rakennuksen sisällä tietyllä alueella ja siksi suunnitelmat on oltava valmiina jo hyvissä ajoin, jotta tarvittava talotekniikka voidaan rakentaa valmiiksi. Puhdastila voidaan rakentaa työmaalla tai se voidaan tuoda paikalle valmiiksi kasattuna moduulina. Tila on pyrittävä rakentamaan suunnitelmien mukaisesti ja puhtauteen on kiinnitettävä erityistä huomiota jo rakentamisen aikana. Turhaa kulkua puhtaana ja likaisen tilan on vältettävä. (SFS-EN ISO 14644-4 2001: 18; Whyte 2001: 95.)

Rakentamisessa tulee huomioida, että käytettyjen elementtien, ovien ja ikkunoiden saumat tehdään niin tiiviiksi, ettei ilma pääse vuotamaan näiden kautta, koska vuotaminen vaikuttaa tilan ilmanpaineeseen. Kattoon asennettava talotekniikka suositellaan integroitavan kattoon. (Whyte 2001: 98–100.)

4.2 Räjähdyksivaaralliset tilat

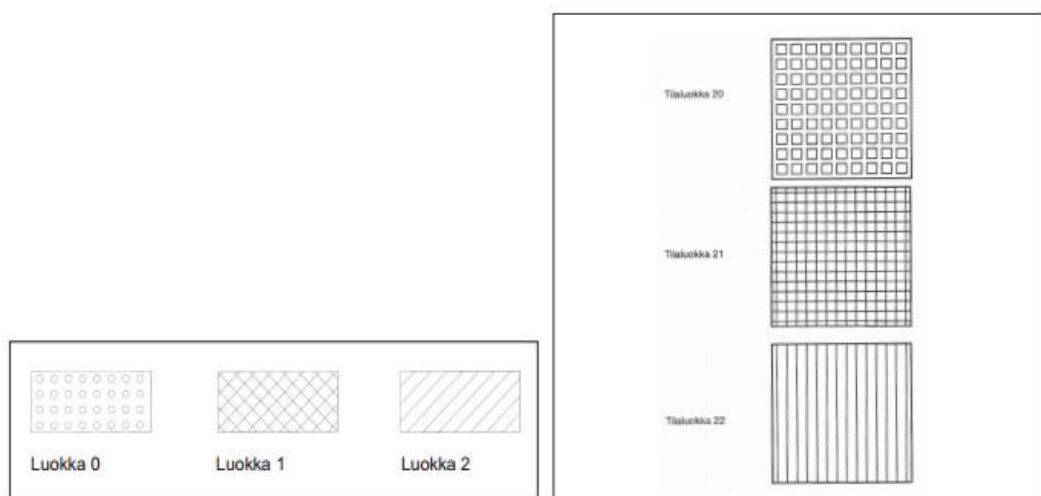
Jos tilassa tai sen osassa käytetään tai säilytetään materiaaleja, joista voi syntyä ilman kanssa sekoittuneena räjähdyskelpoinen seos, niin tällaista tilaa kutsutaan räjähdysvaaralliseksi tilaksi eli Ex-tilaksi. Näitä materiaaleja ovat palavat kaasut, palavan nesteen höyryt ja palava pöly. Työntekijöiden terveyden ja yleisen turvallisuuden takaamiseksi

Suomessa räjähdysvaarallisissa tiloissa työskentelyä, tilojen käyttöä ja tiloissa käytettäviä laitteita valvovat viranomaiset kuten turvatekniikan keskus Tukes sekä työsuojelu- ja pelastusviranomaiset. (ATEX Räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus 2015: 3.)

Euroopan yhteisön ATEX-direktiivit (laite ja työolosuhde) on saatettu voimaan Suomessa vuonna 2003 ja niiden tarkoituksena on yhtenäistää EU:n jäsenvaltioiden räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuusvaatimuksia sekä laitteiden vapaata kauppaa. Laitedirektiivi koskee laitteiden ja suojausjärjestelmien markkinoille saattajia eli käytännössä valmistajia ja myyjiä. Olosuhdedirektiivi koskee sellaisia tuotantolaitoksia ja työpaikkoja, joissa räjähdyskelvoinen ilmaseos saattaa aiheuttaa räjähdysriskin. (ATEX Räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus 2015: 3–5.)

Räjähdysvaaralliset tilat jaetaan kuuteen tilaluokkaan kaasun- ja pölyräjähdysvaarojen mukaan. Kaasuräjähdysvaarallisten tilojen tunnuksia ovat 0, 1 ja 2 sekä pölyräjähdysvaarallisten tilojen tunnuksia ovat 20, 21 ja 22. Luokkien eroina ovat sallitut räjähdyskelvoinen ilmaseoksen esiintymistiheys ja kestoajat. Erittäin korkean turvallisuustason luokan laitteita käytetään tiloissa, joissa räjähdyskelvoinen ilmaseosta esiintyy jatkuvasti tai usein (tunnus 0), korkean tason luokan laitteita silloin, kun seoksen esiintyminen on normaalissa käytössä todennäköistä (tunnus 1) sekä normaalin tason luokan laitteita, kun seoksen esiintyminen on epätodennäköistä tai lyhytaikaista (tunnus 2). (ATEX Räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus 2015: 11; SFS-EN 60079–14 2009: 18, 22.)

Tilaluokkia kuvaavat merkintätavat on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Tilaluokkien merkintätavat (Sähköasennukset räjähdysvaarallisissa tiloissa 2014: 4).

Elintarvike- ja rehuteollisuuden lisäksi Ex-tiloja on muun muassa kemianteollisuudessa, energiantuotannossa sekä palavien nesteiden tai kaasujen valmistuksessa, varastoinnissa ja käsittelyssä. Elintarviketeollisuudessa esimerkiksi viljojen kuljetuksesta aiheutuva pöly saattaa synnyttää räjähdysvaaran staattisen sähköön vaikutuksesta. (Lähde 2003: 29; ATEX Räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus 2015: 5.)

4.2.1 Laiteryhmät ja -luokat

Räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäväksi tarkoitetuille sähkölaitteille ja -komponenteille määritellyt vaatimukset tulee täyttää, jotta niitä voidaan myydä ja valmistaa. Näitä vaatimuksia ovat

- laiteryhmä- ja -luokkakohtaiset vaatimukset ja niitä kuvaavat merkinnät
- vaatimustenmukaisuuden arviointi
- EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus
- CE- ja Ex-merkintä.

Laitteet jaetaan niiden käyttökohteen ja turvallisuuden perusteella laiteryhmiin ja -luokkiin. Ryhmiä on kaksi ja niitä merkitään tunnuksilla I, II (kaasut) ja III (pölyt). Laitteen merkintään voidaan näiden merkintöjen lisäksi vielä merkitä palavan aineen, Ex-rakenteen sekä lämpötilaluokan tunnuksiset (kuva 3). Laiteluokan valinta tehdään ennalta määritellyn tilaluokan perusteella. CE-merkinnän kiinnittämiseksi laitteeseen ja vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi on eri laiteluokilla erilaiset vaatimukset laitteen valmistajalle tai markkinoille saattajalle ja nämä menettelyt löytyvät tarkemmin laitesäädöksistä. Jotkin arvioinnin menettelytavat vaativat viranomaiselta toimintaoikeuden saaneen laitoksen mukana olon vaatimuksien osoittamisen selvittämiseksi. Esimerkiksi Suomessa sähkölaitteiden osalta tällaisena laitoksena toimii VTT Expert Services.

I-ryhmään kuuluvat laitteet, joiden käyttötarkoitus on kaivoksissa ja niiden maanpäällisissä osissa, joissa räjähdysvaara perustuu kaivoskaasuun eli metaaniin ja/tai pölyyn. Tämän ryhmän laitteiden luokka on joko M1 tai M2 eli erittäin korkea tai korkea turvallisuustaso. M1-luokan laitteet ovat suojattu niin, että niitä voi käyttää räjähdyskelpoisessa ilmaseoksessa ja niiden on säilytettävä toimintakykynsä laitteen häiriötilanteessa yhden

vian sattuessa toisella tavalla tai kahden vian sattuessa varmistettava vaadittu turvallisuustaso. M2-luokan laitteet tulee kytkeä jännitteettömäksi räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyessä ja niiden suojaus on suunniteltava niin, että ne kestävät vaativissa käyttökohteissa ja muuttuvia ympäristöolosuhteita.

Toiseen, eli ryhmään II, kuuluvat kaikissa muissa räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettävät laitteet niin, että kaasuille ja höyryille alttiille räjähdysvaarallisiin tiloihin tarkoitetuille sähkölaitteille käytetään merkintää II ja varsinkin räjähdysryhmiä määriteltäessä pölyille alttiisiin tiloihin tarkoitetuille sähkölaitteille käytetään merkintää III. Nämä laitteet jaetaan luokkiin 1, 2 ja 3, jotka tarkoittavat erittäin korkeaa, korkeaa ja normaalia turvallisuustasoa. 1. luokan laitteita käytetään tiloissa, joissa kaasusta, höyrystä tai pölystä aiheutuva räjähdyskelpoinen seos esiintyy jatkuvasti (tilaluokka 20 kaasut, 0 pölyt). Tämän luokan laitteiden suojukselle pätee samat vaatimukset kuin M1-luokan laitteille. 2. luokan laitteita käytetään, kun seoksien esiintyminen on todennäköistä (tilaluokka 21 kaasut, 1 pölyt) ja niiden tulee säilyttää vaadittu turvallisuustaso myös ennakoitavissa olevien häiriöiden ja vikojen aikana. Luokan 3 laitteita käytetään tilaluokissa 22 sekä 2 ja niiden on toimittava turvallisuustason mukaan normaalitilanteessa. (ATEX Räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus 2015: 11; SFS Käsikirja 604-1 2010: 6–7.)

Kaasut/höyryt ja pölyt jaetaan räjähdysvaarallisissa tiloissa räjähdysryhmiin. Räjähdysryhmiä kuvataan kaasuilla tunnuksilla IIA, IIB ja IIC sekä pölyillä tunnuksilla IIIA, IIIB ja IIIC. Kaasuilla nämä ryhmät tarkoittavat syttymisvirtaa ja kykyä levittää räjähdystä laitteen kotelon raon kautta. Pölyillä lisäkirjain määrääytyy pölykerroksen mukaan siten, että IIIA-ryhmä tarkoittaa palavia hahtuvia, IIIB eristävää pölyä sekä IIIC johtavaa pölyä. (SFS-Käsikirja 604-1 2010: 123; Sähköasennukset räjähdysvaarallisissa tiloissa 2014: 3.)

Esimerkki laitemerkinnästä:

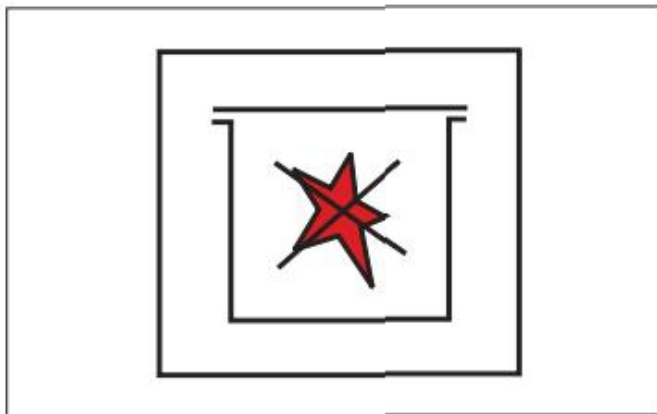


Kuva 3. Esimerkki sähkölaitteen laitemerkinnästä (Lisätietoa ATEX-laitedirektiivistä 2016).

4.2.2 Räjähdyssuojaurakenteet

Räjähdyssvaarallisissa tiloissa käytettävillä laitteilla on oltava määriteltynä räjähdysuojaurakenne. Rakenteella varmistetaan, ettei laite aiheuta kipinöintiä tai niin korkeaa lämpötilaa, että siitä voisi aiheutua vaaraa. Suojaurakenteen tunnuksessa Ex-alkuliitteen perään liitetään rakenteen tunnus.

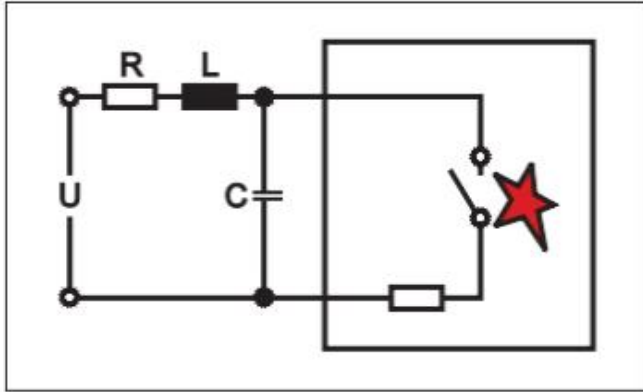
Varmennettua rakennetta (kuva 4) kuvataan tunnuksella "e". Tällä tunnuksella merkitty sähkölaite ei saa normaalissa käytössä aiheuttaa kipinöintiä, valokaaria tai kuumentua niin, että siitä voisi aiheutua räjähdyskelpoisen seoksen syttyminen. Rakenteellisin ratkaisun estetyn kipinöinnin vuoksi Exe-luokiteltuja laitteita ei jaeta erikseen A-, B- tai C-räjähdyssryhmiin. Tällaista rakennetta käytetään usein esimerkiksi valaisimissa ja oikosulkumoottoreissa. (SFS-EN 60079-14 2009: 18; Sähköasennukset räjähdysvaarallisissa tiloissa 2014: 6.)



Kuva 4. Periaate varmennetusta rakenteesta (Sähköasennukset räjähdysvaarallisissa tiloissa 2014: 6).

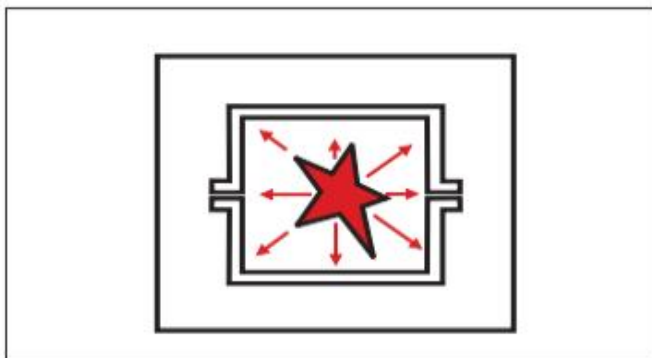
"i"-merkitty rakenne tarkoittaa *luonnostaan vaaratonta* (kuva 5). Tämä tarkoittaa sitä, että virtapiirin energiaa rajoitetaan arvoon, joka ei kykene sytyttämään räjähdyskelpoista seosta. Tämä vaatimus koskee sekä laitteen normaalia käyttöä, että vikatilanteita räjähdysvaarallisella alueella ja laitteeseen liittyviä kaapeleita ja liitännälaitteita, vaikka ne eivät sijaitsi vaarallisella alueella. Myöskään myöhemmin tehdyt asennukset eivät saa heikentää rakennetta. Laitteen erottaminen syötöstä tehdään yleensä käyttämällä Zenerbarrieria tai galvaanista erotusta. Luonnostaan vaarattomat laitteet jaetaan A-, B- ja C-räjähdyssryhmiin sallitun kipinän mukaan, joista C-ryhmä sallii pienimmän energian. Tälle rakenteelle on mahdollisesti annettu lisätunnus Exia tai Exib sen mukaan, kestäkö

laite kaksi vai yhden vian aiheuttamatta vaaraa. Tämä rakennetyyppi soveltuu hyvin esimerkiksi instrumentointilaitteisiin. (SFS-EN 60079-14 2009: 19; Sähköasennukset räjähdysvaarallisissa tiloissa 2014: 6.)



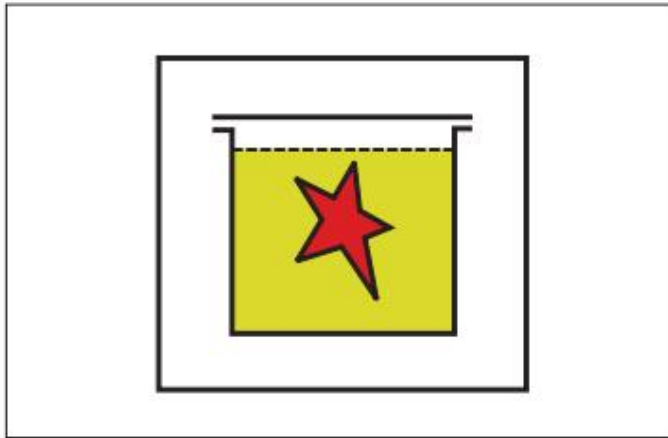
Kuva 5. Periaate luonnostaan vaarattomasta rakenteesta (Sähköasennukset räjähdysvaarallisissa tiloissa 2014: 7).

Räjähdyspaineen kestävä rakenteen (kuva 6) tunnus on "d". Tämä rakenne sallii laitteen sisältävän kuumia tai kipinöiviä osia, joista voi aiheutua räjähdys. Räjähdyskelppoinen ilmaseos voi päästä laitteen sisään, mutta siitä aiheutuva räjähdys ei saa levitä laitteen ulkopuolelle. Tällaisessa laitteessa purkaus puretaan usein kotelon saumojen kautta, joissa kaasut jäähtyvät ja sammuvat. Laitteen tulee kestää useita sisäisiä räjähdyksiä. Laitteet jaetaan räjähdysryhmiin A, B ja C, joissa C-ryhmän laitteissa on pienimmät raot purkaussaumoiissa. Rakennetta voidaan käyttää esimerkiksi kytkimissä, valaisimissa ja lämmityslaitteissa, mutta usein kotelon kustannukset ovat kalliit verrattuna muihin rakennevaihtoehtoihin. (SFS-EN 60079-14 2009: 18; Sähköasennukset räjähdysvaarallisissa tiloissa 2014: 5–6.)



Kuva 6. Periaate räjähdyspaineen kestävästä rakenteesta (Sähköasennukset räjähdysvaarallisissa tiloissa 2014: 6).

Öljytäytteisessä rakenteessa ”o” laitteessa mahdollisesti kipinöivät tai kuumenevat osat ovat tähän tarkoitukseen sopivassa öljyssä (kuva 7). Tällaisen laitteen kytkentäkotelon rakenne on yleensä varmennettua rakennetta ”e”. Tämä rakennetyyppi soveltuu muuntajille. (Sähköasennukset räjähdysvaarallisissa tiloissa 2014: 7.)

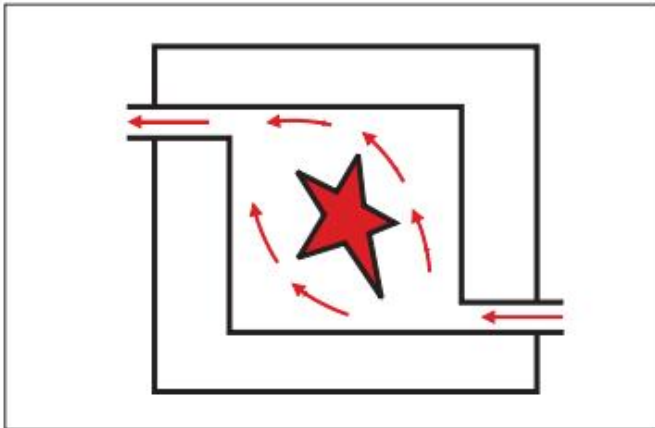


Kuva 7. Periaate öljy- tai hiekkatäytteisestä rakenteesta (Sähköasennukset räjähdysvaarallisissa tiloissa 2014: 7).

Vastaavalla tavalla suojaus toteutetaan *hiekkatäytteisessä rakenteessa ”q”*, jossa öljyn sijasta käytetään hiekkaa. Rakennetta käytetään esimerkiksi sulakkeissa.

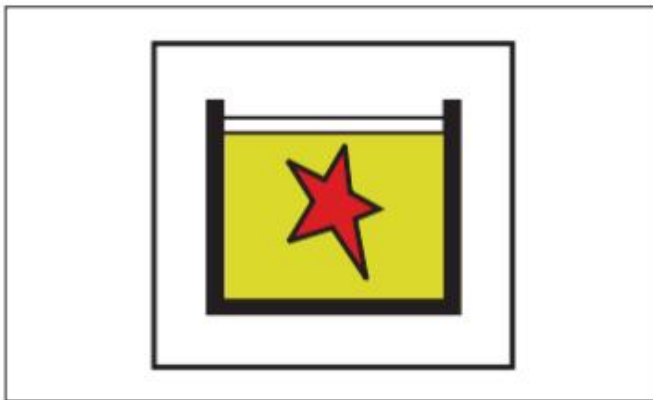
Laite voi olla suojattu *suojatuuletteisella rakenteella ”p”* (kuva 8). Tällä rakenteella sallitaan normaalikäytössä kipinäointi tai kumentuminen sytyttäen räjähdyskelpoisen ilmakeoksen. Erona esimerkiksi räjähdyspaineen kestävään rakenteeseen on se, että tässä ilmaseosta ei päästetä laitteen sisään ylipaineen avulla. Rakennetyyppi vaatii joko ylipaineen tai kaasun virtauksen valvonnan sen mukaan, käytetäänkö dynaamista vai staattista tuuletusta. Dynaamisessa suojatuuletuksessa puhdasta ilmaa kulkee koko ajan laitteen läpi ja staattisessa suojatuuletuksessa laitteesta vuotava ilma korvataan. Käytettävällä valvonnalla varmistetaan, että ennen jännitteen kytkemistä arvot ovat alle alimman räjähdysrajan.

Tätä rakennetta ei jaeta räjähdysryhmiin. Rakenne soveltuu moottori- ja ohjauskaapeliin käyttöön sekä joissain tapauksissa esimerkiksi näytteenottolaitteille. Näytteenottolaitteen tapauksessa ei saa ylittää 25 %:a alimmasta räjähdysrajasta. Myös kokonainen huone voi olla suojatuuletteen. (Sähköasennukset räjähdysvaarallisissa tiloissa 2014: 7.)

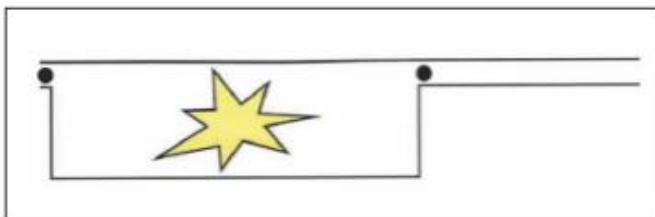


Kuva 8. Periaate suojatuuletteisestä rakenteesta. (Sähköasennukset räjähdysvaarallisissa tiloissa 2014: 7).

Muita rakennetyyppejä ovat *massavalurakenne* "m" (kuva 9), *suojusrakenne* "n" ja *erikoisrakenne* "s" sekä pölyräjähdysvaaralliseen tilaan soveltuva *tiivis rakenne* "tD" (kuva 10).



Kuva 9. Periaate massavalurakenteesta. (Sähköasennukset räjähdysvaarallisissa tiloissa 2014: 8).



Kuva 10. Periaate tiiviistä rakenteesta. (Sähköasennukset räjähdysvaarallisissa tiloissa 2014: 8).

Massavalurakenteisen laitteen mahdollisesti kuumentuvat tai kipinöivät osat on valettu massaan, joka estää syttymisen. Rakennetta saatetaan käyttää esimerkiksi elektroniikan komponenteissa. Rakennetta ei jaeta räjähdysryhmiin. Suojusrakenne on tilaluokkaan 2 tarkoitetuille laitteille eli laitteille, jotka ovat normaalikäytössä turvallisia.

Erikoisrakenne voi poiketa muista standardirakenteista valmistajan suunnitteleamalla tavalla, mutta sillä on oltava testauslaitoksen hyväksyntä, kuten muillakin laitteilla. Testauslaitokselta on saatava myös räjähdysryhmä ja pintalämpötilamerkinnot. Tiiviissä rakenteessa estetään pölyn pääsy syttymislähteeseen kotelon rakenteen avulla. (Sähköasennukset räjähdysvaarallisissa tiloissa 2014: 7–8.)

Lisäksi standardissa SFS-EN 60079-14 on annettu yksityiskohtaisia lisävaatimuksia suojusrakenteille.

4.2.3 Räjähdysuojausasiakirja

Ennen laitoksen käyttöönottoa tulee työnantajan/hankkeen tilaajan laatia räjähdysuojausasiakirja (RS-asiakirja) räjähdysvaarojen selvittämisen ja niiden merkityksien arvioinnin perusteella. Selvityksissä tutkitaan räjähdyskelpoisten seosten esiintymistä, niiden kestoa, otetaan huomioon tilassa käytetyt laitteet, aineet ja prosessit sekä ennakkoon arvioitavissa olevien vaikutusten laajuus.

Räjähdysuojausasiakirjassa esitetään arvioidut vaarat ja niitä varten laaditut toimenpiteet ja niiden toteuttaminen määräyksien tavoitteiden saavuttamiseksi sekä vastuussa olevat henkilöt. Asiakirjassa on myös esitettävä tilojen luokittelu ja turvallisuuden takaminen suunnitteleamalla työpaikka sekä käyttämällä ja huoltamalla työvälineitä ja varoituslaitteita oikein. Tämä tarkoittaa, että mahdollisena syttymislähteenä toimivat laitteet ja välineet luetteloidaan asiakirjaan. Asiakirjaan liitetään tilojen pohjapiirustukset poistumisteineen sekä ilmanvaihtosuunnitelma. Räjähdysuojausasiakirjaa on päivitettävä ja pidettävä ajan tasalla, jos työskentelymenetelmät, -tilat tai -välineet muuttuvat. (ATEX Räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus 2015: 9–19; SFS Käsikirja 604-1 2014: 11; Valtioneuvoston asetus räjähdyskelpoisten ilmaseosten työntekijöille aiheuttaman vaaran torjunnasta 2003.)

Räjähdysuojausasiakirjaa laatiessa voidaan vaikuttaa tilaluokkiin lieventävästi esimerkiksi osoittamalla laskelmilla, että akkutilan ilmanvaihtoa on tehostettu ja koko tilan ei

tarvitse olla räjähdysvaarallinen. Tällaisessa tilassa voi kuitenkin olla räjähdysvaarallisia alueita ja ilmanvaihdossa käytetään Ex-puhaltimia. Räjähdys suojausasiakirjassa esitetään minkälaisen räjähdysvaarallisen alueen puhallin muodostaa päätelaitteiden ympärille sisällä ja ulkona. Jos tälle alueelle sijoitetaan sähkölaitteita, kuten puhaltimien turvakytкимиä, niin ne tulee olla Ex-tyyppi hyväksytyjä.

4.2.4 Sähkölaitteen valitseminen Ex-tilaan

Laite voidaan valita, kun tilasta tiedetään seuraavat tiedot:

- tilaluokitus
- kaasun, höyryn tai pölyn luokitus tilan käyttötarkoituksen mukaan
- lämpötilaluokka ja kaasun tai höyryn syttymislämpötila
- minimisyttymislämpötila pölylle ja pölykerrokselle sekä minimisyttymisenergia
- sähkölaitteille vaadittu räjähdysryhmä
- ympäristön lämpötila.

On suositeltavaa kirjata laitteiden räjähdys suojausvaatimukset tilaluokituspiirustuksiin laitevalinnan helpottamiseksi. Taulukossa 3 on esitetty, miten laitevalinnan voi tehdä räjähdys suojaustason perusteella, jos vain tilaluokat on esitetty. Taulukossa luokat 0–2 ovat kaasuräjähdysvaarallisia (G) ja 20–22 pölyräjähdysvaarallisia (D). Lisäkirjaimet a-c tarkoittavat laitteen suojaustasoa, joista a tarkoittaa hyvin korkeaa tasoa, b korkeaa ja c korotettua suojaustasoa. Eri räjähdys suojaustasojen ja räjähdys suojausrakenteiden väliset suhteet on esitetty liitteen 1 taulukossa. (SFS-EN 60079-14 2009: 25–26.)

Taulukko 3. Räjähdyssuojaustasot (EPL) kun vain tilaluokat on esitetty (SFS-EN 60079-14 2009: 25).

Tilaluokka	Laitteen räjähdysuojaustaso (EPL)
0	"Ga"
1	"Ga" tai "Gb"
2	"Ga", "Gb" tai "Gc"
20	"Da"
21	"Da" tai "Db"
22	"Da", "Db" tai "Dc"

Taulukossa 4 on esitetty, miten laitteen voi valita räjähdysryhmän ja laiteryhmän välisillä sopivuuksilla.

Taulukko 4. Yhteensopivuudet räjähdysryhmän ja laiteluokan mukaan (SFS-EN 60079-14 2009: 27).

Sijoituspaikan kaasun/höyryn tai pölyn räjähdysryhmä	Sallittu laiteryhmä
IIA	II, IIA, IIB tai IIC
IIB	II, IIB tai IIC
IIC	II tai IIC
IIIA	IIIA, IIIB tai IIIC
IIIB	IIIB tai IIIC
IIIC	IIIC

Laittevalinnan voi tehdä myös lämpötilan perusteella. Tällä tavalla tehtävässä laittevalinnassa on katsottava, ettei laite saa olla pinnaltaan niin lämmin, että se voisi aiheuttaa kaasun tai pölyn syttymisen. Laitteille on määritelty niille sallitut käyttölämpötilat ja mikäli laitetta joudutaan käyttämään tämän alueen ulkopuolella esimerkiksi ympäristöstä johtuvista syistä, on aihe käsiteltävä tapauskohtaisesti. Taulukossa 5 on esitetty lämpötilojen välisiä yhteyksiä, mutta tarkempia laskukaavoja ja kuvaajia löytyy standardista SFS-EN 60079-14. (SFS-EN 60079-14 2009: 28–31.)

Taulukko 5. Yhteensopivuudet eri lämpötilojen välillä (SFS-EN 60079-14 2009: 28).

Tilaluokituksen edellyttämä lämpötilaluokka	Kaasun tai höyryn syttymislämpötila °C	Sähkölaitteiden sallitut lämpötilaluokat
T1	>450	T1 – T6
T2	>300	T2 – T6
T3	>200	T3 – T6
T4	>135	T4 – T6
T5	>100	T5 – T6
T6	>85	T6

Ex-tiloissa käytettäviin laitteisiin kuuluu myös niiden räjähdysuojauksen kannalta oleelliset turva- ja ohjauslaitteet, jotka saattavat sijaita tilan ulkopuolella. Tällainen laite voi olla esimerkiksi räjähdysvaarallisen tilan ulkopuolella sijaitsevan kiinteistön jakokeskuksessa oleva räjähdysvaarallisessa tilassa käytettävän moottorin ohjauslaite. Muita laitevalinnassa huomioitavia asioita ovat muun muassa, voiko laitteesta mahdollisesti syntyä kipinöintiä, voiko siihen varautua staattinen sähkövaraus, voiko se aiheuttaa ionisoivaa säteilyä, ultraääniä, adiabaattista puristusta, paineiskuja tai sähkömagneettisia aaltoja. (ATEX Räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus 2015: 5; 10.)

Paras vaihtoehto olisi mielestäni pyrkiä sijoittamaan kaikki mahdolliset laitteet räjähdysvaarallisen tilan ulkopuolelle, ja jos siihen on jokin este, niin suunnitella niiden paikat vähiten vaarallisille alueille. Ex-tiloissa työskentelevän henkilön on huomioitava kannettavien laitteiden, kuten kännykän, mittareiden tai patterilla toimivan kellon, vieminen räjähdysvaarallisiin tiloihin, koska nykyään standardit antavat vaatimuksia näiden käytölle räjähdysvaarallisissa tiloissa.

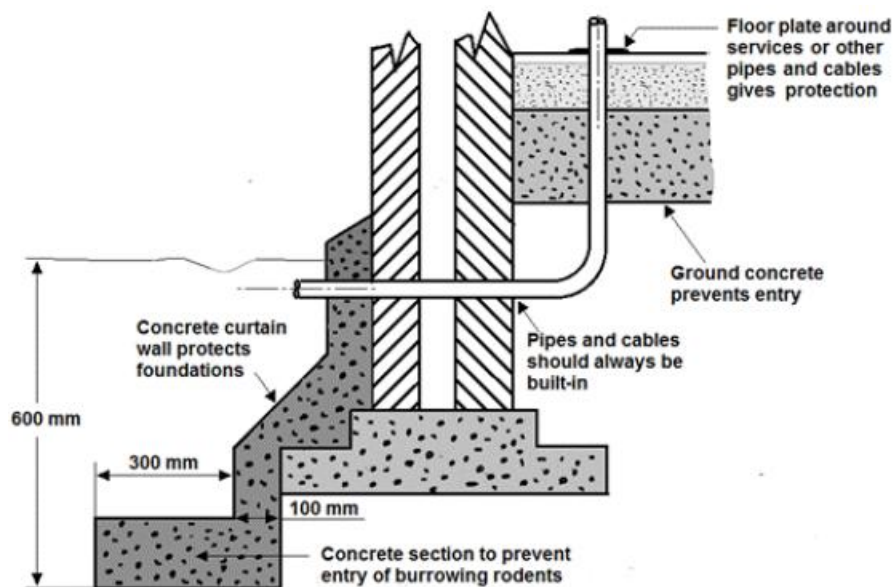
4.3 Tuotantotilojen suunnittelu

4.3.1 Laitoksen sijoitus ja ulkotilat

Hyvien hygieenisten olosuhteiden luomiseksi pitää myös laitoksen sijoitteluun ja ulkopuolisiin alueisiin kiinnittää huomioita. Ulkoalueiden suunnittelussa on myös sähkösuunnittelussa huomioitavia normaalista poikkeavia asioita.

Ensinnäkin laitokset pyritään sijoittamaan niin, ettei lähellä ole kaatopaikkoja, maatiloja, jokia tai ilmaperäisen kontaminaation lähdeä, ja lastausalueet sijoitetaan niin, että yleisin tuulen suunta ei ole niitä kohti. Piha-alueet aidataan, jotta voidaan estää alueelle kuulumattomien henkilöiden pääsy alueelle. Piha-alueilla käytetään asfalttia tai kivetyksiä ja nurmikkaa pölyhaittojen minimoimiseksi niin, että kuitenkin 90 cm lähempänä rakennuksen reunaa ei saa kasvaa nurmikkaa tai muuta kasvillisuutta. Syöksytorvet, ikkunalaudat ja muut pinnat rakennetaan niin, että linnut eivät pääse käyttämään niitä pesäpaikkoina. Perustukset voidaan tehdä normaalia syvemmälle ja varustaa lisäsuojauksella, joka estää eläinten, kuten rottien kaivautumisen rakennukseen. (EHEDG 2014: 21; Korkeala 2007: 356–357.)

Näiden ohjeiden pohjalta voidaan todeta, ettei ulkovalaisimia voida sijoittaa lähelle rakennuksen ulko-ovia, jotta vähennetään mahdollisten hyönteisten pääsyä sisätiloihin. Syöksytorvien rakenne saattaa estää perinteisen lämmityskaapelin asennuksen torviin ja näiden sulatukselle pitää miettiä vaihtoehtoinen toteutustapa. Myös rakennuksesta ulostulevien kaapeleiden tai kaapeliputkien läpivientien paikat ja asennustapa on mietittävä tarkkaan, ettei niiden kautta kulkeudu mitään rakennuksen sisätiloihin. Putket on hyvä tiivistää esimerkiksi teräsvillalla, joka estää jyräjöitä kulkemasta niitä pitkin. Kuvassa 11 on esitetty yksi toteutustapa kaapeliputken asennukselle.



Kuva 11. Esimerkki kaapeliputken asennustavasta (EHEDG 2014: 43).

4.3.2 Pinnat ja materiaalit

Sisätiloissa käytetyissä materiaaleissa tulee huomioida niiden puhdistettavuus ja ne eivät saa sisältää myrkyllisiä aineita. Tuotannosta riippuen materiaalit saattavat altistua kemikaaleille, kylmille ja kuumille lämpötiloille, mekaaniselle rasitukselle tai kosteudelle. Koska käytetyistä materiaaleista ei saa joutua tuotteisiin mitään, tulisi esimerkiksi valaisimet ja valonlähteet varustaa sirpalesuojilla. Materiaaleissa ja tuotteissa tulee välttää vaakasuoria likaa kerääviä pintoja, saumojen on oltava tiiviitä ja kulmien pyöreitä. Pintojen sileys on yksi tärkeä tekijä välttämään haitallisten aineiden tai bakteerien kerääntyminen. (Korkeala 2007: 356.)

4.3.3 Laitteiden hygienia

Tuotantolaitoksissa on suunnitteluvaiheessa osattava arvioida tiloihin sijoitettavien laitteiden koot, jotta niille voidaan varata riittävästi tilaa. Ahtaaseen tilaan sijoitettu laite on vaikeasti puhdistettavissa ja se voi aiheuttaa kontaminaatoriskin. Sijoittelussa tulisi välttää laitteiden paikkoja kiinni katossa, seinässä tai toisessa laitteessa. Esimerkiksi kuljetinradat sijoitetaan yleensä tällaisiin paikkoihin, mikä vaikeuttaa niiden puhtaana pitämistä ja sen seuraamista. Oikeanlaisella suunnittelulla laitteista saadaan tuotannolle turvallisia varmistamalla rakenteen ja materiaalien sopivuus kyseiselle tuotannolle ja puhdistukselle. Esimerkiksi sähköliitännät eivät saa heikentää näitä rakenteita. (Korkeala 2007: 360–362; SFS-EN 1672-2.)

Parhaaseen lopputulokseen laitehygienian kannalta päästään, jos koko prosessin tarvitsemat laitteet ja niiden koot ovat selvillä jo siinä vaiheessa, kun tiloja aletaan suunnitella.

5 Elintarviketuotantolaitoksen sähkösuunnittelu

Elintarviketuotantolaitoksen sähkösuunnittelu vaatii suunnittelijalta paljon tietotaitoa eri järjestelmistä sekä huomattavan määrän yhteistyötä prosessin laitevalmistajien ja muiden suunnittelualojen kanssa. Hyvällä yhteistyöllä voidaan varmistua sähkötehon tarpeista ja sähkön jakelun sopivuudesta eri laitteille. Suunnittelijan tehtävälaajuudet määräytyvät aina projektin sopimuksien mukaan, mutta esimerkkikohteessa sähkösuunnit-

telu jakautuu kokonaisuudessaan kolmeen osaan. Suunnittelun osat ovat kiinteistösähköjen suunnittelu, kylmlaitteiden sähkösuunnittelu sekä prosessin sähkö- ja automaatio-suunnittelu.

5.1 Laitoksien sähkönjakelu ja varavoiman käyttö

Suomessa sähkönsaanti elintarvikelaitoksille pyritään toteuttamaan syöttämällä tuotantolaitoksia ainakin kahden muuntopiirin kautta, jottei vika tai häiriö yhdessä muuntopiirissä vielä aiheuta katkoksia tuotantoon. Tuotantolaitokset voidaan myös varustaa omalla varavoimalaitteistolla, joka riittää laitoksen alasajoon tai vähäiseen tuotantoon. (Elintarvikehuolto 2016.)

Jos laitokset saavat sähkönsyöttönsä eri muuntopiireistä ja tämän johdosta kaapelitkin tulevat todennäköisesti eri suunnista, niin kannattaa myös muuntamoita olla useampia riippuen laitoksen koosta ja kokonaissähkötehon tarpeesta. Muuntamoille on hyvä varata tilaa laitoksen eri osista, koska näin saadaan suurien kaapeleiden pituudet pysymään kohtuullisina, mikä on teknisesti ja taloudellisesti kannattavaa sekä helpottaa mahdollista laajentamista tulevaisuudessa. Useampaa muuntamoita käytettäessä kannattaa laitoksen sisälle suunnitella rengassyöttö automaattisella syötönvaihdolla, jotta yhden kaapelin vioittuessa laitos pysyy kokonaisuudessaan toimintakuntoisena.

Elintarvikealan yrityksiä on sitoutunut yhteistoimintaan, jolla on tarkoitus sähkön puuttuessa tai sen vähyyden aikana varmistamaan elintarvikkeiden saatavuus koko maassa. Nykyään tuotantolaitokset voivat osallistua omalla sähkönsyötöllä Suomen kantaverkon kysyntäjoukseen, joka tarkoittaa sähkönsyötön siirtoa kalliilta ja korkean kulutuksen hetkiltä edullisemmän ja matalamman kulutuksen ajalle. (Elintarvikehuolto 2016; Kysyntäjoukko 2016.)

5.1.1 Sähköliittymän mitoitus

Jotta laitoksen sähkötehon kokonaistarve voidaan mitoittaa, tulee suunnittelijalle toimittaa hyvissä ajoin arvio prosessin ja laitteiden vaatimista sähkötehoista. Näiden perusteella voidaan myös arvioida muun muassa kompensoinnin tai yliaaltosuodattimien tarvetta. Suunnittelijan tehtäviin kuuluu laskea ja arvioida lvi-laitteiden, valaistuksen ja mui-

den kuormien tarvitsemat sähkötehot kuten missä tahansa kohteessa. Laitoksen kokonaissähkötehoon vaikuttaa myös se, että minkälainen laajennusvara tulevaisuutta varten mitoitetaan. Laajennusvara määritellään yleensä sopimusvaiheessa, ja se voi vaihdella tilaajan tarpeiden ja tulevaisuuden suunnitelmien mukaisesti, mutta hyvänä arviona voi pitää 30 %:a.

5.1.2 Varavoima tuotantolaitoksessa

Jos laitos varustetaan varavoimalla, niin myös sen mitoittamiseen tarvitaan lähtötiedot varavoimaan kytkettävistä järjestelmistä ja tarvittavasta toiminta-ajasta. Esimerkkilaitoksessa kohteen varavoimaan tulee kytkeä ilmanvaihto laitoksen osalta, jossa on eläviä lintuja. Tämä vaatimus tulee Euroopan unionin asetuksesta tuotantoeläinten lopetukselle, jonka mukaan eläinten hyvinvointi tulee varmistaa riittävällä ilmanvaihdolla myös häiriötilanteessa.

Jos savunpoisto- tai sprinklerijärjestelmä kytketään varavoimaan, tulee esimerkiksi varavoiman toiminta-ajalle vaatimuksia lakien mukaan 8 tunnista 72 tuntiin riippuen järjestelmän toteutustavasta.

Varavoimageneraattoreiden käyttö on nykypäivänä jopa kannattavaa, koska ne voidaan yhdistää kantaverkon kysyntäjoustoön ja niitä voidaan käyttää korkean kulutuksen tai kalliin sähkön aikana pienentämään tuotantolaitoksen sähkön tarvetta. Tällaisia investointeja tarvitaan yrityksiltä lisää tulevaisuudessa, jotta joustamattoman kuten uusiutuvan energian lisääntyessä pystytään sähkön käyttöä edelleen tasoittamaan. Kantaverkkoyhtiö Fingrid:llä onkin jo suurien puunjalostus-, metalli- ja kemianteollisuusyritysten kanssa sopimuksia taajuusohjattuna ja nopeana häiriöreservinä toimivista irtikytkettävistä kuormista. Elintarviketeollisuuden osuus Suomessa teollisuuden käyttämästä sähkötehosta on noin 3 % ja suurin osa sähköstä kuluu jäädytykseen ja pakastukseen. Jäähdytyslaitteiden säädettävyyden vuoksi elintarvikelaitokset voisivat sopia taajuusohjattuun käyttöreserviin, jossa varavoimageneraattoria käytettäisiin sähkön tuottamiseen, kun kantaverkon taajuus poikkeaa yli 3 minuutin ajan väliltä 49,95–50,05 Hz:ä. (Kysyntäjousto 2016; Sähkön kysyntäjoustopotentiaalin kartoitus Suomessa 2014.)

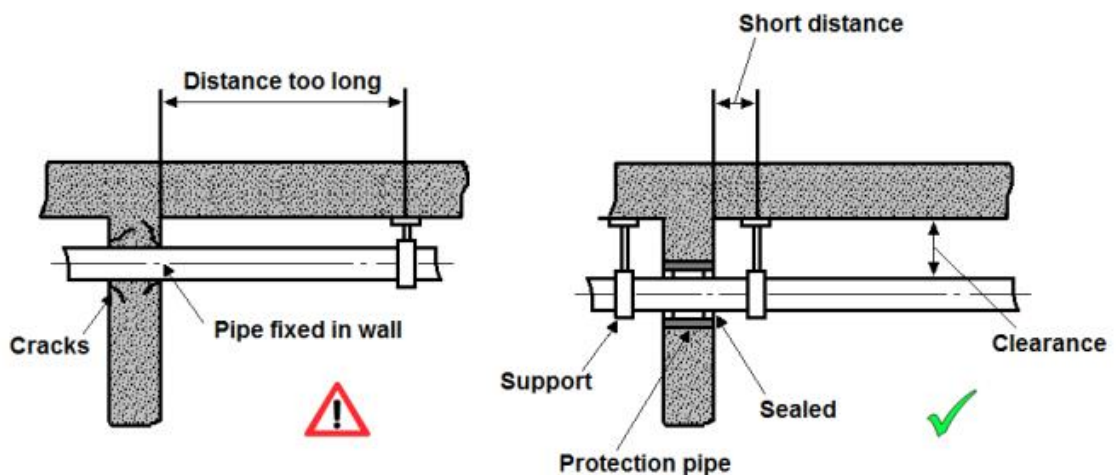
5.2 Yleiset ohjeet

5.2.1 Asennuspaikat

Koska hyvät hygieeniset olosuhteet ovat tärkeimpiä tekijöitä elintarviketuotannossa, on asennusten sijoitteluun kiinnitettävä erityistä huomiota. Tästä syystä esimerkiksi putkien ja kaapelihyllyjen pitäisi kulkea tuotantotilasta erotetulla alueella, josta tarvittavat haarat voidaan tuoda katon tai seinän läpi suoraan tuotantotilaan. Mikäli taloteknisten järjestelmien reittejä pitää toteuttaa tuotantotiloissa, niin ne suositellaan asennettavaksi seinälle tai pylväisiin mahdollisimman lähelle kattoa. Tuotantotiloissa sijaitsevien reittien suunnittelussa on huomioitava hygieniavaatimukset välttämällä vaakasuoria ja muita vastaavia pintoja, jottei lika pääse kerääntymään tällaisiin vaikeasti puhdistettaviin paikkoihin. (EHEDG 2014: 113.)

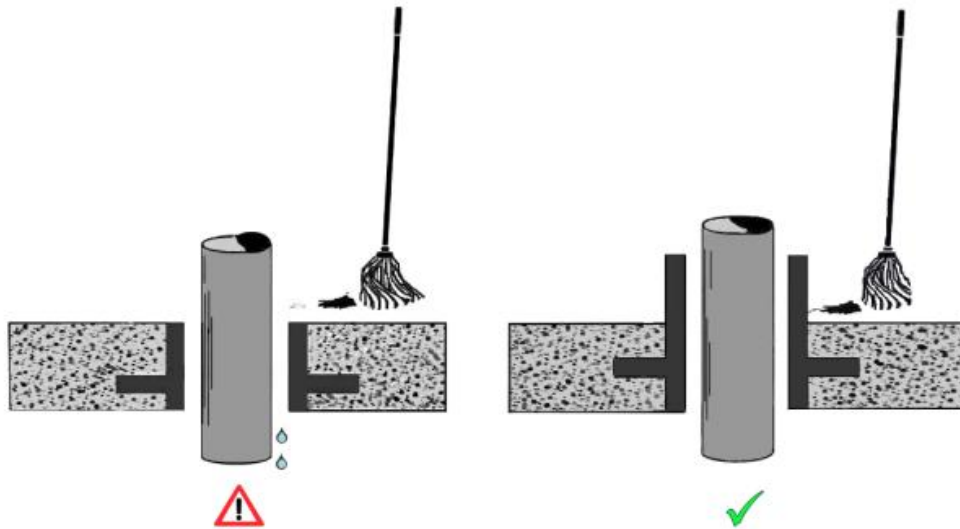
5.2.2 Läpiviennit

Seuraavissa kuvissa (kuvat 12–14) on esitetty malleja oikeanlaisten läpivientien tekemiseksi tuotantotiloissa. Käyttämällä oikeanlaista tapaa läpivientien tiivistyksessä vältetään epäpuhtauksien kertyminen tuotantotiloihin ja niiden välittyminen kerroksien tai tilojen välillä. Jos sähköhyly kulkee paloalueen rajalla seinän läpi, tulee se katkaista ja kiinnittää 50–300 mm päästä seinän molemmilta puolilta.



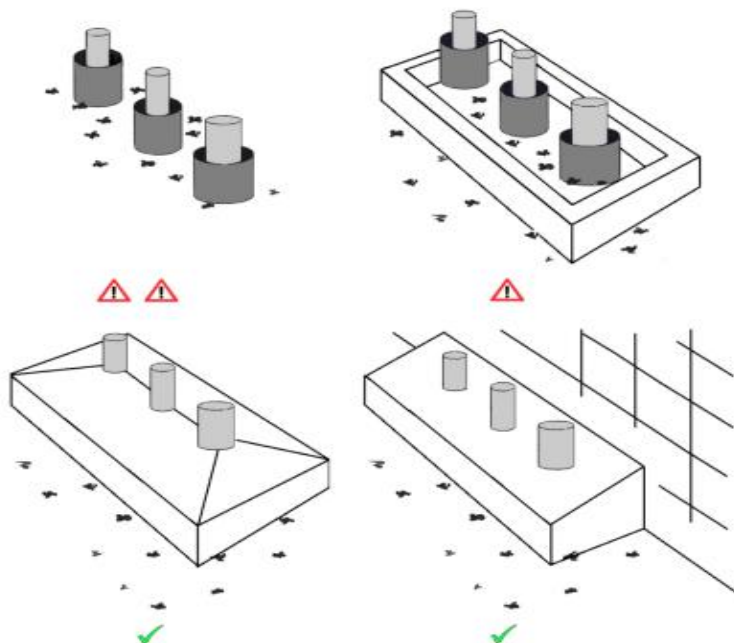
Kuva 12. Esimerkki putken läpiviennistä seinässä (EHEDG 2014: 114).

Lattian kautta tulevaan läpivientiin pitää asentaa kaulukset kuvan 13 mukaisesti.



Kuva 13. Esimerkki lattiaan tehtävästä läpiviennistä (EHEDG 2014: 114).

Jos samasta paikasta tulee useita läpivientejä, on järkevämpää rakentaa kaikkien läpivientien ympärille yhtenäinen kehys, jotta puhdistus onnistuu helpommin. Kehyksen yläpinnan pitää olla viisto, ettei sen päälle pääse kertymään epäpuhtauksia.



Kuva 14. Esimerkki lattiaan tehtävästä läpiviennistä, jos useita läpivientejä rinnakkain (EHEDG 2014: 115).

Kaapeleiden läpivienneissä sopiva tuote on valittava käyttötarkoituksen mukaan pölyn tai kosteuden sekä jyrsijöiden ja hyönteisten pääsyn estämiseksi tuotantotiloihin. Paloturvallisuudesta aiheutuvat vaatimukset tulee myös huomioida. (EHEDG 2014: 114–116.)

Räjähdyksivaarallisissa tiloissa kaapeleiden läpiviennit eivät saa heikentää laitteiden räjähdysuojauksen rakenteellisia vaatimuksia (SFS-EN 60079-14 2009: 49).

5.2.3 Kotelointiluokat

Sähköasennusten määrää tuotantoalueilla pitää pyrkiä minimoimaan, koska tilat saattavat olla märkiä, niitä puhdistetaan usein erilaisilla puhdistusaineilla ja laitteisiin kerääntyy likaa, joka voi olla riskitekijä tuotannolle. Märillä alueilla pienin sallittu kotelointiluokka on IP65, mutta on suositeltavaa käyttää IP67-luokan laitteita (EHEDG 2014: 116). Räjähdyksivaaralliseen tilaan asennettavien laitteiden vaatimuksia ja soveltuvuutta tilan käyttötarkoitukseen on käsitelty luvussa 4.2.4.

5.3 Kaapelireitit

5.3.1 Asennustavat

Kaapelireittien suunnittelussa tuotantoalueille on huomioitava prosessilaitteiden sijainnit ja hyvien hygieniaolosuhteiden säilyminen. Jos reittejä tarvitaan tuotantoalueella, niin tässä kappaleessa on esitetty muutamia vaihtoehtoja, miten reitit tulisi suunnitella ja asentaa:

- Reittejä pitää välttää alueilla, joissa ne saattavat altistua kosketukseen raakojen, puoliraakojen tai jo valmiiden tuotteiden kanssa. Jos näitä alueita käytetään, reitit pitää olla vähintään 45 asteen kulmassa vaakatasosta liian kerääntymisen välttämiseksi.
- Prosessilaitteet ja -linjastot kannattaa kiertää esimerkiksi sijoittamalla kaapelireitit seinien läheisyyteen.
- Vaakasuorien reittien minimoiminen ja pystysuorien reittien käyttäminen, koska ne ovat helpommin puhdistettavissa.

- Jos kaapelireittejä sijoitetaan laitteiden alle tai muille likaisille alueille, niissä pitää olla kansi ja kannen on oltava irrotettavissa.
- Asennusputkia saa käyttää kaapelireiteinä vain, jos ne ovat tiivistetty molemmista päistä. Tätä asennustapaa ei kuitenkaan suositella hygieniariskien vuoksi.
- 90 asteen kulmia ja hammastuksia pitää välttää hankalan puhdistamisen vuoksi.

Hyllyreitit ovat suositeltavaa asentaa pystyyn ja tällaisesta asennustavasta on esitetty esimerkki kuvassa 15. (EHEDG 2014: 117–119).

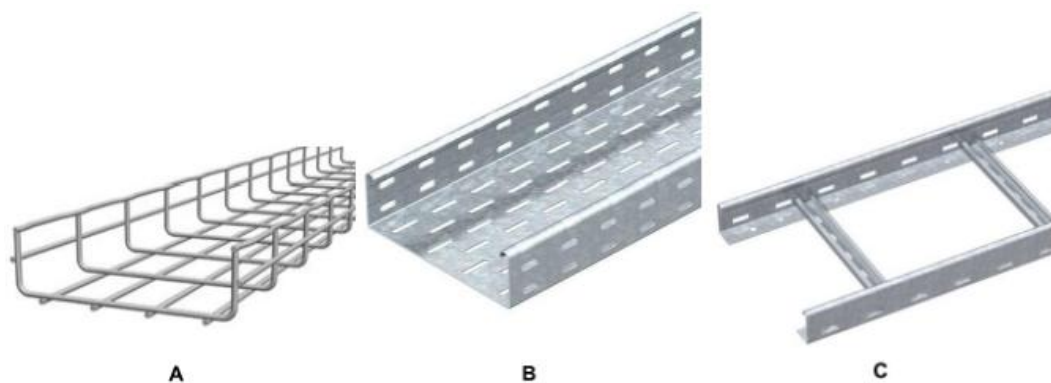


Kuva 15. Esimerkki hyllyn asentamisesta (EHEDG 2014: 119).

Jos räjähdysvaarallisessa tilassa käytetään putkia kaapelireiteinä, tulee niihin asentaa tilan rajalla sulkumuivit, jotka estävät kaasujen ja nesteiden leviämisen vaarattomaan tilaan (SFS-EN 60079-14 2009: 45).

5.3.2 Materiaalit

Materiaalit tulee valita niin, että ne ovat yhteensopivia käytettyjen siivous- ja puhdistusmenetelmien kanssa. Lian kerääntymisen välttämiseksi suositellaan käytettäväksi avoimia reittejä kuten kaapelihyllynä lankahyllyä. Kuvassa 16 ensimmäinen tyyppi on hyvin tuotantotiloihin soveltuva hyllytyyppi sekä kaksi muuta rakenteeltaan heikommin soveltuvia hygieniariskin vuoksi. (EHEDG 2014: 118–120.)



Kuva 16. Esimerkki hyvästä kaapelihyllytyypistä (A) ja huonoista (B&C) kaapelihyllytyypistä hygienian kannalta (EHEDG 2014: 118).

Räjähdysvaarallisten tilojen asennustarvikkeille kuten kaapelihyllyille ja -putkille ei vaadita Ex-laitehyväksyntää, mutta standardi rajoittaa esimerkiksi muovisten tarvikkeiden käyttöä staattisen sähkön varauksesta mahdollisesti johtuvan vaarallisen kipinöinnin estämiseksi. (SFS-EN 60079-14 2009: 38.)

5.3.3 Reittien mitoitus

Luvussa 5.2.1 esitetyssä kuvassa 15 näkyy esimerkki hyllyn täyttöasteen mitoituksesta. Kaapeleille tulee olla riittävästi tilaa, ettei lika pääse kertymään hyllyille kaapeleiden väliin. Hyllyille pitää mitoittaa myös mahdollinen laajentamisvaraus. Laajennusvaraus määritellään yleensä projektikohtaisesti, mutta usein käytetty varaus on määritelty 30 %:n mukaan.

Räjähdysvaarallisissa tiloissa asennusputkissa täyttöaste saa olla maksimissaan 40 %:a (SFS-EN 60079-14 2009: 45).

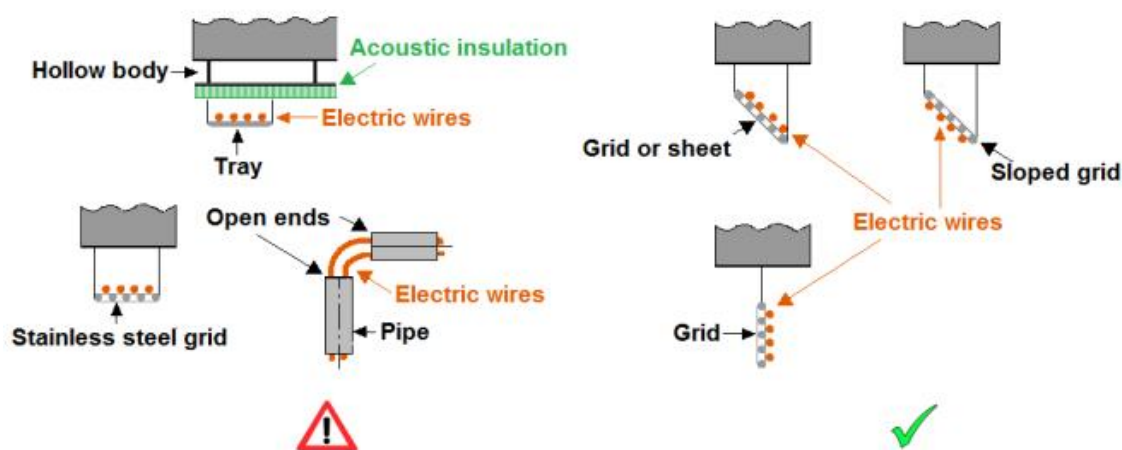
5.4 Kaapelit

5.4.1 Kaapelit tuotantotilassa

Kaapeleiden tulee soveltua tiloihin huomioiden tilojen käyttölämpötilat ja puhdistusmenetelmät. Riippuen pesuaineen sisältämistä aineista ja sen pH-arvosta, PVC-eristeinen

kaapeli kestää hyvin sekä happamia että emäksisiä pesuaineita. Klooria sisältävät pesuaineet ovat kovin vastus PVC-kaapeleille, riippuen mihin kloori on sitoutunut. Kaapelit pitää asentaa niin, etteivät ne muodosta likaa kerääviä paikkoja. Tällaisia paikkoja voi muodostua, jos kaapelit jäävät mutkalle tai ne on sidottu tiukasti nippuun. Vastaavia paikkoja voi syntyä, jos laitteille menevät kaapelit ovat liian pitkiä ja niistä muodostuu silmuja tai lenkkejä laitteiden läheisyyteen. (EHEDG 2014: 117.)

Tuotantotilassa kaapeleiden sidonnassa ei saa käyttää tavallisia nippusiteitä, vaan niissä on oltava metallihiukkasia, jotta ne pystytään havaitsemaan esimerkiksi röntgenillä tuotteiden tarkastuksen yhteydessä.



Kuva 17. Esimerkki kaapeleiden asentamisesta (EHEDG 2014: 119).

5.4.2 Räjähdyksvaarallisista tiloista johtuvat lisävaatimukset kaapeleille

Räjähdyksvaarallisissa tiloissa kaapeleita koskee standardin SFS-EN 60079-14 mukaiset vaatimukset. Kaapelivalinnoissa tulee huomioida johtimien, täyte-eristeen ja vaipan materiaali sekä kaapeleihin kohdistuvat rasitukset. Esimerkiksi muovivaippaisen kaapelin täyteaine ei saa imeä vettä, ettei neste pääse kulkeutumaan sen kautta laitteen kytkentäkoteloon. Kaapeleiden pintalämpötila ei saa nousta yli sähkölaitteelle määritellyn lämpötilaluokan.

Jos räjähdysvaarallisessa tilassa käytetään alumiinijohtimisia kaapeleita, on johtimien oltava vähintään 16 mm² halkaisijaltaan lukuun ottamatta Exi- ja energiarajoitettuja asennuksia. Alumiinikaapeleita käytettäessä pitää käyttää niille soveltuvia kytkentäliittimiä.

Siirreltävissä asennuksissa kaapelin vaipan on oltava vahvaa rakennetta, jotta se kestää rasitusta ja olosuhteita paremmin. Kaapeli voi olla esimerkiksi synteettistä elastomeeria ja johtimien pitää olla poikkipinnaltaan yli 1,0 mm²:ä. Laitteiden maadoituksena ei saa käyttää taipuisan kaapelin suojapunosta vaan kaapelissa tulee olla erillinen suojajohdin.

Räjähdystvaarallisiin tiloihin ei saa asentaa ilmajohtoja vaan ne tulee muuttaa kaapeleiksi ennen tilaan viemistä.

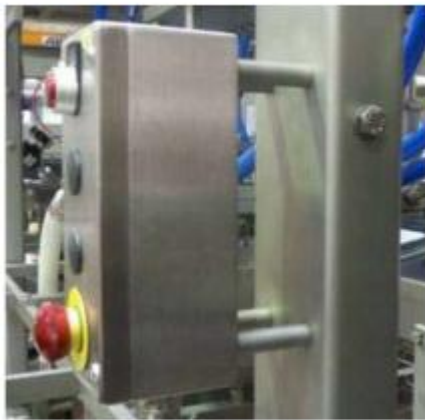
Kaapeleiden valinnassa tulee suunnitteluvaiheessa tarkistaa, että vaatiiko määritelty räjähdysuojaustaso lisävaatimuksia kaapeleille. Pinta-asennuskaapeleiden on oltava palo-ominaisuuksiltaan IEC 60332-1-2 testivaatimuksien mukaisia eli kaapelilla tulee olla F2-paloluokitus, joka tarkoittaa että yksittäinen kaapeli ei levitä paloa. (SFS-EN 60079-14 2009: 42–44.)

5.5 Sähkökeskukset

Tuotantotiloissa keskuksienkin tärkeimmät erikoispiirteet ovat käytetyt materiaalit ja IP-luokitus. Märissä tiloissa on käytettävä IP66-luokan keskuksia, jotka on valmistettu ruostumattomasta teräksestä, ja kuivissa tiloissa voi materiaalina käyttää alumiinia. Keskuksien saranat tulee olla ovien sisäpuolella ja ovien tiivisteet on oltava irrotettavia puhdistamisen helpottamiseksi. Mikäli mahdollista, niin kaapeleiden läpiviennit tulisi olla keskuksen pohjassa ja yläpinta 30 asteen kaltevuudella. Kuvassa 17 (tyyppi A) keskuksen painikkeet täyttävät hygieniavaatimukset, mutta jos mahdollista, niin kannattaisi ohjauspainikkeiden sijasta käyttää hygieniavaatimukset täyttävää ohjauspaneelia.

Keskukset eivät saa sijaita tuotantolinjojen välittömässä läheisyydessä likaantumisen ja vaaratilanteiden välttämiseksi. Paras asennuspaikka keskuksille on erillisessä tilassa tuotantoalueen läheisyydessä.

Seuraavissa kuvissa on esimerkkejä tuotantotiloihin asennettavista keskuksista ja ohjauskoteloista. Kuvan 18 keskus (A) täyttää hygieniavaatimukset lukuun ottamatta vaakasuoraa yläpintaa, johon lika voi kerääntyä. Saman kuvan (B) kotelo ei täytä vaatimuksia, koska kotelo on asennettu suoraan seinään ja sen vuoksi seinän ja kotelon muodostamaan kulmaan voi kerääntyä likaa. Lisäksi läpiviennit eivät ole kotelon pohjassa, kotelossa on vaakasuora yläpinta, painike ei ole soveltuva tiloihin ja se on paikassa, jossa sitä pystyy vahingossa painamaan.



A



B

Kuva 18. Esimerkki keskuksien ja koteloiden asentamisesta (EHEDG 2014: 121).

Räjähdysvaarallisten tilojen ryhmiä syöttävä keskus sijoitetaan ohjauslaitteineen Ex-tilan ulkopuolelle, mutta ryhmiä syöttävien lähtöjen ohjauslaitteiden pitää silti olla Ex-hyväksytyjä.

5.6 Sisävalaistus

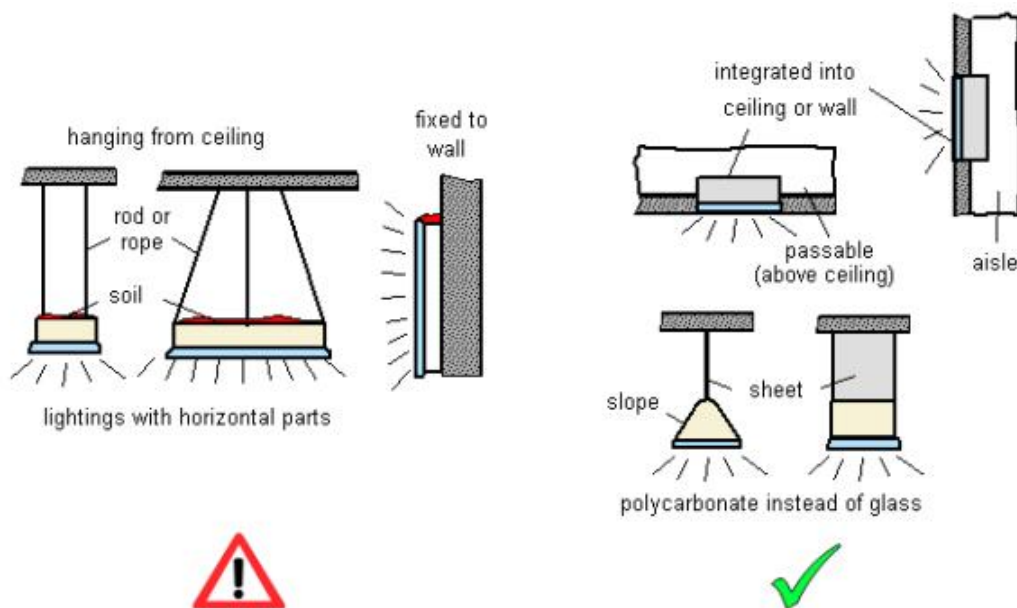
Elintarviketuotantolaitoksien sisävalaistuksen mitoituksessa voidaan käyttää Suomessa käytössä olevien valaistusstandardin SFS-EN 12464-1 asettamia raja-arvoja valaistuksen suunnittelussa, mutta myös EHEDG on antanut omat ohjeistuksensa elintarviketuotantolaitoksen valaistukselle (Taulukko 6).

Taulukko 6. Suositellut valaistustasot eri alueille (EHEDG 2014: 124).

Location	lux (lm/m ²)
Exterior, plant perimeter	110
Receiving docks	110
Shipping docks	110-220
Warehouses	220
Process areas	440-660
Inspection points	550- 1500
Packaging area	440-825
Offices	440-550
Corridors	220

Suunnittelija tarvitsee tiedot tiloista, joissa tarvitaan hyvää värintoista sekä luonnonvaloa vastaavaa valon väriä. Nämä määrittäykset on tehtävä, jotta esimerkiksi käsiteltävä liha näyttää samalta käsittelyvaiheessa kuin myöhemmin kuluttajan ottaessa lihan pois pakkauksesta. (EHEDG 2014: 124.) Käytännössä tämä tarkoittaa, että valaisimien valon väri on yli 4000 K ja värintoistoindeksi vähintään 90.

Tärkeä kriteeri tuotantoalueelle valittavassa valaisimessa on sen muoto. Katon tai seinän ja valaisimen väliin ei saa muodostua pintaa, johon epäpuhtaudet voi kertyä. Hyvä vaihtoehto valaisimen asennukseen on sen upottaminen rakenteeseen. Tällä toteutustavalla saumat on tiivistettävä huolellisesti. Valaisimeen ei saa päästä vettä eikä pölyä, joten sen koteloinnin on oltava tiivis ja pidettävä vettä.



Kuva 19. Esimerkkejä valaisimien asennustavoista tuotantotilaan (EHEDG 2014: 124).

Prosessin avoimilla tuotantoalueilla ei valaisimia saisi asentaa suoraan linjaston yläpuolelle. Jos valaisin on asennettava tällaiseen paikkaan, on sen suojalasin tai -muovin oltava särkymättömiä. Sijoittelussa on hyvä ottaa huomioon myös valonlähteen tai valaisimen vaihtaminen sekä puhdistus. (EHEDG 2014: 124.)

Elintarviketuotantolaitoksissa voidaan UV-valoa käyttää hygieniavalvontaan. Valaisimissa käytetään vaarattoman UVA-alueen aallonpituuksilla (315–380 nm) toimivia lamppuja. Valaisimien avulla puhdistuksen tulokset voidaan todeta nopeasti, koska pinnoille jääneet orgaaniset jämmät heijastavat sinistä valoa. Puhdas teräksinen pinta ei heijasta valoa ja muovisesta pinnasta heijastuva valo on eri sävyistä kuin epäpuhtauksista, joten epäpuhtaudet on helposti havaittavissa. Kokonaisia tiloja ei varusteta valaisimilla vaan ne ovat kannettavia, jotta puhdistetut pinnat voidaan tarkastaa hankalistakin paikoista. (Förnäs 2006: 42–43.)

Räjähdysvaarallisissa tiloissa valaisimien valintaan vaikuttavat räjähdysuojaustaso, laiteryhmä ja lämpötilaluokka. Esimerkiksi varmennetun tai suojatun rakenteen loisteputkilla varustettuja valaisimia ei saa käyttää T5 ja T6 lämpötilaluokan tiloissa tai, jos ympäristön lämpötila on yli 60 °C:tta. Pienpainenaatriumlamppuja ei ole järkevää käyttää missään tilaluokassa, koska sen rikkoutuessa aiheutuu purkautuvasta natriumista syttymisriski. (SFS-EN 60079-14 2009: 55, 75.)

5.7 Ulkovaalaistus

Laitoksen sisäänkäyntialueita valaisevat valaisimet on sijoitettava mahdollisimman kauas kulkuaukoista ja ikkunoista, jotta vähennetään hyönteisten pääsemistä tuotantotiloihin. Parkkipaikkojen ja rakennuksen julkisivun valaisimien pitää valaista alaspäin ja rakennusta kohti. Rakennusta kohti valaiseva valaisin houkuttelee hyönteisiä rakennuksesta pois päin pimeällä. Ulkovaalaistuksen valonlähteiksi sopivat valonlähteet, jotka lähettävät mahdollisimman vähän UV-säteilyä, kuten suurpainenaatriumlamput, koska UV-valoa säteilevät valaisimet vetävät hyönteisiä puoleensa. Jos ulkovaalaistuksen valonlähteinä käytetään esimerkiksi elohopealamppuja, ne eivät saa sijaita alle 10 m etäisyydellä rakennuksesta. (EHEDG 2014: 23.)

Asetus laitosten elintarvikehygieniasta vaatii, että laitoksien edustalla alueella, jolla eläimet puretaan kuljetuksesta tai tuodaan sisään, on oltava valaistuja. (asetus laitosten elintarvikehygieniasta.)

Ulkovalaistuksen valaistustasojen ja muiden valoteknisten arvojen mitoituksessa tulee Suomessa käyttää valaistusstandardin SFS 12464-2 ja urakkasopimuksien määrittelemiä raja-arvoja.

5.8 Turvavalistus

Kun normaali sähkönsyöttö katkeaa, tarvitaan pelastuslain ja sisäasiain ministeriön päätöksen mukaisesti tiloihin turvavalistus. Tällaisia paikkoja ovat esimerkiksi tuotantolaitokset, hoitolaitokset, yli 8-kerroksiset rakennukset ja kokoontumis- ja liiketilat, mikäli ne ovat kooltaan yli 300 m² tai se on harkinnan mukaan tarpeellinen. Turvavalaisuksen avulla tiloissa olevat henkilöt saadaan ohjattua turvallisesti ulos ja pelastushenkilöstö turva- ja palontorjuntalaitteiden luokse valaisemalla poistumisreitit ja korostamalla paikkoja, joissa turva- ja palontorjuntalaitteet sijaitsevat. Poistumisvalaistuksen lisäksi turvavalaisukseen sisältyy varavalaistus. Poistumisvalaistus jakautuu kolmeen osaan, jotka ovat poistumisreitivalaistus, avoimen alueen valaistus ja riskialttiin työalueen valaistus.

Elintarviketuotantolaitoksen poistumisreitivalaistuksen ja avoimen alueen valaistuksen suunnittelua koskee Suomessa muun muassa pelastuslaki, sisäasiainministeriön asetus SMA 805/2005 poistumisreitien merkitsemisestä ja valaisemisesta sekä standardi SFS-EN 1838 valaistussovellukset. Turvavalistus. Erona tuotantolaitoksen turvavalaisuksessa esimerkiksi toimistorakennuksen valaistukseen ovat haastavat olosuhteet sekä prosessin huomioiminen valaisimien sijoittelussa. Turvavalaisusta suunnitellessa olisi hyvä tietää laitokseen sijoitettavien prosessilaitteiden paikat, jotta jokaiselta laitteelta olisi näkyvät poistumistieopasteille.

5.8.1 Riskialttiin työalueen valaistus

Tuotantolaitoksissa on usein muun muassa prosessiin liittyviä koneita, jotka saattavat liikkua vielä sähkökatkon jälkeenkin ja tällöin tarvitaan riskialttiin työalueen valaistusta. Sen avulla varmistetaan työskentelytilanteessa olevan henkilön turvallisuus ja tehdään mahdolliseksi hallittu koneiden sulkeminen.

Turvavalaistusstandardin mukaan riskialttiilla työalueella valaistusvoimakkuuden tulee olla työtasolla vähintään 10 % työhön vaadittavasta valaistusvoimakkuudesta ja kuitenkin vähintään 15 luksia. Normaalisti käytössä olevan valaistuksen toiminnan häiriön sattuessa, on riskialttiin alueen valaistuksen toimittava keskeytyksettä tai sovelluksesta riippuen 0,5 sekunnin kuluessa sen täydellä valaistusvoimakkuudellaan. (Valaistussuunnittelijan käsikirja 2009; SFS-EN 1838 2014: 6; 10; 18.)

5.8.2 Valaisimien valinta

Vaihtovirralla toimivilla purkauslampuilla lampun valovirta muuttuu virran puolijaksoilla noin 100 Hz:n taajuudella ja tämän vuoksi valo värisee. Ihmisen silmä ei kuitenkaan erota värinää, mutta tämä ilmiö aiheuttaa kuitenkin niin sanotun stroboskooppi-ilmiön, jota riskialttiilla alueella ei saa esiintyä. Ilmiön vuoksi nopeasti liikkuvat koneet näyttävät liikkuvan nykivästi ja pyörivät koneet näyttävät pysähtyneeltä. Käytettäessä purkauslamppuja tätä ilmiötä voidaan pienentää asentamalla valaisimia syöttävät ryhmät eri vaiheille, jolloin valaisimien vaihtovirran muutokset ajoittuvat eri aikaan tai käyttämällä elektronisilla liitäntälaitteilla varustettuja valaisimia. Stroboskooppi-ilmiön lisäksi valaisimien valinnassa tulee huomioida valaisimen sopivuus kyseiseen tuotantotilaan tilan käyttötarkoituksesta riippuen. Pääasiassa turvavalaistuksessa käytettäviä valaisimia koskevat samat ohjeet ja vaatimukset kuin yleisvalaistuksessa käytettäviä valaisimia. Esimerkiksi akullinen yksikkövalaisimen soveltuvuus kylmiin tuotantotiloihin pitää varmistaa valaisinvalmistajalta ja Ex-tiloissa saa käyttää vain niihin soveltuvia hyväksytyjä valaisimia. (Valaistussuunnittelijan käsikirja 2009.)

5.9 Maadoitukset

5.9.1 Yleiset maadoitukset

Tuotantolaitoksessa yleiset maadoitukset ja potentiaalintasaukset tehdään, kuten TN-järjestelmissä missä tahansa kohteessa. Rakennuksen maadoitusjärjestelmä lähtee maahan asennettavasta maadoituselektrodista, jonka toteutukselle on standardin mukaan useita vaihtoehtoja. Yleisimmin käytetään rakennuksen perustusten alle asennettavaa perustusmaadoituselektrodia. Maadoituselektrodi yhdistetään rakennuksen päämaadoituskiskoon ja yleisin käytetty elektrodityyppi on 16 mm² kupariköysi. Maadoitus-

elektrodin on oltava korroosion kestävä ja sen on kestävä siihen kohdistuva mekaaninen rasitus sekä vian aikana siinä kulkeva virta. Kaikki kolme tekijää vaikuttavat elektrodin mitoituskestoja ja toteutustapaan.

Suomessa standardit eivät anna vaatimuksia rakennuksien maadoitusjärjestelmän maadoitusresistanssille, mutta elektrodin toteutustavalla on suuri vaikutus maadoitusresistanssin suuruuteen. Suomessa maan ominaisresistanssi vaihtelee noin $40 \Omega/m$ ja $50\,000 \Omega/m$ välillä. Pienimmät resistanssit ovat savella ja mullalla, kun taas suurimmat harjusoralla ja graniittikalliolla. Hyvänä maadoitusresistanssina voi pitää alle 10Ω :a, joten elektrodi tulisi asentaa märälle saviselle alueelle.

Liittymän suur- ja pienjännitemaadoitukset yhdistetään samaan maadoitusjärjestelmään päämaadoituskiskolla. Päämaadoituskiskoon yhdistetään muun muassa liittymän syöttökaapeleiden kaapelipäätteiden maadoitus, liittymiskaapeleiden kanssa samassa kaapeliojassa tulevat verkkoelektrodit, rakennuksen betonirauditus sekä muuntamon kaikki jännitteelle alttiit osat kuten ovet, muuntajien suojakuoret, suurjännitekojeisto ja kaapelihyllyt.

Päämaadoituskiskoon kytketään rakennuksen potentiaalintasausjärjestelmän johtimet. Potentiaalintasausjärjestelmällä tarkoitetaan rakennuksen kaikkien johtavien osien yhdistämistä samaan potentiaalin, jolla estetään vikatilanteissa vaarallisten jännite-erojen syntyminen samanaikaisesti kosketeltavissa olevien johtavien osien välillä. Yleensä potentiaalintasauskiskoja tulee rakennuksiin useampia, joihin yhdistetään ainakin johtavat putkistot, iv-kanavat, lvi-laitteet ja kaapelihyllyt. (Tiainen 2014.)

5.9.2 Prosessimaadoitukset

Tuotantolaitoksen prosessissa saattaa olla laitteita tai automaatiojärjestelmiä, joita varten tarvitaan sähköiskulta suojaamiseen tarkoitettua maadoitusjärjestelmän lisäksi maadoitusjärjestelmää, jota kutsutaan toiminnalliseksi maadoitukseksi ja sen lyhenne on FE. Aiemmin on puhuttu häiriöttömästä maasta ja lyhenteenä on käytetty TE:tä. Toiminnallista maadoitusta käytetään herkkien laitteiden häiriösuojaukseen niiden toiminnan kannalta, ei suojauksen vuoksi. Toiminnallisen maadoitusjohtimen värinä ei saa käyttää keltevähreää ja yleisesti käytetty väri on musta. Tarkemmin sähkömagneettiselta säteilyltä suojaavaa häiriösuojausten toteutusta käsitellään standardin SFS 6000 luvussa 444.

Toiminnallinen maadoitus yhdistetään rakennuksen päämaadoituskiskoon, jonka jälkeen verkko rakennetaan puumaisena ja pidetään erillään rakennuksen muista maadoituksista. Usein tässä vaiheessa jää huomioimatta nousukaapeleiden kautta johtuva yhteys rakennuksen maadoitusjärjestelmään.

5.9.3 Maadoitukset ja potentiaalintasaus räjähdysvaarallisissa tiloissa

Vaatimukset räjähdysvaarallisten tilojen maadoituksille ovat tiukemmat kuin muille tiloille, koska laitteet eivät saa normaali- tai vikatilanteessa aiheuttaa kipinöintiä.

TN-järjestelmää käytettäessä TN-C-järjestelmän käyttö räjähdysvaarallisessa tilassa on kiellettyä. On siis käytettävä TN-S-järjestelmää, jossa nolla- ja suojajohdin ovat erillään. Jos TN-C-järjestelmästä siirrytään TN-S-järjestelmään, niin suojajohdin pitää yhdistää potentiaalitasaukseen räjähdysvaarallisen tilan ulkopuolella. Räjähdysvaarallisten tilojen sähkösuunnittelua käsittelevä standardi SFS-EN 60079-14 suosittelee vaiheen ja maadoituksen sekä nollan ja maadoituksen välisen eristystason valvomista. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi vikavirtasuojalla. (Tiainen 2014: 157; SFS-EN 60079-14 2009: 36.)

Teollisuudessa käytettävässä *IT-järjestelmässä* on kaikki jännitteelle alttiit osat maadoitettava sekä käytettävä maasulun valvontaa, joka toimii ensimmäisestä maasulusta. Pie-noisjännitejärjestelmässä *SELV-piirin* jännitteisiä osia eikä jännitteelle alttiita osia maadoiteta. Jännitteelle alttiit osat voidaan kuitenkin maadoittaa, esimerkiksi sähkömagneettisen sopivuuden vuoksi. *PELV-piirit* ja jännitteelle alttiit osat maadoitetaan. (SFS-EN 60079-14 2009: 36.)

Räjähdysvaarallisissa tiloissa potentiaalitasauksessa kaikki sähkölaitteiden jännitteelle alttiit osat ja muut tilan johtavat osat, kuten putkistot ja säiliöt liitetään yhteen, ettei niiden välille voi muodostua potentiaaliero esimerkiksi staattisen sähköön vaikutuksesta. Tämä koskee myös laitteiden metallisia rakenteita, vaikka ne olisivat suojamaadoitettuja. Potentiaalintasaus liitetään sähköverkon maadoitusjärjestelmään.

Luonnostaan vaaraton *Exi-piiri* voi olla joko maasta erotettu tai yhdestä pisteestä potentiaalitasaukseen liitetty. Pelkästään staattiselta sähköltä suojaamiseksi, ei luonnostaan vaarattomia piirejä tarvitse maadoittaa vaan suojaus voidaan tehdä kytkemällä piiri vähintään 0,2 M Ω :n vastuksen kautta maahan. Jos piirin sähköisessä erotuksessa käytetään diodirajoittimia eli zenerbarriereja, niin piirissä ei ole galvaanista erotusta ja vian

sattuessa piirin turvallisuus on pelkästään maadoituksen varassa. Tällaisessa tapauksessa piirin maadoitusliitokset on tehtävä mahdollisimman lyhyttä reittiä keskuksen rungosta erotettuun maadoituskiskoon ja maadoitusjohtimena on käytettävä yhtä vähintään 4 mm^2 tai kahta $1,5 \text{ mm}^2$ johdinta. Kisko pitää olla erotettu keskuksen rakenteista, jotta viasta johtuvat jännite ei vaikuta zenerbarrierien toimintaan. Tällaisten piirien kaapeleiden johtavat suojavaipat yhdistetään maadoitusjärjestelmään samasta kohdasta kuin itse piirikin. Jos piiri on maasta erotettu, niin kaapelin suojavaippa on kuitenkin yhdistettävä yhdestä kohdasta potentiaalintasaukseen. (Tiainen 2014: 159-160; SFS-EN 60079-14 2009: 57.)

Sopiva luonnostaan vaarattoman piirin maadoitustapa valitaan piirin toimintatavan ja laitevalmistajan ohjeiden avulla.

5.10 Prosessilaitteet

Vaikkei esimerkkikohteen rakennusprojektissa prosessin sähkölaitteiden sähköistys kuulu pääurakoitsijalle eikä niiden sähköistystä ja ohjausjärjestelmien toteutusta sen vuoksi käsitellä tässä insinööriyössä tarkemmin, vaativat ne kuitenkin sähkösuunnittelijalta paljon selvitettävää laitteiden sähkötehojen lisäksi. Prosessilaitteita saatetaan toimittaa ulkomailta ja eri maissa käytännöt saattavat poiketa yleisesti Suomessa käytetyistä menetelmistä, joten sähkösuunnittelijan on tehtävä yhteistyötä prosessilaittevalmistajien kanssa ja huomioitava nämä suunnittelussa. Selvitettäviä asioita ovat esimerkiksi prosessisähkökeskusten tarvitsemat tilat, keskuksien syöttökaapeleiden läpivientipaidat, kaapeleiden johtimissa käytetty materiaali oikeiden liittimien valitsemiseksi ja tiedot vaihejohtimien väreistä sekä järjestyksestä, jos ne poikkeavat Suomessa yleisesti käytetyistä.

6 Esimerkkikohte

Insinööriyössä esimerkkinä on käytetty kohteena uutta siipikarjan tuotantolaitosta, jonka SRV Rakennus Oy rakentaa HKScan Oyj:lle. Laitoksen talotekniikkaan liittyvät asennustyöt on aloitettu kesällä 2016, ja laitos valmistuu käyttöön kesällä 2017. Uusi tuotantolaitos on kooltaan noin $23\,000 \text{ m}^2$, ja se tulee korvaamaan tällä hetkellä käytössä olevan laitoksen sekä lisäämään tuotannon tehokkuutta.

Tuotantolaitoksessa prosessi sisältää kaiken siipikarjalle tehtävän käsittelyn teurastuksesta valmiiden tuotteiden pakkaukseen ja niiden lähetyksen kuluttajille. Prosessin laite-toimituksia tulee projektiin eri puolilta Eurooppaa, ja laiteasennukset limittyvät osittain yhteen rakennus- ja taloteknisten töiden kanssa.

Tuotantolaitoksen ja sen talotekniikan suunnittelussa on käytetty vaatimuksina European Hygienic Engineering & Design Groupin laatimia hygieniaohteita elintarviketehtaille sekä tilaajan antamia ohjeita. Laitoksen suunnittelussa tärkeinä kriteereinä on pidetty tilojen hygieenisyyttä, puhdistettavuutta, energiatehokkuutta sekä työntekijöiden ja elävänä saapuvan siipikarjan olosuhteiden parantamista verrattuna vanhaan laitokseen.

Esimerkiksi kaikki tuotantotiloissa yleisvalaistukseen käytettävät valaisimet ovat ominaisuuksiltaan vedenpitäviä, puhdistuksen kestäviä, hyvällä värintoistolla ja valkoisella värisävyltä (4000 K) olevia led-valaisimia. Valaisimen runko on pitkä pyöreä putki, jolla voidaan vähentää lian kertymistä valaisimen ja katon väliin sekä helpotetaan puhdistettavuutta.



Kuva 20. Esimerkki elintarviketuotantotilaan soveltuvasta valaisimesta (Teollisuusvalaisimet 2016).

Lintujen olosuhteiden parantamiseksi saapuvan siipikarjan alueella ilmanvaihdon toimivuus on varmistettu varavoimalla ja tainnutusalueella on lattialämmitys estämässä paleltumia, jos laitteet jostain syystä pysähtyvät.

Tuotantolaitoksen sähköjakelussa on pyritty huomioimaan käyttövarmuus ja huollettavuus tuomalla laitokseen varsinaisen syöttöyhteyden lisäksi varayhteys. Sisällä laitoksessa jakelu on jaettu useammasta muuntamosta, jotka ovat yhdistetty rengasverkkoon maan kautta kulkevilla kaapeleilla. Useammalla muuntamalla ja pääkeskuksella suuret nousukaapelit pystytään pitämään kohtuullisen pituisina, mikä on taloudellisesti kannattavaa ja sähköteknisesti välttämätöntä jännitteen alenemien ja oikosulkuvirtojen vuoksi.

Sähköpisteiden kuten pistorasioiden ja kytkimien määrä on minimoitu tuotantotiloissa ja ne on pyritty sijoittamaan vähiten hygieenisesti riskialttiille alueille.

7 Yhteenveto

Insinööriyössä selvitettiin elintarviketuotannon aiheuttamat vaatimukset sähkösuunnittelulle tilojen käyttötarkoitusten mukaan, joita olivat puhtaat ja räjähdysvaaralliset tilat. Lisäksi tilojen vaatimuksia olivat kosteuden, lämpötilojen sekä käytettävien kemikaalien aiheuttamat vaatimukset. Tavoitteena oli myös pohtia esimerkkiratkaisuja, jotka olisivat lisäksi energiatehokkaita.

Esimerkein annetut vaihtoehdot sähköasennusten suunnittelulle ja toteutukselle täyttävät hyvin elintarviketeollisuudessa vaaditut hygieniavaatimukset ja tuotantotiloissa käytetyt puhdistusmenetelmät. Kaikkien esiteltyjen vaihtoehtojen energiatehokkuuteen vaikuttaminen voi toisinaan olla haastavaa esimerkiksi räjähdysvaarallisten tilojen laitevaatimusten vuoksi. Vaikka sähkösuunnittelussa on pyritty energia- ja kustannustehokkaiisiin ratkaisuihin, niin kuitenkin tällaisessa laitoksessa prosessissa käytettävät järjestelmät ja tilojen vaaditut lämpötilat tarvitsevat suurimman osan laitoksen kokonaisenergian tarpeesta ja aiheuttavat näin suurimman osan energian käyttökustannuksista. Hyvänä esimerkkinä tästä voi pitää valaistuksen tarvitsemaa sähkötehoa suhteessa koko laitoksen sähkötehon tarpeeseen. Sen osuus koko laitoksen tehon tarpeesta on noin 1,5 %.

Insinööriyön tavoitteet saavutettiin hyvin ja työtä pystytään jatkossa käyttämään vastaavien kohteiden suunnittelun ohjaukseen määriteltäessä järjestelmien sisältöä ja laajuutta. Lisäksi työtä voidaan hyödyntää käytännössä työmaavalvonnan tukena. Määrittelyt järjestelmille tulee tehdä aina tilan käyttötarkoituksen mukaan, joten elintarviketuotantolaitoksen sähköjärjestelmille ei ole olemassa vain yhtä oikeaa ratkaisua.

Kun perusvaatimukset tuotantotilojen sähköjärjestelmille on selvillä ja niiden suunnittelussa on huomioitu myös nykyään tärkeitä energiatehokkuusasiat, niin tutkimusta voisi jatkaa tulevaisuudessa tuotantolaitoksien energiatehokkuuden kehittämällä muilla vaihtoehdoilla. Tutkittavia aiheita voisi olla esimerkiksi uusiutuvien energianlähteiden tai prosessista aiheutuvien jätevesien, hukkalämmön tai jätteiden hyödyntämismahdollisuudet tuotantolaitoksen energian tuotannossa.

Toisena tutkittavana aiheena voisi olla projektinhallinnan kehittäminen laitevalmistuksen ja laitoksen talotekniikan yhteensovitusaikataulun osalta. Elintarviketeollisuuden laitteiden valmistus tehdään kohtuullisen nopealla aikataululla (noin 4 kk) ja niiden suunnittelu vie tätä ennen noin 2–3 kuukautta (Jaatinen 2016). Tämä aiheuttaa suuria haasteita sähkökeskusten ja sähkönjakelun suunnitteluun, koska tarkat laitetiedot on usein saatavilla vasta, kun hankinnat ja asennukset ovat jo pitkällä.

Lähteet

ATEX-laitedirektiivi. 2014. 2014/34/EU.

ATEX-olosuhdedirektiivi 1999. 99/92/EY.

ATEX Räjähdyksvaarallisten tilojen turvallisuus -opas. 2015. Verkkodokumentti. Turvatekniikan keskus Tukes. <http://www.tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ja_opaat/ATEX_opas.pdf>. Luettu 6.8.2016.

Elintarviketuotanto. 2016. Verkkodokumentti. Julkishallinnon verkkopalvelut. <https://www.suomi.fi/suomifi/suomi/palvelut_aiheittain/ymparisto_ja_luonto/maatalous_ja_kotielaimet/elintarviketuotanto/index.html>. Luettu 10.5.2016.

Elintarvikelaki 2006. 23/2006.

Elintarvikehuoneistot. 2016. Verkkodokumentti. Elintarviketurvallisuusvirasto. <<https://www.evira.fi/elintarvikkeet/valmistus-ja-myynti/elintarvikehuoneistot/>>.

Elintarvikehuolto. 2016. Verkkodokumentti. <<http://energia.fi/sahkomarkkinat/hairiot/pitkan-sahkokatkon-vaikutuksia/elintarvikehuolto>>. Luettu 8.8.2016

Elintarvikehygienia-asetus 2011. 1367/2011.

Elintarvikehygienia. 2016. Verkkodokumentti. Elintarviketurvallisuusvirasto. <<http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/hygieniaosaaminen/tietopaketti/elintarvikehygienia/>>. Luettu 17.5.2016.

Elintarviketeollisuus. 2016. Verkkodokumentti. Elintarviketeollisuusliitto. <<http://www.etl.fi/elintarviketeollisuus>>. Luettu 10.4.2016

Elintarvikkeiden saastuminen (kontaminaatio) ja pilaantuminen. 2016. Verkkodokumentti. Elintarviketurvallisuusvirasto. <<https://www.evira.fi/elintarvikkeet/tietoa-elintarvikkeista/elintarvikevaarat/elintarvikkeiden-saastuminen-kontaminaatio-ja-pilaantuminen/>>. Luettu 10.8.2016

Förnäs, Riggert. 2006. UV-lamppu helpottaa elintarviketeollisuuden hygienia- ja turvallisuusvalvontaa. Kehittyvä elintarvike 3/2006, s.42–43.

Historia. 2016. Verkkodokumentti. SRV Yhtiöt Oyj. <<https://www.srv.fi/srv-yhtion/srv-yhtion/historia>>. Luettu 9.4.2016

Hygienic design principles for food factories. 2014. Frankfurt: European Hygienic Engineering and Design Group.

Jaatinen Marita. 2016. Sähköpostikeskustelu. Projektijohtaja. HKScan Oyj.

Konsernin rakenne. 2016. Verkkodokumentti. SRV Yhtiöt Oyj. <<https://www.srv.fi/srv-yhtiona/srv-yhtiona/konsernin-rakenne>>. Luettu 9.4.2016

Korkeala, Hannu. 2007. Elintarvikehygieniä. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

Kysyntäjousto. 2016. Verkkodokumentti. Fingrid Oy. <<http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/Kysyntajousto/Sivut/default.aspx>>. Luettu 14.10.2016

Lisätietoa ATEX-laitedirektiivistä. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteet1/Sahkolaitteiden-vaatimukset/ATEX---Rajahdysvaarallisten-tilojen-laitteet/Lisatietoa-ATEX-direktiivista/>>. Luettu 10.8.2016.

Lähde, Anne-Mari. 2003. Onko työpaikkojen pölyräjähdysvaara huomioitu?. Kehittyvä elintarvike, 1/2003, s.29.

Puhdistilatekniikan perusteet. 2012. Luentomateriaali. Heidi Tuomi Turun Ammattikorkeakoulu.

Salo, Tiina. 2008. Puhdistilat kiinnostavat elintarviketeollisuutta. Kehittyvä elintarvike, 4/2008, s.26.

SFS-EN 1672-2 Elintarvikekoneet. Perusteet. Osa 2: Hygieniavaatimukset. 2009. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 14644-1 Puhdistilat ja puhtaat alueet. Osa 1: Hiukkaspitoisuuden perusteella tehtävä puhtausluokitus. 2015. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 14644-4 Puhdistilat ja puhtaat alueet. Osa 4: Suunnittelu, rakentaminen ja käynnistys. 2001. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN 60079-14 Räjähdyksivaaralliset tilat. osa 14: Sähköasennusten suunnittelu, laitevalinta ja asentaminen. 2009. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN 1838 Valaistusovellukset. Turvavalistus. 2014. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SFS Käsikirja 604-1. 2014. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

ST 51.83 Sähköasennukset räjähdysvaarallisissa tiloissa. 2014. Espoo: Sähköinfo Oy.

Stranks, Jeremy. 2007. The A-Z of food safety. London: Thorogood Publishing Ltd.

Sähkön kysyntäjoustopotentiaalin kartoitus Suomessa. 2014. Fingrid Oy. <http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/markkinaliitteet/Kysynt%C3%A4jousto/Fingrid_Julkinen_raportti_kysynt%C3%A4jousto_16062014.pdf>. Luettu 15.10.2016

Teollisuusvalaisimet. 2016. Verkkodokumentti. Valoiste Oy. <<http://www.valoiste.fi/teollisuusvalaisimet/norka-zug-led-tuotetiedot>>. Luettu 15.10.2016

Tiainen, Esa. 2014. Maadoituskirja. Espoo: Sähköinfo Oy.

Turvavalaistus. 2016. Luentomateriaali. Pasi Hongisto Teknoware Oy.

Valaistussuunnittelijan käsikirja. 2009. Luentomateriaali. Fagerhult Oy.

Valtioneuvoston asetus räjähdyskelpoisten ilmaseosten työntekijöille aiheuttaman vaaran torjunnasta 2003. 576/2003.

Vuosikertomus 2015. 2016. Verkkodokumentti. SRV Yhtiöt Oyj. <<http://vuosikertomus2015.srv.fi/liiketoiminta/srv-n-liiketoiminta>>. Luettu 9.4.2016

Whyte, W. 2001. Cleanroom technology. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

Wirtanen, Gun. 2006. Puhdas tuotantoilma entistä tärkeämpää. Kehittyvä elintarvike, 3/2006, s.36–37.

Räjähdyssuojaustasojen ja -rakenteiden välinen suhde (SFS-EN 60079-14: 26.)

EPL	Räjähdyssuojausrakenne	Tunnus	Standardi
"Ga"	Luonnostaan vaaraton	"ia"	IEC 60079-11
	Massaan valettu	"ma"	IEC 60079-18
	Kaksi toisistaan riippumatonta suojausrakennetta, jotka täyttävät kumpikin EPL "Gb" vaatimukset:		IEC 60079-26
	Optista säteilyä käyttävien laitteiden tai tiedonsiirtojärjestelmien suojausrakenne		IEC 60079-28
"Gb"	Räjähdyspaineen kestävä kotelointi	"d"	IEC 60079-1
	Varmennettu rakenne	"e"	IEC 60079-7
	Luonnostaan vaaraton	"ib"	IEC 60079-11
	Massaan valettu	"m" "mb"	IEC 60079-18
	Öljytäytteinen	"o"	IEC 60079-6
	Paineistettu kotelointi	"p", "px" tai "py"	IEC 60079-2
	Hiekkatäytteinen	"q"	IEC 60079-5
	Luonnostaan vaaraton kenttäväylä (FISCO)		IEC 60079-27
	Optista säteilyä käyttävien laitteiden tai tiedonsiirtojärjestelmien suojausrakenne		IEC 60079-28
"Gc"	Luonnostaan vaaraton	"ic"	IEC 60079-11
	Massaan valettu	"mc"	IEC 60079-18
	Kipinöimätön	"n" tai "nA"	IEC 60079-15
	Rajoitetusti hengittävä	"nR"	IEC 60079-15
	Energia rajoitus	"nL"	IEC 60079-15
	Kipinöivä laite	"nC"	IEC 60079-15
	Paineistettu kotelointi	"pz"	IEC 60079-2
	Kipinöimätön kenttäväylä (FNICO)		IEC 60079-27
	Optista säteilyä käyttävien laitteiden tai tiedonsiirtojärjestelmien suojausrakenne		IEC 60079-28
"Da"	Luonnostaan vaaraton	"iD"	IEC 60079-11
	Massaan valettu	"mD"	IEC 60079-18
	Suojaus koteloinnilla	"tD"	IEC 60079-31
"Db"	Luonnostaan vaaraton	"iD"	IEC 60079-11
	Massaan valettu	"mD"	IEC 60079-18
	Suojaus koteloinnilla	"tD"	IEC 60079-31
	Paineistettu kotelointi	"pD"	IEC 61241-4
"Dc"	Luonnostaan vaaraton	"iD"	IEC 60079-11
	Massaan valettu	"mD"	IEC 60079-18
	Suojaus koteloinnilla	"tD"	IEC 60079-31
	Paineistettu kotelointi	"pD"	IEC 61241-4