

Taisia Filipenco

OMASÄHKÖLAITOKSEN TUOTEHYVÄKSYNTÄ

OMASÄHKÖLAITOKSEN TUOTEHYVÄKSYNTÄ

Taisia Filipenco
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, energiatekniikka

Tekijä: Taisia Filipenco
Opinnäytetyön nimi: Omasähkölaitoksen tuotehyväksyntä
Työn ohjaaja: Esa Kontio
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2014
Sivumäärä: 85 + 7 liitettä

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Volter Oy:n omasähkölaitoksen, joka tuottaa sähköä ja lämpöä puukaasulla, CE-merkinnän kiinnittämisen edellyttävä dokumentaatio. Dokumentaatio pohjautuu EU:n direktiiveihin, standardeihin ja asetuksiin. Työhön sisältyy myös konedirektiivissä vaadittu riskianalyysi ja koko prosessin riskianalyysi.

Työn alussa selvitettiin, mikä on CE-merkinnän tarkoitus ja minkälaiseen lainsäädäntöön se pohjautuu. Lisäksi selvitettiin EU-direktiivien, standardien ja maan kohtaisten asetusten ja lakien sisäinen riippuvuus ja hierarkia. Samaan aikaan tutustuttiin puun kaasutusprosessiin, mikä helpotti kaasuttimen rakenteen ymmärrystä. Puukaasutin on Volter Oy:n omavalmisteinen komponentti, joka on koko prosessin keskeinen komponentti ja josta ei ole vielä laadittu standardia.

Lisäksi työssä tutustuttiin puun kaasutus- ja sähkön tuotantoprosessiin sekä selvitettiin, minkälaista lainsäädäntöä CE-merkinnän kiinnitysprosessi vaatii. Työn lopussa suoritettiin konedirektiivin vaatima riskianalyysi ja koko prosessille sovellettava HAZOP-riskianalyysi. Lisäksi kirjoitettiin käyttö- ja huolto-ohjeet koko laitokselle ja laadittiin konedirektiivin mukainen vaatimustenmukaisuuden vakuutus.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin kooste direktiiveistä, standardeista ja laeista, joita tulee käyttää turvallisen tuotteen luomiseksi. Työn aikana suoritettujen riskianalyysejä auttoivat selvittämään koneturvallisuudessa puutteelliset kohdat ja parantamaan niitä. Myöhemmin riskianalyysejä voivat toimia tuotekehityksen pohjana.

Asiasanat: CE-merkintä, CHP-voimalaitos, konedirektiivi, riskianalyysi, puun kaasutus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Mechanical and Production Engineering, Energy Technology

Author: Taisia Filipenco
Title of thesis: CE Marking for Micro-CHP-Power Plant
Supervisor(s): Esa Kontio
Term and year when the thesis was submitted: spring 2014
Pages: 85 + 7 appendices

This thesis was made for Volter Oy, which is located in Kempele. Volter Oy is an innovator and pioneer in the development of wood gasification technology. The company is a manufacturer of container-packed CHP-plants, which produce electricity and power by gasifying wood chips.

CE marking indicates the compliance with the EU legislation of a product, wherever in the world manufactured, and enables its free movement within the European market. The use of the marking is mandatory if plants are to be sold. Likewise, the CE marking signifies that the product conforms with all European Community directives that apply to it. Thus, the aim of this thesis is to clarify all European Community directives, standards and regulatory requirements, which have to apply to a CHP-power plant so that the plant meets all the CE marking requirements and can be sold in the EU.

The research methods used were qualitative researches of EU directives, standards and EU legislation, interviews with authorities and specialists. After that the risk analysis was made.

As a result of this thesis, an instruction manual for the production of the safety micro-CHP-power plant was made, which can be sold on the European markets. Also, the micro-CHP-power plant of Volter Oy has received the CE marking.

Keywords: CE marking, Machine directive, CHP-power plant, wood gasification

ALKULAUSE

Haluan kiittää Volter Oy:tä sen tarjoamasta mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyöni erittäin mielenkiintoisesta ja haastavasta aiheesta. Volter Oy:n henkilöstö on osoittanut hyvin tärkeää yhteistyötä ja tukea läpi koko projektin sekä paneutunut kanssani aiheeseen ajankäyttöä säästämättä.

Kiitän lehtori Esa Kontiota, joka toimii tämän opinnäytetyön ohjaajana, ja lehtori Tuija Juntusta, joka vastasi kielen ja tyylin ohjauksesta, heidän neuvoistaan, avustaan ja kärsivällisyydestään.

Erityisesti haluan kiittää aviopuolisoani Jere Lindelliä henkisestä tuesta.

Oulussa 30.3.2014

Taisia Filipenco

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
SANASTO	8
1 JOHDANTO	11
1.1 Volter Oy	11
1.2 Tavoite	11
2 CE-MERKINTÄ	13
3 LAINSÄÄDÄNTÖ	16
3.1 EU-direktiivit	16
3.2 Standardit	16
4 RISKIANALYYSI	18
4.1 Konedirektiivinmukainen riskianalyysi	18
4.2 Vikapuunanalyysi (FTA)	20
4.3 Vika- ja vaikutusanalyysi (FMEA)	21
4.4 Poikkeamatarkastelu (HAZOP)	22
4.4.1 Määrittelyvaihe	22
4.4.2 Valmisteluvaihe	23
4.4.3 Tarkastusvaihe	25
4.4.4 Dokumentaatio- ja seurantavaihe	25
5 PUUN KAASUTUS	26
5.1 Vastavirtakaasutin	27
5.2 Myötävirtakaasutin	28
5.3 Puukaasun ominaisuudet	30
5.3.1 Kemiaaliset ominaisuudet	30
5.3.2 Fysikaaliset ominaisuudet	30
6 OMASÄHKÖLAITOS	32
6.1 Voimalaitoksen koneet	34
6.1.1 Ruuvikuljettimet	38
6.1.2 Kaasutin	42

6.1.3 Puukaasupuhallin	46
6.1.4 Omasähkölaitoksen voimayksikkö	48
6.2 Koneiden sähkölaitteisto	49
6.2.1 Häätöpysäytys	52
6.2.2 Muut laitteet	59
6.2.3 LVD- ja EMC-direktiivit	59
6.3 PEDin alaiset laitoksen osat	60
6.4 Kontti	61
6.4.1 ATEX-direktiivi	61
6.4.2 Eurokoodistandardien soveltaminen	65
6.4.3 Paloturvallisuus	66
6.4.4 Ukkossuojaus	67
6.4.5 Melu ja päästöt	67
6.5 Riskianalyysi	68
6.5.1 Koneiden koskeva riskianalyysi	68
6.5.2 Prosessin riskianalyysi	69
6.6 Varoituskilvet	72
7 KÄYTTÖ- JA HUOLTO-OHJEET	78
8 EY-VAATIMUSTENMUKAISUUSVAKUUTUS	81
9 YHTEENVETO	84
LÄHTEET	86
LIITTEET	95

SANASTO

- ATEX** *Atmosphères Explosibles.* ATEX-direktiivi koskee räjähdysvaarallisissa normaali-ilmapaineessa ilmaseoksissa käytettäväksi tarkoitettuja laitteita, joissa on syttymislähde.
- CLP** *Classification, Labeling and packaging chemical substance and mixture.* Kemikaalien luokitusta, merkintöjä ja pakkaamista koskeva asetus. Asetuksella varmistetaan, että kemikaaleihin liittyvistä vaaroista ilmoitetaan selkeästi työntekijöille ja kuluttajille Euroopan unionissa kemiallisten aineiden luokituksella ja merkinnöillä.
- EMC** *Electromagnetic compatibility.* Sähkömagneettinen yhteensopivuus. Direktiivillä säännellään laitteistojen sähkömagneettista yhteensopivuutta. Tarkoituksena on luoda hyväksyttävä sähkömagneettinen ympäristö yhteisön alueella.
- FTA** *Fault Tree Analysis.* Vikapuuanalyysi on deduktiivinen menetelmä ei-toivotun tapahtuman syiden selvittämiseen.
- FMEA** *Failure Mode and Effects Analysis.* Vika- ja vaikutusanalyysin tarkoituksena on selvittää tuotteen tai prosessin mahdolliset vikaantumismallit ja arvioida kyseisten vikaantumisten seuraukset.
- HAZOP** *Hazard and Operability Study.* HAZOP eli poikkeamatarkastelu on menetelmä, jossa tavoitteena on löytää prosessin häiriöstä aiheutuvat vaarat.
- LEL** *Lower Explosion Limit.* Alempi räjähdysraja. Ilmaan sekoittuneen palavan aineen pitoisuuden alaraja, jossa räjähdys on mahdollinen.
- LVD** *Low Voltage Directive.* Pienjännitedirektiiviä sovelletaan sähkölaitteisiin, jotka on suunniteltu käytettäväksi vaihtovirralla nimellisjännitealueella 50–1 000 V (AC) ja tasavirralla nimellisjännitealueella 75–1 500 V (DC).

PED *Pressure Equipment Directive.* Painelaitedirektiivi koskee uusien painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien suunnittelua, valmistusta ja vaatimustenmukaisuuden arviointia.

UEL

Upper Explosion Limit. Ylempi räjähdysraja. Ilmaan sekoittuneen palavan aineen pitoisuuden yläraja, jossa räjähdys on vielä mahdollinen.

Ex-tilaluokka 0

Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein.

Ex-tilaluokka 1

Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa oleva palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti.

Ex-tilaluokka 2

Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja kestää esiintyessään vain lyhyen ajan.

Ex-tilaluokka 20

Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein.

Ex-tilaluokka 21

Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti.

Ex-tilaluokka 22

Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja kestää esiintyessään vain lyhyen ajan.

Ilmoitettu laitos

Arviointilaitos, joka on nimetty hoitamaan EU:n uuden lähestymistavan säädöksiin perustuvia vaatimustenmukaisuuden arviointitehtäviä.

1 JOHDANTO

1.1 Volter Oy

Kempeleessä sijaitseva Volter Oy on perustettu vuonna 2008. Yritys kehittää ja valmistaa konttikokoisia omasähkölaitoksia, jotka tuottavat sähköä ja lämpöä puuhakkeesta. Volter Oy:n tuotekehitys- ja toimistotilat sijaitsevat Kempeleen ekokorttelissa. Ekokorttelin kymmenen omakotitalon tarvitsema sähkö- ja lämpöenergia on tuotettu alueen omasähkölaitoksessa Volterin puunkaasuteknologialla vuodesta 2009 lähtien. Polttoaineena käytetään kuivattua kotimaista puuhaketta. (1.)

Volter Oy:n konttikokoisella omasähkölaitoksella pystytään tuottamaan maatalan, teollisuushallin tai pienasuinalueen vuotuinen sähkön ja lämmön tarve tai syöttämään omavalmistettua sähköä valtakunnan sähkönjakeluverkkoon. Omasähkölaitoksia valmistetaan teholtaan 30 ja 40 kW. (1.) Voimalaitokset ovat osana hajautettua energiantuotantoa, jolloin sähköä ja lämpöä tuotetaan pienissä laitoksissa lähellä loppukuluttajaa. Se mahdollistaa biomassapohjaisten polttoaineiden nykyistä paremman hyödyntämisen. Se tarkoittaa, että omasähkölaitoksilla on lupaava tulevaisuus EU-markkinoilla, koska toisaalta sekä Euroopan Unionin että Suomen tasolla useat toimenpiteet kannustavat hajautettuun energiantuotantoon ja toisaalta kuluttajilla on halu pienentää sähkölaskuaan ja saada riippumattomuus valtakunnan sähkönjakeluverkosta. (2.)

1.2 Tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää Volter Oy:n omasähkölaitoksen CE-merkinnän kiinnittämisen edellyttävä dokumentaatio, joka pohjautuu Euroopan Unionin direktiiveihin, standardeihin ja viranomaisvaatimukseen. Työhön sisältyy myös konedirektiivin mukainen riskianalyysi ja koko prosessin riskianalyysi. (Liite 1.)

Voimalaitosten kokoonpanossa käytetään sekä CE-hyväksytyjä että omavalmisteisia komponentteja. Tällä hetkellä Volter Oy kehittää ja valmistaa konttikokoisia omasähkölaitoksia, joita tarjotaan kotimaan markkinoilla. Yrityksen tarkoi-

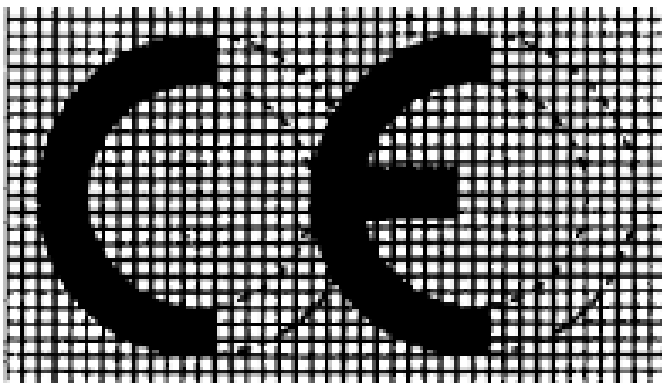
tuksena on laajentua eurooppalaisille vientimarkkinoille, mikä monissa tapauksissa edellyttää, että tuotteessa on CE-merkintä.

2 CE-MERKINTÄ

Lyhenne CE tulee ranskankielisestä nimestä Conformité Européenne. CE-merkintä on valmistajan ilmoitus siitä, että tuote on valmistettu EU-lainsäädännön mukaisesti. CE-merkinnän kiinnittäessään valmistaja ottaa kaiken vastuun siitä, että tuote täyttää kaikki EU:n lainsäädännölliset vaatimukset. Kun tuotteessa on CE-merkintä, tuote voi vapaasti liikkua EU:n markkina-alueella. (3; 4.)

CE-merkintä ei osoita, että tuote on valmistettu Euroopan Unionissa tai että tuote on parempi kuin tuote ilman merkintää, eikä se ole yleinen turvallisuusmerkki, joka takaa kaiken kattavan turvallisuuden kuluttajille. CE-merkintä osoittaa vain, että tuote on arvioitu, ennen kuin se on tuotu markkinoille, ja että se vastaa yhtenäistä turvallisuustasoa, kuten terveys- ja turvallisuusvaatimuksia tai ympäristösäännöksiä. (3; 4; 5.)

Euroopan Unionin päätöksessä 93/465/ETY on annettu tarkat säännöt CE-merkinnän sisällöstä, koosta ja kiinnityspaikasta. CE-merkintä koostuu kirjaimista "CE", ja se on kirjoitettava kuvassa 1 esitetyllä tavalla (6, s. 221).



KUVA 1. CE-merkki (5, s. 221)

CE-merkinnän korkeus tulee olla vähintään 5 mm, jos direktiiveissä ei mainittu toisin. Merkki kiinnitetään tuotteeseen tai sen arvokilpeen. Kun tämä ei ole mahdollista tuotteen luonteen vuoksi, CE-merkintä on kiinnitettävä pakkaukseen ja mukana oleviin asiakirjoihin. Kaikille kiinnitystavoille ominaista on se, että CE-merkintä on kiinnitettävä näkyvästi, helposti luettavasti ja pysyvästi. CE-

merkinnän väärinkäytöstä on mahdollista saada sakkoja lain 187/2010 nojalla. Väärinkäyttöjä voivat olla esimerkiksi lain tai vaatimusten vastainen merkintä. (3; 6, s. 221.)

Tuotteen CE-merkitseminen voidaan jakaa seuraavaksi kuudeksi vaiheeksi:

Vaihe 1: tunnistetaan direktiivit ja yhdenmukaistetut standardit, jotka koskevat tuotetta (7, s. 4). Enemmän tietoa direktiiveistä ja yhdenmukaistetuista standardeista on mahdollista löytää tämän työn luvussa 3.

Vaihe 2: itsenäisesti tarkistetaan, vastaako EU-lainsäädännön olennaisia vaatimuksia. Jos tuote vastaa kaikkia yhdenmukaistettuja standardia, voidaan olettaa, että tuote on vaatimustenmukainen. (7, s. 4.)

Vaihe 3: määritellään, jos tuote tarvitsee ilmoitetun tarkastuslaitoksen antaman riippumattoman vaatimustenmukaisuusarvion. Tietoja siitä, tuleeko saada vaatimustenmukaisuusarviointi ilmoitetusta tarkastuslaitoksesta, on mahdollista löytää tuotetta koskevista direktiiveistä. NANDO-tietokanta (New Approach Notified and Designated Organisations) antaa tiedot kansallisten viranomaisten hyväksyvistä tarkastuslaitoksista. Jokaisella laitoksella on oma numero. Esimerkiksi Suomessa Inspecta Tarkastus Oy vastaa muun muassa painelaiteturvallisuudesta, maakaasun käsittelyn turvallisuudesta ja henkilönostolaitteiden turvallisuudesta. (7, s. 4, 7; 8.)

Vaihe 4: testataan tuote ja tarkistetaan, jos tuote vastaa sille asetettuja vaatimuksia, toisin sanoen suoritetaan vaatimustenmukaisuuden arviointimenettely. Riskinarviointi yleensä suoritetaan tässä vaiheessa. (7, s. 4.)

Vaihe 5: laaditaan direktiivien mukaiset tekniset asiakirjat, joiden perusteella pystytään arvioimaan, vastaako tuote kaikkia asianmukaisia vaatimuksia. Dokumentin on katettava tuotteen suunnittelun, valmistukseen ja käyttöön liittyvät tiedot. Tiedot teknisen dokumentaation sisällöstä on löydettävä tuotetta koskevista direktiiveistä. Jos tuotetta koskee useampi kuin yksi direktiivi, dokumentaation tulee sisältää niitä kaikkia vastaavat tiedot. Dokumentaation kieltä koskevat tiedot ovat myös direktiiveissä. Yleensä kieleksi valitaan sen EU:n jäsenmaan virallinen kieli, jossa vaatimustenmukaisuuden arviointimenettely toteute-

taan. Tekninen dokumentaatio on säilytettävä kymmenen vuoden ajan laskettuna siitä päivämäärästä, jolloin tuotetta viimeksi valmistettiin. Yksityistapauksissa direktiiveissä voi olla mainittu jokin muu ajanjakso. Jos riskinarviointi ei ole suoritettu edellisessä vaiheessa, voidaan tehdä se tässä vaiheessa. (7, s. 4, 6.)

Vaihe 6: viimeinen vaihe, jossa kiinnitetään CE-merkintä tuotteeseen ja tehdään vaatimustenmukaisuutta koskeva ilmoitus. Jos tarkastuksessa on mukana ilmoitettu laitos, tiedossa tulee esittää sen tunnusnumero. Tuotteen valmistaja itse huolehtii vaatimustenmukaisuusvakuutuksen laadinnasta. Laadinnasta käy ilmi muun muassa tuotteen yksilöllinen tunnusnumero, valmistajan ja hänen valtuutetun edustajansa nimi ja osoite, vakuutuksen kohde, tuotetta koskevat direktiivit ja yhdenmukaistetut standardit tai eritelvät, jotka on sovellettu tuotteeseen, tarvittaessa ilmoitettu laitos (sen nimi ja numero) ja laitoksen suoritettujen toimenpiteiden kuvaus. Vaatimustenmukaisuusvakuutus on allekirjoitettava. (7, s. 4; 9, s. 218.)

3 LAINSÄÄDÄNTÖ

3.1 EU-direktiivit

CE-merkintä ei ole vapaaehtoinen, eikä sitä pitäisi kiinnittää jokaiseen tuotteeseen. Se on kiinnitettävä vain niihin tuoteryhmiin, jotka on määritetty EU-direktiiveissä. Noin 20 direktiiviä edellyttää CE-merkintää, joka on kiinnitettävä sellaisiin tuotteisiin kuten lelut, sähkölaitteet, koneet, kaasulaitteet, painelaitteet ja rakennustuotteet. Niihin on sovellettava sellaiset direktiivit kuten pienjännite-direktiivi, sähkömagneettinen yhteissopivuusdirektiivi, konedirektiivi, kaasulaite-direktiivi ja painelaitedirektiivi. Nämä direktiivit ovat uuden lähestymistavan mukaiset direktiivit, ja ne sisältävät vain tuotteiden olennaiset terveyttä, turvallisuutta, kuluttajansuojelua ja ympäristöä koskevat perusvaatimukset. Lisäksi niistä saadaan tietoa vaatimustenmukaisuuden osoittamisen vaihtoehtoista. (5; 10.)

3.2 Standardit

Eurooppalaisten standardisoimisjärjestöjen laatimat EU-standardit auttavat valmistamaan tuotteita, jotka täyttävät direktiivien vaatimukset. Standardien asema kulutustavaroiden vaatimustenmukaisuutta arvioitaessa on määritelty kuluttajaturvallisuuslaissa 920/2011. Lain mukaan kulutustavaraa pidetään turvallisena siltä osin kuin se on sellaisten harmonisoitujen standardien mukainen, joita koskeva viittaus on julkaistu Euroopan Unionin virallisessa lehdessä. Harmonisoidun standardin kautta tuote täyttää myös sen direktiivin vaatimuksen, missä standardiin on viitattu. (5; 10; 11.)

Harmonisoitujen standardien soveltaminen ei ole pakollista. Kuitenkin, jos tuote on valmistettu harmonisoitujen standardien mukaisesti, kansalliset viranomaiset hyväksyvät, että tuote täyttää direktiiveissä olevat turvallisuusvaatimukset ja tuote voi vapaasti liikkua EU:n markkinoilla. Jos tuotetta ei valmisteta harmonisoitujen standardien mukaisesti, valmistajan on osoitettava joillain muulla tavoin, että tuote täyttää direktiivien olennaiset vaatimukset. Vaarallisuutta arvioitaessa apuna voidaan käyttää ns. tavallisia standardeja, jonka viitetietoja ei ole julkaistu EU:n virallisessa lehdessä. (10; 11.)

Yleensä standardit ovat voimassa vain viisi vuotta kerallaan, koska jatkuvasti arvioidaan niiden ajanmukaisuus. Siksi on tärkeä tarkistaa, että sovelletaan standardin tuorein versio. Myös kun viitataan standardiin, esimerkiksi vaatimuksemukaisuusvakuutuksessa, on merkittävä standardin versio eli vahvistusvuosi. Tämä on erityisesti tärkeää standardien siirtymäkauden aikana, jolloin on mahdollista valita, käyttääkö standardin vanhaa tai uutta versiota. (12, s. 34–35.)

Standardit, jotka tukevat konedirektiiviä, muodostavat kolmetasoisen järjestelmän. Ylinnä ovat kaikkia koneita koskevat A-tyyppin standardit, jotka ovat luonteeltaan määritteleviä ja yleisiä turvallisuusperiaatteita käsitteleviä. Niitä sovelletaan, jos muita yksityiskohtaisempia standardeja ei ole olemassa. Seuraavalla tasolla ovat B-tyyppin standardit, jotka käsittelevät tiettyä ongelmaa, kuten melu ja valaistus, tai turvalaitetta, esimerkiksi koneen toimintaan kytkettyä suojausta. B-tyyppin standardeja on muutama kymmentä. Monet A- ja B-tyyppin standardit ovat määrittely- ja luokittelustandardeja. Ne kuvailevat turvallisuusominaisuuksia tai -ratkaisuja, mutta eivät kerro, milloin mikäkin vaihtoehto on valittava. Valinta pystytään tekemään esimerkiksi riskin arvioinnin tai muiden yleisten periaatteiden pohjalla. (12, s. 35–36.)

C-tyyppin standardit koskevat tiettyä konetta tai koneryhmää. A- ja B-tason standardeissa esitettäviä vaatimuksia ei toisteta alemman tason standardissa, vaan alemman tason standardissa viitataan ylemmän tai rinnakkaisen standardin tarpeelliseen kohtaan. Se tarkoittaa, että C-tyyppin standardin vaatimusten selville saamiseksi tarvitaan joukko A- ja B-tyyppin standardeja. C-tyyppin standardeja on useita satoja. (12, s. 35–36.)

4 RISKIANALYYSI

Nykyisessä EU:n direktiiveihin perustavassa turvallisuutta koskevassa lainsäädännössä riskien arviointi ja hallinta ovat yleisenä lähtökohtana. Se tarkoittaa, että tämän lähestymistavan pohjalta tehdyt tekniset ratkaisut on valittu ja toteutettu vapaasti, mutta niihin liittyvät riskit on tunnettava ja hallittava niin, että jäljellä jäävä riski on hyväksyttävä. (12, s. 149.)

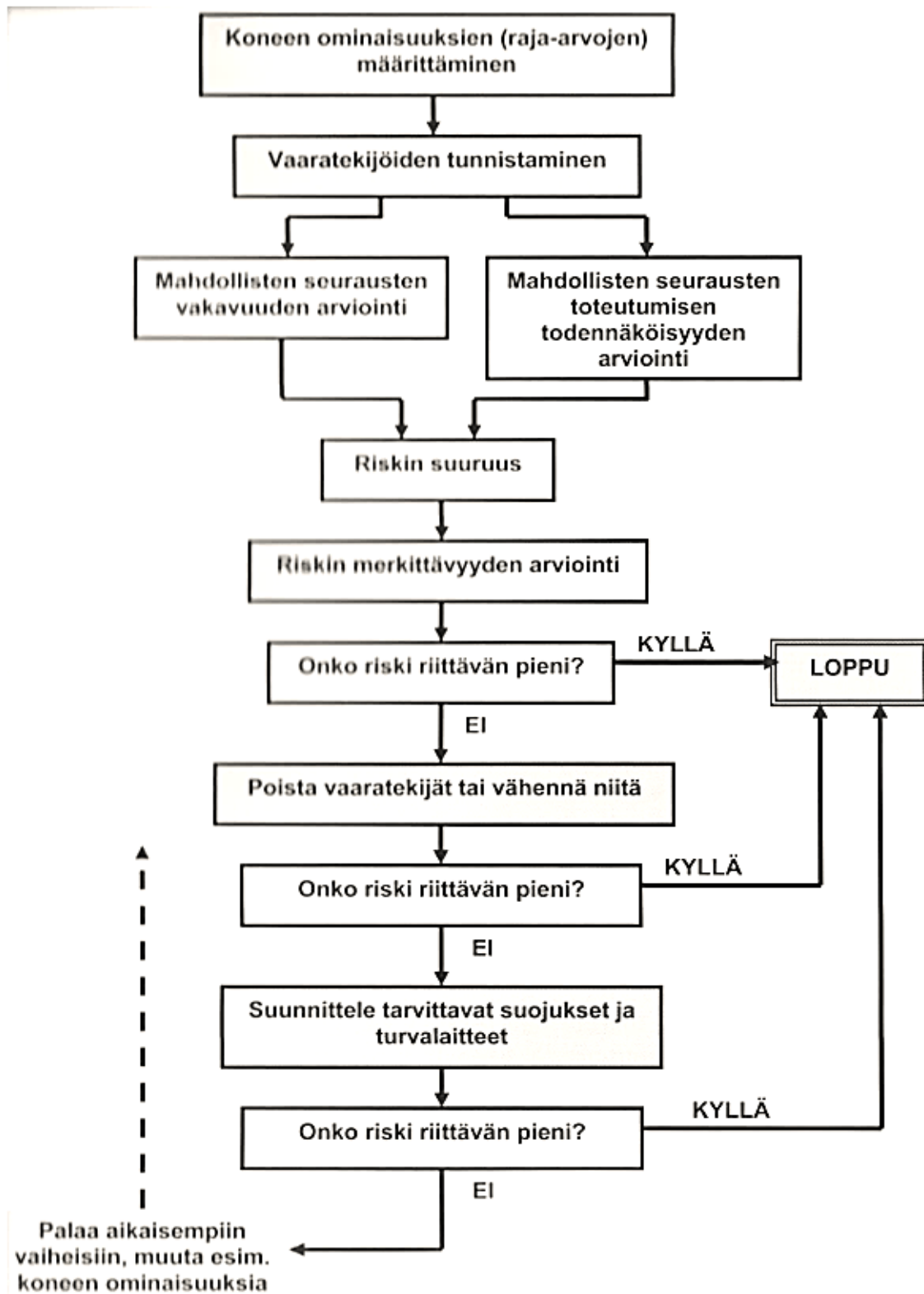
4.1 Konedirektiivinmukainen riskianalyysi

Konedirektiivi 2006/42/EY edellyttää, että koneen valmistaja suorittaa koneeseen liittyvien riskien arvioinnin, ennen kuin kone on saatu markkinoille. Riskin arvioinnin avulla pystytään määrittämään koneeseen sovellettavat terveys- ja turvallisuusvaatimukset. (13, s. 26, 35.)

Riskien arviointi ja pienentäminen on iteratiivinen prosessi, ja se edellyttää järjestelmällisyyttä ja jatkuvuutta. Prosessin aikana valmistajan on

- määritettävä koneen raja-arvot
- tunnistettava koneen mahdollisesti aiheuttamat vaarat ja vaaratilanteet
- arvioitava riskin suuruus ottaen huomioon terveyshaitan vakavuus ja todennäköisyys
- arvioitava riskin merkityksen määrittämiseksi, jos riskiä voidaan pienentää tämän direktiivin tavoitteen mukaisesti
- poistettava vaarat tai pienennettävä niihin liittyviä riskejä soveltamalla suojaustoimenpiteitä. (13, s. 26, 35.)

Sama asia on esitetty kaaviollisesti kuvassa 2.



KUVA 2. Koneiden riskien hallinnan päävaiheet (14, s. 64)

A-tyyppin standardi SFS-EN ISO 12100 määrittelee riskin arvioinnin ja pienentämisen periaatteet. Standardissa on kuvattu menettelytavat vaarojen tunnistami-

seksi sekä riskin suuruuden arvioimiseksi koneen elinkaaren asiaankuuluvien vaiheiden aikana. Standardi antaa myös ohjeet, miten vaarat pystytään poistamaan tai riittävästi pienentämään. Standardin viimeinen luku antaa ohjeet riskin arvioinnin ja riskin pienentämisen asiakirjojen sisällöstä. (15, s. 4, 10, 12.)

Standardin SFS-EN ISO 12100 apuna toimii standardi SFS-ISO/TR 14121-2. Tässä standardissa on esitetty käytännön opastusta standardin SFS-EN ISO 12100 mukaisen koneiden riskin arviointiin. Standardissa on kuvattu eri menetelmiä ja työkaluja arviointiprosessin eri vaiheita varten. (16, s. 8.)

4.2 Vikapuunanalyysi (FTA)

Vikapuunanalyysin pohjana toimii standardi SFE-EN 61025. Vikapuunanalyysi on ylhäältä alas -tyyppinen menetelmä, jossa pohdinta alkaa lopputuloksista eli vioista, joita järjestelmän toiminnassa voi esiintyä. Analyysissä edetään syyseuraus-ketjussa taaksepäin kohti syitä, jotka mahdollisesti aiheutuvat vikoja. Syyt eli tapahtumat ja niiden välinen kytkentä esitetään graafisesti eli vikapuun avulla. Kukin tapahtuma toimii seuraavassa vaiheessa oman puunsa juurisolmuna. Kussakin puussa määritellään aluksi, mitkä ehdot edellyttävät kyseistä vikaa. Ehdot muodostavat puun seuraavan tason, ja niitä yhdistää *ja-* tai *tai-*operaatori. (17, s. 6–7; 18.)

Vikapuunanalyysin tavoitteena on löytää valittuihin järjestelmävikoihin vaikuttavat komponenttiviatiot ja vikayhdistelmät. Tuloksena saadaan vaaran kannalta tärkeät vikakombinaatiot sekä pienimmät kombinaatiot ja yhteistavat, jotka aiheuttavat vaaran. FTA-analyysi toimii vioittumistodennäköisyyden arvioinnille lähtökohtana. (18.)

FTA-analyysia käytetään silloin, kun on tutkittava vakavien onnettomuusmahdollisuuksien yksityiskohdat. Toinen syy käyttää vikapuunanalyysiä on vaihtoehtoratkaisujen kvantitatiivinen vertailu. Jos riskin analyysin tavoitteena on huippu-tapahtuman seurausten analysoiminen, silloin FTA-analyysi soveltuu huonosti tai ei sovellu lainkaan. Analyysin puutteina ovat ne, että analyysi ei anna kokonaiskuvaa järjestelmän turvallisuustasosta ja osittaisvikojen tutkiminen on vaikeaa. Myös vikojen keskinäisiä vaikutuksia, aikariippuvuuksia ja vikapuun ulkopuolisia tapahtumaketjuja on vaikea ottaa huomioon. Koska huippu-tapah-

tuman määrittely vaikuttaa lopputulokseen, analyysin vetäjänä täytyy olla kokenut henkilö. (18.)

4.3 Vika- ja vaikutusanalyysi (FMEA)

Vika- ja vaikutusanalyysi on alhaalta ylös -tyyppinen menetelmä, toisin kuin vikapuuanalyysi. FMEA-analyysissa vialla tarkoitetaan järjestelmän komponentin vikaantumista, kun FTA-analyysissa vika on tarkasteltavan järjestelmän vika-toiminta. FMEA-analyysissa tarkasteltava järjestelmä jaetaan komponentteihin sekä tunnistetaan kunkin komponentin vikamuodot ja niiden aiheuttamat järjestelmäviat ja vaarat. (17, s. 12.) Analyysin kulku ja ohjeet on esitetty standardissa ISO 60812:2006 (17).

Analyysin apuvälineenä toimii FMEA-lomake, jossa on analyysin kohteen perustiedot, tarkasteltavan osan nimi ja sen kuvaus. Lomakkeessa esitetään osan mahdolliset eri vikaantumismuodot (S) ja määritetään niille vakavuusaste asteikolla 1–10. Tämän jälkeen luetellaan kunkin vikaantumismuodon mahdolliset aiheuttajat tai syntyvät, joista ilmoitetaan esiintymistodennäköisyys (O) asteikolla 1–10. (17, s. 12.)

Kunkin vikaantumismuodon ja kunkin tämän aiheuttajan osalta ilmoitetaan, millä menetelmillä vikaa tällä hetkellä pyritään valvomaan ja millä todennäköisyydellä (D) vika jää huomaamatta. Lopussa lasketaan riskin suhteellisen suuruuden $RPN = S \cdot O \cdot D$ ja määritetään toimenpide-ehdotus kullekin riskille. RPN-arvo ehdotuksen jälkeen on laskettava. (17, s. 12–13.)

Analyysin tuloksena saadaan komponenttien vioittumistavat, vikojen havaitsemistavat ja vikojen kriittisyyden arviointi. Lisäksi pystytään arvioimaan komponentt vikojen vaikutus itse järjestelmän toimintaan. FMEA-analyysi on sovellettava, jos kyseessä on rajatut tekniset järjestelmät. Analyysi on käytettävä myös, jos viat, jotka ilmestyvät laajoissa koneissa, on tarkistettava vain karkealla tasolla. (19.)

Vika- ja vaikutusanalyysi on vain kvalitatiivinen analyysi, eikä se pysty arvioimaan ihmisen ja huollon vaikutusta vikoihin. Sen takia, että vikoja tarkastellaan toisistaan riippumattomina, on vaikea tarkastella osittaisia ja samanaikaisia tai

yhteysvikoja. Se tarkoittaa, ettei analyysi kannata soveltaa, kun tutkitaan koko laitosta tai vikakombinaatiota. (19.)

4.4 Poikkeamatarkastelu (HAZOP)

HAZOP on alun perin kemian teollisuuden käyttöön kehitetty menetelmä. Menetelmän avulla pystytään tarkistamaan myös materiaalivirrat, eikä se sovi standardoitujen järjestelmien tarkastamiseksi. Menetelmässä kartoitetaan prosessimuuttujan poikkeaman haitallisia vaikutuksia osan, osajärjestelmän ja koko järjestelmän toimintaan. Kartoituksessa keskeiset suuret ovat virtaus, lämpötila, paine, pH tai kemiallinen koostumus. Poikkeamat muodostetaan avainsanojen ja toimintasuureiden avulla, esimerkiksi korkea paine, matala lämpötila tai ei virtausta. HAZOP on alhaalta ylös -tyyppinen analyysi. (17, s.15; 20.)

HAZOPia tehtäessä tarkastelutaso voidaan valita kohteen ja tavoitteen mukaan ja sitä voidaan muuttaa analyysin kuluessa. Tuloksena saadaan prosessihäiriöstä aiheutuvien vaarojen järjestelmällinen tutkimus. Kuitenkaan analyysissä ei pystytä tarkistamaan monimutkaisia tapahtumaketjuja. Myöskään analyysi ei anna yksityiskohtaista tietoa ihmisten toiminnasta, ympäristöstä tai laitteiden vioittumisista aiheutuvista vaaroista eikä työtehtäviin liittyvistä vaaroista. (20; 21, s. 12–13.)

Standardi IEC 61882:2001 käsittelee menetelmän periaatteet ja käsittelyjärjestys. HAZOP-analyysi voidaan karkeasti jakaa määrittely-, valmistelu-, tarkastus- sekä dokumentaatio- ja seurantavaiheisiin (21, s. 9). Sen takia, että HAZOP-analyysi on valittu omasähkölaitokselle suoritetuksi täydennysriskianalyysiksi, tarkastellaan HAZOPin kulku tarkemmin.

4.4.1 Määrittelyvaihe

Poikkeamatarkastelu yleensä suoritetaan ryhmätyönä. Ryhmä koostuu eri alojen asiantuntijoista. Tässä vaiheessa valitaan tutkimuksen tiimi ja johtaja sekä määritetään menetelmän laajuus ja tavoitteet. Järjestelmän rajat ja sen keskeiset vaikutukset muiden järjestelmien ja ympäristön kanssa on määritettävä selvästi. Tutkimuksen laajuus riippuu muun muassa järjestelmän fysikaalisista rajoista, käytettävissä olevien dokumenttien laajuudesta ja tarkkuudesta sekä

mahdollisista järjestelmään sovellettavista lakisääteisistä vaatimuksista. (21, s. 9, 15.)

Tutkimuksen tavoitteiden määrittämisessä on otettava huomioon muun muassa tarkoitukset, joihin tutkimuksen tuloksia aiotaan käyttää, ja tutkittavan järjestelmän elinkaaren vaiheet. Myös järjestelmän turvallisuus- ja toimintavaatimukset voidaan ottaa huomioon. (21, s. 9, 15–16.)

4.4.2 Valmisteluvaihe

Valmisteluvaiheessa kootaan menetelmään tarvittavat tiedot, kuten laitteiston kuvaus. Tietojen on oltava selkeitä ja päivitettyjä. Koko laitosta koskeva tieto voi olla esimerkiksi suunnittelun vaatimukset ja sen kuvaus, virtauskaaviot, toiminnalliset lohkokkaaviot, virtapiirikaaviot, rakennetiedosto sekä käyttö- ja huoltovaatimukset. Prosessivirtausta koskevat tiedot voivat sisältää esimerkiksi PI-kaavion, materiaalien spesifikaation, sijoituspiirustukset ja putkiston isometrisen kaavion. Tietovuokaavio ja logiikkakaavio ovat ohjelmoitavaa sähköjärjestelmää koskeva tiedosto. Tarvittaessa muutetaan tiedot sopivaan muotoon. On myös selvítettävä, jos on saatavissa vastaavan järjestelmän vikatapahtumatiedot. (21, s. 17–18.)

Avainsanat

Analyysin vetäjä laatii avainsanoista ja prosessisuureista koostuvan listan. Avainsanoina voivat toimia sanoja, jotka on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Esimerkki poikkeamista ja niihin liittyvistä avainsanoista (21, s. 19)

Deviation type	Guide word	Example interpretation for process industry	Example interpretation for a Programmable Electronic System, PES
Negative	NO	No part of the intention is achieved, e.g. no flow	No data or control signal passed
Quantitative modification	MORE	A quantitative increase, e.g. higher temperature	Data is passed at a higher rate than intended
	LESS	A quantitative decrease e.g. lower temperature	Data is passed at a lower rate than intended
Qualitative modification	AS WELL AS	Impurities present Simultaneous execution of another operation/step	Some additional or spurious signal is present
	PART OF	Only some of the intention is achieved, i.e. only part of an intended fluid transfer takes place	The data or control signals are incomplete
Substitution	REVERSE	Covers reverse flow in pipes and reverse chemical reactions	Normally not relevant
	OTHER THAN	A result other than the original intention is achieved, i.e. transfer of wrong material	The data or control signals are incorrect
Time	EARLY	Something happens early relative to clock time, e.g. cooling or filtration	The signals arrive too early with reference to clock time
	LATE	Something happens late relative to clock time, e.g. cooling or filtration	The signals arrive too late with reference to clock time
Order or sequence	BEFORE	Something happens too early in a sequence, e.g. mixing or heating	The signals arrive earlier than intended within a sequence
	AFTER	Something happens too late in a sequence, e.g. mixing or heating	The signals arrive later than intended within a sequence

Analyysin vetäjän tueksi laaditaan muistilista, johon voidaan merkitä, mitä poikkeamia kussakin tarkastelukohteessa käsitellään. Aikataulu on myös suunniteltava tässä vaiheessa. (21, s. 19.)

Riskisuuruuden vertailuluvut

Riskin suuruus pystytään laskemaan kaavalla 1 (22).

$$R = T \cdot (H + M + K)$$

KAAVA 1

R = riskin suuruus

T = todennäköisyys

H = henkilövahingot

M = materiaalivahingot

K = keskeytysvahingot

Jokainen vertailulukku arvioidaan asteikolla 0–5, jossa 0 tarkoittaa, että tapahtuma on epätodennäköistä tai vahinkoa ei ole. Jokainen yritys itse määrittää vertailulukujen suuruutta, sillä toiselle jo 10 000 euron vahinko on sietämätön ja toiselle 2 miljoonan euron vahingot ovat siedettäviä. (22.)

4.4.3 Tarkastusvaihe

Tarkastusvaiheessa suoritetaan varsinainen riskin analyysi. Sitä varten järjestelmä jaetaan osiksi ja jokaiselle osalle määritetään suunnittelutarkoitus. Tämän jälkeen muodostetaan avainsana-poikkeamaparit jokaiselle suurelle sekä tunnistetaan niiden mahdollisia seurauksia ja syitä. Myös on tärkeä määrittää, missä sellaisia poikkeamia voivat tapahtua. Seuraavaksi pystytään arvioimaan riskin suuruus sekä määrittämään, miten ongelmat on havaittava ja miten prosessi voidaan suojata niiltä. Lopuksi toimenpiteet on hyväksyttävä. (21, s. 20–22.)

4.4.4 Dokumentaatio- ja seurantavaihe

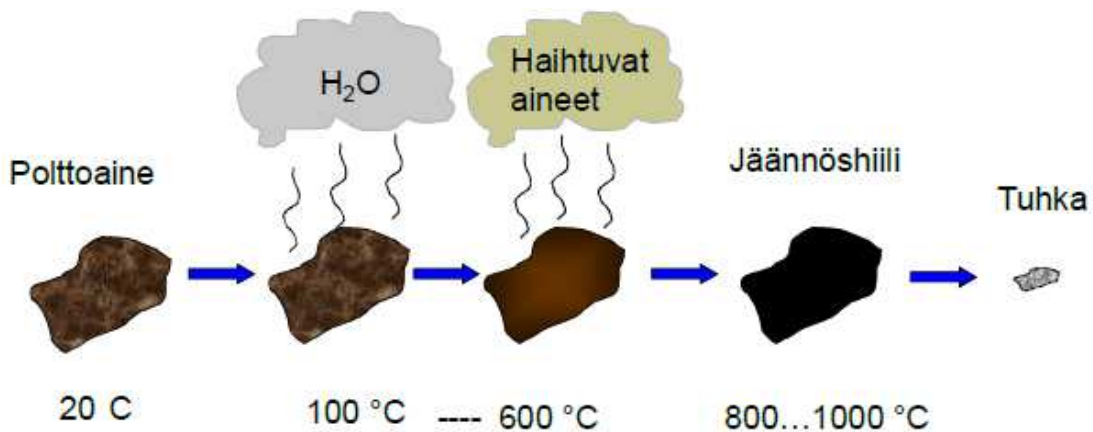
HAZOP-analyysi on järjestelmällinen ja kurinalainen menetelmä. Kaikki ratkaisumallit on tarkasti dokumentoitava. Dokumentointimenetelmiä on kaksi: täydellinen dokumentointi ja menetelmä, jossa dokumentoidaan vain poikkeukset. Menetelmä on valittava, ennen kuin aloitetaan ensimmäinen istunto. (21, s. 23.)

Täydellinen tallennus edellyttää, että jokainen avainsana-poikkeamaparikombinaatio jokaiselle järjestelmän elementille on tallennettu. Vaikka menetelmä osoittaa, että on käsitelty kaikki mahdolliset poikkeamat ja on perusteellinen auditointia varten, menetelmä on hankala. (21. s.23.)

Toisessa menetelmässä tallennetaan vain tunnistettuja vaaroja ja käytettävyyso ongelmia sekä niiden ratkaisuja. Menetelmän dokumentointiprosessi on helpompi kontrolloida, mutta se ei ole niin hyödyllinen tarkastusta varten kuin edellinen menetelmä. Tämän menetelmän soveltaessa on otettava huomioon muun muassa lainsäädölliset vaatimukset, yrityksen sisäisen politiikka, auditoinnin mahdollisuus sekä aika- ja voimavarat. (21, s. 23.)

5 PUUN KAASUTUS

Kaasutus tarkoittaa kiinteän tai nestemäisen polttoaineen kemiallisen koostumuksen muutosta korkeassa lämpötilassa. Kaasutusprosessi koostuu polttoaineen kuivumisesta, rakenteen hajoamisesta pyrolyysissä sekä jäännöshiilien kaasuuntumis- ja palamisreaktioista. Prosessien vaiheet, vaiheiden lämpötilat ja välituotteet on esitetty kuvassa 3. (23, s. 4.)



KUVA 3. Polttoaineen kuivuminen, pyrolyysi ja kaasuuntuminen (23, s. 4)

Kun polttoainetta kuumennetaan hapettomassa tilassa, se alkaa pyrolysoida noin 300–500 °C:ssa kaasumaisiksi hiilivedyiksi, tervoiksi ja kiinteäksi jäännöshiileksi. Pyrolyysivaiheen jälkeen tapahtuu kaasutus, jossa pyrolyysituotteiden annetaan reagoida jonkin reaktoriin syötettävään hapenkantajan kanssa, jotka yleensä ovat ilma, happi tai vesihöyry. Reaktioiden seurauksena syntyvät kaasutuksen lopputuotteet eli hiilimonoksidi, hiilidioksidi, vety, metaani ja korkeammat hiilivedyt. Korkeammat hiilivedyt kaasutuksessa kutsutaan tervoiksi. Näiden lisäksi muodostuvat sellaisia epäpuhtauksia kuten rikki-, typpi-, kloori- sekä alkalimetalliyhdisteitä. Tätä lopputuotteiden yhdistelmä kutsutaan tuotekaasuksi. (23, s. 4.)

Kaasutuksen kannalta kosteus, haihtuvien aineiden määrä, tuhkapitoisuus ja tuhkan koostumus ovat tärkeimpiä polttoaineen ominaisuuksia. Sellaiset fyysikaaliset ominaisuudet, kuten palakoko ja tilavuuspaino, ovat merkittäviä syöttölaitteiden ja polttoaineen kulkeutumisen kannalta. Polttoaineen kosteudesta riippuu tuotekaasun koostumus ja lämpöarvo. Tuhkan koostumuksella on kes-

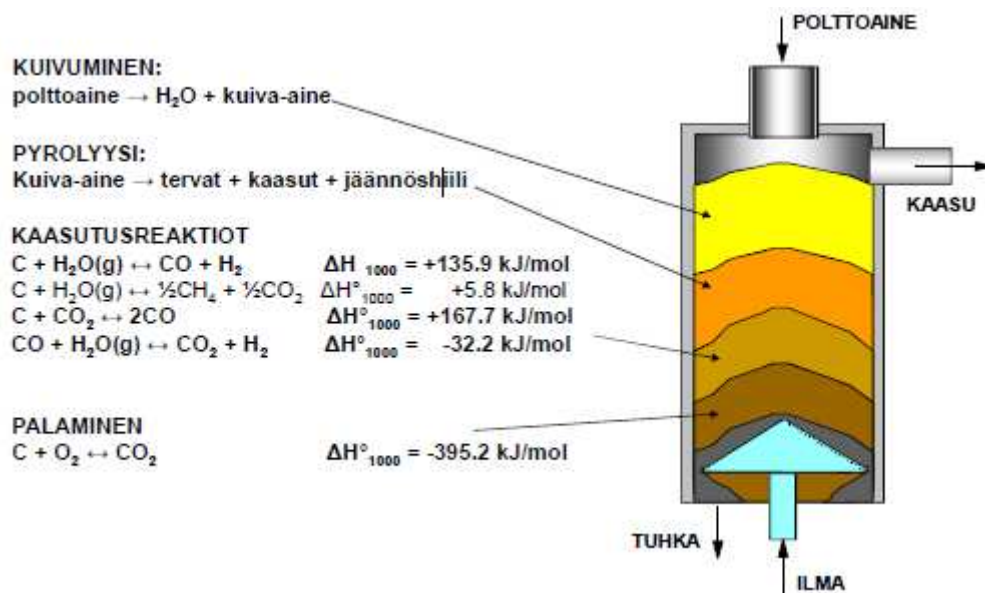
keinen merkitys jäännöshiilen kaasutusnopeuteen ja tuhkan sulamiseen. (23, s.4.)

Tyypiltään kaasutin voi olla kiinteäpeti-, leijukerros- ja pölykaasutin, jos jaottelu tehdään reaktorityyppien mukaan. Kiinteäpetikaasuttimet ovat yleisimpiä. Rakenteeltaan ne ovat yksinkertaisia reaktoreita, joihin panos- tai jatkuvatoimisesti syötettävä polttoaine muodostaa pedin. Ilma toimii hapenkantajana. Lisäksi kaasuttimia voidaan jaotella hapen kantajan, lämmönsiirtotavan ja paineen mukaan. (23, s. 5.)

Kiinteäpetikaasuttimet ovat vastavirta- ja myötävirtakaasuttimia tai niiden yhdistelmä. Polttoaineen kulkeutuminen kaasuttimessa perustuu painovoimaan, ja niissä edellytetään palamaista polttoaineita ja tiettyä minimilavuuspainoa. (23, s. 5.)

5.1 Vastavirtakaasutin

Vastavirtakaasutin on yksinkertainen kaasutintyyppi. Sen toimintaperiaate on esitetty kuvassa 4.



KUVA 4. Vastavirtakaasuttimen periaatekuva (23, s. 5)

Polttoaine syötetään kaasuttimen yläosaan, ja polttoainepeti valuu alaspäin kuivumis-, pyrolyysi-, kaasutus- ja palamisvyöhykkeiden läpi. Palamisilma syöte-

tään reaktoriin alhaalta arinan läpi. Tuotekaasu virtaa polttoainepedin läpi alhaalta ylöspäin ja poistuu reaktorin yläosasta. Kaasutusilman kostutuksella rajoitetaan palamisvyöhykkeen lämpötilaa sekä ehkäistään tuhkan sulamista ja sinttereiden muodostumista. Tuhka, joka poistetaan liikutettavalta arinalta, sisältää hyvin vähän reagoimatonta hiiltä. (23, s. 6.)

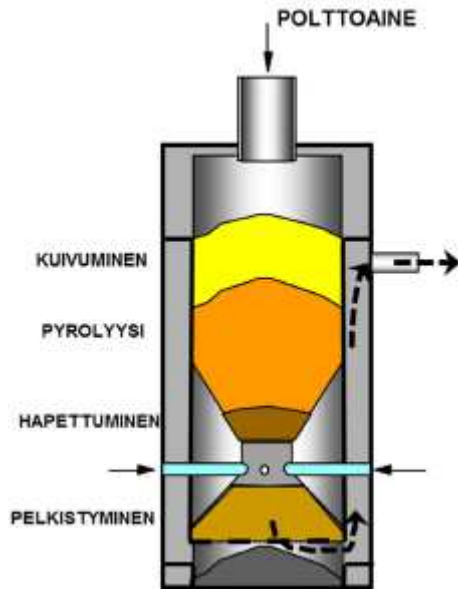
Vastavirtakaasu sisältää runsaasti terva- ja vesiaerosoleja, jotka vaikeuttavat kaasun jatkokäyttöä ja mahdollista puhdistusta. Polttoaineen koostumuksessa on oleellinen merkitys raakakaasun orgaanisten yhdisteiden määrään ja koostumukseen. Polttoaineena voi toimia monenlaisia puuhakkeita tai palaturvetta. (23, s. 6.)

Tuotekaasu soveltuu hyvin poltettavaksi kattiloissa tai uuneissa. Jos kaasu halutaan polttaa moottorivoimalaitoksissa, kaasu tulee puhdistaa muun muassa tervasta ja orgaanisista happoista. Puhdistamisessa käytetään vesi- ja liuotinpesujen yhdistelmää. Kaasunpuhdistusprosessit ovat vaativampia ja monimutkaisempia kuin myötävirtakaasutuksessa. (23, s. 6.)

Vastavirtakaasutin on skaalattavissa isompaan kokoluokkaan kuin myötävirtakaasutin. Kaasuttimen polttoaineteho on tyypillisesti 1–10 MW_{th}. Toiminta- ja säätöperiaatteiltaan vastavirtakaasutin on yksinkertainen eikä vaadi monimutkaisia säätöpiirejä. Teho säädetään muuttamalla ilmasyöttöä ja mittaamalla polttoaineen pintakorkeuden. (23, s. 6–7.)

5.2 Myötävirtakaasutin

Myötävirtakaasuttimesta on muodostunut ylivoimaisesti käytetyin reaktorityyppi pienen kokoluokan kaasutusvoimaloissa. Kuvassa 5 on esitetty myötävirtakaasuttimen toimintaperiaate. Polttoaine, jonka kosteus on oltava alle 20 %, syötetään ylhäältä joko panos- tai jatkuvatoimisesti. Sitten se kuivuu ja pyrolysoituu reaktorin alaosassa. Pyrolyysituotteet ja jäännöshiili kulkevat reaktorikurkussa ja sen yläpuolella olevaan hapetusvyöhykkeeseen, johon kaasutusilma johdetaan. Kurkussa lämpötila on 1 000–1 200 °C, jolloin tervayhdisteet osittain hajoavat ja osittain termisesti hajoavat kevyemmiksi yhdisteiksi. (23, s. 7.)



KUVA 5. Myötävirtakaasuttimen toimintaperiaate (23, s. 8)

Reaktorin alaosassa on liikutettava arina, jonka kautta poistetaan tuhka ja reagoimaton hiili. Tyypillisesti reaktorissa on kaksoisvaippa, jonka välissä tuotekaasu johdetaan reaktorin yläosaan. Näin tuotekaasu jäähtyy lämmittäen pyrolyysi- ja kuivumisvyöhykettä. Polttoaine ja tuotekaasu kulkevat kaasuttimessa samaan suuntaan. (23, s. 7.)

Polttoaineen kosteuspitoisuus 10–20 % on myötävirtakaasuttimessa eduksi, koska vesihöyryn ja jäännöshiilen reaktio tuottaa vetyä ja pitää kurissa hapettumisvyöhykkeen maksimilämpötilan. Myös se vähentää uhkaa tuhkan sulamiselle. Polttoaineen koko ei saa olla liian pieni, jotta se valuu hyvin kaasuttimessa eikä kanavoidu. Myös polttoaineella tulee olla riittävä tilavuuspaino. (23, s.8.)

Perinteisen myötävirtakaasuttimen polttoaineteho on yleensä 100–1 000 kW_{th}. Pedin kanavoituminen tai romahtaminen johtaa kaasuttimen epätasaiseen toimintaan sekä tuotekaasun tervapitoisuuden ajoittaiseen nousemiseen. Hyvin toimivalla myötävirtakaasuttimella tervapitoisuus on hyvin matala, noin 10–100 mg/m³n. Tällöin kaasua voidaan johtaa pelkän suodatuksen jälkeen polttomoottorille. Suodatusta tarvitaan myös siksi, että hienojakoinen osa reagoimattomasta hiilestä ja tuhkasta kulkeutuu tuotekaasun mukana pois kaasuttimesta. (23, s. 9.)

5.3 Puukaasun ominaisuudet

Kaasutusprosessissa syntyvä puukaasu koostuu hiilidioksidista, hiilimonoksidista, hapestä, vedystä, typistä ja metaanista. Vety, metaani ja hiilimonoksidi ovat räjähtäviä kaasuja. Typpi ja hiilidioksidi ovat puukaasun inertisiä komponenttia. (24.)

5.3.1 Kemialliset ominaisuudet

Puukaasu on erittäin helposti sytyttävä kaasu, jota esitetään kuvassa 6 esiteyllä merkillä a). Se, että puukaasu on myrkyllistä hengittynä, voidaan esittää kuvalla b). Myös hengittynä se saattaa heikentää hedelmällisyyttä tai vaurioittaa sikiötä. Sellainen vaara esitetään kuvalla c). (25.)



KUVA 6. Puukaasun kemiallisten ominaisuuksien esitettäviä CLP-kuvia (26)

5.3.2 Fysikaaliset ominaisuudet

Puukaasun alempi räjähdysraja (LEL) sekä ylempi räjähdysraja (UEL) pystytään määrittämään kokeellisesti harmonisoidun standardin SFS-EN 1839 avulla. Standardissa on kuvattu muun muassa kaksi menetelmää, joiden avulla pystytään määrittämään LEL ja UEL, tarvittava laitteisto, tulosten tallennustapa sekä testiraportin laadinta. (27.)

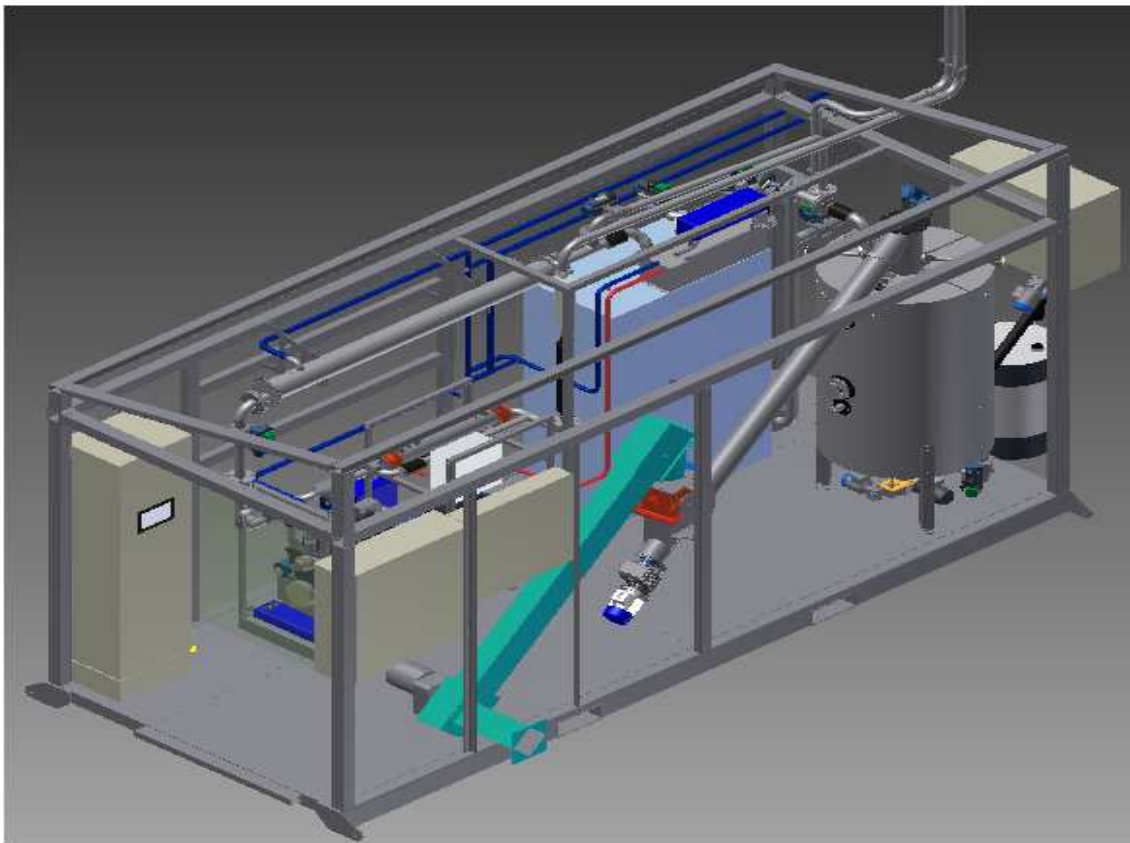
Puukaasun enimmäisräjähdyspaineen määrittämisessä kokeellisesti noudatetaan standardin SFS-EN 13673-1 ohjeita. Standardissa on kuvattu kokeessa käytettävä laitteisto, itse prosessi, tulosten tallentaminen ja raportin laatiminen. On kuvattu myös miten suoritetaan laitevarmennus. Suurimman räjähdyspai-

neen määrittämisessä on noudatettava standardin SFS-EN 15967 ohjeet. (28; 29.)

Käytännössä Suomessa ei ole vielä laboratorioita, jotka pystyvät suorittamaan standardeissa vaaditut kokeet vaaditulla laitteistolla (30). Toinen ongelma on se, ettei puukaasun koostumus ole vakio, vaan kaasun koostumus riippuu muun muassa polttoaineen kosteudesta ja kaasuttimen lämpötilasta. Tässä tapauksessa on parempi määrittää LEL ja UEL laskennallisesti. Liitteessä 2 on esitetty LELin ja UELin laskelmat, joista saatiin LELille 14,1 %:n ja UELille 64,5 %:n pitoisuudet normaaliolosuhteissa.

6 OMASÄHKÖLAITOS

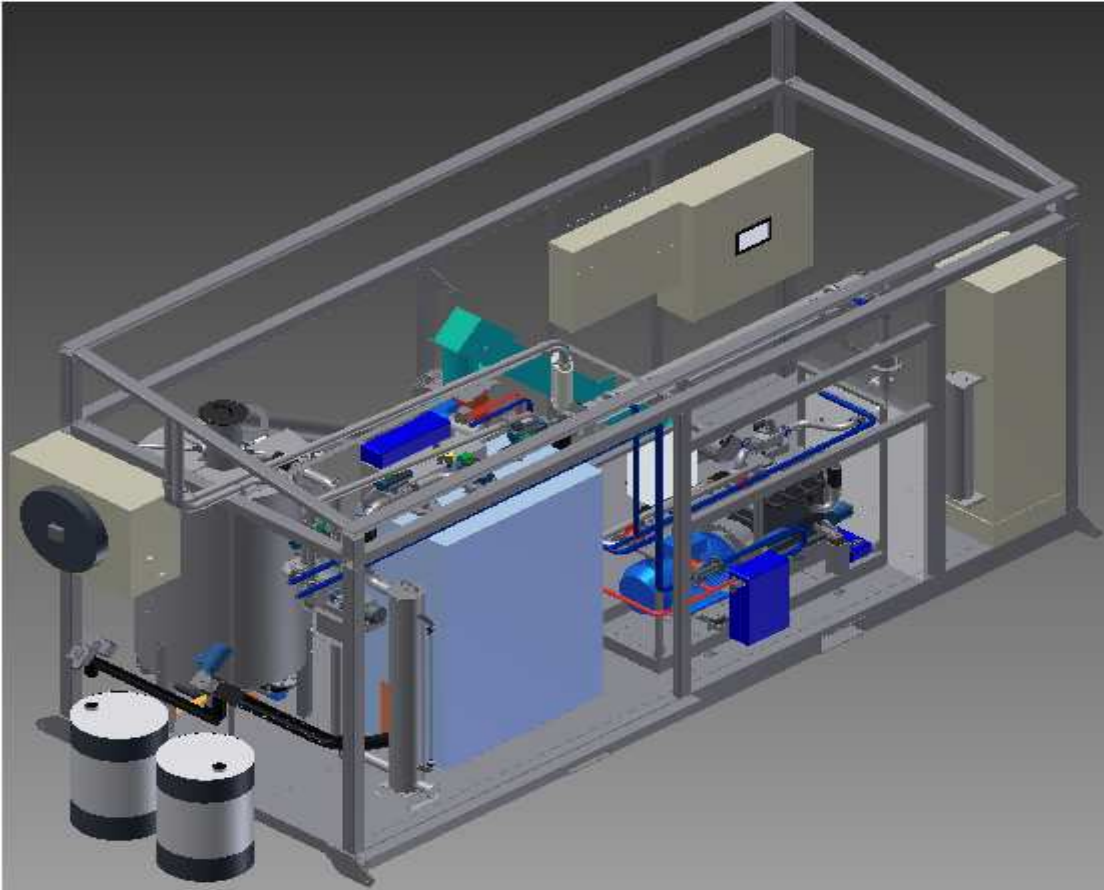
Volter Oy valmistaa konttikokoisia omasähkövoimalaitoksia, jotka koostuvat ostetuista ja omavalmisteisista komponenteista. Ostetuissa komponenteissa on CE-merkki, kun lainsäädäntö sitä edellyttää. Omavalmisteisella ruuvikuljettimella syötetään puuhaketta myötävirtakaasuttimeen, joka on omavalmisteinen komponentti. Polttomoottori, johon on kytketty sähkömoottori generaattorina, imee puukaasua suodattimen kautta, kun puukaasu on polttokelpoinen. Sytytysvaiheessa, kun puukaasu ei ole polttokelpoista, sekä sammutusvaiheessa puukaasua ohjataan kaasuttimesta ilmakehään omavalmisteisen kaasupuhaltimen avulla. (Liite 3; Kuva 7; Kuva 8.)



KUVA 7. Omasähkövoimalaitos ilman seiniä, näkymä takaa

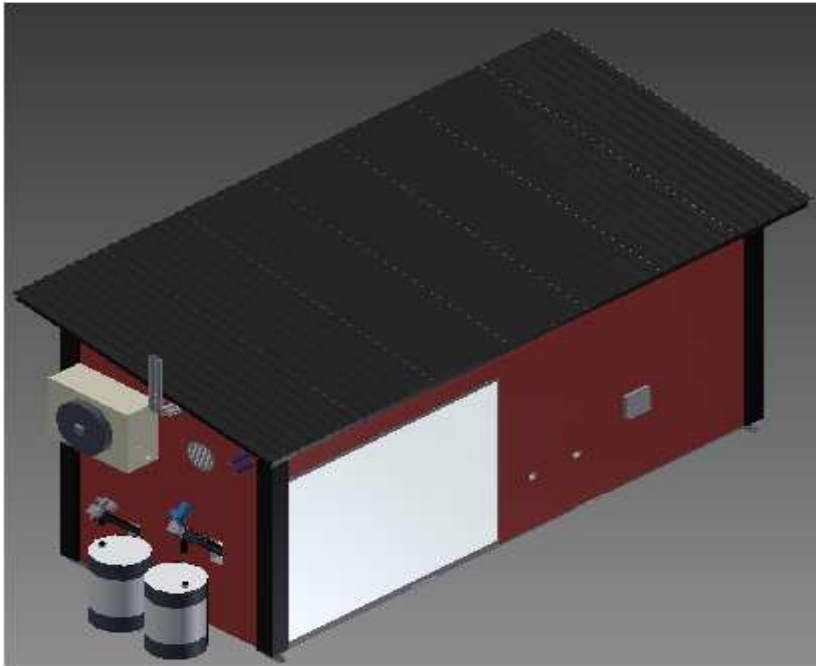
Kaasuttimesta suodattimeen sekä suodattimesta polttomoottoriin menevää kaasua jäähdytetään kahden omavalmisteisen lämmönsiirtimen avulla. Kaasuttimen lämmönvaihtimeen on kytketty vesisäiliö, jossa on ilmauskorkki. Näin lämmönvaihtimessa oleva vesi kiehuu ilmapaineella. Kun lämmölle ei ole tarvetta,

kuumaa vettä ohjataan hukkalämpökennon kautta. Putkistot valmistetaan yrityksessä ostetuista putkiosista. Myös polttomoottori jäähdytetään veden avulla. (Liite 3; Kuva 7; Kuva 8.)



KUVA 8. Omasähkövoimalaitos ilman seiniä, näkymä edestä

Kaasuttimesta ja suodattimesta kuljetaan tuhka pois omavalmisteisilla ruuvikuljettimilla tuhkasäiliöihin, jotka sijaitsevat kontin ulkopuolella. Kontti jäähdytetään jäähdytyspuhaltimen avulla. Tila, jossa on poltto- ja sähkömoottorit, on koteloitu, ja sitäkin jäähdytetään oman jäähdytyspuhaltimen avulla. Sähkö- ja polttomoottorit sekä jäähdytyspuhaltimet ovat ostettuja koneita. (Liite 3; Kuva 8; Kuva 9.) Prosessi on täysin automaattinen, ja sitä ohjataan logiikalla.



KUVA 9. Omasähkövoimalaitos, ulkopuoli

6.1 Voimalaitoksen koneet

Konedirektiivi antaa seuraavan määritelmän koneelle: *"Koneella tarkoitetaan toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmää, jossa on tai joka on tarkoitettu varustettavaksi muulla kuin välittömällä ihmis- tai elinvoimalla toimivalla voimansiirtojärjestelmällä ja jossa ainakin yksi osa tai komponentti on liikkuva ja joka on kokoonpantu erityistä toimintoa varten"* (13, s. 27). Sen perusteella omasähkölaitoksen omavalmisteiset ruuvikuljettimet, kaasutin ja kaasupuhallin ovat koneita, joihin on sovellettava konedirektiiviä. Myös koko laitos voidaan käsitellä konedirektiivialaisena koneyhdistelmänä.

Ennen kuin kone on saatettu markkinoille, on varmistettava, että kone täyttää konedirektiivissä esitetyt olennaiset vaatimukset, koneelle on laadittu tekninen rakennetiedosto ja on suoritettu asianmukainen vaatimustenmukaisuuden arviointimenettely. Koneen mukana on oltava sille laaditut käyttö- ja huolto-ohjeet sekä EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus. Koneeseen on kiinnitettävä CE-merkintä. (13, s. 29.)

Yleistä

Konedirektiivin mukaiset turvallisuus- ja terveysvaatimukset tarkoittavat, että kone on suunniteltu ja rakennettu siten, etteivät sen käyttö, säätö ja huolto tuo ihmisille vaaraa. Se myös tarkoittaa, että koneen suunnittelussa pyritään eliminoimaan sellaiset riskit, jotka voivat ilmestyä koneen koko ennakoitavana käyttöaikana, johon kuuluu myös kuljetus-, kokoonpano-, purkamis-, käytöstä poisto- ja romuttamisvaihe. (13, s. 35–36.)

Koneelle on tehtävä riskin arviointi, jonka avulla pystytään havaitsemaan ja poistamaan tai vähentämään vaaroja. Riskien poistamisessa on noudatettava seuraavaa järjestystä:

- riskit poistetaan itse koneen turvallisella suunnittelulla ja rakenteella
- jäljellä jäävät riskit poistetaan suojaustoimenpiteillä
- sellaisista riskeistä, jotka jäävät edellä mainittujen toimenpiteiden jälkeen, on tiedotettava käyttäjälle.

Jos koneen käyttäminen vaatii erikoiskoulutusta tai henkilösuojausta, koneenvalmistajan on ilmoitettava siitä käyttäjälle esimerkiksi käyttöohjeessa. (13,s. 36.)

Konetta suunniteltaessa ja rakennettaessa sekä sen käyttöohjeita laadittaessa valmistajan on otettava huomioon myös kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö. Kone pyritään suunnittelemaan siten, ettei sen käyttö epätavallisella tavalla on mahdollista, jos se voi aiheuttaa riskejä. Koneen mukana on toimitettava kaikki erikoislaitteet ja -varusteet, jotka ovat välttämättömiä, jotta konetta voidaan säätää, huoltaa tai käyttää turvallisesti. (13, s. 36.)

Koneen rakennemateriaalit tai sen käytössä käytettävät tai syntyvät tuotteet eivät saa aiheuttaa riskiä henkilöiden terveydelle. Kone, jossa käytetään kaasuja tai nestettä, on suunniteltava siten, että ehkäistään täyttämisestä, käytöstä, talteenotosta tai tyhjentämisestä aiheutuvat vaarat. Sisäiset säännöllistä tarkastamista ja säätöä edellyttävät osat ja huoltoalueet on varustettava asianmukaisella valaistuksella. (13, s. 36.)

Jos koneen paino tai koko estää sen liikuttamisen käsin, kone on varustettava kiinnityskorvakkeilla nostolaitteeseen kiinnittämistä varten. Vaihtoehtona kone

voidaan muotoilla sellaiseksi, että siihen voidaan helposti kiinnittää tavanomainen nostolaite. (13, s. 36.)

Ohjausjärjestelmät

Koneen ohjausjärjestelmät on rakennettava sellaiseksi, että ne estävät vaaratilanteiden syntymisen. Se tarkoittaa esimerkiksi sitä, etteivät ohjausjärjestelmän laitteisto- tai ohjelmistovika sekä virheet ohjausjärjestelmän logiikassa aiheuta vaaratilanteita. Erityistä huomiota on kiinnitettävä siihen, ettei kone saa käynnistyä odottamattomasti eikä koneiden pysähtymistä saa estää pysäytyskäskyn jälkeen. Langattomassa ohjauksessa on aikaansaattava automaattinen pysäytys, kun oikeita ohjaussignaaleja ei saada tai yhteys on menetetty. (13, s. 37–38.)

Ohjauslaitteet on sijoitettava siten, että niitä voidaan käyttää turvallisesti. Ne on voitava selvästi nähdä ja tunnistaa. Koneen käynnistäminen tai uudelleenkäynnistäminen saa olla mahdollista vain siten, että vaikutetaan tarkoituksellisesti asianomaiseen ohjauslaitteeseen. Koneessa on oltava myös ohjauslaite, jolla kone voidaan turvallisesti pysäyttää kokonaan, sekä hätäpysäytyslaite, joiden avulla todellinen tai uhkaava vaara voidaan torjua. Koneyhdistelmä on suunniteltava niin, että pysäytysohjaimet pysäyttävät kyseessä olevan koneen lisäksi myös kaikki siihen yhteydessä olevat laitteet, jos niiden toiminnan jatkuminen voi aiheuttaa vaaraa. (13, s. 38–40.)

Suojaaminen mekaanisilta vaaroilta

Koneen eri osien ja sen välisten liitosten on kestävä niihin käytössä kohdistuvat kuormitukset. Ohjeissa on ilmoitettava turvallisuuden kannalta tarpeelliset tarkastus- ja kunnossapitotoimenpiteet sekä niiden väliajat. Jos murtumisen riski on edelleen olemassa, kyseiset osat on sijoitettava tai suojattava siten, että sirpaleiden sinkoutuminen koneesta estyy eikä vaarallinen tilanne ilmesty. (13, s. 41.)

Sellaisissa koneen osissa, joihin voidaan koskea, ei saa olla teräviä reunoja ja kulmia eikä karkeita pintoja, joista saattaa aiheutua vammoja. Koneen liikkuvat osat on suunniteltava niin, että kosketuksesta aiheutuvat ja onnettomuuksiin

johtavat riskit estetään. Jos riskejä ei saada poistetuksi, ne on varustettava suojuksilla tai turvalaitteella, jotka valitaan riskin tyyppin perusteella. (13, s. 42.)

On otettava huomioon sähkönsyötöstä, staattisesta sähköstä, asennusvirheistä, tulipaloista, räjähdyksestä, melusta ja salaman iskusta aiheutuvat riskit. Myös otetaan huomioon vaaraa aiheuttavien materiaalien ja aineiden päästöistä aiheutuvat riskit sekä koneeseen loukkuun jäämisen riski. (13, s. 45.)

Kunnossapito

Kunnossapitokohteen on sijaittava vaaravyöhykkeen ulkopuolella. Sääto-, kunnossapito-, korjaus-, puhdistus- ja huoltotoimenpiteet on tehtävä, kun kone on pysähtynyt. Automaattisissa koneissa on oltava liitännämahdollisuus vianetsintälaitetta varten. Pääsy käyttö- ja huoltopaikkoihin täytyy olla turvallinen. (13, s. 46.)

Kone on voitava erottaa kaikista energialähteistä selvästi tunnistettavilla laitteilla. Erotuslaitteet on voitava lukita, jos energialähteeseen uudelleen kytkeminen voi aiheuttaa vaaran ihmisille, tai kun käyttäjä ei voi huoltopaikasta tarkistaa, että energiansyöttö on edelleen katkaisuna. (13, s. 46.)

Koneen merkinnät

Koneeseen on merkittävä näkyvästi, selvästi ja pysyvästi valmistajan täydellinen osoite, kuvaus koneesta, CE-merkintä, sarja- ja tyyppimerkintä sekä vuosi, jona valmistusprosessi on saatu päätökseen. Räjähdyksivaarallisessa ilmaseoksessa käytettäväksi suunnitellussa koneessa on oltava merkintä tästä. Jos koneen osaa täytyy käsitellä käytön aikana nostolaitteella, sen massa on merkittävä. (13, s. 47.)

Koneiden tekninen rakennetiedosto

Koneesta on laadittava tekninen tiedosto. Teknisen tiedoston on osoitettava, että kone on konedirektiivin mukainen. Tekninen tiedosto käsittelee koneen rakenteen, valmistuksen ja toiminnan. Se on laadittava maan yhdellä tai useammalla virallisella kielellä. Teknisen tiedoston on oltava jäsenvaltioiden toimivaltaisen viranomaisten käytettävissä vähintään 10 vuoden ajan koneen valmistuskohdasta. (13, s. 71.)

Teknisessä tiedostossa on seuraavat osat:

- koneen yleiskuvaus
- koneen yleispiirustus ja siihen liittyvät ohjauspiirien piirustukset
- täydelliset ja yksityiskohtaiset piirustukset ja laskelmat, joita tarvitaan tarkastettaessa, onko kone olennaisten terveys- ja turvallisuusvaatimusten mukainen
- riskin arviointia koskevat asiakirjat
- tiedot käytetyistä standardeista, joista käy ilmi, mitkä olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset kyseiset standardit kattavat
- jäljennös koneen ohjeista ja EY-vaatimuksenmukaisuusvakuutuksesta
- tarpeen mukaan jäljennökset koneen tai muiden siihen liitettyjen tuotteiden EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksista. (13, s. 71.)

6.1.1 Ruuvikuljettimet

Ruuvikuljetin on suunniteltava konedirektiivin mukaisesti eli sen on täytettävä kaikki edellä mainitut vaatimukset. C-tyypin standardin SFS-EN 618 + A 1: 2011 noudattaminen tarjoaa tavan täyttää konedirektiivin olennaiset vaatimukset. Myös sille on tehtävä konedirektiivinmukaisen riskin arviointi (13, s. 103).

Mekaanisten ja sähköisten vaarojen poistaminen

Ruuvikuljetin on suunniteltu niin, ettei sen käynnissäoloaikana ihmisillä ole mahdollisuutta saada viilto-, takertumis-, nielunjoutumis- tai loukkuunjäamisvaaraa (kuvat 7, 8). Näin suurin osa mekaanisista vaaroista on eliminoitu. Ruuvikuljettimien sähkölaitteiden, esimerkiksi moottorien, sekä sähköjohdotusten on täytettävä standardin SFS-EN 60204-1 kaikki soveltuvat kohdat. Sähkölaitteet valitaan käyttöympäristöön mukaisesti. (31, s. 36.) Tuhkaruuvikuljettimien sähkölaitteisto on kontin ulkopuolella ja voisi joutua sateen alle. Tällöin sähkölaitteiden koteloiden suojausluokka on oltava IP 54 (31, s. 38).

Kuljettimella työskenneltäessä on sovellettava toimenpiteitä, joilla estetään odottamaton käynnistyminen ja sähköisku. Apuna ovat standardit EN 1037 ja EN 60204-1. Odottamattoman käynnistymisen estävien poiskytkentälaitteiden on oltava käyttötarkoitukseensa sopivia, sopivasti sijoitettuja sekä niiden vaikutus ja tarkoitus on oltava helposti tunnistettavissa. Näiden kytkentälaitteiden

tarkoitukseton tai erehdyksessä tapahtuva sulkeminen, esimerkiksi ohjaimesta, on estettävä. Sellaisena laitteena voidaan käyttää syötönerotuskytkimen, jolloin koneessa tulee olla sopivan käyttöluokan mukainen kytkinlaite päälle ja pois kytkemiseksi. (31, s. 38; 32, s. 52, 54.)

Sähkölaitteiden ulkopuolelta koteloihin tulevia johtoja ei saa sijoittaa palavien materiaalien läheisyyteen tai paikkaan, jossa ne ovat alttiina mekaaniselle vauriolle. Jos siitä ei ole mahdollista, kaapelit on suojattava esimerkiksi jäykkiin kaapeliputkiin, taipuisiin putkiin tai kaapelikanaviin. (31, s. 38.)

Pysäytyksen hallintalaitteet on sijoitettava kaikissa ohjauspaikoissa kuljettajan ulottuville. Pysäytyksen hallintalaitteiden on oltava selvästi tunnistettavia ja näkyviä. Pysäytystoiminnon on oltava pysäytysluokan 0 tai 1 mukainen, riippuen siitä, kumpi sopii paremmin suunnitteluun rakenteeseen. Pysäytystoiminto on toteutettava niin, että vältetään vaaratilanteiden syntyminen. (31, s. 44.)

Hätäpysäytysjärjestelmän on oltava standardin EN 418 mukainen. Hätäpysäytyksen on oltava pysäytysluokan 0 tai 1 mukaisesti, sen mukaan, kumpi sopii paremmin suunnitteluun rakenteeseen. Hallintalaitteiden on oltava pakkotoimisia ja itselukkiutuvia. Niiden sijoituskorkeuden on oltava 0,6–1,7 m. Jos kuljettimien energiansyötön irtikytkemislaitteet ovat lähempänä kuin 10 m:n etäisyydellä kuljettimen mistä tahansa luoksepäästävästä paikasta, sitä voidaan käyttää hätäpysäytykseen. (31, s. 44.)

Korjaustoiminnan aikana on voitava poistaa osia koteloinnin läpi. Säättö-, voitelu- ja kunnossapitokohteet on sijoitettava vaara-alueiden ulkopuolella. (31, s. 46.)

Räjähdysvaarojen poistaminen

Omasähkölaitoksen ruuvikuljettimet kuljettavat puuhaketta tai tuhkaa. Ruuvikuljettimet eivät ole ilmatiiviitä. Puuhakkeesta säilytyksen ja kuljetuksen aikana irronneet pienikokoiset hiukkaset sekä tuhka voivat muodostaa ilman kanssa räjähdyskelpoisen ilmaseoksen ruuvikuljettimien sisäosiin (33, s.16).

ATEX-direktiiviä sovelletaan laitteisiin ja suojajärjestelmiin, jotka on tarkoitettu käytettäväksi räjähdysvaarallisissa tiloissa. Direktiivin mukaan räjähdysvaaralli-

nen tila on tila, jossa todennäköisesti muodostuu räjähdys paikallisten ja toiminnallisten olosuhteiden seurauksena. ATEX-direktiiviä ei kuitenkaan sovelleta koneen sisäosiin, joissa on räjähdysvaarallinen tila. (34, s. 5; 35, s. 71.) Räjähdysvaaran riskin minimoimiseksi ruuvikuljettimien suunnittelussa ja rakentamisessa on sovellettava A-tyyppin standardia SFS-EN 1127-1 (31, s. 100).

Ruuvikuljettimissa on otettava huomioon sisään päässeet vieraat esineet, kuten kivet tai satunnaiset metallipalat, jotka voivat aiheuttaa kipinän eli räjähdysseoksen syttymislähteen. Eliminoimalla syttymislähteitä eliminoidaan räjähdysvaaraakin. Toinen vaihtoehto on eliminoida räjähdysvaarallisten ilmaseoksen muodostuminen kuljettimessa, esimerkiksi rajoittamalla ilman pääsy ruuvikuljettimen sisään. Silloin pölyn pitoisuus ilmassa ei ole räjähdysarvojen välillä. Maa-doittamalla ruuvikuljettimien sähkömoottorit eliminoidaan staattisesta sähköstä muodostuva syttymislähde, kun ruuvikuljettimen runko on metallinen. (33, s. 22, 30.)

Kuumista pinnoista aiheutuneiden vaarojen poistaminen

Tuhkaruuvikuljettimien runkopintojen lämpötila on korkea, ja se voi aiheuttaa palovamman ihmiselle (36, s. 16). Kuitenkin jos otetaan huomioon, että laitos on sijoitettava 8 m:n etäisyydelle muista rakennuksista, että laitos toimii täysin automaattisesti sekä tuhkakuljettimet sijaitsevat laitoksen ulkopuolella, ruuvikuljettimia ei välttämättä tarvitse eristää. Kuumista pinnoista aiheutuvaa palovammariskiä voidaan pienentää varoituskilvillä. Riski on käsiteltävä riskianalyysissä, ja varoituskilpien suhteessa on noudatettava standardia ISO 7010. (36, s. 38, 56, 70.) Varoituskilvistä on enemmän luvussa 6.6.

Käyttö- ja huolto-ohjeet

Käyttöohjekirja sisältää seuraavat tiedot:

- käsiteltävien materiaalien ominaisuudet kuten kosteus, raekoko, massan tiheys
- käyttötilojen kuvaus
- sallittujen ympäristöolosuhteiden rajat kuten tuuli, lämpötila, suhteellinen kosteus

- käyttäjän velvollisuus lukea käyttöohjekirja sekä huomaus siitä, että ainoastaan luvan saanut henkilöstö saa käynnistää, käyttää tai pysäyttää kuljettimen
- turvatoimintojen yksityiskohdat sekä turvalaitteiden luettelo ja sijainti
- pysäytystapojen kuvaukset
- puhtausvaatimukset, joilla estetään käsiteltävän materiaalin vaarallinen kasautuminen
- kuvaus siitä, kuinka mahdolliset tukkeutumat saadaan purettua turvallisesti
- koulutusohjelma, jos käyttöhenkilöstön koulutusta pidetään tarpeellisena. (31, s. 82–84, 88.)

Käyttöohjekirjassa on myös huomautettava, että

- ei pidä olettaa, että pysäytetty kuljetin on turvallinen
- eräät käydessä tehtävät toimenpiteet, kuten tukkeutuman purkaminen, saattavat olla vaarallisia
- ennen kuin hätäpysäytyksellä pysäytettyä kuljetinta aletaan käynnistää uudelleen, on määritettävä hätäpysäytyksen syy ja varmistettava, että pysäytyksen syy on poistettu. (31, s. 86.)

Jos kuljetin toimitetaan osina, mukana on oltava asennusohjeet piirustuksineen, jotka sisältävät

- kaikki erillisenä toimitettujen komponenttien varastointia koskevat erityisvaatimukset
- sähkökytkennät
- komponenttien enimmäispainot ja mitat sekä nostokohdat
- kokoonpanovaiheet
- todentamiset ja testit, joita vaaditaan ennen käyttöönottoa tai sen aikana. (31, s. 84.)

Kunnossapito-ohjeissa on määritettävä

- kunnossapitohenkilöstön tekniset tiedot ja taidot
- olosuhteet, joissa kuljettimen liikkuvien osien ja puhdistuslaitteiden kunnossapitotyöt, vikojen korjaus, tarkastus tai puhdistus voidaan suorittaa
- kuluvien osien luettelo ja niiden vaihtoväli

- määräajoin tarkistettavien osien luettelo
- pultteihin sovellettavat tarkastusvälit ja kiristysmomentit tai jännityksen arvot, jos käytetään pultteja, joiden kireys on tarkistettava. (31, s. 86–88.)

Koneessa on oltava myös kone- ja tarvittaessa varoituskilvet. Varoituskilvet voivat olla esimerkiksi sähkön aiheuttamiin vaaratekijöihin liittyvät kilvet tai lämpötilan aiheuttamaan vaaraan liittyvät kilvet. (31, s. 90.)

6.1.2 Kaasutin

Kaasutin ei ole vielä yleistynyt markkinoilla, eikä sille ole C-tyypin harmonisoitua standardia, jonka noudattamisella pystyttäisiin osoittamaan, että suurinta osaa konedirektiivin vaatimuksista on noudatettu. Näin kaasuttimen suunnittelussa joudutaan soveltamaan standardeja, jotka eivät anna suoria vastauksia, miten kaasutin on rakennettava, että se täyttäisi konedirektiivin vaatimukset. Myös kaasuttimen suunnittelussa on tehtävä konedirektiivin mukaista riskin arviointia vaarojen poistamiseksi tai alentamiseksi siedettävälle tasolle. On muistettava, että kaasuttimen rakennemateriaalien valinnassa on otettava huomioon korkea lämpötila, ali- ja ylipaine sekä pyrolyysivyökkeessä olevat kemialliset reaktiot.

Sähköisten vaarojen poistaminen

Kaasuttimen arinan pyörimissuuntaa ja ilmasuuttimen korkeutta ohjataan sähkömoottorien avulla. Sähkömoottorit ja sähköjohtimet on asennettava standardin SFS-EN 60204-1 mukaisesti. Standardi asettaa koneiden sähkölaitteistolle yleiset vaatimukset ja niiden toteuttamistavat, kuten laitteiden suojaus sähköiskulta ja ylivirralla, potentiaalintasaus, ohjauslaitteiston asennus ja kotelointi sekä kaapeleiden johdotustavat (32, s.4–6).

Mekaanisten vaarojen poistaminen

Kaasuttimen ilmasuuttimen liikkuminen voi aiheuttaa puristumisvaaran pääsäännöllisesti ihmisten alarajoille (kuva 7). Sellainen vaara voidaan poistaa asettamalla kiinteä suojuks kaasuttimen jalkojen ympärille noin, ettei pystytä työntämään kättä tai jalkaa ilmasuuttimen alle. Suojuksen pituus voidaan valita standardin SFS-EN ISO 13857 taulukkojen 5 ja 7 mukaisesti (37, s. 4, 24, 30). Koska laitoksen käyttäjä ei ole ammattilainen vaan vain koulutettu henkilö, puristumisriskin välttämiseksi suojuks voidaan valita sellaiseksi, että se peittää

aukon lattiasta kaasuttimen pohjan asti. Puristumisvaaran välttämiseksi voidaan noudata myös standardi EN 349:1993+A1:2008.

Kiinteä suojus on suunniteltava ja rakennettava standardin SFS-EN 953 mukaisesti. Kiinteä suojus tarkoittaa, että suojus on kiinnitetty sellaisella tavalla, että se voidaan avata tai poistaa vain käyttämällä työkaluja tai rikkomalla kiinnitystapa. Kiinnityksessä voidaan käyttää esimerkiksi ruuveja ja muttereita tai hitsaus-ta. Näin suojaus voidaan kiinnittää ruuveilla kaasuttimen jalkoihin, jos se ei heikennä jalkojen kantavuusominaisuuksia. Suojuksen rakenne valitaan riskin arvioinnin perusteella. (38, s. 18, 42.)

Suojuksen on oltava sellainen, että toistuvat säädöt, voitelu ja kunnossapito voidaan suorittaa suojuksia avaamatta tai poistamatta. Suojukset on rakennettava niin, ettei niissä ole suojaamattomia teräviä reunoja tai kulmia. Käytettäessä mekaanisia kiinnittimiä niiden lujuuden, lukumäärän ja välimatkan on oltava riittäviä suojuksen vakauden ja jäykkyyden varmistamiseksi. Suojusten ja niihin liittyvien laitteiden oikeasta asentamisesta sekä irrottamisesta on annettava ohjeet. Suojusten tarkastuksista ja kunnossapidosta on annettava yksityiskohtaiset ohjeet. (38, s. 30, 52.)

Räjähdyksistä aiheutuvien vaarojen poistaminen

Koska kaasutin on kone, se ei ole ATEX-direktiivin alainen kuten eivät ruuvikuljettimetkaan (35, s. 71). Kuitenkin kaasuttimessa korkeassa lämpötilassa muodostuu räjähtävää puukaasua. Lämpötila on syttymislämpötilaa korkeampi sekä puukaasun muodostamisen vuoksi tarvitaan ilmaa. Silloin ei pystytä välttämään räjähdysvaarallisen ilmaseoksen muodostumista eikä eliminoimaan syttymislähdettä. Tällöin kaasutin ja ympäristö on suojattava räjähdyksistä aiheutuvista vaurioista ja vaaroista soveltamalla standardia SFS EN 1127-1 (38, s. 28).

Kun räjähdystapaus hyväksytään, räjähdys on pysäyttävä tai rajoittava esimerkiksi sen vaikutusalueita eristämällä, tuuletuksella tai suojarakenteilla. Räjähdyksen vaikutuksen rajoitetaan turvalliseen tasoon räjähdysten kestävällä rakenteella, räjähdyspaineen keventämisellä, räjähdysten vaimentamisella tai räjähdysten eristämällä. Kun kaasuttimessa mahdollisesti tapahtuvan räjäh-

dyksen vaikutukset alennetaan turvalliseen tasoon räjähdyspaineen kevennysluukkujen avulla, voidaan soveltaa standardia EN 14797. (33, s. 30, 52.)

Räjähdyspaineen kevennyslaitteet ovat turvalaitteita, jotka suojattavat säiliötä tai muuta suljettua tilaa räjähdyspainetta keventämällä. Räjähdyspaineen kevennyslaitteet avautuvat räjähdysten alkuvaiheessa vapauttaen kauttaan palamattoman kaasun sekä palamistuotteet keventäen näin ylipainetta kotelon sisäpuolella. Vaikka standardi SFS-EN 14797 määrittelee räjähdyspaineen kevennyslaitteet, jotka saatetaan markkinoille itsenäisenä suojajärjestelmänä, se antaa ohjeet räjähdyspaineen kevennyslaitteiden rakentamisesta, testausta ja uudelleen käyttöönnotosta. Standardin SFS-EN 14797 apuna toimii standardi SFS-EN 14994. (39, s. 8; 40, s. 12.)

Standardissa SFS-EN 14994 on annettu ohjeet, miten määritellään ja mitoitetaan kevennyslaitteet kompaktille tai pitkänomaisille koteloille sekä putkille. Standardi myös käsittää, mihin kevennysaukot on sijoitettava ja minkä muotoisia ne ovat. (40, s. 2.)

Räjähdyspaineen kevennys toteutetaan siten, että maksimi kevennetty räjähdyspaine ei saa ylittää kotelon mitoituspainetta. Kaikki koteloon liittyvät osat, jotka altistuvat räjähdyspaineelle, on huomioitava kotelon mitoituspainetta määrittäessä. (40, s. 12.) Koska kaasutusprosessi on alipaineinen, on varmistettava, että kaasutin, siihen liittyvät putkistot ja venttiilit, joihin räjähdyspaine kohdistuu, kestävät kevennysluukkujen avautumispainetta.

Kevennyspinta-ala on tärkeä tekijä kevennetyn räjähdyspaineen maksimia määrittäessä. Kevennyspinta-alan laskennassa tarvitaan tietoja kotelon mitoituspaineesta, kaasun räjähdysominaisuuksista, kotelon muodosta ja koosta, kotelon sisäpuolisista turbulenssia synnyttävistä rakenneosista sekä räjähdyspaineen kevennyslaitteen staattisesta toimintapaineesta. Turbulenssia synnyttävät rakenneosat voivat huomattavasti lisätä kaasuräjähdyksen rajuutta. Tämä lisää paineenkevennyksen vaatimuksia. (40, s. 12.)

Räjähdyspaineen kevennystä ei saa käyttää, jos vapautuvat tuotteet on luokiteltu myrkyllisiksi, syöttäväksi tai syöpää aiheuttavaksi. Ellei räjähdyspaineen kevennyksen vapauttamia haitta-aineita voida välttää, tällaisten päästöjen seu-

rauksiin on varauduttava. On myös varmistettava, etteivät ihmiset altistu niiden aiheuttamalle vaaralle. (40, s. 32.)

Puukaasu on myrkyllinen aine, joka on haitallinen ihmisille hengittynä (katso kohta 5.3.1 Puukaasun kemialliset ominaisuudet). Kuitenkin laitos toimii täysin automaattisesti, eikä ihmisillä on tekemistä laitoksen sisällä prosessin käynnissä oleva aikana. Laitoksen ovet ja kaasutin ovat laitoksen päinvastaisilla puolilla. Vaikka henkilö menee sisään, kun räjähdyspaineen kevennyslaitteet vapauttavat kuumaa myrkyllistä kaasua, puukaasun haitallisia vaikutuksia pystytään välttämään pakottamalla kantamaan mukana kaasuvaroittimia tai sijoittamalla kiinteän kaasuvaroittimen konttiin. Purkauksen voidaan suunnata myös turvalliseen suuntaan, ettei se vaarantaisi sekä ihmisen terveyttä että laitoksen koneita.

Räjähdyspaineen kevennysaukot on sijoitettava siten, etteivät ne heikennä paineenkevennyksen tehokkuutta. Räjähdyspaineen kevennyksessä purkautuvan materiaalin omaama liikevoima aiheuttaa rekyylin. Tällöin kotelon on kestettävä rekyylivoima. Jos useat kevennyslaitteet sijoitetaan vastakkain, pystytään pienentämään rekyyliä. Suorakaiteen muotoiset kevennysaukot ovat yhtä tehokkaat kuin neliön tai ympyrän muotoiset aukot, kun niiden pinta-ala on sama. (40, s. 32, 38.)

Kaasuttimeen on merkittävät tiedot siitä, että sen sisällä tapahtuvaa räjähdyspainetta kevennetään räjähdyspaineen kevennysluukkujen avulla. Kaasuttimen oheisdokumenttiin on lisättävä räjähdyspaineen alennusluukkujen täydelliset käyttöä koskevat vaatimukset. Oheisdokumenttiin on myös lisättävä maksimi kevennetty räjähdyspaine ja kevennyksen staattisen toimintapaineen yläraja. Lisäksi kunnossapito-ohjeisiin on sisällyttävä määräaikaistarkastus ja ylimääräinen tarkastus, koska räjähdysten sattuessa tarkastus on välttämätön. Tarkastuksessa ennen laitteen uudelleen käyttöönottoa, varmistetaan, että laite on edelleen turvallinen. (40, s. 40, 42.)

Kuumista pinnoista aiheutuneiden vaarojen poistaminen

Kaasutin on lämpöeristetty lämpöhäviöiden minimoitumiseksi. Pintalämpötila on edelleen liian korkea, ja ihmisillä on edelleen mahdollisuus saada palovamman

kosketuksessa. Monet eristeitä valmistavat yritykset tarjoavat on-line laskimet, jotka pohjautuvat standardeihin. Esimerkiksi Paroc Oy:n tarjoama laskin, joka pohjautuu standardiin SFS-EN ISO 12241, osoittaa, että kaasuttimen pintalämpötilan alentaminen siedättävään tasoon vaatii enemmän kuin 120:mm paksuisen lämpöeristeen. Näin on otettava huomioon riskianalyysi, jonka perusteella kaasuttimen kuumasta pinnasta aiheutunut palovamman vaara voidaan välttää kiinnittämällä kaasuttimeen varoituskilpi standardin ISO 7010 mukaisesti. (36, 41.)

Käyttö- ja huolto-ohjeet

Käyttö- ja huolto-ohjeiden kirjoittamisessa noudatetaan konedirektiivin vaatimuksia koneiden käyttö- ja huolto-ohjeille. Siihen on myös lisättävä räjähdyspaineen kevennysluukkuja koskevaa tietoa, joka on esitetty tämän työn luvussa 6.1.2 Kaasutin alakohdalla räjähdyksistä aiheutuvien vaarojen poistaminen.

6.1.3 Puukaasupuhallin

Puukaasupuhallin on konedirektiivin alainen laite. Akselin suunnittelussa apuna voi toimia standardi SFS 2631, jossa on annettu akseleiden standardihalkaisijat ja pituudet. Standardissa on myös käsitelty, miten akselin halkaisija valitaan siirrettävän vääntömomentin avulla. Kiilojen ja kiilaurien suunnittelussa on noudatettava standardeja SFS 2636 ja 2638. Puhaltimen kotelon laipan ja laippaliitoksen suunnittelussa sovelletaan standardia ISO 13351. Standardissa on myös annettu taulukko, joka helpottaa puhaltimen koon määrittämisessä. Koko määritetään juoksupyörän nimellishalkaisijan perusteella. (42, s. 320; 43; 44, s. 4–7, 12.)

Mekaanisten vaarojen poistaminen

Ihminen voi loukkaantua, jos hän jää loukkuun puhaltimen kahden liikkuvan tai liikkuvan ja liikkumattoman osia väliin tai kun joutuu kosketukseen liikkuvaan osaan (45, s. 4). Koska puhaltimen siipipyörä on koteloitu, ainoa loukkuun jäämisen tai sormien puristumisen vaara on puhaltimen voimansiirtovyöhykkeellä. Kontaktia pystytään ehkäisemään asentamalla kiinteä suojuus vaaravyöhykkeen ympärille. Kiinteä suojuus vastaa samoja vaatimuksia kuin kaasuttimen kiinteä suojuuskin. Tiedot kiinteästä suojuksesta on lisättävä käyttö- ja huolto-ohjeisiin.

Räjähdyksistä aiheutuvien vaarojen poistaminen

Puhaltimen avulla puhalletaan kuumaa räjähtävää puukaasua kaasuttimesta ilmakehään. Koska puhallin on kone, se ei ole ATEX-laitedirektiivin alainen komponentti. Koska puhallin ei sijaitse kokonaan räjähdysvaarallisessa ilmaseoksessa, se ei ole räjähdysvaarallisessa ilmaseoksessa toimiva puhallin eikä kuulu standardin SFS-EN 14986 soveltamisalaan (46; 47, s. 5).

Pienitehoisen puukaasupuhaltimen läpi kulkee puhdasta puukaasua. Kuitenkin sammutuksen jälkeen ilman pääsyä puhaltimeen putkiston kautta ei ole estetty. Näin räjähdysvaarallinen seos muodostuu koneen sisällä käynnistyshetkellä. Tällöin räjähdysvaaraa voidaan välttää eliminoimalla syttymislähde, joka voi syntyä, jos roottorin ja staattorin välillä syntyy kipinä. Kipinöintiä pystytään välttämään valitsemalla roottorille ja staattorille sellainen metallipari, joka ei kipinöi. Metalliparien esimerkit on annettu taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Sallitut materiaaliparit, jotka on tarkoitettu vetyä sisältäville kaasuseokselle (47, s. 13)

Item	Material 1	Material 2	Requirements according to Table 1 (see above)	Footnotes according to Table 1
1	Steel or steel alloy	Tin or lead,	2 a	a b
2	Nickel or nickel alloy	Tin or lead	3	a b
3	Cast iron	Tin or lead	2 a	a b
4	Aluminium alloys	Tin or lead	1, 2 b	a b c
5	any of the above	Plastic or rubber coated metal	6, 7	d e
6	Steel alloys, nickel based alloys, cast iron	Soft brass alloys, copper, plastic or rubber	1, 2, 3, 4, 6, 7	a c d
7	Aluminium or aluminium alloy	Soft brass alloys, copper, plastic or rubber, aluminium or aluminium alloy	1, 2, 3, 4, 6, 7	a c d e
8	Plastic	Plastic	6	d

Toinen vaihtoehto estää räjähdystä on estää ilman pääsy puhaltimen sisään esimerkiksi asettamalla venttiili puhaltimen jälkeen. Molemmissa tapauksessa riskianalyysi on tehtävä ja dokumentoitava.

Kuumista pinnoista aiheutuneiden vaarojen poistaminen

Koska puukaasupuhaltimen läpi kulkee kuumaa puukaasua, ihmisillä on mahdollisuus saada palovamma puhaltimeen kosketuksesta. Sellaiselle vaaralle riskin arviointi on tehtävä ja dokumentoitava. Riskianalyysin perusteella vaara voidaan eliminoida eristämällä puhaltimen kotelo tai kiinnittämällä varoitustarra. (36, s. 41.) Puukaasupuhaltimen siirtäminen sellaiselle korkeudelle, johon ei pysty ulottumaan lattian tasolta ilman erikoista välinettä kuten tikkaita, eliminoi palovamman vaaran kokonaan.

Sähköisten vaarojen poistaminen

Puukaasupuhallinta ohjataan sähkömoottorin avulla. Sähkömoottorit ja sähköjohtimet on asennettavaa standardin SFS-EN 60204-1 mukaisesti (32).

6.1.4 Omasähkölaitoksen voimayksikkö

Polttomoottori, jossa poltetaan puukaasua, ja sähkömoottori, joka on kytketty generaattorin tyyppinä, muodostavat omasähkölaitoksen voimayksikön. Molemmat ovat ostettuja komponentteja. Sähkömoottorilla on CE-merkintä, jolloin siitä on saatava valmistajalta vaatimustenmukaisuusvaakutus. Konedirektiivin mukaan polttomoottori on puolivalmiste, jolloin siitä on saatava valmistajalta konedirektiivin liitteen II B mukainen liittämismakuutus. Liittämismakuutuksessa on oltava muun muassa puolivalmisteen valmistajan toiminimi ja osoite, sen henkilön nimi, joka on valtuutettu kokoamaan asiaankuuluvat tekniset asiakirjat, sekä vakuutus konedirektiivin sovelletuista keskeisistä vaatimuksista ja siitä, että puolivalmiste on muiden asiaa koskevien direktiivien mukainen. (13, s. 28, 65–66.)

Liittämismakuutuksen lisäksi polttomoottorin mukana on oltava kokoonpano-ohjeet. Kun polttomoottori liitetään osaksi lopullista konetta, lopullisen koneen teknisen rakennetiedoston on sisällettävä polttomoottorin liittämismakuutuksen ja kokoonpano-ohjeet. (13, s. 31.)

Vaikka sähkömoottori on CE-merkitty komponentti ja polttomoottorista on saatu liittämismarkkinointi, se ei automaattisesti tarkoita, että niiden yhdistelmään voidaan automaattisesti kiinnittää CE-merkintä. Yhdistelmästä on tehtävä riskien arviointi, ja sen jälkeen sietämättömät riskit on poistettava.

Sähkö- ja polttomoottorien yhdistämisen helpottamiseksi on käytettävä standardia SFS-EN 60204-1. Vaikka standardia SFS-EN 12601 sovelletaan yleensä kannettavalle generaattorikoneistolle, sen soveltaminen auttaa osoittamaan yhdistelmän turvallisuuden (48, s. 8). Standardi SFS-EN 12601 kattaa sellaiset vaarat kuten murskaamis-, leikkaamis- tai loukkuun jäämisen vaarat, kosketuksen sähköjännitteisiin osiin sekä tulipalovaaran. Standardin SFS-EN 12601 liite B täsmentää ja täydentää standardin SFS-EN 60204-1 yleiset vaatimukset, joita sovelletaan generaattorikoneistolle. (48, s. 25–27.)

Tila, jossa on poltto- ja sähkömoottorit, on koteloitu. Kotelo voi auttaa myös äänenvaimentamisessa sekä toimia suojuksena mekaanisille vaaroille, joita aiheuttavat esimerkiksi voimansiirto-osat. Tällöin kiinteä suojus on valmistettava standardin SFS-EN 953 mukaisesti. Kotelon pintalämpötila on tarkistettava ja kuumasta pinnasta varoitusmerkki on tarvittaessa kiinnitettävä. Kotelon sisään on asennettu kaupallinen puhallin, jonka avulla jäähdytään voimayksikköä. Puhaltimen asennuksessa on noudatettava standardia SFS-EN 60204-1 niiltä osin, kuin on tarpeen. (32.)

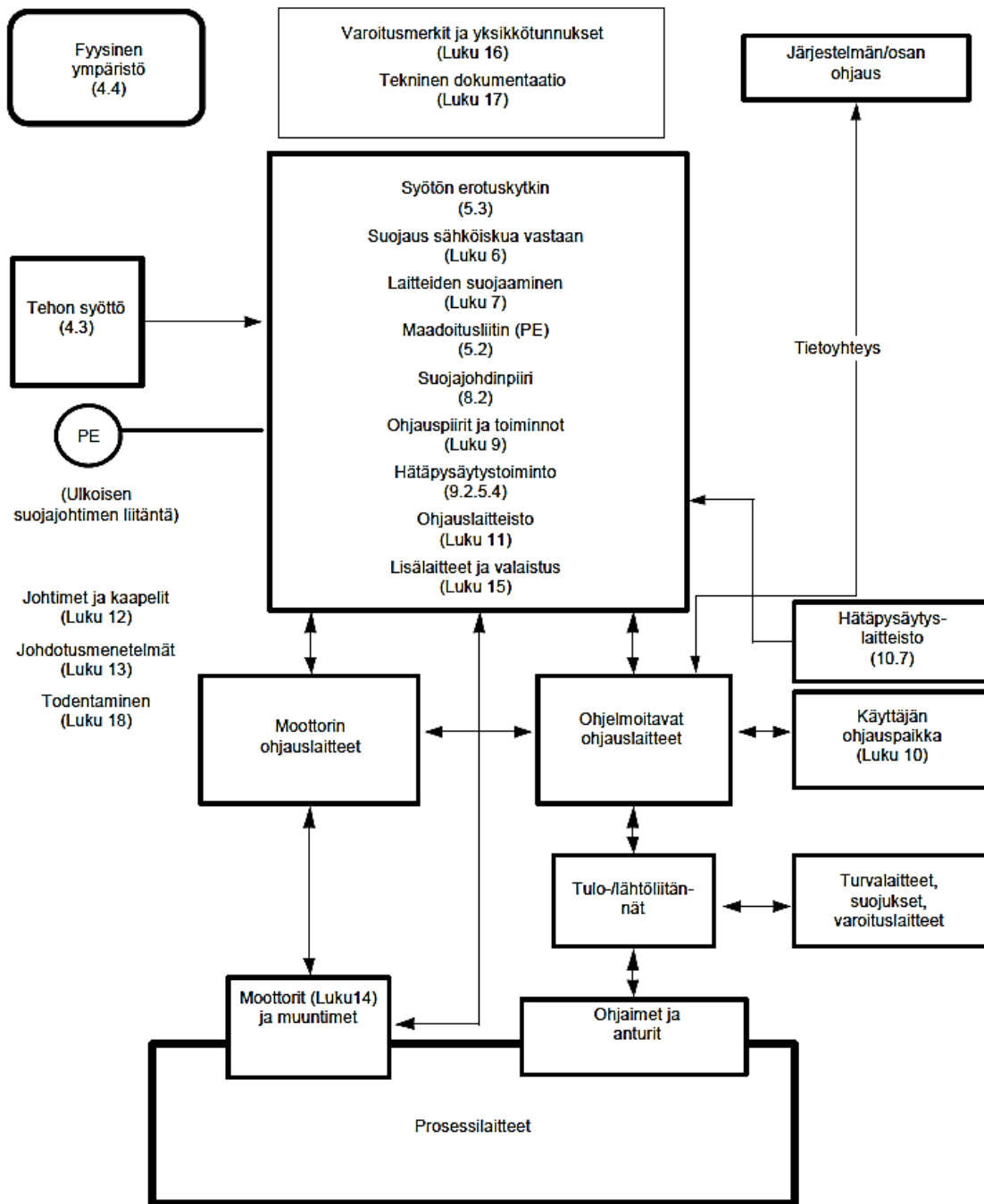
6.2 Koneiden sähkölaitteisto

Standardi SFS-EN 60204-1 on B-tyyppin standardi, joka sisältää koneiden sähkölaitteiston turvallisuusvaatimukset. Sähköturvallisuusvaatimusten lisäksi standardi sisältää koneen toiminnallisen turvallisuuden kannalta tärkeitä perusvaatimuksia turvatoiminnoille, jotka toteutetaan sähkölaitteiston avulla. Standardin kattama laitteisto alkaa koneen sähkölaitteiston verkkoliitännäkohdasta. (32, s. 4–10, 20.)

Koska standardissa on lukuisia vaatimuksia, joita voidaan tai ei voida soveltaa tietyn koneen sähkölaitteistoon, pelkkä tarkentamaton viittaus standardin SFS-EN 60204-1 ei riitä. Valinnat tulee tehdä niin, että kaikki tämän standardin vaatimukset katetaan. Kun koneelle ei ole C-tyyppin standardia, esimerkiksi

omasähkölaitoksen kaasutin, tätä standardia sovelletaan viittaamalla, valitsemalla asiaan liittyvien standardikohtien vaatimuksia sopivimmat vaihtoehdot tai muuttamalla tietyt standardikohdat, kun koneen sähkölaitteistoa koskevat erikoisvaatimukset on riittävästi katettu muissa asiaankuuluvissa standardeissa. (32, s. 194.)

Kuvassa 10 on esitetty koneen eri osien ja oheislaitteiston suhdetta. Suluissa olevat numerot viittaavat standardin SFS-EN 60204-1 kohtiin, joissa kyseessä olevaa toimintaa tai laitteistoa on käsitelty. Standardi sisältää myös vaatimuksia tekniselle dokumentaatiolle, kuten yleis- ja toimintakaavioille, piirikaavioille sekä käyttö- ja huolto-ohjeille. Näin sähkölaitteiston osien tekninen dokumentaatio voi muodostaa osan koneen sähkölaitteiston dokumentaatiosta. (32, s. 4–10, 152.)



KUVA 10. Tyypillisen koneen lohkokaavio (32, s. 18)

Sen jälkeen, kun sähkölaitteisto on kiinnitetty koneeseen, koneelle on tehtävä standardin SFS-EN 60204-1 mukaisia tarkastuksia ja kokeita. Koneesta ei voi antaa vaatimustenmukaisuusvakuutusta ennen kuin se on läpäissyt kokeet.

Tarkastuksissa ja kokeissa todennetaan

- sähkölaitteiston teknisen dokumentaation mukaisuus
- suojajohdinpiirin jatkuvuus

- vikavirtapiiriin impedanssin ja ylivirtasuojan soveltuvuus.

Tarkastuksissa suoritetaan myös eristysresistanssimittaus, jännitekoee sekä toimintakokeet. Lisäksi on tehtävä suojaus jäännösjännitteiltä. (14, s. 48.)

Sähkölaitteiden kotelot, jotka eivät selvästi osoita sisältävänsä sähköiskusta syntyvän riskin aiheuttavia sähkölaitteita, on varustettava standardin IEC 60417 mukaisella varoituskilvellä. Varoituskilpi on sijoitettava kotelon oveen tai kanteen. Varoituskilpiä ei tarvitse kiinnittää koteloon, jossa on syötön erotuskytkin, eikä sitä tarvitse olla käyttäjä–kone rajapinnassa tai ohjauspaikalla. Riskin arviointi voi osoittaa, että on tarpeen varoittaa sähkölaitteiston vaarallisista kuumista pinnoista. Tällöin koteloon on kiinnittävä standardin IEC 60417 mukainen varoitusmerkki. (32, s.150.)

6.2.1 Hätäpysäytys

Omasähkölaitoksen ainoa turvallisuuteen liittyvä ohjausjärjestelmä liittyy hätäpysäytykseen. Hätäpysäytyksen tarkoituksena on pienentää tai torjua henkilöihin kohdistuvia vaaroja sekä koneisiin ja käynnissä olevaan työprosessiin kohdistuvaa vahinkoja. Hätäpysäytystoiminnon tarkoituksena on myös käynnistyä yhdellä ihmisen suorittamalla toimenpiteellä. Mikään käynnistyskäsky ei saa käynnistää niitä toimintoja, jotka on pysäytetty hätäpysäytystoiminnon alkuun laitamana, siihen asti, kunnes hätäpysäytystoiminto on käsikäyttöisesti kuitattu. Hätäpysäytyslaitteen on oltava helposti tavoitettavissa. (32, s. 110; 49, s. 10–12.)

Hätäpysäytyslaitteiston suunnitteluperiaatteet

Standardi SFS-EN ISO 13850 käsittelee hätäpysäytyksen suunnitteluperiaatteet, ja se on standardin ISO 12100-1 tarkoittama B2-tyypin standardi. B2-tyypin standardit koskevat suojausteknisiä laitteita (49, s. 8).

Hätäpysäytystoimintoa ei saa käyttää turvatoimintojen korvaajana, vaan sitä käytetään täydentävänä suojaustoimenpiteenä. Hätäpysäytystoiminnan luokka voi olla joko 0 tai 1. Pysäytysluokka 0 tarkoittaa välitöntä tehonsyötön katkaisua toimilaitteelle tai vaarallisten osien ja niiden toimilaitteiden mekaanista irrotusta toisistaan. Pysäytysluokka 1 tarkoittaa hallittua pysähtymistä säilyttäen tehon-

syötön toimilaitteelle pysähtymisen aikaansaamiseksi sekä tehonsyötön katkaisua, kun pysähtyminen on saatu aikaan. Pysäytysluokka valitaan koneen riskien arvioinnin perusteella. Vaatimuksia turvallisuuteen liittyville toiminnoille on esitetty muun muassa standardissa ISO 13849-1. (49, s. 12–14.)

Painetun hätäpysäyttimen ohjauslaitteen palauttaminen toimintavalmiiksi saa olla mahdollista vain itse painikkeeseen kytkinkoteloon kohdistuvan käsin suoritettun toiminnon eli kuittauksen seurauksena. Painikkeen palauttaminen toimintavalmiiksi ei saa itsestään aiheuttaa uudelleenkäynnistämiskäskyä, vaan ainoastaan sallia uudelleenkäynnistämisen. Koneen uudelleen käynnistäminen ei saa olla mahdollista, ennen kuin kuittaus on suoritettu jokaiselta paikalta, jolta hätäpysäytys käynnistettiin. (49, s. 14.)

Sähköisten hätäpysäytyslaitteiden on oltava standardin IEC 60948-5-5 mukaisia. Hätäpysäytysohjaimen värin on oltava punainen. Ohjaimen takana olevan taustan värin on oltava keltainen, kun tausta on käytännöllinen. Jos käytetään merkintäkilpeä, on käytettävä standardin IEC 60417 mukaista kuvatunnusta, joka on esitetty kuvassa 11. (49, s. 14, 16.)



KUVA 11. Hätäpysäytyksen kuvatunnus (49, s.16)

Hätäpysäytykseen käytettävän sähkölaitteiston on oltava standardin IEC 60207-1 mukainen. Syötön erotuskytkintä voidaan paikallisesti käyttää hätäpysäytykseen, jos se on koneen käyttäjän helposti tavoitettavissa ja sen tyyppi on jokin seuraavista tyypeistä:

- standardin IEC 60947-3 käyttöluokan AC-23B tai DC-23B mukainen kuormaerotin

- standardin IEC 60947-3 mukainen sulakkeellinen tai sulakkeeton erotin, jossa on apukosketin, joka aina saa kytkinlaitteella aikaan kuormitetun virtapiirin katkaisun ennen erottimen pääkoskettimien avautumista
- katkaisija, joka soveltuu erottamiseen standardin IEC 60947-2 mukaisesti tai
- muu kytkinlaite, joka täyttää sitä koskevan tuotekohtaisen IEC-standardin vaatimukset ja standardin IEC 60947-1 erottamisvaatimukset.

Tällöin syötön erotuskytkimen värin on oltava punainen ja taustanvärin on oltava keltainen. (32, s. 50, 110–112; 49, s. 16.)

Ohjausjärjestelmän toteuttaminen

Hätäpysäytyksen ohjausjärjestelmä on ainoa omavoimallisuuden turvallisuuteen liittyvä ohjausjärjestelmä, ja se on toteuttava standardin SFS-EN ISO 13849-1 mukaisesti. Tämä standardi on standardin ISO 12100-1 tarkoittama B1-tyyppin standardi. B1-tyyppin standardit koskevat tiettyjä yksittäisiä turvallisuusnäkökohtia, esimerkiksi turvaetäisyyttä, pintalämpötilaa ja melua. (50, s. 10.)

Standardi ISO 1349-1 esittää turvallisuusvaatimukset ja opastusta turvallisuuden liittyvien ohjausjärjestelmän osien suunnittelun ja integroinnin periaatteista. Standardi määrittää näille turvallisuuteen liittyville ohjausjärjestelmän osille ominaisuudet, joihin kuuluu turvatoiminnon toteuttamiseen vaadittava suoritustaso eli PL. (50, s.14.)

Suoritustaso PL on erillinen taso, jota käytetään määrittelemään turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmän osien kyky suorittaa turvatoiminto ennakoitavissa olevissa olosuhteissa. Jokaiselle turvatoiminnolle on eriteltävä sen ominaisuudet ja turvatoiminnolta vaadittava suoritustaso. Ominaisuudet ja vaadittava suoritustaso on dokumentoitava turvallisuusvaatimusten erittelyssä. (50, s.22, 34.)

Suoritustaso PL määritellään vaarallisen vikaantumisen todennäköisyytenä tun-
tia kohden. Tässä standardissa on esitetty 5 suoritustasoa a–e, jossa PL_e on
vaativin taso. (50, s. 34.) Suoritustasot on esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Suoritustasot PL (50, s. 34)

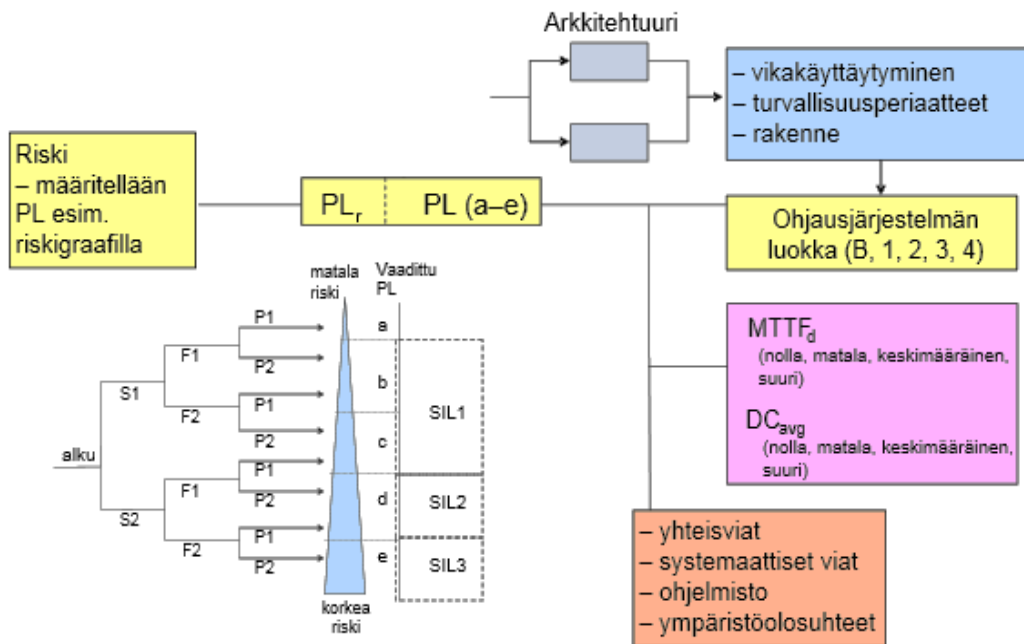
PL	Vaarallisen keskimääräisen vikaantumisaajan todennäköisyys tuntia kohden 1/h
a	$\geq 10^{-5} \dots < 10^{-4}$
b	$\geq 3 \times 10^{-6} \dots < 10^{-5}$
c	$\geq 10^{-6} \dots < 3 \times 10^{-6}$
d	$\geq 10^{-7} \dots < 10^{-6}$
e	$\geq 10^{-8} \dots < 10^{-7}$

HUOM. Vaarallisen keskimääräisen vikaantumisaajan todennäköisyyden (tuntia kohden) lisäksi myös muut toimenpiteet ovat tarpeen määrätyn suoritustason saavuttamiseksi.

Standardin mukaan turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän suoritustaso pystytään määrittämään arvioimalla seuraavia näkökohtia:

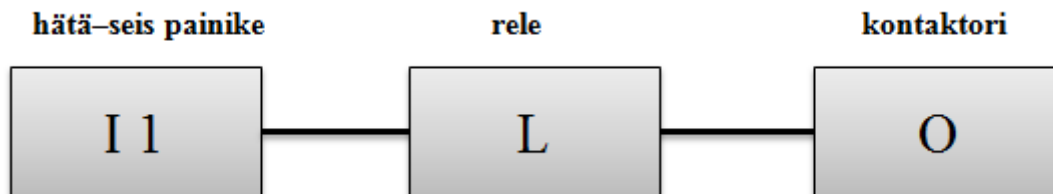
- vaarallinen keskimääräinen vikaantumisaika $MTTF_d$ jokaiselle yksittäiselle komponentille, standardin liitteet C ja D
- diagnostiikan kattavuus DC, standardin liite E
- yhteisvikaantuminen CCF, standardin liite F
- nimetyt rakenteet sekä ohjausjärjestelmän luokat B, 1, 2, 3 ja 4, standardin kohta 6
- turvatoiminnan käyttäytyminen vikatilanteessa, standardin kohta 6
- turvallisuuteen liittyvä ohjelmisto, standardin kohta 4.6 ja liite J
- systemaattinen vikaantuminen sekä systemaattisten vikojen hallinta ja niiden välttäminen, standardin liite G ja ISO 13849-2
- kyky toteuttaa turvatoiminto ennakoitavissa olevissa ympäristöolosuhteissa. (51, s. 20.)

Kuvassa 12 on esitetty yhteenveto, miten määritellään vaatimustaso riskin arvioinnilla tai poimimalla vaatimukset standardista. Kuvassa on myös esitetty, miten vaatimusten toteutuminen tarkastetaan edellä esitetyn listan mukaisesti.



KUVA 12. Suoritustason PL määrittäminen (kuvan vasemman puoli) ja sen varmistaminen (kuvan oikea puoli) (51, s. 20)

Omasähkölaitoksen hätäpysäytystoiminta on toteutettu hätäpysäytykselle tavallisimman järjestelmän avulla (52). Yksinkertaisesti se pystytään esittämään kuvassa 13 esitetyn lohkoavion avulla.



KUVA 13. Omasähkölaitoksen hätäpysäytyksen lohkoavio ISO 13849-1 mukaan

Tarkastus siitä, onko hätäpysäytystoiminnan järjestelmän suoritustaso riittävä, on esitetty liitteessä 4.

Kelpuutus

Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmän osat on kelpuutettava. Kelpuutuksella osoitetaan, että kunkin turvatoiminnan toteuttava turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmän osien yhdistelmä täyttää standardin ISO 13849-1 kaikki asiaan

kuuluvat vaatimukset. Kelpuutus suoritetaan standardin ISO 13849-2 avulla, joka on B-tyypin standardi. (50, s. 94; 53, s. v.)

Standardissa on määritetty menettelytavat, joita on noudatettava, ja ehdot, joiden on täyttyvä, kun kelpuutetaan standardin ISO 13849-1 vaatimuksen mukaisten turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmän osien omaamat turvatoiminnot sekä saavutettu luokka. Kelpuutus suoritetaan analyysin ja testauksen avulla käyttäen suunnittelijan esittämiä suunnittelun loogisia perusteita. (53, s. 1.)

Kelpuutuksen suorittaa henkilö, joka on riippumaton turvallisuuteen liittyvän osan suunnittelusta. Riippumaton henkilö ei välttämättä tarkoita, että edellytetään kolmannen osapuolen testausta. Kelpuutus koostuu kelpuutus suunnitelman mukaisesta analyysien suorittamisesta ja tarvittaessa testien suorittamisesta. Analyysit on esitetty standardin ISO 13849-2 kohdassa 5 ja testit osassa 6. (53, s. 2.)

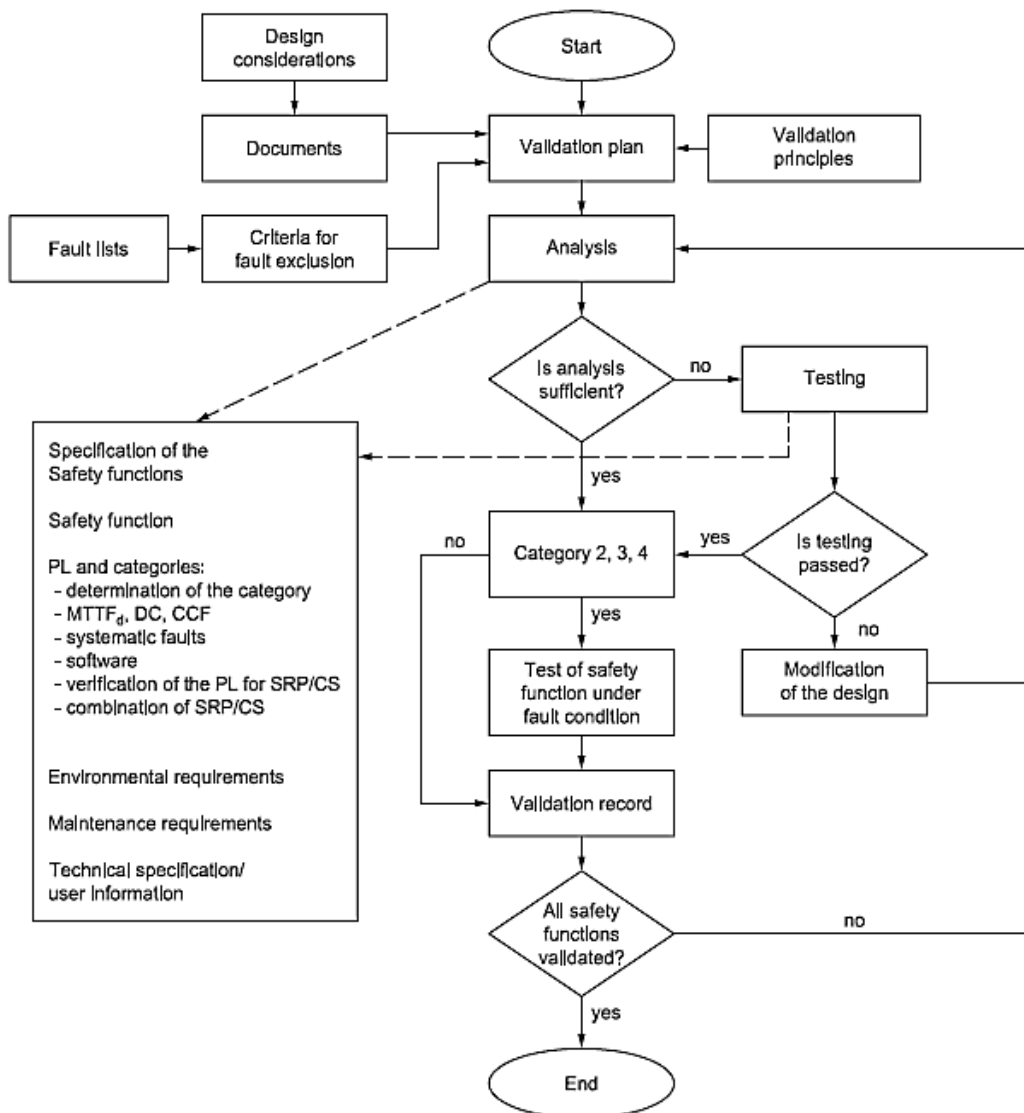
Kelpuutusprosessia varten on koottava viiteasiakirjaksi vikaluetellot. Luettelo voi perustua tämän standardin liitteessä A–D oleviin kokemuksenkohtaisiin luetteloihin. Vain pysyvät viat luetteloidaan. Kelpuutusprosessiin on sisällytettävä dokumentteja, jotka sisältävät riittävästi tietoja turvallisuuteen liittyvien osien luokan ja turvatoiminnon osoittamiseksi. Ne voivat olla turvallisuustoimintojen ja luokkien odotetut suorituskyvyn erittelyt, piirustukset ja erittelyt, esimerkiksi koskien mekaanisia osia, piirilevyjä, kotelointia, materiaalia ja kiinnitystä, lohkokaavioita, piirikaavioita sekä turvallisuuden kannalta merkittävien kytkinkomponenttien ja signaalien ajoituskaavioita. (53, s. 4–5.)

Kelpuutuksessa analyysin avulla analyysitekniikaksi valitaan joko deduktiiviset, eli jäsentävät tekniikat, tai induktiiviset, eli kokoavat tekniikat. Vikapuu- ja tapah- tumapuuanalyysissä käytetään deduktiivisia tekniikoita. Niitä voidaan käyttää esimerkiksi tutkittaessa tunnistettujen kerrannaisvikojen seurauksia. Vika- ja vaikutusanalyysissä käytetään induktiivista tekniikkaa, ja analyysi soveltuu tunnistettujen yksittäisten vikojen tutkimukseen. (53, s. 7.)

Kun kelpuutusanalyysin avulla ei riitä osoittamaan määritettyjen turvatoimintojen ja luokkien saavuttamista, on suoritettava testejä. Testaus on aina analyysiä täydentävää, ja se on usein välttämätöntä. Testaus voidaan suorittaa manuaali-

sesti tai tietokoneen avulla. Turvatoimintojen kelpuutus testauksen avulla on suoritettava siten, että turvallisuuteen liittyvään ohjausjärjestelmän osaan lähetetään eri tulosignaaliyhdistelmiä. Vastaavia lähtöjä on verrattava sopiviin määritettyihin lähtöihin. Testi on dokumentoitava. (53, s. 7–8.)

Kuvassa 14 on esitetty kelpuutusprosessin yleiskuva.



KUVA 14. Kelpuutusprosessin yleiskuva (53, s. 3)

Tekniset asiakirjat

Suunniteltaessa turvallisuuteen liittyvää ohjausjärjestelmän osaa on dokumentoitava turvallisuuteen liittyvän osan asiaankuuluvat tiedot. Esimerkiksi näitä ovat turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän osien toteuttamat turvatoimin-

not, niiden tarkat alku- ja loppukohdat sekä niiden ominaisuudet. Myös ympäristöolosuhteet, suoritustaso PL, valitut luokat, luotettavuuden kannalta merkitykselliset muuttujat, toimenpiteet systemaattisen vikaantumisen estämiseksi sekä käytetyt teknologiat on dokumentoitava. (50, s. 94.)

Tekniset asiakirjat on kelpuutettava standardin ISO 13849-2 kohdan 12 mukaisesti. Kelpuutuksessa on osoitettava, että määritykset tekniselle asiakirjalle, jotka on esitetty standardin ISO 13849-1 kohdassa 10, on toteutettu. (53, s. 16.)

6.2.2 Muut laitteet

Muut omasähkölaitoksen koneet, kuten tilojen jäähdytyspuhaltimet, pumppu, kompressori, hukkalämpökenno ja venttiilit ovat ostettuja komponentteja, ja niillä on CE-merkintä, jos asiaan kuuluvat direktiivit edellyttävät sitä. Sellaiset koneet on asennettava käyttö- ja asennusohjeiden mukaisesti ja niiden yhdistelmille on tehtävä riskien arviointi. Laitteiden asennus- sekä käyttö- ja huolto-ohjeet on sisällyttävä omasähkölaitoksen ohjeisiin.

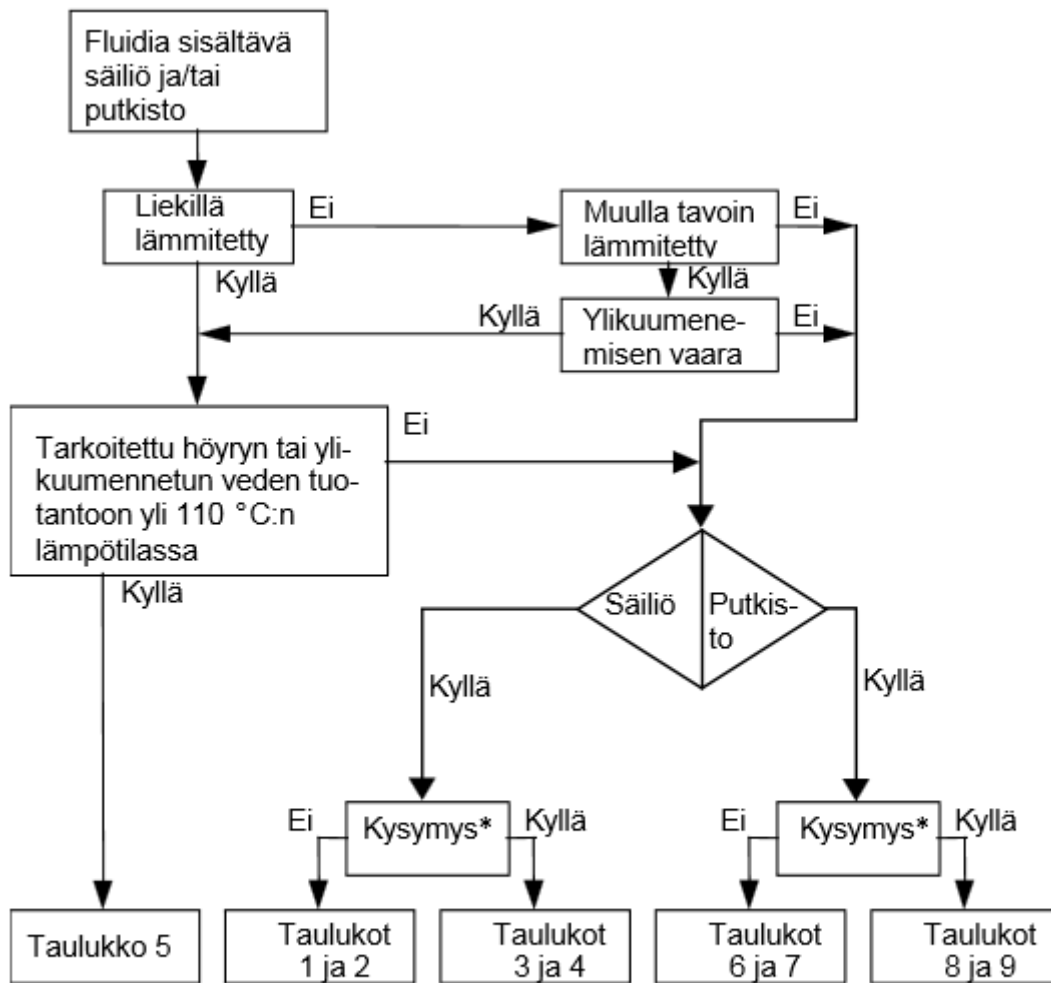
6.2.3 LVD- ja EMC-direktiivit

Volter Oy ei valmistaa sähkölaiteita, ja omasähkölaitoksen rakentamisessa käytetään vain CE-hyväksytyjä sähkölaiteita. Tällöin omasähkölaitos ei ole LVD-direktiivin alainen laite. (54, s. 1.)

Omasähkölaitoksen rakentamisessa käytetään kiinteään asennukseen sijoitettavia laitteita. EMC-direktiivin oppaassa (55, s.25) on sanottu: ”Kiinteä asennus tarkoittaa erityisesti sellaisten monentyyppisten laitteiden tai tarvittaessa muiden kojeiden yhdistelmää, jotka on koottu, asennettu ja tarkoitettu pysyvään käyttöön ennalta määritellyssä paikassa”. Esimerkkejä kiinteistä asennuksista ovat teollisuuslaitokset, sähkölaitokset sekä sähköjakeluverkot. Kun kyseessä on omasähkölaitos, joka on sijoitettava 8 m:n etäisyydelle muista rakennuksista, omasähkölaitos voidaan tulkita kiinteäksi asennukseksi, eikä se ole EMC-direktiivin alainen. (55, s. 25, 47–48.)

6.3 PEDin alaiset laitoksen osat

PED-direktiivin soveltamisessa joudutaan käyttämään direktiivin liitteessä II olevia taulukoita esimerkiksi vaatimustenmukaisuuden arviointia varten (56, s. 74). Oikean taulukon valinnassa apuna voi toimia kaavio, joka on esitetty kuvassa 15.



*) Sisältääkö säiliö tai putkisto nestettä, jonka höyrynpaine suurimmassa sallitussa lämpötilassa on korkeintaan 0,5 bar normaalia ilmakehän painetta korkeampi?

KUVA 15. PEDin liitteessä II esitetyn oikean taulukon valinta (56, s. 74)

Edellisen perusteella esimerkiksi omasähkölaitoksen höyrystin on taulukon 5 alainen säiliö (6, s. 56, 65). Vesiputkistojen luokat valitaan taulukkojen 6–9 mukaan, riippuen suurimmasta sallitusta lämpötilasta.

Omasähkölaitoksessa on kaasu- ja vesiputkistot. Koska kaasuputkistossa vallitsee alipaine, noin 10 000 kPa, kaasuputkisto ei ole PEDin alaista putkistoa, eikä siihen tarvitse kiinnittää PEDin mukaista CE-merkintää (57, s. 14). On muistettava tarkistaa, että kaasuputkisto kestää alipainetta.

Vesiputkistossa vallitseva ylipaine on noin 0,5 bar y.p. Koska omasähkölaitoksen vesiputkistojen ja omavalmisteisten lämmönvaihtimien ominaisuudet ovat PEDin artiklan 3 kohtien 1.1, 1.2, 1.3 ja 2 tarkoittamien rajojen alapuolella, vesiputkistot ja omavalmisteiset lämmönsiirtimet voidaan valmistaa Suomessa noudatettavan hyvän konepajakäytännön mukaisesti. Näissä laitteissa ei saa olla PEDin mukaista CE-merkintää (57, s. 7).

”Hyvä konepajakäytäntö” tarkoittaa, että painelaitteet suunnitellaan ottaen huomioon kaikki niiden turvallisuuteen vaikuttavat asiaankuuluvat tekijät. Se myös tarkoittaa, että painelaite valmistetaan, tarkastetaan ja toimitetaan käyttöohjeineen siten, että sen turvallisuus on taattu aiotun käyttöajan ajan. Valmistajalla on vastuu hyvän konepajakäytännön noudattamisesta. (56, s. 195.) Tarvittaessa putkistojen suunnittelussa voidaan soveltaa standardisarjaa SFS-EN 13480 Teollisuusputkistot sekä standardisarjaa SFS-EN 1515 Laipat ja yhteen. Lämmönsiirtimien suunnittelussa voidaan noudattaa standardisarjaa SFS-EN 13445 Lämmittämättömät painesäiliöt.

Kaikista lämmönsiirtimistä ja putkistoista on tehtävä riskien arviointi. Riskianalyysi on dokumentoitava ja putkistoihin sekä lämmönsiirtimiin on tarvittaessa kiinnitettävä kuumista pinnoista varoitusmerkki.

6.4 Kontti

6.4.1 ATEX-direktiivi

ATEX-direktiivi koskee räjähdysvaarallisissa ilmaseoksissa käytettäväksi tarkoitettuja laitteita ja suojausjärjestelmiä. ”Laitteilla” direktiivissä tarkoitetaan koneita, kiinteitä tai siirrettäviä laitteita, jotka yksin tai yhdessä tarkoitettu energian valmistukseen, kuljetukseen, varastointiin, mittaamiseen tai muuntamiseen aineiden käsittelemiseksi ja jotka niille ominaisten mahdollisten syttymislähteiden takia saattavat aiheuttaa räjähdysvaaran. (58.)

ATEX-direktiivi ei sääntele asennusprosessia. Tällöin asennus on sellaisen direktiivin alainen, joka käsittelee vaatimuksia työpaikalle. (59, s. 37.) Volter Oy ei valmista itse ATEX-direktiivin alaisia laitteita, vaan tarvittaessa käyttää sellaisia laitteita omasähkölaitoksen kokoamisessa. Tällöin oikeaa valintaa varten laitoksen sisä- ja ulkotilat on luokitettava. Luokituksessa voidaan käyttää standardia SFS-EN 60079-10-1 kaasu-ilmaräjähdykseksessä ja SFS-EN 60079-10-2 pöly-ilmaräjähdykseksessä, esimerkiksi ruuvikuljettimien ja tuhkatynnyreiden sisältötiloissa ja ympärillä. Tilanteissa, joissa voi esiintyä räjähdyskelpoinen kaasuilmaseos, pyritään eliminoimaan räjähdyskelpoisen kaasuilmaseoksen esiintymisen todennäköisyys syttymislähteen ympäristössä tai eliminoimaan syttymislähde. (60, s. 20.)

Tilaluokitus helpottaa laitteiden oikeaa valintaa ja asentamista sekä auttaa varmistamaan niiden turvallisen käytön tässä tilassa. Tilaluokitus huomioi myös kaasun syttymisominaisuudet, kuten syttymisenergian ja syttymislämpötilan. Tilanteissa, joissa räjähdyskelpoisen kaasuilmaseoksen esiintymisen todennäköisyys on suuri, turvallisuus perustuu siihen, että käytetään laitteita, joilla on pieni todennäköisyys muodostaa syttymislähde. (60, s. 20.)

Tilaluokitusta voidaan myöhemmin täydentää suorittamalla riskinarviointi sen selvittämiseksi, vaativatko räjähdyskelpoisen ilmaseoksen syttymisen seuraukset käyttämään ylemmän räjähdys-suojautason laitteita. Räjähdys-suojautason vaatimukset tarvittaessa kirjoitetaan alueluokitusasiakirjoihin ja piirustuksiin oikeiden laitevalintojen ohjeiksi. (60, s. 20.)

Tilaluokituksessa tunnistetaan ensin päästölähteet ja määritetään niiden luokat. Tilaluokat voivat olla 0, 1, 2 tai räjähdysvaaraton tila. Joskus tilaluokka on sitä laajempi, mitä alempi LEL-arvo on. Ilmanvaihdon lisäys yleensä pienentää tilaluokan laajuutta. Esteet, jotka vaikeuttavat ilmanvaihtoa, voivat suurentaa tilaluokan laajuutta. Tilaluokan laajuus vaakatasossa maanpinnalla suurenee suhteellisen tiheyden kasvaessa ja pystysuora ulottuvuus päästölähteen kohdalla suurenee suhteellisen tiheyden pienentyessä. (60, s. 20–26.)

Puukaasun suhteellinen tiheys on arvojen 0,8–1,2 välissä, joka tarkoittaa, että on otettava huomioon mahdollisuus, että puukaasu on sekä ilmaa kevyempää

että raskaampaa (60, s. 26). Kun prosessi on käynnissä ja on alipaineinen, laitoksen sisällä ei synny räjähdyskelpoista ilmaseosta. Laitteiden ja putkistojen sisäosiin voi vuotaa vähäisesti ilmaa laipoista, mutta kun prosessissa on jatkuvaa virtausta, voidaan osoittaa, että kaasuilmaseoksen arvo pysyy puukaasun UEL-arvon yläpuolella. Tällöin seos ei voisi räjähtää, vaikka lähellä olisi hypoteettisesti syttymislähde.

Tilanne on monimutkaisempaa prosessin käynnistämisen ja alasajon aikana sekä kunnossapidon aikana. Tällöin voidaan luokitella vain kaasupuhaltimen piipun ympäristö tilaluokaksi 1, joka tarkoittaa, että räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaalikäytössä todennäköisesti satunnaisesti. Kun puukaasu olisi käsiteltävä ilmaa kevyempänä sekä ilmaa raskaampana kaasuna, tilan laajuuden selvittäminen ei ole yksinkertaista. On syytä käyttää ammattilaisten apua. Tämän opinnäytetyön kirjoittamisen aikana ammattilaisen tekemä luokitus on työn alla.

On suositeltavaa, että kaikki tilaluokituksen lopulliseen ratkaisuun johtavat välivaiheet on dokumentoitu. Kaikki käytetyt tietolähteet tulisi olla jäljitettävissä. Kaikkien laitoksen prosessissa käytettävien aineiden tilaluokitukseen vaikuttavat ominaisuudet, kuten molekyyliaine, leimahduspiste, syttymislämpötila, räjähdysrajat sekä kaasuryhmä, tulisi luetteloida. Tilaluokitusdokumenttien tulisi sisältää taso- ja leikkauspiirustukset ja mahdolliset kolmiulotteiset mallinnukset. (60, s. 30.)

Standardi SFS-EN 1127-1 on valittu yhdenmukaistetuksi standardiksi täsmen-tämään ATEX- ja konedirektiivi. Standardissa on esitetty yleiset periaatteet räjähdysuojauksesta ja räjähdysten estämisestä laitteiden, suojausjärjestelmien tai komponenttien suunnittelun ja rakenteen avulla. Standardi on EN ISO 12100 mukaisesti A-tyyppin standardi. (33, s. 8–10.)

Räjähdysvaarastandardissa SFS-EN 1127-1 luokitellaan myös räjähdysvaarallisiin ympäristöihin tarkoitettut laitteet. Taulukoissa 4 ja 5 on esitetty tilaluokkien ja laiteluokkien yhteyksiä. (14, s. 383.)

TAULUKKO 4. Laiteluokkien ja tilaluokkien välinen yhteys (12, s. 383)

Laiteluokka	Tarkoitettu räjähdyskelpoisen ilmaseoksen tyyppi	Tarkoitettu tilaluokka	Tilaluokka, jossa käyttö on myös mahdollinen
1	<ul style="list-style-type: none"> • kaasun ja ilman seos • höyryn ja ilman seos • sumun ja ilman seos 	0	1 ja 2
1	pölyn ja ilman seos	20	21 ja 22
2	<ul style="list-style-type: none"> • kaasun ja ilman seos • höyryn ja ilman seos • sumun ja ilman seos 	1	2
2	pölyn ja ilman seos	21	22
3	<ul style="list-style-type: none"> • kaasun ja ilman seos • höyryn ja ilman seos • sumun ja ilman seos 	2	-
3	pölyn ja ilman seos	22	-

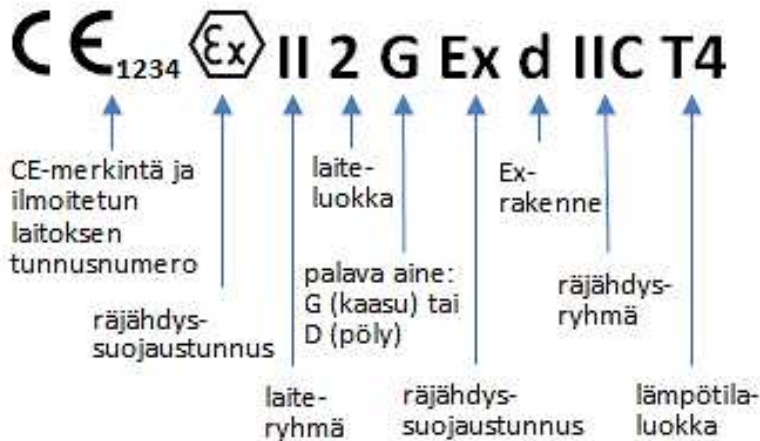
TAULUKKO 5. Laitteiden mahdollinen käyttö eri tilaluokituksissa (12, s. 383)

Tilaluokka	Käytettävissä oleva laiteluokka	Seokset, joissa laite on suunniteltu käytettäväksi
0	1G	<ul style="list-style-type: none"> • kaasun ja ilman seos • höyryn ja ilman seos • sumun ja ilman seos
1	1G tai 2G	<ul style="list-style-type: none"> • kaasun ja ilman seos • höyryn ja ilman seos • sumun ja ilman seos
2	1G tai 2G tai 3G	<ul style="list-style-type: none"> • kaasun ja ilman seos • höyryn ja ilman seos • sumun ja ilman seos
20	1D	pölyn ja ilman seos
21	1D tai 2D	pölyn ja ilman seos
22	1D tai 2D tai 3D	pölyn ja ilman seos

G = kaasu (gas)

D = pöly (dust)

Laitteissa, jotka on tarkoitettu käytettäväksi räjähdysvaarallisissa ilmaseoksissa, on räjähdysuojauksen erityismerkintä, joka sisältää Ex-merkin sekä laitteen ryhmän, laiteluokan ja tarkoitetun käyttöympäristön osoittavat merkinnät. Kuvassa 16 on esitetty erityismerkinnän tulkinta.



KUVA 16. Räjähdyssuojauksen erityismerkintä (61)

6.4.2 Eurokoodistandardien soveltaminen

Rakennustuoteasetuksen 305/2011 liitteessä I on annettu rakennuskohteen perusvaatimukset. Rakennuskohteen kokonaisuudessa ja sen erillisen osien on sovittava aiottuun käyttötarkoituksensa ottaen huomioon asianomaisten henkilöiden terveys ja turvallisuus rakennuskohteen koko elinkaaren ajan. Perusvaatimuksissa otetaan huomioon muun muassa rakennuskohteen mekaaninen lujuus ja vakavuus, paloturvallisuus, hygienia, terveys ja ympäristö sekä melun- torjunta. (62, s. 33–34.)

Rakennustuoteasetus ei kuitenkaan anna selkeää määritelmää rakennukselle. Sen sijaan Suomen sisäisen maankäyttö- ja rakennuslain pykälässä 113 (63) on annettu määritelmä rakennuksille ja poikkeukset määritelmästä: ”Rakennuksena ei kuitenkaan pidetä kooltaan vähäisiä ja kevytrakenteista rakennelmaa tai pienehköä laitosta, ellei sillä ole erityisiä maankäytöllisiä tai ympäristöllisiä vaikutuksia”. Tämän perusteella omasähkölaitosta ei käsitellä rakennuksena.

Kuitenkin on syytä osoittaa, että kontin kantava rakenne kestää siihen kohdistuvat rasitukset. Osoittaminen voidaan suorittaa lujuustarkastuksilla sekä soveltamalla standardisarjaa SFS-EN 1090 Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus, koska Teräsrakenneyhdistyksen standardien 1090-1 ja -2 soveltamisen antamassa ohjeissa on sanottu, että ”teollisuuslaitoksen runkorakenteet, jäykistysrakenteet ja niihin liittyvät portaikot ja hoitotasot kuuluvat standardin EN 1090-1 mukaisella CE-merkinnällä varustettaviin tuotteisiin” (64, s. 3). Tällä hetkellä

standardi SFS-EN 1090-1 on puutteellinen, ja Suomessa pyritään Rakenneteollisuus RT:n ja ympäristöministeriön johdolla löytää konsensus niistä sovelluksista, jotka pitää CE-merkitä (65).

6.4.3 Paloturvallisuus

Paloturvallisuuden toteuttamisessa voidaan soveltaa Vakuutusyhtiöiden keskusliiton ohjeita kiinteän polttoaineen lämpökeskuksen paloturvallisuudesta. Ohjeessa on käsitelty kiinteän polttoaineen käyttöön liittyvät paloriskit, rakenteellinen paloturvallisuus, turvajärjestelmät takapalon varalta sekä tarkastukset (66, s. 1).

Kiinteän polttoaineen lämpökeskusrakennus voidaan rakentaa P2-paloluokan rakennuksena, jos lämmön tuotannon keskeytyminen palovahingon seurauksena aiheuttaa vahinkoja vain yksittäisessä kohteessa ja korvaava lämmön tuotanto on nopeasti käynnistettävissä (66, s. 4). Kun omasähkölaitoksen sähkön tuotannon keskeytymisestä palovahingon takia aiheuttamat vahingot ovat verrattavissa edellä esitettyihin vahinkoihin, voidaan omasähkölaitos rakentaa P2 - paloluokan konttina.

Omasähkölaitos on sijoitettava 8 metrin etäisyydelle muista rakennuksista. Kantavat rakenteet ovat 1–2-kerroksissa rakennuksissa luokkaa R30, eli niiden palonkestävyysaika on 30 min (66, s. 4; 67, s. 30, 48). Omasähkölaitoksen kantava rakenne on valmistettu Ruukki Oy:n rakenneputkistoista 355J2H 100x100x5 ja 100x60x3. Rakenneputkistojen palomitoitus on suoritettu liitteessä 5.

Kiinteän polttoaineen syöttölaitteissa tulee olla vähintään kaksi erillistä, toisistaan riippumatonta turvajärjestelmää. Turvajärjestelmiä ovat sammutusjärjestelmä, sulkusyötin, pudotuskuilu ja kaksi ruuvikuljetinta sekä vesilukko, polttoainesäiliö tai pudotusputki. Koska omasähkölaitoksessa käytetään yhtä ruuvikuljetinta, toisena turvalaiteena sammutusjärjestelmän lisäksi on valittu sulkusyötin. Lämpökattilatilän välittömässä läheisyydessä on oltava vähintään yksi käsisammutin ja pikapaloposti tai helposti käyttöön otettava vesiletku, joka on jatkuvasti kytketty vesijohtoverkkoon. (66, s. 6–10.)

6.4.4 Ukkossuojaus

Ukkossuojauksen suorittamisessa on sovellettava standardisarjaa IEC 62305. Standardissa IEC 62305-1 on annettu ukkossuojauksen yleiset periaatteet. Standardin IEC 62305-2 avulla pystytään suorittamaan riskianalyysi omasähkölaitokselle ja suojauksen tarpeen arviointi. Standardi antaa ohjeet ukkossuojaustason parantamiseksi. IEC 62305-3 käsittelee ulkoisen ja sisäisen salamasuojauksen. Standardissa IEC 62305-4 on annettu ohjeet sähkö- ja elektronisten järjestelmien suojaamiseksi.

6.4.5 Melu ja päästöt

Melu

Koska omasähkölaitos sijaitsee kontin sisällä, se ei ole ulkona käytettävä kone. Näin omasähkölaitos ei ole direktiivin 2000/14/EY alainen laite. Kun laitos toimii täysin automaattisesti ja huollon aikana prosessi on sammutettu eivätkä laitteet toimi, laitos ei aiheuta meluhäiriöitä työntekijöille. Konedirektiivissä on kuitenkin määritetty, että koneesta ja koneyhdistelmästä on ilmoitettava koneen ohjeissa ilmassa etenevistä melupäästöistä (13, s. 49).

Melupäästöarvot ovat joko koneen todellisuudessa mitattuja arvoja tai ne on määritetty mittauksista, jotka on suoritettu teknisesti vastaavalle koneelle. Jos yhdenmukaistettuja standardeja ei sovelleta, äänitasot on mitattava käyttäen koneelle sopivinta menetelmää. On ilmoitettava, millaisissa olosuhteissa mitaukset on suoritettu ja mitä menetelmää mittauksissa on käytetty. Jollei yhtä työskentelypaikkaa ole määritetty tai ei voida määrittää, A-painotetun äänenpainetasot on mitattava 1 m:n etäisyydeltä koneesta ja 1,60 m:n korkeudella lattiasta. Suurimman äänenpaineen paikka ja lukuarvo on ilmoitettava. (13, s. 49.) Melupäästöarvo voidaan myös ilmoittaa kontin ovesa.

Päästöt

Tällä hetkellä EU-direktiivit, jotka säätelevät päästöä ilmaan, eivät koske omasähkölaitosta. Suomessa on vuoden 2013 lopussa laadittu valtioneuvoston asetus polttoaineteholtaan alle 50 MW energiantuotantoyksiköiden ympäristösuojeluvaatimuksista. Energiantuotantolaitos kuuluu asetukseen, vain jos sen polttoaineteho on vähintään 5 MW. Näin omasähkölaitoksen toiminnasta synty-

vät päästöt eivät ole määritetty EU:n yleisellä tasolla. On syytä tarkistaa maan-kohtaiset lainsäädöt.

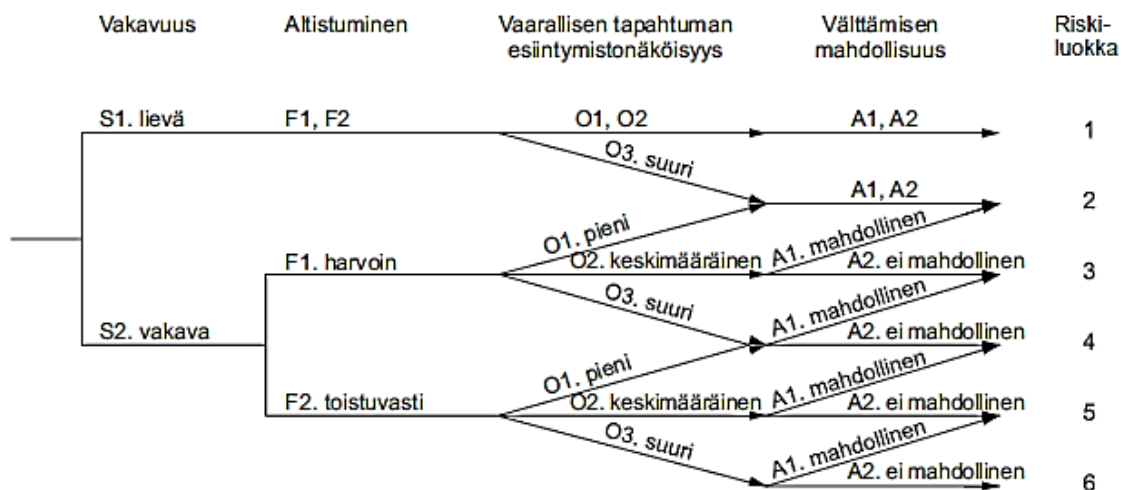
6.5 Riskianalyysi

6.5.1 Koneiden koskeva riskianalyysi

Riskianalyysi pohjautuu standardeihin SFS-EN ISO 12100 ja SFS-ISO/TR 14121-2. Standardissa SFS-EN ISO 12100 on annettu ohjeet koneen raja-arvojen määrittämiselle, vaarojen tunnistamiselle ja riskin suuruuden arvioinnille. Standardin mukaisesti riskin pienentämisessä on otettava huomioon geometriset tekijät ja fyysiset näkökohdat, koneensuunnittelua koskevat yleinen tekninen tietämys, kunnossapidettävyys sekä ergonomiset periaatteet. On otettava huomioon myös pneumaattiset, hydrauliset tai sähköstä johtuvat vaarat. Standardissa on käsitelty riskin arvioinnin ja pienentämisen asiakirjat, ja liitteissä on annettu kaaviollinen esitys koneesta sekä esimerkkejä vaaroista, vaaratilanteista ja vaarallisista tapahtumista. (15.)

Standardissa SFS-ISO/TR 14121-2 on kuvailtu riskin arvioinnin valmistautumisprosessi, itse riskin arvioinnin prosessi, riskin arvioinnin työkalut, riskin merkityksen arviointi sekä riskin pienentämisen menetelmät (16). Standardin pohjalla riskianalyysin työkaluksi on valittu riskigraafimenetelmä, joka perustuu päätöspuuhun. Riskigraafit ovat hyödyllisiä kuvaamaan suojaustoimenpiteen tai riskin pienentämistoimenpiteen ja sen riskin muuttujan aikaansaamaa riskin pienentymisen määrää (16, s. 26).

Kuvassa 17 on esitetty esimerkki riskigraafista. *S* on vahingon vakavuus ja *S1* tarkoittaa lievää vammaa, *S2* tarkoittaa vakavaa vammaa. *F* on vaaralle altistumisen taajuus tai kesto. *F1* on lyhyt altistumisaika ja *F2* on pitkä altistumisaika. *O* on vaarallisen tapahtuman todennäköisyys, *O1* on pieni, *O2* keskimääräinen ja *O3* on suuri. *A* tarkoittaa vahingon välttämisen tai rajoittamisen mahdollisuutta, jolloin *A1* tarkoittaa, että se on mahdollista joissain tilanteissa, kun *A2* tarkoittaa, ettei se ole mahdollista. (16, s. 28.)



KUVA 17. Esimerkki riskin suuruuden arviointiin käytettävästä riskigraafista (16, s. 30)

Kuvan 17 riskiluokat 1 tai 2 vastaavat pienintä riskiä, riskiluokat 3 tai 4 vastaavat keskimääräistä riskiä ja riskiluokat 5 tai 6 vastaavat suurinta riskiä. Riskin pienentämisen mahdollisten keinojen pohtimisen jälkeen lopullisen suunnitelman riski arvioidaan uudelleen. Arvioinnissa käytetään samaa riskigraafia samalla tavalla. (16, s. 30.)

Riskianalyysi sisältää yrityssalaisuudeksi luokiteltuja yksityiskohtia. Näiden tietojen luottamuksellisuuden vuoksi konedirektiivin mukainen riskianalyysi on jätetty opinnäytetyön julkaistavasta versiosta pois.

6.5.2 Prosessin riskianalyysi

Omasähkölaitoksen prosessille on tehty HAZOP-analyysi, joka pohjautuu standardiin IEC 61882. Riskianalyysin alussa oli valittu avainsanat ja jokaiselle sanalle oli määritelty mahdollinen poikkeama prosessipiirissä ja sähköpiirissä. Taulukossa 6 on esitetty avainsanat, jotka on käsitelty HAZOP-analyysissä.

TAULUKKO 6. Avainsanat ja niiden tulkinta

Poikkeama	Avainsana	Poikkeaman tulkinta	
		<u>prosessipiiri</u>	<u>sähköpiiri</u>
Negatiivinen	Ei, ei mitään	ei virtausta	ei signaalia, ei syöttöjännitettä
Määrällinen muutos	Enemmän	suurempi virtaus korkeampi lämpötila korkeampi paine korkeampi kosteus korkeampi pinta korkea kierrosnopeus	(tietoa välitetään liian tiheästi)
	Vähemmän	pienempi virtaus matalampi lämpötila matalampi paine matalampi pinta	(tietoa välitetään liian harvoin)
Laadullinen muutos	Yhtä hyvä (samanaikaisesti)	epäpuhtaus	signaalihäiriö
	Osaksi	seossuhteen muutos	epätäydellinen signaali
Vaihto	Päinvastoin	takapalo	päinvastainen signaali
	Muuta	muuta toimintoja ja poikkeamia: <ul style="list-style-type: none"> • käynnistys • sammutus • kunnossapitotyö • sähkökatkos • tilajäähdytys • ukkonen • vuoto 	Väärä signaali/ data
Aika	Aikaisemmin	puhdistus avaaminen sulkeminen sytyttäminen	liian aikainen signaali
	Myöhemmin	puhdistus avaaminen sulkeminen	liian myöhäinen signaali
Järjestys	Ennen	virtaus puhdistus avaaminen sulkeminen	signaali saapuu ennen vuoroa
	Jälkeen	puhdistus avaaminen sulkeminen	signaali saapuu vuoron jälkeen

Seuraavaksi tapahtuman todennäköisyydelle sekä materiaali-, henkilö- ja keskeytysvahingoille oli annettu arvot. Arvot on esitetty taulukoissa 7, 8, 9 ja 10.

TAULUKKO 7. Tapahtuman todennäköisyys

Todennäköisyys (T)

T=0	Hyvin epätodennäköinen (kerran 50 vuodessa tai harvemmin)
T=1	Epätodennäköinen (korkeintaan kerran 15 vuodessa)
T=2	Lievästi todennäköinen (korkeintaan kerran 10 vuodessa)
T=3	Melko todennäköinen (korkeintaan kerran vuodessa)
T=4	Hyvin todennäköinen (kerran kuukaudessa tai useammin)
T=5	Todennäköinen (kerran viikossa tai useammin)

TAULUKKO 8. Henkilövahinkojen raja-arvot

Henkilövahingot (H)

H=0	Ei henkilövahinkoja
H=1	Yhden henkilön lievä loukkaantuminen
H=2	Yhden hlön vakava loukkaantuminen tai usean henkilön lievä loukkaantuminen
H=3	Usean henkilön vakava loukkaantuminen
H=4	Yhden henkilön kuolema
H=5	Usean henkilön kuolema

TAULUKKO 9. Materiaalivahinkojen raja-arvot

Materiaalivahingot (M)

M=0	Ei materiaalivahinkoja
M=1	Vahingot alle 100 euro
M=2	Vahingot alle 500 euro
M=3	Vahingot alle 2 000 euro
M=4	Vahingot alle 25 000 euro
M=5	Vahingot yli 25 000 euro

TAULUKKO 10. Keskeytysvahinkojen raja-arvot

Keskeytysvahingot (K)

K=0	Ei materiaalivahinkoja
K=1	Toiminnan keskeytys alle 3 päivää
K=2	Toiminnan keskeytys alle 1 viikko
K=3	Toiminnan keskeytys alle 1 kuukausi
K=4	Toiminnan keskeytys alle 3 kuukautta
K=5	Toiminnan keskeytys yli 3 kuukautta tai toiminnan lopettaminen

Myös riskin, joka lasketaan kaavalla 1, raja-arvoja oli määritelty ja raja-arvojen laadullinen arvo oli annettu. Ne on esitetty taulukossa 11.

TAULUKKO 11. Riskin raja-arvot ja sen laadullinen arvo

<i>raja-arvo</i>	<i>laadullinen arvo</i>
0-4	merkityksetön riski
5-8	pieni
9-18	siedettävä
19-44	merkittävä
45-75	sietämätön riski

Omasähkölaitoksen prosessi oli jaettu piireihin, ja jokaiselle piirille oli tarkastettu mahdolliset epätoivotut tapahtumat. Sen jälkeen piirien väliset epätoivot vuorovaikutukset olivat tarkastettu.

HAZOP-riskianalyysi sisältää tilaajan luottamukselliseksi luokittelemaa tietoa. Siksi riskianalyysi on tästä opinnäytetyön julkisesta versiosta jätetty pois.

6.6 Varoituskilvet

Standardissa SFS-EN ISO 7010 on kuvattu onnettomuuksien torjuntaa, palon-torjuntaa, terveysvaaroja ja hätäpoistumista koskevat turvallisuusmerkit. Standardia sovelletaan kaikkiin kohteisiin, joissa ihmisten turvallisuuteen täytyy kiinnittää huomiota. Standardissa määritettyjen turvallisuusmerkkimallien kokoa voidaan muuttaa valmistustavan ja käyttötarkoituksen mukaan. (68, s. 8.)

Turvallisuusmerkit luokitellaan seuraavasti:

- E on poistumisreittejä, ensiapuvälineiden tai turvallisen paikan sijaintia osoittavien merkkien luokka.
- F on palontorjuntamerkkien luokka.
- M on määräysmerkkien luokka.
- P on kieltomerkkien luokka.
- W on varoitusmerkkien luokka. (67, s.16.)

Suurimmasta osasta varoitusmerkkejä standardin ISO 9186-1:2007 mukaisesti hankittuja testaustietoja ei ole saatavilla. Sen vuoksi kuvatunnuksen kanssa on käytettävä tekstimerkkiä parantamaan ymmärrettävyyttä. Toinen vaihtoehto on turvallisuusmerkkien tapauskohtaisen tarkoituksen selittäminen ohjekirjassa. (68, s. 36–254.)

Riskianalyysien perusteella omasähkölaitokseen tai käyttö- ja huolto-ohjeisiin on lisättävä varoitusmerkit, jotka on esitetty taulukossa 12.

TAULUKKO 12. Varoitusmerkit (68, s. 18–28)

Merkki	Merkin nimi	Mahdollinen sijoituspaikka
 E001	Poistumisreitti/tieto siitä, missä on hätätilanteessa käytettävä turvalliseen paikkaan johtava poistumisreitti (pimeässä hehkuva)	Poistumisovien yläpuolella
 F001	Sammutin/tieto sammuttimen sijainnista	Sammuttimen sijaintipaikalle






(jatkuu)

TAULUKKO 12. (jatkuu)

 M001	Yleinen määräysmerkki/lisämerkin määräystä noudatetaan	Käyttö- ja huolto-ohjeisiin, ennen määräystä
 W001	Yleinen varoitusmerkki/lisämerkissä määritelty vaara otetaan huomioon ja noudatetaan varovaisuutta	Käyttö- ja huolto-ohjeisiin, ennen varoitusta. Tätä merkkiä muokkaamalla pystytään varoittamaan räjähdysvaarallisista (EX) tiloista -> seuraava rivi
 Räjähdyksenvaarallinen tila	Esimerkki räjähdysvaarallinen tila (ei standardin mukainen, muokkaus)	Vähintään puukaasupiipulle, tilaluokituksen mukaisesti
 M002	Lue käyttöohjeet/käyttöohjeet tai ohjekirja luetaan ennen aloittamista tai laitteen tai koneen käyttämistä	Hetki sisäänpääsyovien jälkeen, esimerkiksi ohjauspaneelille
 P002	Tupakointi kielletty/merkin osoittamassa paikassa ei tupakoida	Kontin oven ulkopuolelle
 P003	Avotulen teko kielletty/ ei tehdä avotulta, käytetty syttymislähteitä eikä tupakoida	Kontin oven ulkopuolelle

(jatkuu)

TAULUKKO 12. (jatkuu)

 <p>M004</p>	<p>Käytä silmien suo- jaimia/silmien suo- jaimia käytetään</p>	<p>Huollon aikana, määrätään huolto- ohjeessa</p>
 <p>M008</p>	<p>Käytä turvajalkineita/ tur- vajalkineiden käyttö</p>	<p>Huollon aikana, määrätään huolto- ohjeessa</p>
 <p>M009</p>	<p>Käytä suojakäsineitä/ suojakäsineitä käytetään</p>	<p>Huollon aikana, määrätään huolto- ohjeessa</p>
 <p>M010</p>	<p>Käytä suojavaatetusta/ suojavaatetusta käyte- tään</p>	<p>Huollon aikana, määrätään huolto- ohjeessa</p>
 <p>W012</p>	<p>Varoitus vaarallinen jänni- te/ vältetään joutumista kosketuksiin vaarallisen jännitteen kanssa</p>	<p>Sähkölaitteiden koteloon, riskiana- lyysin ja standardin SFF-EN 60204- 1 mukaisesti</p>



(jatkuu)

TAULUKKO 12. (jatkuu)

 <p>M017</p>	<p>Käytä hengityssuojainta/ hengityssuojainta käytetään</p>	<p>Huollon aikana, määrätään huolto-ohjeessa</p>
 <p>W017</p>	<p>Varoitus kuuma pinta/ vältetään koskettamista kuumaa pintaa</p>	<p>Vähiten kaasuttimeen ja puukaasu- puhalttimeen koteloon, riskianalyysin ja standardin SFS-EN 13732-1 mu- kaisesti</p>
 <p>M021</p>	<p>Kytke irti ennen huoltoa tai korjausta/ kone tai laite kytketään irti ennen huoltoa tai korjausta</p>	<p>Laitteiden vieressä/ huolto-ohjeisiin</p>
 <p>P022</p>	<p>Syöminen ja juominen kielletty/ merkin osoitta- malla alueella ei syödä eikä juoda</p>	<p>Kontin oven ulkopuolelle</p>
 <p>P023</p>	<p>Tavaranjätö kiellet- ty/merkin osoittamalle kulkureitille ei aseteta esteitä. Samalla merkillä voidaan kieltää tavarun keräämistä konttiin, kun merkin tarkoitus selite- tään ohjekirjassa</p>	<p>Kontin oven ulkopuolelle</p>

(jatkuu)

TAULUKKO 12. (jatkuu)

 <p>W021</p>	Tulenarkaa materiaalia/ vältetään sytyttämästä palavaa materiaalia ja siten aiheuttamasta tuli- paloa	Esim. kontin ovelle
 <p>P024</p>	Alueelle astuminen kiel- letty/ Merkin osoittamalta alueelta pysytään poissa	Omasähkölaitoksen ovelle tämä tai vastaava merkki, kielletään asiat- tomasta oleskelusta kontin sisällä

7 KÄYTTÖ- JA HUOLTO-OHJEET

Koneen mukana on oltava sille laaditut käyttö- ja huolto-ohjeet yhdellä tai useammalla virallisella kielellä, jota jäsenvaltio käyttää. Koneen mukana on oltava sekä alkuperäiset ohjeet että niiden käännös. Poikkeus tästä on kunnossapito-ohjeet, jotka on tarkoitettu valmistajan erityisasiantuntijoiden käyttöön. Tällöin kunnossapito-ohjeet voidaan laatia yhdellä ainoalla kielellä, jota kyseiset asiantuntijat ymmärtävät. Ohjeissa on oltava maininta, onko kyse ”alkuperäisestä ohjeista” vai ”alkuperäisen ohjeiden käännöstä”. (13, s. 47.)

Ohjeissa otetaan huomioon paitsi koneen tarkoitettu käyttö myös sen kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö. Kun laaditaan ohjeet muille kuin ammattihenkilölle, on otettava huomioon se yleinen koulutustaso ja harkintakyky, jota kohtuudella voidaan edellyttää. Se on nähtävissä esimerkiksi ohjeiden ulkoasusta ja sanamuodosta. (13, s. 48.)

Jokaisessa ohjeissa on oltava valmistajan nimi ja täydellinen osoite, koneen kuvaus, EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus, koneen tarkoitettun käytön kuvaus sekä varoitukset koneen kielletyistä käyttötavoista. Ohjeisiin on sisällytettävä koneen kokoonpano-, asennus- ja kytkentäohjeet, käyttäjän kouluttamista koskevat ohjeet, menettelytavat, joita on noudettava onnettomuus- ja rikkoutumistilanteissa sekä tiedot ilmassa etenevistä melupäästöistä. (13, s. 48–49.)

Ohjeiden laatimisessa apuna voidaan käyttää standardia SFS-EN 82079-1, jossa on otettu huomioon muun muassa ohjeiden laatimisperiaatteet, ohjeiden sisältöä koskevat vaatimukset sekä käyttöohjeiden esittäminen. Ohjeiden esittämisessä on otettava huomioon sellaiset seikat kuten ymmärrettävyys, rakenne, johdonmukainen terminologia, standardisoidut turvallisuusmerkit, ohjeiden luettavuus, kuvat ja niiden tukeva teksti sekä värit. (69, s. 2–6.)

Käyttöohjeet ovat osa tuotetta. Ne edistävät sen käyttöä ja sisältävät kaiken informaation, jota käyttäjä tarvitsee tuotetta käyttäessään. Kun käyttöohjeet sisältävät useamman kuin yhden dokumentin, ne on järjestettävä jäsennetyiksi rakenteeksi ja tukinavigaatioksi. Kolmannen osapuolen dokumentit on sisällytettävä käyttöohjeisiin käyttäjien tarpeiden perusteella. (69, s. 22.)

Käyttöohjeiden noudattamisen pitää osaltaan vähentää ihmisten ja eläinten loukkaantumis- tai sairastumisriskiä sekä tuotteen vaurioitumista. Siksi riskiarvioinnin tulos eli jäännösriski on otettava käyttöohjeissa huomioon turvallisuutta koskevana informaationa. Myös olisi nostettava esille, mitä vaaroja voi aiheutua erityisen haavoittuville ryhmille, kuten lapset, iäkkäät ihmiset ja vammaiset ihmiset, mukaan lukien esimerkiksi käyttäjät, joilla on sydämentahdistin. (69, s. 22, 24, 26.)

Käyttöohjeisiin on laitettava merkintä ”SÄILYÄ TALLESSA MYÖHEMPÄÄ KÄYTTÖÄ VARTEN” tai vastaava huomaus. Tuotteen toimittajan on säilytettävä kaikista käyttöohjeista korvaavia kappaleita tuotteen koko oletetun elinkaaren ajan. Kaikkien kulutustavaroiden käyttöohjeiden olisi lisäksi oltava saatavilla ja helposti löydettävissä web-sivustoilta. Jos toimittaja ei salli tuotteen muuttamista, tämä on ilmoitettava selvästi käyttöohjeissa. Informaatiota muutoksesta aiheutuvista mahdollisista seurauksista on myös annettava ohjeissa. (69, s. 28.)

Turvallisuutta koskeva informaatio, joka sisälletään ohjeisiin, voi olla kolmea tyyppiä:

- turvallisuutta koskevat huomaukset, joita esitetään ryhmiteltynä rakenteena ohjeiden alussa. Huomausten on sisällettävä ohjeet tuotteiden turvallisesta käytöstä, mahdollisista vaaratekijöistä ja ohje, kuinka niitä vältetään. Siihen on myös lisättävä väärän käytön todennäköiset seuraukset ja tieto, kuinka niitä vältetään.
- varoitusviestit, jotka täydentävät muualla käyttöohjeissa kuvattuja menettelytapoja. Niihin on sisällytettävä vaaratekijöiden välttämistä koskeva informaatio.
- turvallisuusmerkinnät. (69, s. 38–40.)

Käyttöohjeissa on oltava luettelo varaosista, joita voi ostaa vaihto-osaksi. On myös ilmoitettava, minkälainen pätevyys tarvitaan osan vaihtamiseen, jotta vaaraa ei aiheudu. Ohjeisiin on sisällytettävä tietoa tuotteen purkamisesta, kierrätyksestä ja häviämisestä. (69, s. 50–52.)

Ohjeiden teksti on oltava yksinkertainen ja selvä. Kirjoittamisen periaate on ”Yksi ilmaus, yksi yksinkertainen virke” (69, s. 58). Taulukossa 13 on esitetty esimerkkejä kirjoitustyylistä.

TAULUKKO 13. Esimerkkejä kirjoitustyylistä (69, s. 58)

Suositus	Suosittelava muoto	Vältettävä muoto
Käytä mieluummin verbien aktiivi- kuin passiivimuotoja	Katkaise virta	Varmista, että virta on katkaistu
Käytä rohkeasti käskymuotoja kehotusten sijaan	Älä poista välilehtiä	Välilehtiä ei pitäisi poistaa
Muotoile ohjeet käyttäen toimintaa ilmaisevia verbejä abstraktien substantiivien sijaan	Käytä, huolla, vältä	Käyttö, huolto, välttäminen
Puhu suoraan käyttäjälle sen sijaan, että sanoisit mitä hän voisi tehdä	Vedä mustaa vipua itseäsi kohti	Käyttäjän tulisi vetää mustaa vipua koneesta pois päin
Sano asia yksinkertaisesti	Käytä vain 3 A -sulakkeita	Älä käytä muita kuin 3 A -sulakkeita
Vältä sanoja, jotka aiheuttavat helposti sekaannusta (etenkin etuliitteitä, jotka näyttävät ja kuulostavat samantaisilta)*	Flammable contents High(/low) sensitivity	Inflammable contents Hyper(/hypo) sensitivity

* FI HUOM. Tämä kohta ei tuota suomessa yhtä paljon ongelmia kielten erilaisen luonteen vuoksi.

8 EY-VAATIMUSTENMUKAISUUSVAKUUTUS

Ennen EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksen laadintaa koneen valmistajan on osoitettava, että kone on vaatimusten mukainen. Koska yhtäkään omasähkölaitoksen omavalmisteista komponenttia ei ole mainittu konedirektiivin liitteessä IV, omasähkölaitokselle ja sen koneelle on tehtävä sisäiseen tarkastukseen perustuva vaatimustenmukaisuuden arviointi. (13, s. 31.)

Arvioinnissa varmistetaan ja vakuutetaan, että kyseinen kone täyttää kyseisiin koneisiin sovellettavat konedirektiivin vaatimukset. Tällöin on laadittava konedirektiivin mukainen tekninen tiedosto kustakin kyseistä sarjaa edustavasta tyyppistä. Valmistajan on myös toteuttava kaikki tarvittavat toimenpiteet sen varmistamiseksi, että valmistusmenetelmällä taataan valmistettujen koneiden olevan teknisen tiedoston ja konedirektiivin säännösten mukaisia. (13, s. 73.) Koneiden teknisen tiedoston sisältö on esitetty tämän opinnäytetyön luvun 6.1 Voimalaitoksen koneet alakohdassa Koneiden tekninen rakennetiedosto.

Omasähkölaitoksen vesiputkistot valmistetaan PED-direktiivin kohdan 3.3 mukaisesti noudattaen hyvää konepajakäytäntöä. Näin vaatimustenmukaisuustarkastuksessa ei vaadita ilmoitettua laitosta. Omasähkölaitos ei ole ATEX-, LVD- ja EMC-direktiivien alainen laitos, tällöin riittää, että laitokselle on tehty sisäinen tarkastus.

CE-merkinnän viimeinen vaihe on EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksen laatiminen. Koska omasähkölaitosta käsitellään koneyhdistelmänä, vaatimustenmukaisuudenvakuutus voidaan laatia konedirektiivin liitteen II ohjeiden mukaisesti. Vaatimustenmukaisuusvakuutus kirjoitetaan koneella tai käsin suuraakkosia käyttäen. Vakuutus koskee yksinomaan konetta sellaisena kuin se saatettiin markkinoille, eikä se kata loppukäyttäjän siihen jälkeenpäin lisäämiä osia (13, s. 65).

EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksen on sisällettävä seuraavat tiedot:

- valmistajan toiminimi ja täydellinen osoite
- sen henkilön nimi ja osoite, joka on valtuutettu kokoamaan teknisen eritelmän

- koneen kuvaus, tunnistus, yleisnimi, toiminta, malli, tyyppi, sarjanumero ja kaupallinen nimi
- vakuutus siitä, että kone täyttää konedirektiivin asiaankuuluvat säännökset, ja vastaavanlainen vakuutus niiden direktiivien ja asiaankuuluvien säännösten mukaisuudesta, joiden mukainen kone on
- tarvittaessa viittaus yhdenmukaistettuihin standardeihin, joita on käytetty
- tarvittaessa viittaus muihin käytettyihin teknisiin standardeihin ja erittelyihin
- vakuutuksen aika ja paikka
- sen henkilön nimi ja allekirjoitus, joka on valtuutettu laatimaan tämä vakuutus valmistajan tai tämän valtuutetun edustajan puolesta.

Koneen valmistajan on säilytettävä alkuperäinen EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus vähintään 10 vuoden ajan koneen viimeisestä valmistuspäivästä. (13, s. 65.)

Taulukossa 14 on esitetty direktiivit ja standardit, jotka on mainittava EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksessa. Vakuutuksessa voidaan mainita myös ne kohdat, jolle esimerkiksi C-tyypin standardit on sovellettu. Kaikki standardit on otettu Euroopan unionin virallisesta lehdestä. (70.)

TAULUKKO 14. Direktiivit ja harmonisoidut standardit, joiden numerot on sisällettävä EY-vaatimustenmukaisuusvakuutukseen

Direktiivi/ standardi	Sovelluskohde
<u>Konedirektiivi 2006/42/EY</u>	
- EN ISO 12100:2010	kaikki laitoksen koneet
- EN 349:1993+A1:2008 (jos noudatetaan/puristusvaara)	kaasuttimen ilma-suutin
- EN 953:1997+A1:2009	kaikki kiinteät suojukset (kaasutin, puukaasupuhallin, voimayksikkö)
- EN 1037:1995+A1 (jos sovelletaan/ odottamaton käynnistys)	esim. ruuvikuljettimet
- EN 1127-1:2011	koko laitos
- EN ISO 13732-1:2008	kaikki kuumat pinnat
- EN ISO 13849-1:2008	häätäpysäytin
- EN ISO 13849-2:2012	häätäpysäytys
- EN ISO 13850:2008	häätäpysäytys
- EN ISO 13857:2008	suojukset
- EN 618:2002+A1:2010	ruuvikuljettimet
- EN 60204-1:2006	koneiden sähkölaitteistot eli koko laitos
<u>Painelaitedirektiivi 97/23/EY</u>	
- kohdan 3.3 mukaisesti	vesiputkistot, lämmönvaihtimet

Tarvittaessa omasähkölaitoksen EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksessa voidaan mainita ostettujen komponenttien EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksessa olevat direktiivit ja harmonisoidut standardit. Suluissa voidaan osoittaa, mitä komponenttia ne koskevat.

Liitteissä 8 ja 9 on esitetty esimerkki EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksen sisällöstä ja todellisesta EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksesta (71, 72). Liite 8 voidaan käyttää omasähkölaitoksen EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksen pohjana.

Sen jälkeen, kun vaatimustenmukaisuusvakuutus on laadittu, omasähkölaitokseen on kiinnitettävä CE-merkintä konedirektiivin liitteen III mukaisesti. Samat vaatimukset on esitetty tämän opinnäytetyn luvussa 2 CE-merkintä.

9 YHTEENVETO

Tuotteita, joissa ei ole CE-merkintää, ei pystytä liikuttamaan Euroopan Unionin markkinoilla. Tämän työn tavoitteena oli selvittää CE-merkintää edellyttävä dokumentaatio, jonka perusteella pystytään kiinnittämään CE-merkintä Volter Oy:n valmistamille omasähkölaitoksille. Omasähkölaitokset ovat konttikokoisia ja pystyvät tuottamaan sähköä ja lämpöä puukaasulla. Teholtaan voimalaitokset ovat 30 ja 40 kW.

Selvittämällä ja käyttämällä omasähkölaitosta koskevia direktiivejä pystyttiin luomaan tuote, joka vastaa Euroopan Unionin asettamia perusturvallisuusvaatimuksia ja johon voitiin kiinnittää CE-merkintä. Lisäksi selvitettiin, minkälaisia dokumentteja tuotteesta tulee olla valmistusyrityksellä ja minkälaisia dokumentteja on oltava tuotteen mukana sitä myytäessä sekä mitä niiden on sisällettävä. Työn hankalin kohta oli se, että puuhaketta kaasuttavat laitteet ovat uusia tuotteita EU:n markkinoilla eikä niistä ole vielä laadittu standardia. Siksi jouduttiin soveltamaan olemassa olevia standardeja, jotka eivät aina anna selkeää ja tarkkaa ohjetta, miten ja missä kohdassa niitä on sovellettava. Soveltamisen helpottamiseksi haettiin apua paikallisilta viranomaisilta eli Tukesilta ja Metstasta, mihin asioihin tulee kiinnittää erityistä huomiota. Koska mikään Tukesin tarvittava osasto ei sijaitse Oulussa, jouduttiin asioimaan sähköpostilla ja puhelimella. Siksi jotkin asiat jäivät epäselviksi ja saattoivat vaikeuttaa työn etenemistä.

Tämä opinnäytetyö voi toimia pohjana muille yrityksille, jotka valmistavat samankaltaisia tuotteita. Myös Volter Oy voi käyttää tätä työtä ja sen teettämisen aikana syntyneitä dokumentteja tulevissa omasähkölaitoksen tuotekehityksissä. Tällöin on päivitettävä konedirektiivin mukaista ja HAZOP-riskianalyysia. Lisäksi on muistettava, että Euroopan Unioni voi asettaa lisää vaatimuksia tai muuttaa vanhoja vaatimuksia, joita on noudettava tuotteen valmistuksessa.

Yleensä rakennusdirektiivin alaiset standardit vaativat sisäistä laatujärjestelmää. Vaikka omasähkölaitoksen tapauksessa yksikään direktiivi ei vaadi laatuvarmistusta, siitä tulee hyvä tutkimuskohta tulevaisuudessa. Laatuvaatimus-

standardien, kuten ISO 9001, soveltaminen auttaa yritystä selvittämään tuotteen heikot kohdat ja järjestämään tuotekohtaiset dokumentit. Lisäksi se antaa ostajille lisää vakuutusta siitä, että tuote on turvallinen ja laadukas.

LÄHTEET

1. Volter Oy. Saatavissa: <http://www.volter.fi/yritys>. Hakupäivä 4.2.2014.
2. Hajautettu pientuotanto. Energiateollisuus. Saatavissa: <http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko/pientuotanto>. Hakupäivä 4.2.2014.
3. CE-merkintä. 2013. Tukes. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/CE-merkki/>. Hakupäivä 4.2.2014.
4. CE-merkintä. Perustietoa ja usein kysytyjä kysymyksiä. Yritys- ja teollisuus-toiminta. Euroopan komissio. Saatavissa: http://ec.europa.eu/enterprise/policies/single-market-goods/cemarking/about-ce-marking/index_fi.htm. Hakupäivä 4.2.2014.
5. CE-merkintä. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Saatavissa: http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi/ce-merkinta. Hakupäivä 4.2.2014.
6. 93/465/ETY. 1993. Neuvoston päätös, tehty 22 päivänä heinäkuuta 1993, teknistä yhdenmukaistamista koskevien direktiivien vaatimustenmukaisuu-den arviointimenettelyjen eri vaiheissa käytettäviksi tarkoitetuista moduuleis-ta ja CE-merkinnän kiinnittämistä koskevista säännöistä ja käytöstä. Euroo-pan yhteisöjen virallinen lehti. N.o L 220/23. 13/Nide 24. S. 218–232. Saata-vissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:13:24:31993D0465:FI:PDF>. Hakupäivä 4.2.2014.
7. CE-merkintä–avain Euroopan markkinoille! 2011. Euroopan komissio. Yritys-toiminta ja teollisuus. Saatavissa: http://ec.europa.eu/enterprise/policies/single-market-goods/cemarking/downloads/ce_brochure_fi.pdf. Hakupäivä 4.2.2014.

8. Tarkastuslaitokset. 2013. Tukes. Saatavissa:
<http://www.tukes.fi/fi/Rekisterit/tarkastuslaitokset/>. Hakupäivä 4.2.2014.
9. 768/2008/EY. 2008. Euroopan parlamentin ja neuvoston päätös N:o 768/2008/EY, tehty 9 päivänä heinäkuuta 2008, tuotteiden kaupan pitämiseen liittyvistä yhteisistä puitteista ja päätöksen 93/465/ETY kumoamisesta (ETA:n kannalta merkityksellinen teksti). Euroopan unionin virallinen lehti. S. 82–218. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:218:0082:0128:FI:PDF>. Hakupäivä 4.2.2014.
10. Standardien suhde muihin asiakirjoihin. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Saatavissa:
http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi/standardien_suhde_muihin_asiakirjoihin. Hakupäivä 6.2.2014.
11. Standardit. 2013. Tukes. Saatavissa:
<http://www.tukes.fi/fi/toimialat/kuluttajaturvallisuus/standardit/>. Hakupäivä 6.2.2014.
12. Siirilä, Tapio 2002. Koneturvallisuus. EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä. Helsinki: Fimtekno.
13. 2006/42/EY. 2006. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY, annettu 17 päivänä toukokuuta 2006, koneista ja direktiivin 95/16/EY muuttamisesta (uudenlaadittu). Euroopan yhteisöjen virallinen lehti. N:o L 157. S. 24–86. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:157:0024:0086:FI:PDF>. Hakupäivä 2.4.2014
14. Siirilä, Tapio 2008. Koneturvallisuus. EU-määräysten mukainen koneiden turvallisuus. Espoo: Inspecta.
15. SFS-EN ISO 12100. 2010. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

16. SFS-ISO/TR 14121-2. 2013. Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 2: käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
17. Meriläinen, Juha 2003. Riskianalyysimenetelmät. Seminaariesitelmä. Helsinki: Helsingin yliopisto, tietojenkäsittelytieteen laitos. Saatavissa: <http://www.cs.helsinki.fi/group/turvasem/papers/merilainen.pdf>. Hakupäivä 1.3.2014.
18. Vikapuuanalyysi (VPA). VTT. Saatavissa: http://www.vtt.fi/proj/riskianalyysit/riskianalyysit_vikapuuanalyysi_vpa.jsp. Hakupäivä 1.3.2014.
19. Vika- ja vaikutusanalyysi (VVA). Saatavissa: http://www.vtt.fi/proj/riskianalyysit/riskianalyysit_vika_ja_vaikutusanalyysi_vv_a.jsp. Hakupäivä 1.3.2014.
20. Poikkeamatarkastelu (HAZOP). VTT. Saatavissa: http://www.vtt.fi/proj/riskianalyysit/riskianalyysit_poikkeamatarkastelu_hazop.jsp. Hakupäivä 2.3.2014.
21. BS IEC 61882. 2001. Hazard and operability studies (HAZOP studies) – application guide. Saatavissa: <http://www.scribd.com/doc/23637115/BS-IEC-61882-2001-HAZOP-guide>. Hakupäivä 2.3.2014.
22. Esimerkki todennäköisyyden ja vahinkojen suuruuden kertoimista. VTT. Saatavissa: http://www.vtt.fi/proj/riskianalyysit/riskianalyysit_riskiarv.jsp. Hakupäivä 3.3.2014.
23. Hiltunen, Ilkka – Kurkela, Esa. 2013. Pienen kokoluokan kaasutustekniikoiden tilannekatsaus. VTT. Alustava versio. Luottamuksellinen.
24. Volter woodgas quality. GC analyses for light & heavy tars. 2012. VTT
25. Summary of classification and labeling. CLP-inventory, ECHA. Saatavissa: <http://clp-invento->

[ry.echa.europa.eu/SummaryOfClassAndLabelling.aspx?SubstanceID=140802&HarmOnly=no?fc=true&lang=en](http://www.ry.echa.europa.eu/SummaryOfClassAndLabelling.aspx?SubstanceID=140802&HarmOnly=no?fc=true&lang=en). Hakupäivä 4.3.2014.

26. GHS pictograms. Reach Compliance GmbH. Saatavissa: <http://www.reach-compliance.ch/ghsclp/ghspictograms/index.html>. Hakupäivä 4.3.2014.
27. SFS-EN 1839. 2012. Determination of explosion limits of gases and vapours. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
28. SFS-EN 13673-1. 2003. Kaasujen ja höyryjen enimmäisräjähdyspaineen ja suurimman räjähdyspaineen nousunopeuden määrittäminen. Osa 1: Enimmäisräjähdyspaineen määrittäminen. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
29. SFS-EN 15967. 2011. Determination of maximum explosion pressure and the maximum rate of pressure rise of gases and vapours. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
30. Kaaresto, Jani 2013. Tuotekehittäjä, Volter Oy. Haastattelu 27.5.2013.
31. SFE-EN 618 + A 1. 2011. Kuljetinlaitteet ja -järjestelmät. Turvallisuusvaatimukset ja sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset. Mas-satavarakuljettimet ja -laitteistot kiinteitä hihnakuljettimia lukuun ottamatta. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
32. SFS-EN 60204-1. 2006 Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: yleiset vaatimukset. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
33. SFS-EN 1127-1. 2011. Räjähdysvaaralliset tilat. Räjähdysten esto ja suojaus. Osa 1: peruskäsitteet ja menetelmät. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
34. 94/9/EY. 1994. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 94/9/EY, annettu 23 päivänä maaliskuuta 1994, räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäväksi tarkoitettuja laitteita ja suojajärjestelmiä koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä. Euroopan yhteisöjen virallinen lehti. N:o L 100/1. 13/Nide 26. S. 3–31. Saatavissa: <http://eur->

lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:13:26:31994L0009:FI:PDF

. Hakupäivä 6.3.2014.

35. Konedirektiivin 2006/42/EY soveltamisopas. 2010. Euroopan komission, yritys- ja teollisuustoiminta. Saatavissa: http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/files/machinery/guide-appl-2006-42-ec-2nd-201006_fi.pdf. Hakupäivä 6.3.2014.
36. EN-ISO 13732-1. 2008. Lämpöolojen ergonomia. Arviointimenetelmät pintoihin koskettamisen vaikutuksista ihmiseen. Osa 1: Kuumat pinnat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
37. SFS-EN 13857. 2008. Koneturvallisuus. Turvaetäisyydet yläraajojen ja alaraajojen ulottumisen estämiseksi vaaravyöhykkeille. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
38. SFS-EN 953 + A1. 2009. Koneturvallisuus. Suojukset. Kiinteiden ja avattavien suojusten suunnittelun ja rakenteen yleiset periaatteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
39. SFS-EN 14797. 2007. Räjähdyksipaineen kevennyslaitteet. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
40. SFS-EN 14994. 2007. Kaasuräjähdyksiä keventävät suojausjärjestelmät. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
41. Paroc eristyslaskurit. Paroc Oy. Saatavissa: <http://www.paroc.fi/dokumentit-ja-tyokalut/laskurit>. Hakupäivä 7.3.2014.
42. Arila, Mauri – Ekman, Kalevi – Hautala, Pekka – Kivioja, Seppo – Kleimola, Matti – Martikka, Heikki – Miettinen, Juha – Niemi, Erkki – Ranta, Aarno – Rinkinen, Jari – Salonen, Pekka – Verho, Arto – Vileniuis, Matti – Välimaa, Veikko 1995. Koneenosien suunnittelu. Juva: WSOY:n graafiset laitokset.
43. SFS 2631. 1971. Lieriömäiset akselinpäät. Pitkät ja lyhyet halkaisijoille 6...630 mm. Suomen Standardisoimisliitto SFS.

44. EN ISO 13351. 2009. Fans – Dimensions. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
45. SFS-EN ISO 12499. 2009. Industrial fans. Mechanical safety of fans. Guarding. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
46. Kononen, Hannu 2013. Re: Kysymys 2006/42/EY ja EN 14986. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Jani Kaaresto. 18.6.2013.
47. SFS-EN 14986. 2007. Räjähdyksvaarallisessa ilmaseoksessa toimivien puhaltimien suunnittelu. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
48. SFS-EN-12601. 2011. Reciprocating internal combustion engine driven generating sets. Safety. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
49. SFS-EN ISO 13850. 2008. Koneturvallisuus. Häätäpysäytys. Suunnitteluperiaatteet.
50. SFS-EN ISO 13849-1. 2008. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: yleiset suunnitteluperiaatteet. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
51. Hietikko, Marita – Malm. Timo – Alanen, Jarmo 2009. Koneiden ohjausjärjestelmien toiminnallinen turvallisuus. Ohjeita ja työkaluja standardien mukaisen turvallisuusprosessin luomiseen. VTT. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2485.pdf> Hakupäivä 17.3.2014.
52. Korva, Iikka 2013. Sähköinsinööri, Volter Oy. Haastattelu 19.9.2013
53. ISO 13849-2. 2012. Safety of machinery. Safety-related parts of control systems. Part 2: Validation. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
54. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/95/EY annettu 12 päivänä joulukuuta 2006, tietyllä jännitealueella toimivia sähkölaitteita koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä. Euroopan unionin virallinen lehti. L 374. S. 10–19. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:374:0010:0019:fi:PDF>. Hakupäivä 21.3.2014.

55. EMC-direktiivin 2004/108/EY soveltamisopas 2007. Saatavissa: http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/pdf/emc_dir10804_sovopas.pdf Hakupäivä 21.3.2014.
56. Painelaitedirektiivin soveltamisohjeet. 2009. Turvatekniikan keskus. Saatavissa: http://www.tukes.fi/Tiedostot/julkaisut/3_2009.pdf. Hakupäivä 22.3.2014.
57. 97/23/EY. 1997. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 97/23/EY, annettu 29 päivänä toukokuuta 1997, painelaitteita koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä. Euroopan yhteisöjen virallinen lehti. N:o L 181. S. 1–55. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1997:181:0001:0055:FI:PDF>. Hakupäivä 22.3.2014.
58. 94/9/EY. 1994. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 94/9/EY, annettu 23 päivänä maaliskuuta 1994, räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäviksi tarkoitettuja laitteita ja suojajärjestelmiä koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä. Saatavissa <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/ALL/?uri=CELEX:31994L0009>. Hakupäivä 23.3.2014.
59. ATEX guidelines. 2013. European commission. Saatavissa: http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/files/atex/guide/atex-guidelines_en.pdf. Hakupäivä 23.3.2014.
60. SFS-EN 60079-10-1. 2011. Räjähdysvaaralliset tilat. Osa 10-1: tilaluokitus. Kaasuräjähdysvaaralliset tilat. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
61. Lisätietoa ATEX-direktiivistä. 2012. Tukes. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteet1/Sahkolaitteiden-vaatimukset/ATEX---Rajahdysvaarallisten-tilojen-laitteet/Lisatietoa-ATEX-direktiivista/>. Hakupäivä 24.3.2014.
62. 305/2011. 2011. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) N:o 305/2011 annettu 9 päivänä maaliskuuta 2011, rakennustuotteiden kaupan

- pitämisestä koskevien ehtojen yhdenmukaistamisesta ja neuvoston direktiivin 89/106/ETY kumoamisesta. S. 5–43. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:FI:PDF>. Hakupäivä 24.3.2014.
- 63.5.2.1999/132. 1999. Maankäyttö- ja rakennuslaki. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>. Hakupäivä 24.3.2014.
64. FAQ/SFS-EN 1090-1 ja SFS-EN 1090-2 – Usein esitetyjä kysymyksiä – kysymyksiin esitetyt vastaukset. 2012. Teräsrakenneyhdistys. Saatavissa: http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDAQ-FjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.terasrakenneyhdistys.fi%2Fdocument.php%2F1%2F629%2Fsfs-en_1090_yleisimmin_esitetyt_kysymykset.pdf%2F1710bef0e854918303b153a46d3237f2&ei=6JAwU6PWOYzW4wTdrYHACg&usq=AFQjCNGJlvBp5LeWTDW7O3d1IXWsoq6Xfw&sig2=YWnucCHKT9XWt5LiyTYKDw&bvm=bv.63587204,d.bGE. Hakupäivä 24.3.2014.
65. Rämä, Markku 2014. Re: Terve. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Jani Kaaristo. 17.2..2014.
66. Kiinteän polttoaineen lämpökeskuksen paloturvallisuus. Ohje 2006. Vakuutusyhtiöiden keskusliitto. Saatavissa: <http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0CFMQFjAE&url=http%3A%2F%2Fwww.pohjanmaanpelastuslaitos.fi%2FLink.aspx%3Fid%3D484434&ei=ZJkwU66TGIXt4gT3o4Bo&usq=AFQjCNF5puJyG7AWL2aoPj3J1WVgMCE29Q&sig2=36V4Hy7NuyCpyt7UDCOTA>. Hakupäivä 24.3.2014.
67. Rakennusten paloturvallisuus & Paloturvallisuus korjausrakentamisessa. Ympäristöopas 39. 2003. Helsinki: Edita Prima Oy.
68. SFS-EN ISO 7010. 2012. Kuvatunnukset ja piirrosmerkit. Turvallisuusvärit ja turvallisuusmerkit. Rekisteröidyt turvallisuusmerkit. Suomen Standardisointiliitto SFS

69. SFS-EN 82079-1. 2012. Käyttöohjeiden laatiminen. Jäsentäminen, sisältö ja esittäminen. Osa 1: Yleiset periaatteet ja yksityiskohtaiset vaatimukset. Suomen Standardisoimisliitto SFS
70. Koneista ja direktiivin 65/16/EY muuttamisesta 17 päivänä toukokuuta 2006 annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2006/42/EY täytäntöönpanoon liittyvä komission tiedonanto (Unionin yhdenmukaistamislainsäädännön soveltamisalan kuuluvien yhdenmukaistettujen standardien otsikot ja viitenumerot). 2013. Euroopan unionin virallinen lehti. S. 5–62. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2013:348:0005:0062:FI:PDF>. Hakupäivä 25.3.2014.
71. Vaatimustenmukaisuusvakuutus IIA. Sundcon. Saatavissa: http://www.sundcon.fi/uploads/Vaatimuksenmukaisuusvakuutus_IIA.pdf. Hakupäivä 28.3.2014.
72. Paalivaunu, vaatimustenmukaisuusvakuutus. Pielisenmetalli. Saatavissa: http://www.pielisenmetalli.fi/documents/paalivaunu_vaatim_mukaisuusvak.pdf. Hakupäivä 28.3.2014.

LIITTEET

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 Puukaasun alempi- ja ylempiräjähdysrajat

Liite 3 PI-kaavio

Liite 4 Hätäpysäytysjärjestelmän suoritustason tarkastus

Liite 5 Rakenneputkiston paloilmoitus

Liite 6. EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksen malli

Liite 7 EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus



LÄHTÖTIETOMUISTIO

Työn tiedot	Tekijä ¹ Taisia Filipenco	Tilaja ² Volter Oy
Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot ³ Jani Kaaresto 050 320 5871 jani.kaaresto@volter.fi		
Työn nimi ⁴ Dmasähkölaitoksen tuotekuvausta		
Työn kuvaus ⁵ 1. Viranomaisvaatimusten selvittäminen 2. Standardien ja direktiivien vaatimusten selvittäminen 3. Riskianalyysi ja turvallisuusanalyysi		
Työn tavoitteet ⁶ CE-merkinnän myöntämisen edellyttävä dokumentaatio		
Tavoiteaikataulut ⁷ 31.8.2013 työn suorituseuus työntekijälle 31.3.2013 opinnäytetyön raportti valmis		
Päiväys ja allekirjoitukset ⁸ 26/4/2013 Tekijän allekirjoitus Taisia Filipenco		
26/4/2013 Tilajan allekirjoitus Jani Kaaresto		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite. 2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi. 3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta. 4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan. 5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat. 6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet. 7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa. 8. Lähtötietomuuisto päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaaajan yhdyshenkilö 		

LEL ja UEL omasähkölaitoksen puukaasulle

Seuraava laskelma pohjautuu kirjassa Coward, H. F. & Jones, G. W. *Limits of Flammability of Gases and Vapors*. olevaan menetelmään. (s. 6–8) (Saatavissa: <http://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc12662/m1/13/> Hakupäivä 25.3.2014).

Seuraavassa taulukossa on esitetty puukaasun komponentit ja niiden prosenttipitoisuudet:

komponentti	vol %	vol % (ilman happia)
CO	25	26,101≈ 26,1
H ₂	18	18,793≈ 18,8
CH ₄	2,5	2,610≈ 2,6
CO ₂	9	9,397≈ 9,4
O ₂	1,5	0
N ₂	44	41,529≈ 43,1
total	100	100

1. Eliminoidaan O₂ :

$CO(\%)+CO_2(\%)+O_2(\%)=25+9+1,5=35,5\%$ -> happea seoksessa on

$$\frac{1,5 \cdot 100}{35,5} = 4,22\% \rightarrow \text{seos ilman ilmaa} \rightarrow$$

$$100\% - 4,22\% = 95,78\%$$

2. Lasketaan uudet %-suhteet seoksessa, jossa ei ole happia:

esim. $CO_{\text{uusi}} = \frac{25 \cdot 100}{95,78} = 26,101\%$ (sarake 3). N₂ uusi %-suhde on 100%–

muut kaasut.

3. Lasketaan LEL ja UEL, kun puukaasun komponenttien suhde (**inertinen/räjähtävä**) on valittu seuraavasti: CO₂ laimentaa vain komponentti CO, suurin osa N₂ laimentaa CO, ja niiden suhde pystyisi keskialueen ylimmän arvon lähellä. Jätetään 0,05 % CH₄:lle ja 0,05 % H₂:lle.

	%	CO ₂ (%)	N ₂ (%)	total %	Ratio of inert to combustible	Limits from fig. 1		
						Lower	Higher	
CO	26,1	6,04	9,4	----	15,44	1,556	40,0	63,0
		20,06	----	43,0	63,06	2,14	42,0	73,3
CH ₄	2,6	0	0	----	0	(2)	----	----
		2,6	----	0,05	2,65	0,019	7,0	15,8
H ₂	18,8	----	0	----	0	(6)	----	----
		18,8	----	0,05	18,85	0,00266	4,3	72,3
Total	47,5	9,4	43,1	100				

Jokaiselle parille LEL- ja UEL-arvot valitaan seuraavasta kuvasta.

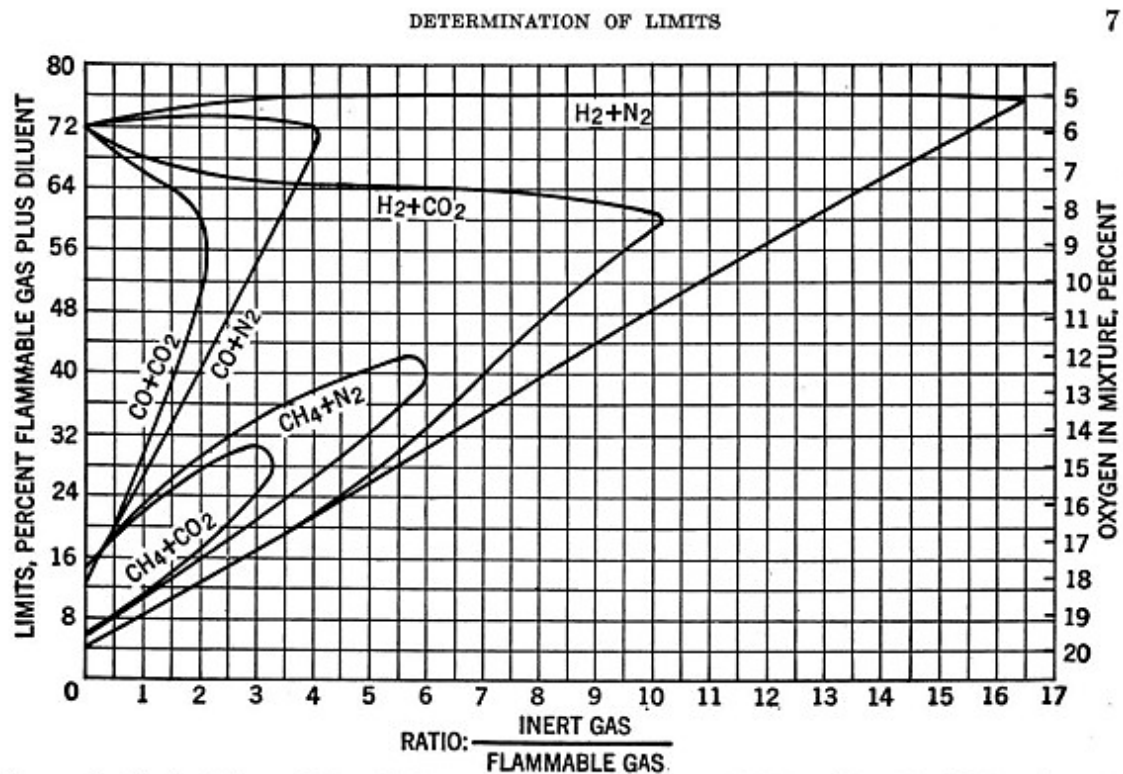


FIGURE 1.—Limits of Flammability of Hydrogen, Carbon Monoxide, and Methane Containing Various Amounts of Carbon Dioxide and Nitrogen.

$$LEL = \frac{100}{\frac{CO + CO_2}{LEL_{(CO+CO_2)}} + \frac{CO + N_2}{LEL_{(CO+N_2)}} + \frac{CH_4 + N_2}{LEL_{(CH_4+N_2)}} + \frac{H_2 + N_2}{LEL_{(H_2+N_2)}}} = \frac{100}{\frac{15,44}{40,0} + \frac{63,06}{42,0} + \frac{2,65}{7,0} + \frac{18,85}{4,3}}$$

$$= 15,038\% \approx 15,0\%$$

$$UEL = \frac{100}{\frac{CO + CO_2}{UEL_{(CO+CO_2)}} + \frac{CO + N_2}{UEL_{(CO+N_2)}} + \frac{CH_4 + N_2}{UEL_{(CH_4+N_2)}} + \frac{H_2 + N_2}{UEL_{(H_2+N_2)}}} = \frac{100}{\frac{15,44}{63,0} + \frac{63,06}{73,3} + \frac{2,65}{15,8} + \frac{18,85}{72,3}}$$

$$= 65,197\% \approx 65,2\%$$

4. Palautetaan happia takaisin seokseen. Tällöin

$$LEL = \frac{15,0 \cdot 100}{95,78} \% = 15,66\% \approx \underline{15,7\%}$$

$$UEL = \frac{65,2 \cdot 100}{95,78} \% = 68,073\% \approx \underline{68,1\%}$$

5. Kaasun LEL:n ja UEL: arvot riippuvat lämpötilasta. LEL:n riippuvuus kaasun lämpötilasta on näytetty seuraavassa kaavassa:

$$\frac{L_T}{L_{25}} = 1 - \frac{0,75}{L_{25} \cdot \Delta H_c} \cdot (T - 25^\circ C) \quad , \text{missä}$$

L_T on kaasun alempi räjähdysraja lämpötilassa T (volume percent)

L_{25} on kaasun alempi räjähdysraja lämpötilassa +25 °C

ΔH_c on kaasun lämpöarvo (net heat of combustion) (kcal/mol).

Sama kaava voidaan käyttää UEL(T) laskemisessa.

$$\Delta H_{c(CH_4)} = 191,8 \text{ kcal/mol}; \Delta H_{c(H_2)} = 57,8 \text{ kcal/mol}; \Delta H_{c(CO)} = 67,6 \text{ kcal/mol}$$

$$\Delta H_{c(\text{puukaasu})} = 0,01 \cdot (\Delta H_{c(CH_4)} \cdot \text{pitoisuus}(CH_4) + \Delta H_{c(H_2)} \cdot \text{pitoisuus}(H_2) + \Delta H_{c(CO)} \cdot \text{pitoisuus}(CO)) \rightarrow$$

$$\Delta H_{c(\text{puukaasu})} = 0,01 \cdot (191,8 \cdot 2,5 + 57,8 \cdot 18,0 + 67,6 \cdot 25,0) \text{ kcal/mol} = 32,099 \text{ kcal/mol} \rightarrow$$

$$\frac{L_T}{L_{25}} = 1 - \frac{0,75}{L_{25} \cdot \Delta H_c} \cdot (T - 25^\circ C) = 1 - \frac{0,75}{15,7 \cdot 32,099} \cdot (580^\circ C - 25^\circ C) = 0,174 \rightarrow$$

$$LEL_{580} = L_{25} \cdot 0,174 = 15,7 \cdot 0,174 = 2,73 \text{ vol\%} - \text{ kaasuttimessa}$$

$$\frac{L_T}{L_{25}} = 1 + \frac{0,75}{L_{25} \cdot \Delta H_c} \cdot (T - 25^\circ C) = 1 + \frac{0,75}{68,1 \cdot 32,099} \cdot (580^\circ C - 25^\circ C) = 1,19 \rightarrow$$

$$UEL_{580} = L_{25} \cdot 1,19 = 1,19 \cdot 68,1 \text{ vol\%} = 81,039 \text{ vol\%} \approx 81,0 \text{ vol\%}$$

6. Kaasun LEL:n ja UEL:n riippuvuudet paineesta voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$UEL_p = UEL + 20,6 \cdot (\log_{10} p + 1), \text{ missä}$$

p on kaasun paine (absoluuttinen paine MPa)

UEL on ylempi räjähdysraja.

Alempaan räjähdysrajaan paineessa ei ole merkittävää vaikutusta.

(<http://users.cis.fiu.edu/~chens/PDF/flammability.pdf>, s.7 ja

http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&cad=rja&ved=0CG4QFjAH&url=http%3A%2F%2Fweb.mst.edu%2F~dludlow%2Fclasses%2Fche258%2FFlammability.ppt&ei=LAePUta9JMrD4gT8y4CYBQ&usq=AFQjCNHGEbi_SMGI09W056bcioKMH_7YQG&bvm=bv.56988011,d.bGE, dia 38).

Paineen vaikuttaminen UEL:iin lasketaan sen jälkeen, kun lämpötilan vaikutus on jo otettu huomioon.

(<http://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc12662/m1/13/>)

Nyt

$$UEL_{580/0,915} = 81,0 + 20,6 \cdot (\log_{10} 0,915 + 1) = 100,81 \text{ -kaasuttimessa.}$$

Tämä voisi tarkoittaa, että jopa pieni ilmamäärällä riittää kaasun syttymiseksi. On syytä käyttää ammattilaisten apua tämän tarkoituksen arvioimiseksi.

Valitaan räjähtävä/ inertinen kaasuseoksen suhteet erillä tavalla ja toistetaan laskelmaa:

	%		CO ₂ (%)	N ₂ (%)	total %	Ratio of inert to combustible	Limits from fig. 1	
							Lower	Higher
H ₂	18,8	16,3	1,0	----	17,3	0,06	4,2	71,67
		2,5	----	10,0	12,5	4	21,6	76,0
CO	26,1	7,1	4,2	----	11,3	0,6	21,2	68,9
		19	----	28,5	47,5	1,5	33,5	73,3
CH ₄	2,6	1,6	4,2	----	5,8	2,625	21,5	31,0
		1,0	----	4,6	5,6	4,6	28,8	38,5
Total	47,5		9,4	43,1	100			

$$LEL = \frac{100}{\frac{H_2 + CO_2}{LEL_{(H_2+CO_2)}} + \frac{H_2 + N_2}{LEL_{(H_2+N_2)}} + \frac{CO + CO_2}{LEL_{(CO+CO_2)}} + \frac{CO + N_2}{LEL_{(CO+N_2)}} + \frac{CH_4 + CO_2}{LEL_{(CH_4+CO_2)}} + \frac{CH_4 + N_2}{LEL_{(CH_4+N_2)}}} =$$

$$\frac{100}{\frac{17,3}{4,2} + \frac{12,5}{21,6} + \frac{11,3}{21,2} + \frac{47,5}{33,5} + \frac{5,8}{21,5} + \frac{5,6}{28,8}} = 14,059\% \approx \underline{14,1\%}$$

$$UEL = \frac{100}{\frac{H_2 + CO_2}{UEL_{(H_2+CO_2)}} + \frac{H_2 + N_2}{UEL_{(H_2+N_2)}} + \frac{CO + CO_2}{UEL_{(CO+CO_2)}} + \frac{CO + N_2}{UEL_{(CO+N_2)}} + \frac{CH_4 + CO_2}{UEL_{(CH_4+CO_2)}} + \frac{CH_4 + N_2}{UEL_{(CH_4+N_2)}}} =$$

$$\frac{100}{\frac{17,3}{71,67} + \frac{12,5}{76,0} + \frac{11,3}{68,9} + \frac{47,5}{73,3} + \frac{5,8}{31,0} + \frac{5,6}{38,5}} = 64,49795\% \approx \underline{64,5\%}$$

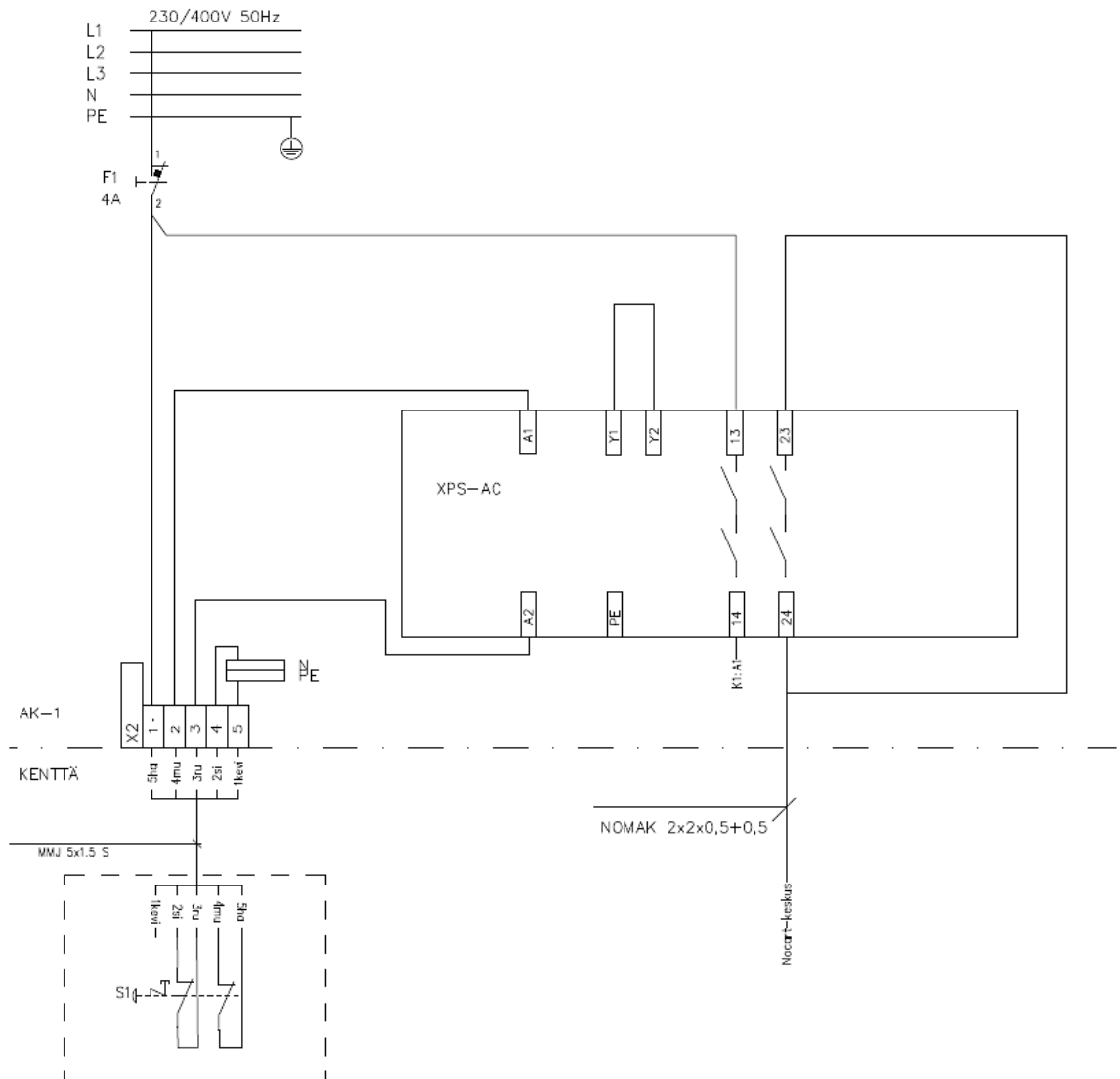
Erillä inertinen/ räjähtävä kaasuseoksen suhteilla saavutettiin erilaiset LEL- ja UEL-arvot. Menetelmä ei ole täydellinen, se kuitenkin antaa suuntaa.

Hätäpysäytys järjestelmän suoritusason tarkistus on tehty standardin SFS-EN 13849-1 avulla.

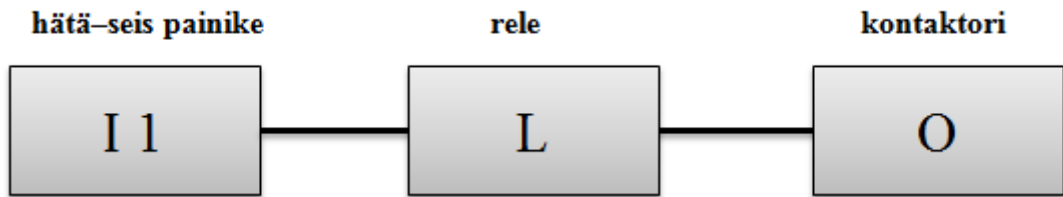
1. Tarkastetaan hätäpysäytysjärjestelmästä vaadittava suoritusaso (Liite A, s. 98–100)

S2
 F1 → $PL_r = PL_c$ → voidaan toteuttaa luokan 1 avulla. (s. 82)
 P1

2. Omasähkölaitoksen hätäpysäytysjärjestelmän sähkökaavio



3. Omasähkölaitoksen hätäpysäytysjärjestelmän lohkokaavio

4. Lasketaan komponenttien $MTTF_d$ -arvot B_{10d} -arvojen avulla (s. 110)

$$1) \quad n_{op1} = \frac{d_{op} \cdot h_{op} \cdot 3600s/h}{f_{cycl_jakso}} = \frac{365 \text{ päivää} \cdot 24h \cdot 3600s/h}{\frac{1}{1} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = 1 \quad (\text{painike})$$

1 kerta vuodessa käytetään kytkin

$$n_{op2} = \frac{d_{op} \cdot h_{op} \cdot 3600s/h}{f_{cycl_jakso}} = \frac{365 \text{ päivää} \cdot 24h \cdot 3600s/h}{\frac{1}{6} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = 6 \quad (\text{rele})$$

5 kertaa vuodessa sähkökatko
1 kerta vuodessa käytetään kytkin

$$n_{op3} = \frac{d_{op} \cdot h_{op} \cdot 3600s/h}{f_{cycl_jakso}} = \frac{365 \text{ päivää} \cdot 24h \cdot 3600s/h}{\frac{1}{6} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = 6 \quad (\text{kontaktori})$$

- 2) Tyypilliset B_{10d} -arvot 20 000 000 (rele pienellä kuormituksella), 2 000 000 (kontaktori nimelliskuormituksella) ja 100 000 (painike) on otettu taulukosta C.1 s. 108

$$MTTF_{d1} = \frac{B_{10d}}{0,1 \cdot n_{op}} = \frac{100000}{0,1 \cdot 1} \approx 1 \cdot 10^6 \text{ vuotta}$$

$$MTTF_{d2} = \frac{B_{10d}}{0,1 \cdot n_{op}} = \frac{20000000}{0,1 \cdot 6} \approx 33,3 \cdot 10^6 \text{ vuotta}$$

$$MTTF_{d3} = \frac{B_{10d}}{0,1 \cdot n_{op}} = \frac{2000000}{0,1 \cdot 6} \approx 3,3 \cdot 10^6 \text{ vuotta}$$

5. Arvioidaan koko kanavan vaarallinen keskimääräinen vikaantumisaika (Liite D, s. 120)

$$\frac{1}{MTTF_{d_{kok}}} = \sum_{j=1}^{\tilde{N}} \frac{n_j}{MTTF_{dj}}$$

$$\frac{1}{MTTF_{d_{kok}}} = \frac{1}{33,3 \cdot 10^6} + \frac{1}{3,3 \cdot 10^6} + \frac{1}{10^6} \approx 0,0297619 \cdot 10^{-6} + 0,3030303 \cdot 10^{-6} + 10^{-6} \approx 1,3327922 \cdot 10^{-6} / v$$

$$\Rightarrow MTTF_{d_{kok}} = \frac{1}{1,3327922 \cdot 10^{-6} / v} \approx 0,75030451 \cdot 10^6 v \approx 750 \cdot 10^3 v$$

→ merkataan korkea (high) 30 vuotta $\leq MTTF_d \leq 100$ vuotta, vaikka tulos on siitä korkeampi (s. 46), koska meillä on yksinkertainen rakenne, joka ei vaadi testausta (luokka 3→) eikä redundanssia (vain luokka 4) eli voidaan rajoittaa 100 vuoteeseen.

6. Taulukon 10 mukaan luokassa 1 yhteisvikaantuminen CCF ei ole merkitystä. (otetaan huomioon liite F, s. 130)
7. $PL_{low} = e$, $N_{low} = 3$, komponentit on sarjaankytketty -> $PL_{kok} = e$ (taulukon 11 viim. riivi), $PL_r = c$ -> OK (s. 92)
8. Turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmän osien toteutus on kelpuutettava. Kelpuutus on suoritettava standardin SFS-EN ISO 13849-2 mukaisesti. (s. 94)

Rakenneputkiston palomitoitus

Palomitoitus kriittisen lämpötilan mukaan (Ruukki Rakenneputket käsikirjan mukaan, saatavissa: https://software.ruukki.com/Ruukki-Rakenneputket-Kasikirja-2012_PDF-versio.pdf. Hakupäivä 29.3.2014.)

Omasähkölaitoksen kontin rakentamisessa on käytetty putket 355J2H 100x100x5 (4 kpl) ja 100x60x3 (2 kpl), jotka ovat palosuojaamattomat. Tarvi-
taan paloluokka R30 eli vaadittu palonkestävyysaika on 30 min.

Seuraavassa oletetaan, että palkki on kaikilta sivuilta palolle altistettu ja laskel-
ma on tehty vain putkille 100x100x5 esimerkkilaskelmana.

100x100x5 palomitoitus:

Palomitoitus suoritetaan Ruukin käsikirjan esimerkin mukaan s.363:

1. Teräksen lämpötilan nousu (kaava 6.2)

$$\Delta\theta_{a,t} = k_{sh} \cdot \frac{A_m/V}{c_a \cdot \rho_a} \cdot \dot{h}_{net,d} \cdot \Delta t \quad \text{missä}$$

k_{sh} =varjostusvaikutuksen korjaustekijä=1,0 (s.341)

A_m/V =suojaamattoman terässauvan poikkileikkaustekijä

$\dot{h}_{net,d}$ =lämpövuoto pinta- ala kohti

c_a =ominaislämpökapasiteetti= 600 J/kgK (teräkselle; oletetaan, että se on vakio, yksinkertaisuus)

ρ_a =teräksen tiheys= 7850 kg/m³

Δt =aikaväli (sekuntina), enintään 5s → oletetaan 5 s

2. $\frac{A_m}{V} = \frac{A_u - (s \cdot 1m)}{A \cdot 1m}$ (s.346)

$A_u = 0,383 \text{ m}^2/\text{m}$, $A = 1836 \text{ mm}^2$ (liite 11.1.1, s. 537), tai otetaan suoraan

samasta taulukosta $\frac{A_m}{V} = 209 \text{ 1/m}$

3. Nettolämpövuoto pinta- ala kohti= konvektio+ säteily (kaava 6.3, s.341):

$$\dot{h}_{net,d} = \dot{h}_{net,c} + \dot{h}_{net,r} \quad \text{missä}$$

$\dot{h}_{net.c}$ = on kuljettamalla tapahtuva nettolämpövuoto, W/m²

$\dot{h}_{net.r}$ = on säteilemällä tapahtuva nettolämpövuoto, W/m²

$$\dot{h}_{net.c} = \alpha_c \cdot (\theta_g - \theta_m) \quad (\text{kaava 6.4, s.341})$$

α_c = kuljettumisen lämmönsiirtymiskerroin (W/(m²K)) = 25 W/(m²K) standardipalossa (s. 341)

θ_g = palotilan kaasun lämpötila rakenneosan ympärillä (°C)

θ_m = rakenneosan pintalämpötila (°C)

$$\Rightarrow \dot{h}_{net.c} = 25 \cdot (\theta_g - \theta_m)$$

$$\dot{h}_{net.r} = \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot [(\theta_r + 273)^4 - (\theta_m + 273)^4] \quad (\text{kaava 6.5, s.342})$$

Φ = näkyvyyskerroin = 1,0 (s.342)

ε_m = rakenneosan pinnan säteilykerroin, hiiliteräkselle = 0,7 (s.342)

ε_f = palon säteilykerroin = 1,0 (s.342)

σ = Stefan- Boltzman valkio = 5,67 × 10⁻⁸ W/(m²K⁴) (s.342)

θ_r = paloympäristön tehollinen säteilylämpötila (°C)

θ_m = rakenneosan pintalämpötila (°C)

$$\Rightarrow \dot{h}_{net.r} = 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot [(\theta_r + 273)^4 - (\theta_m + 273)^4] = 3,969 \cdot 10^{-8} \cdot [(\theta_r + 273)^4 - (\theta_m + 273)^4]$$

$$\Rightarrow \dot{h}_{net.d} = 25 \cdot (\theta_g - \theta_m) + 3,969 \cdot 10^{-8} \cdot [(\theta_r + 273)^4 - (\theta_m + 273)^4]$$

θ_g = palotilan kaasun lämpötila rakenneosan ympärillä

$\theta_g = \theta_r$ oletetaan, että palon ympäröimän rakenneosan tapauksessa rakenneosan ympärillä palotilan kaasun lämpötila ja tehollinen säteilylämpötila ovat yhtä suuret (yksinkertaistus)

$\theta_g = 20 + 345 \cdot \log(8 \cdot t + 1)$ standardipalossa lämpötilan riippuvuus ajasta (kaava 6.1, s.337).

Tällöin

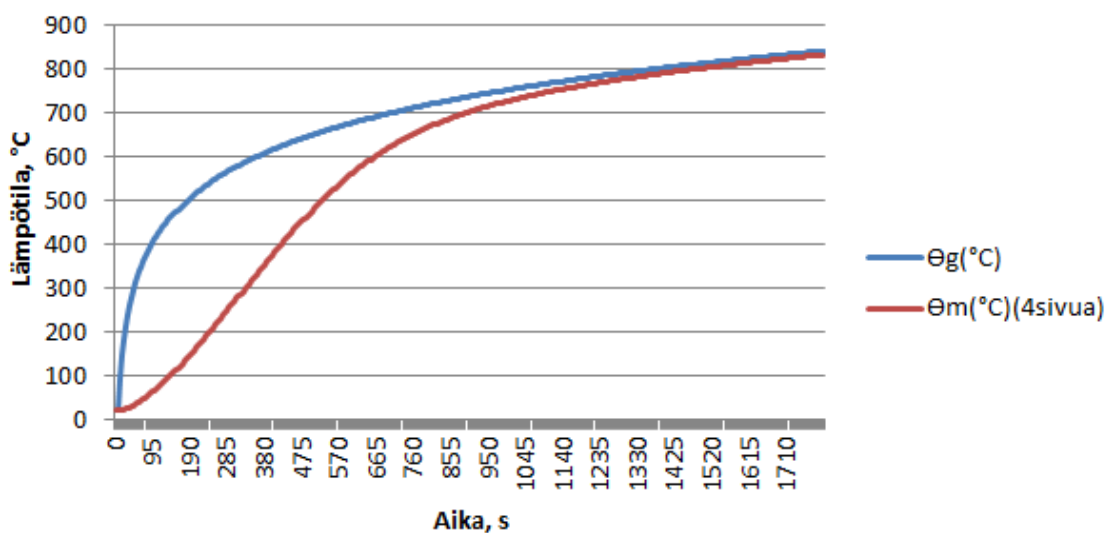
$$\Delta\theta_{a,t} = k_{sh} \cdot \frac{A_m/V}{c_a \cdot \rho_a} \cdot \dot{h}_{net.d} \cdot \Delta t = 1,0 \cdot \frac{209 \cdot 1/m}{600 J/(kg \cdot K) \cdot 7850 kg/m^3} \cdot 5s \cdot [25 \cdot (\theta_g - \theta_m) + 3,969 \cdot 10^{-8} \cdot [(\theta_r + 273)^4 - (\theta_m + 273)^4]]$$

Rakenneseosan pinnan ja palotilankaasun lämpötilan nousu on laskettu Excel-ohjelman avulla, ja on esitetty seuraavassa taulukossa ($\theta_r = \theta_g$).

aika t(s)	$\Theta_g(^{\circ}\text{C})$	R15 (esim.)		R30 (100x100x5)	
		$\Theta_m(^{\circ}\text{C})$	$\Delta\Theta_{a,t}(^{\circ}\text{C})$	$\Theta_m(^{\circ}\text{C})(4s)$	$\Delta\Theta_{a,t}(^{\circ}\text{C})(4s)$
0	20	20	0	20	0
5	96,5378186	20	0,428587267	20	0,523846522
10	146,951991	20,42858727	0,744845816	20,52384652	0,909782223
15	184,606833	21,17343308	1,003643315	21,43362874	1,225033886
20	214,673644	22,1770764	1,226374358	22,65866263	1,495834297
1800	841,79588			833,4557998	0,448713147

Sama on esitetty graafisesti.

Lämpötilan kehittyminen standardipalossa, 30 min



Silloin $Q_{\max} = Q_{a,t} \approx 833,46^{\circ}\text{C}$, kun putki palaa 30 min neljästä sivusta.

4. Tarkastetaan putkileikkausluokan palotilanteessa, s.55 taul. 2.7 avulla (s.367)

- *normaalitilanne*: uuma ja laippa

$$\frac{b}{t} = \frac{b - 3 \cdot t}{t} = \frac{100 - 3 \cdot 5}{5} = 17$$

$$\varepsilon = \sqrt{235 / f_y} = \sqrt{235 / 355} = 0,8136165 \Rightarrow 33 \cdot \varepsilon = 26,8493 \text{ eli}$$

$$\frac{b}{t} \leq 33 \cdot \varepsilon \Rightarrow \text{normaalilämpötilassa poikkileikkausluokka on 1}$$

- *palotilanne*: uuma ja laippa

$$\varepsilon = 0,85 \cdot \sqrt{235 / f_y} = 0,85 \cdot \sqrt{235 / 355} = 0,69157 \Rightarrow 33 \cdot \varepsilon = 22,8219432$$

(kaava 6.20)

$$\text{eli } \frac{b}{t} \leq 33 \cdot \varepsilon \Rightarrow \text{palotilanteessa poikkileikkausluokka on edelleen } \underline{\text{PL1.}}$$

5. Palotilanteen tehollinen poikkileikkaus (s. 368):

PL1 -> koko poikkileikkaus on normaalilämpötilassa tehollinen ->

$$A_{fi,eff} = A_{eff} = A = 1836 \text{ mm}^2 \text{ (liite 11.1.1, s. 538 sarake A mm}^2 \times 10).$$

Kriittinen lämpötila hyväksikäyttöasteen mukaan:

6. Puristuskestävyys:

$$N_{b,fi,t,Rd} = x_{fi} \cdot A_{eff} \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi} \text{ , kaava 6.22 paloluokalle PL1,2,3 (s.354)}$$

Otetaan huomioon teräksen lujuuden ja kimmokertoimen muuttuminen lämpötilan suhteen -> lasketaan kestävyys palonkestoajan maksimilämpötilan suhteen (PL1,2,3:

- $k_{y\theta 833,5} = k_{y\theta 800} + \frac{k_{y\theta 800} - k_{y\theta 700}}{900 - 800} \cdot (833,5 - 800) =$

$$0,110 + \frac{0,060 - 0,110}{900 - 800} \cdot (833,5 - 800) \approx 0,09325$$

(myötölujuuden pienennystekijä).

- $k_{E\theta 833,5} = 0,090 + \frac{0,0675 - 0,090}{900 - 800} \cdot (833,5 - 800) \approx 0,0824625$

(kimmokertoimen pienennystekijä)

- $x_{fi} = \frac{1}{\varphi_{\theta} + \sqrt{\varphi_{\theta}^2 - \bar{\lambda}_{\theta}^2}}$ (taivutusnurjahduksen pienennystekijä)

$$\bar{\lambda}_{\theta} = \bar{\lambda} \cdot \sqrt{k_{y\theta} / k_{E,\theta}} \text{ , missä } \bar{\lambda} \text{ on sauvan muunnettu hoikkuus.}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1836 \cdot 355}{936087}} \approx 0,834 \text{ ->}$$

$$\bar{\lambda}_{\theta 833,5} = \bar{\lambda} \cdot \sqrt{k_{y\theta} / k_{E,\theta}} = 0,834 \cdot \sqrt{\frac{0,09325}{0,0824625}} \approx 0,88687$$

$$\alpha = 0,65 \cdot \sqrt{235 / f_y} = 0,65 \cdot \sqrt{235 / 355} \approx 0,52885 \text{ ->}$$

$$\varphi_{\theta} = \frac{1}{2} \cdot (1 + \alpha \cdot \bar{\lambda}_{\theta} + \bar{\lambda}_{\theta}^2) = \frac{1}{2} \cdot (1 + 0,52885 \cdot 0,88687 + 0,88687^2) \approx 1,12778$$

$$\rightarrow x_{fi} = \frac{1}{1,12778 + \sqrt{1,12778^2 - 0,88687^2}} \approx 0,54811$$

Koska profiili on symmetrinen, $x_{y.fi} = x_{z.fi} = x_{fi}$.

- $\gamma_{M.fi} = 1,0$, suositusarvio EN 1993-1-2 (s. 351), tällöin
 $N_{b.fi.t.Rd} = x_{fi} \cdot A_{eff} \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M.fi} = 0,54811 \cdot 1836 \cdot 0,09325 \cdot 355 / 1,0 \approx 33313,3N \approx 33,3kN$

(palotilanne ajanhetkellä $t=0$)

$$\mu_{\theta} = \frac{E_{fi,d}}{R_{fi,d,0}}, \quad E_{fi,d} \text{ on voiman tai momentin mitoitusarvo palotilanteessa}$$

teessa

$R_{fi,d,0}$ on teräsrakenneosan vastaava kestävyysmitoitussarvo palotilanteessa ajan hetkellä t .

$$E_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot E_d, \quad E_d \text{ on voiman tai momentin mitoitusarvonormaali-}$$

lämpötilassa, eli suunniteltu. arvo

η_{fi} on edellisen pienennystekijä palotilanteessa.

Pienennystekijälle η_{fi} voidaan yksinkertaistuksena käyttää arvoa 0,65 (s.349).

$$E_d = \frac{A_{katto} \cdot kuorma}{palkkien_lkm} = \frac{20,45m^2 \cdot 2,5kN/m^2}{6} \approx 8,525kN \rightarrow$$

$$E_{fi,d} = 0,65 \cdot 8,525kN \approx 5,54125kN \quad \rightarrow \text{esimerkin s. 367 mukaan}$$

$$\mu_{\theta} = \frac{E_{fi,d}}{R_{fi,d,0}} = \frac{5,54125kN}{33,3kN} \approx 0,16640 - \text{hyväksikäyttöaste.}$$

- Kriittinen lämpötila yhtälöstä 6.11, kun $\mu_{\theta} \geq 0,013$, s. 346:

$$\theta_{a,cr} = 39,19 \cdot \ln \left[\frac{1}{0,9674 \cdot \mu_{\theta}^{3,833}} - 1 \right] + 482 =$$

$$39,19 \cdot \ln \left[\frac{1}{0,9674 \cdot 0,16640^{3,833}} - 1 \right] + 482 \approx 752,65^{\circ}C$$

7. Vertailu:

$$Q_{max} = Q_{a,t} \approx 833,46^{\circ}C, \text{ kun putki palaa 30 min neljästä sivusta.}$$

Eli $\varrho_{\max} = 833,46 \text{ }^{\circ}\text{C} > \theta_{a.cr} = 752,65 \text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow$ **ei OK.**

Tällöin teräsrakenne on joko palosuojattava, esimerkiksi eristämällä tai nostamalla kykyä varastoida lämpöä, tai vaihtamalla teräspalkin lujuutta tai kokoa. (s. 368.)

(Kursiivilla kirjoitetut tekstit on tarkoitettu ohjeeksi vakuutuksen laatijalle ja olisi poistettava varsinaisen vakuutuksen tekstistä. Tämä malli on tarkoitettu koneelle, jota ei ole mainittu direktiivin 2006/42/EY liitteessä IV. Liitteen IV koneelle tätä mallia on täydennettävä käytetyn vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyn mukaisesti, ks. direktiivin 2006/42/EY artikla 12.3 ja liite II, kohdat 5 ja 6).

EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus koneesta
(Konedirektiivi 2006/42/EY, Liite II A)

Valmistaja: (toiminimi)
Osoite (täydellinen):
(tarvittaessa myös tämän valtuutetun edustajan nimi ja osoite)

Henkilön (joka on sijoittautunut Yhteisöön) nimi ja osoite, joka on valtuutettu kokoamaan teknisen tiedoston (viranomaisille pyydettäessä):

Nimi: Osoite:

Vakuuttaa, että

.....
(Koneen kuvaus ja tunniste, sekä tarpeen mukaan yleisnimike, toiminta, malli, tyyppi, sarjanumero ja kaupallinen nimi)

- on konedirektiivin (2006/42/EY) asiaankuuluvien säännösten mukainen
- on seuraavien muiden EY-direktiivien säännösten mukainen *(ilmoitetaan vain tarvittaessa, esim.. EMC-direktiivi 2004/108/EY tai ATEX 94/9/EY tai pienjännitedirektiivi 2006/95/EY)*

.....
.....

ja lisäksi vakuuttaa, että

- seuraavia eurooppalaisia yhdenmukaistettuja standardeja (tai niiden osia/kohtia) on sovellettu *(mainitaan vain tarvittaessa)*

.....
.....

- seuraavia muita teknisiä standardeja tai eritelmiä (tai niiden osia/kohtia) on sovellettu *(mainitaan vain tarvittaessa)*

.....
.....

Paikka, aika: Allekirjoitus:
(sen henkilön nimi ja allekirjoitus, joka on valtuutettu laatimaan tämä vakuutus valmistajan tai tämän valtuutetun edustajan puolesta)

(Huomaa, että tämä vakuutus ja sen käännös on laadittava samoin edellytyksin kuin käyttöohjeet (ks. liite I kohta 1.7.4.1. (a) ja (b) ja sen tulee olla joko kirjoitettu koneella tai käsin kirjoitettaessa suuraakkosin.)

**EY –VAATIMUSTENMUKAISUUSVAKUUTUS¹**

Konedirektiivi 2006/42/EY

Valmistaja: Pielisen Metallin Ky

Osoite: Viementie 38
75500 NurmesVakuuttaa että Kone: Paalivaunu
Tyyppi: PM10
Sarjanumero: 4010107003

- täyttää konedirektiivin (2006/42/EY) ja siihen liittyvien muutosten sekä ne voimaan saattavien kansallisten säädösten määräykset;

ja lisäksi vakuuttaa että

- seuraavia yhdenmukaistettuja standardeja (tai niiden osia/kohtia) on sovellettu: SFS EN 12100-1; SFS EN 12100-2; SFS EN 1050; ISO 5692; ISO 1724; ISO 3732
- seuraavia kansallisia standardeja tai niiden (tai niiden osia/kohtia) on sovellettu:
-
- seuraavia muita teknisiä standardeja ja erittelyjä (tai niiden osia/kohtia) on sovellettu:
-

Paikka ja aika:
Numeksessa 30.10.2008Kari Turunen
Toimitusjohtaja

¹ Konedirektiivin 2006/42/EY liitteen II mukaisesti todetaan seuraavaa: Tämä vakuutus koskee yksinomaan konetta sellaisena kuin se saatettiin markkinoille, eikä se kata loppukäyttäjän siihen jälkeempään lisäämiä osia ja/tai tämän koneella suorittamia operaatioita.