

Jari Komulainen

Eristämisohjeet rikkivetytehdasympäristöön

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Kevät 2018

Tiivistelmä

Tekijä(t): Komulainen Jari

Työn nimi: Eristämisohjeet rikkivetytehdasympäristöön

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), konetekniikka

Asiasanat: Eristäminen, Rikkivety, Teollisuus, Standardi

Eristämisohjeet rikkivetytehdasympäristöön

PEPT Oy AB on vuonna 1992 Juha Enlundin toimesta perustettu perheyrittäjä, joka on erikoistunut teline- ja eristystöihin. Se on yksi Suomen merkittävimmistä sekä eristystelinetöiden toimittajista. Yritys työllistää työntekijöitään niin Suomessa kuin Ruotsissa. Henkilötyövuosia vuonna 2017 yritykselle kertyi noin 300. Terrafamalla PEPT aloitti vuonna 2010, ja se on pysynyt alueella siitä lähtien.

PEPT Oy AB halusi päivittää eristysohjeensa ja saada eristämisohjeet rikkivetytehdasympäristöön. Työn tavoitteena on varmistaa, että ohjeet täyttävät Suomen Standardisointiliiton SFS-laatuvaatimukset ja myös soveltuvat Terrafamen tehdasalueelle.

Opinnäytetyössä perehdytään Suomen Standardisointiliiton SFS-standardeihin. Niiden pohjalta tehtiin eristysohjeet, joilla varmistetaan eristäjän tekemän työn oikeassa järjestyksessä, turvallisesti ja huolellisesti, ja joiden avulla voidaan ehkäistä mahdollisia ongelmia ja vaaratilanteita. Opinnäytetyössä pohditaan myös yhteistyön kehittämistä opinnäytetyön tilaajan, PEPT Oy:n, ja Terrafamen kanssa.

Työ aloitettiin käyttötapa- ja prosessien luomisesta, josta pyrittiin löytämään kehittämistä vaativia kohteita. Kun kohteet oli löydetty, pyrittiin niille löytämään vaihtoehtoisia menettelytapoja. Havaittiin, että ohjeet ja kehitysideat, jotka perustuvat SFS-standardeihin, täydensivät yritysten nykyisiä näkemyksiä. Lopputulokseen PEPT Oy ja Terrafame Oy olivat tyytyväisiä ja ohjeita aloitetaan seuraamaan välittömästi käytännön tasolla.

Abstract

Author(s): Komulainen Jari

Title of the Publication: Isolating of hydrogen sulfide factory

Degree Title: Bachelor of Engineering, Mechanic Engineering

Keywords: Isolating, factory, hydrogen sulfide

Isolating of hydrogen sulfide factory

PEPT Oy AB is a family-owned company founded in 1992 by Juha Enlund, a specialist in scaffolding and insulation work. It is one of Finland's leading suppliers of insulation and plumbing. The company has employees in Finland and Sweden. The number of staff in 2017 was around 300. At Terrafame PEPT started in 2010 and has been in the area since then.

PEPT Oy AB wanted to update its insulation instructions and to obtain the proper instructions for the containment of hydrogen sulphide. The aim of the thesis is to ensure that the guidelines and usage of the said materials meet the SFS quality criteria of the Finnish Standard Swing Association and also apply to the Terrafame factory area.

The thesis content acts in accordance with the SFS standards of the Finnish Standardization Association. Insulation instructions were made to ensure the inspectors work in the right order, safely and carefully, as well as help to prevent potential problems and incidents. The thesis includes the development of co-operation with the author of the thesis, PEPT Oy and Terrafame.

The work was started by drawing up a usage chart, which sought to find the needs for development. The goal was to find alternative ways of doing things. The result indicates that the guidelines and development proposals are based on SFS standards and complement the existing procedures. In conclusion, PEPT Oy and Terrafame Oy were satisfied with the instructions and started to implement them immediately on a practical level.

Alkusanat

Kiitos kaikille, jotka tukivat minua tämän tekemisessä ja mahdollistivat tämän työn. Suuri kiitos myös vaimolleni, joka auttoi minua opinnäytetyön kanssa suunnattomasti.

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Rikkivety	3
3	Lämmöneristäminen	4
	3.1 Eristäminen Suomessa	4
	3.2 Yleisesti käytettävät eristeet Terrafamen alueella	4
4	Työturvallisuus	6
	4.1 Työturvallisuuslaki ja sen tarkoitus	6
	4.2 Työturvallisuusriskien tiedostaminen	7
	4.3 Työturvallisuuden kehittäminen	7
5	Eristysohjeet.....	9
6	Suunnittelu	10
	6.1 Työvoiman suunnittelu	10
	6.2 Laaja henkilökunnan osaaminen, toimitusvarmuus ja oma esivalmistustuotanto	10
	6.3 Eristys	11
	6.3.1 Tilaaja.....	11
	6.3.2 Toimittajan työjohto.....	12
	6.3.3 Toimittajan työntekijät.....	13
	6.4 Tuuli- ja lumikuormat	13
7	Pohdintaa	14
	7.1 Tilausaikataulu.....	14
	7.2 Eristyspiirustusten käyttäminen.....	14
	7.3 Tarkistuslista eristäjille	15
	7.4 Eristystöiden tarkistaminen	15
	7.5 Eristyksen määrä.....	15
	7.6 Työvoima	15
	7.7 Yhteinen sitoutuminen	16
8	Yhteenveto	17
	Lähteet.....	18
	Liitteet	

Symboli- ja termiluettelo

<i>Alumiinifolio</i>	0,05 mm paksua ja 1000 mm leveää alumiinikalvoa. Yhdessä rullassa on tyypillisesti 100 m folioita.
<i>Alumiiniteippi</i>	PEPT Oy:llä on sopimus Kespetin kanssa. Kespetin toimittamaa alumiiniteippiä. Teippirulla 3151607, 50 mm x 50 m.
<i>Eristys</i>	Eristyksellä tarkoitetaan päällysteellä suojattua eristettä sekä sen kiinnityksessä tarvittavia asennustarvikkeita ja tukirakenteita. Jos eriste ei tarvitse tai vaadi päällystettä suojakseen, paikoilleen asennettu eriste muodostaa it-sessään eristyksen. [1]
<i>H₂S</i>	Rikkivety.
<i>Hyötykuorma</i>	Suurin mahdollinen kuljetuskapasiteetti.
<i>Jäätymissuojaeristys</i>	Jäätymissuojaeristykseksi kutsutaan lämpöeristystä, joka on mitoitettu estämään eristämiskohteen sisällön jääty-misen.
<i>Kannake</i>	Kannakkeeksi kutsutaan sellaista, jonka varassa jokin py-syy, on koholla tai paikoillaan, estyy kaatumasta tai pu-toamasta.
<i>Kannatustanko</i>	Kuin kannake, mutta tankomainen. Kannatustanko esi-merkiksi kannattelee putkea ilmassa varmistaen sen tu-ennan.
<i>Kattila</i>	Tässä tapauksessa lämpökattila, jolla lämmitetään väliai-netta, yleensä vettä, tavallisesti polttoaineen palamisesta vapautuvalla energialla.

<i>Kenttäinstrumentti</i>	Elektroninen laite, joka mittaa jotakin, esimerkiksi lämpötila-anturi tai laippalähetin.
<i>Keraamivilla</i>	Tässä tapauksessa tarkoitetaan Insulfrax LT 25 mm tai 50 mm keraamivillaa. Tunnetaan valkoisesta väristä.
<i>Kiinnityspiikki</i>	Kiinnityspiikki kiinnitetään yleensä suurempiin eristyskoh-teisiin, kuten säiliöihin, jotta eristys pysyisi paremmin paikallaan työn aikana.
<i>Kivivilla</i>	Tässä tapauksessa tarkoitetaan 50 mm / 100 mm Paroc Pro WiredMat AL1–kivivillaa.
<i>Kokonaamari</i>	Jos työluvassa ei ole muuta mainintaa hengityssuojaimista, käytetään kokonaamaria, joka täyttää P3-luokan vaatimukset. Kokonaamaria on käytettävä, jos tiedetään ilmassa olevan vaarallisia aineita. Muussa tapauksessa riittää, että maski on mukana.
<i>Konvektio</i>	Lämmön siirtyminen kaasussa tai nesteessä lämmön aiheuttamien virtausten mukana
<i>Kosketussuojaeristys</i>	Ei ole tarkkaa määritelmää, millainen kosketussuojaeristuksen tulisi olla. Sen täytyy kuitenkin täyttää työnsuojeluvaatimukset, eli varmistaa, että kyseisessä kohteessa ei voi vahingossa sattua tapaturmaa. Kohteen pinta ei saa ylittää 70:ta °C.
<i>Kotelo</i>	Pellistä tehty laatikko, joka peittää kohdat, jotka halutaan suojata ulkoisilta tekijöiltä. Kotelo on tarvittaessa helppo aukaista ja sulkea, sillä siinä käytetään salpamekanismia.
<i>Käyttötapakaavio</i>	Esittää järjestyksen, miten kokonaisuus tällä hetkellä toimii ja mitä voidaan kehittää. Tässä opinnäytetyössä esitettyssä kaaviossa nykyinen järjestelmä on jaettu osiin ja korostettu kohdat, joita voisi kehittää.
<i>Laadunhallintajärjestelmä</i>	Järjestelmällä varmistetaan asiakastyytyväisyys, johtaminen, työn kehittäminen ja suhteiden hallinta. Järjestelmä

	esittää, onko asiakkaalla kyky osoittaa seuraavansa asiakkaiden vaatimuksia. Se on tilaajan ja toimittajan yhteinen runko ja keskittyy siihen, mitä kohtia pitäisi parantaa.
<i>Laippa</i>	Putken tai muun sylinterimäisen kappaleen ympärillä oleva rengasmainen uloke, jolla kappale voidaan kiinnittää toisiin kappaleisiin.
<i>Limitys</i>	Villan laittaminen toisen päälle niin, että ylempi laitetaan hieman alemman päälle reunasta katsoen.
<i>Lämpöeristys</i>	Lämpöeristyksen tarkoitus on lämmön siirtymisen estäminen eristämiskohteesta ympäristöön. Yleisimmät lämpöeristyksen muodot ovat taloudellinen lämpöeristys, suojaeristys ja jäätymissuojaeristys.
<i>Monikaasuilmaisin</i>	Mittaa hapen, hiilidioksidin, palavien kaasujen ja rikkivedyn määrää ja hälyttää, jos yksikin näistä ylittää turvallisuusrajan.
<i>Pelti</i>	Pellin määrittäminen riippuu siitä, mihin se asennetaan. Paikoissa, joissa päällyste saattaa joutua alttiiksi syövyttävälle aineille, käytetään korroosion kestäväää ja päällystettyä peltiä. Yleisesti käytetty pelti on Kespetin 0,7 mm paksuista RR40-väristä PVDF-peltiä.
<i>Perussuojaimet</i>	Perussuojaimiin kuuluvat turvakärkikengät, heijastavat työvaatteet, työkäsineet, kypärä ja suojalasit. Lisäksi mukana täytyy aina olla vähintään hätäpoistumislaite.
<i>Prosessitekniinen lämpöeristys</i>	Eristämiskohteen sisällön säilyttämistä prosessin vaatimissa rajoissa käytetään lämpöeristyksen mitoitusperusteena.

<i>Rautalanka</i>	Käytetään kahta erilaista rautalankaa, sinkittyä kerälankaa, vahvuus 0,9 mm, ja ruostumatonta terässidoslankaa, vahvuus 0,9 mm. Rautalangan toimittaa AH-tuote.
<i>Rikkivetytehdas</i>	Tuottaa rikkivetyä rikistä ja vedystä. Alueelle tuodaan rikkiä ja propaania. Propaanista valmistetaan vetyä.
<i>Sularikinjäähdytin</i>	Rikkijäähdytin. Kuumaa sulaa rikkiä kierretään noin 450 °C lämpötilassa rikkijäähdyttimen kautta takaisin torniin ohjaamaan reaktorin lämpötasapainoa. Rikkijäähdyttimessä kuuma rikki syötetään putkipuolelle, vaippapuolella on paineen alla oleva vesi. Siirtyvä lämpö höyrystää vettä, joka jäähdytetään höyrystä takaisin vedeksi rikkijäähdyttimen sisällä olevassa lauhduttimessa. Tarkempi lämpötilan kontrolli tehdään säätämällä höyryn painetta, jolloin veden lämpötilaa saadaan nopeasti säädettyä.
<i>Suojaeristys</i>	Lämpöeristys, joka on mitoitettu työturvallisuusvaatimusten perusteella.
<i>Surrikoukku</i>	Työväline, jolla kiristetään rauta- tai lankaverkkoa. Koukulla otetaan kiinni rautalankojen risteämiskohdasta ja pyöräytetään muutama kerta, jotta rautalankaverkko saadaan kiristettyä. Verkkoa ei saa kuitenkaan kiristää liian kireälle, jotta rautalangalla ei olisi vaaraa mennä rikki.
<i>Sähkösaatto</i>	Sähköllä toteutettu saattolämmitys. Putken, säiliön tai muun kohteen ympärille kiinnitettävä vastuskaapeli, joka saa sähköenergian verkkovirrasta. Sähkösaattoja asennetaan, jotta putket saadaan pidettyä tietyssä lämpötilassa. Putkien täytyy olla kuumia, jotta rikki ei jähmety putkiin.
<i>Taloudellinen lämpöeristys</i>	Lämpöeristys, joka on mitoitettu eristekustannusten ja lämpöhäviöiden aiheuttaman energiakustannusten optimoinnin perusteella.

Työlupa

Terrafamalla on käytössä työlupajärjestelmä, jolla varmistetaan työn suorittajan turvallisuus käynninaikaisissa asennus-, huolto- ja kunnossapitotöissä. Työn tilaaja esittää työlupalomakkeen ja tuotannon esimies hyväksyy sen. Malminkäsittelyn seisokkitöissä työlupalomakkeen korvaa erillinen seisokkityölista. Työkohteesta riippuen edellytetään myös muita erillislupia. Näitä ovat tulityöt [2], säiliötyöt [3] ja ratapihatyöt [4].

Uuni

Teollisuudessa rakennelma tai laite, jota käytetään eri aineiden sulattamiseen, kuivatukseen tai koostumuksen muuttamiseen.

Vetoniitti

Tässä tapauksessa käytetään Kespetin toimittamia kupukantaisia vetoniittejä AL/ST 3,2 x 8, 500 kpl/tlk. Väreinä käytetään värejä RR20 (valkoinen), RR21 (vaalea harmaa), RR23 (tumma harmaa), RR29 (punainen), RR32 (tumma ruskea), RR33 (musta) ja RR40 (hopea). Työssä käytetään väriä, joka on yhteensopiva pellin värin kanssa.

1 Johdanto

Työskennellessäni PEPT:llä ehdotettiin eräässä henkilöstökokouksessa, että tekisin eristämisohteet rikkivetytehdasympäristöön. Kyseinen ohje puuttui, ja sille nähtiin tarve. Lisäksi sellaisen tekeminen sopi laajuutensa puitteissa opinnäytetyöaiheeksi.

Opinnäytetyössä tarkastellaan erilaisia teollisuuden ja eristämisen standardeja rikkivetytehtaan kohteiden eristämisen kannalta. Ohjeissa esiintyy eristämismateriaaleja valokuvien kanssa sekä yleiset eristysohjeet kohteisiin, joita rikkivetytehtaan kohteiden eristämisessä esiintyy. Opinnäytetyössä käsitellään myös esimerkiksi tilaajan ja toimittajan välistä kommunikaatiota ja sen tarvetta, luotettavan eristämisen laadun varmistamista, työturvallisuutta ja sen kehittämistä, henkilökunnan osaamista ja eettistä toimintatapaa sekä yhteistä arvomaailmaa.

PEPT:llä on eristysohjeet sularikinjäähdyttimien eristyksestä. Nämä ohjeet ovat erittäin pelkistetyt, ja ne jättävät paljon aukkoja. Tämän vuoksi eristyksissä on ollut jonkun verran epäselvyyksiä. Aiemmat ohjeet eivät perustu nykyisiin standardeihin, joten työn laadun varmistaminen on haastavaa.

Tekemäni ohjeet kertovat eristäjille työjärjestyksen. Siinä on otettu huomioon eristysvillojen limittäminen, mikä ehkäisee villojen mahdollisen kastumisen ja suoran lämpöhäviöireitin ulkoilmaan. Lisäksi huomioon on otettu esimerkiksi yhteistyön kehittäminen, eristystyön korkea laatu ja aikataulutus. Ohjeet selventävät, missä järjestyksessä mitään materiaalia käytetään. Ohjeita tehdessä on työskennelty eristäjien kanssa, ja niiden kanssa on pyritty helppoon luettavuuteen.

PEPT Oy AB on vuonna 1992 Juha Enlundin toimesta perustettu perheyritys, [5] joka on erikoistunut teline- ja eristystöihin. Se on yksi Suomen merkittävimmistä sekä eristys- että telinetyön toimittajista. Yritys työllistää työntekijöitään niin Suomessa kuin Ruotsissa. Henkilötyövuosia vuonna 2017 yritykselle kertyi noin 300. Terrafamalla PEPT aloitti vuonna 2010, ja se on pysynyt alueella siitä lähtien.

PEPT:n visio on tarjota paras mahdollinen lopputulos eristysten, kunnossapidon ja telinetojen osalta. Liiketoiminnan tarkoitus on luoda asiakkaan toiminnalle lisäarvoa auttamalla tätä keskittymään omaan ydinliiketoimintaansa. Yritys hakee jatkuvaa kasvua ja

pyrkii olemaan jatkossakin ammattilainen teline- ja eristystöissä. PEPT pyritään säilyttämään perheyriksenä, joka säilyy myös seuraaville sukupolville. Sen toimintaa ohjaavat muun muassa luotettava palvelu, työturvallisuus, toimintatapojen kehittäminen, panostaminen asiakastytyvyyteen ja asiakkaan tarpeiden mukaan joustava toiminta.

2 Rikkivety

Rikkivetyä, H_2S , syntyy yhdistettäessä vetyä ja rikkiä. Se on väritön, hengenvaarallinen kaasu ja vaarallinen solumyrkky, jonka haistaa hyvin helposti jo pienissä pitoisuuksissa. Hajultaan se muistuttaa mätää kananmunaa. Rikkivety on ilmaa tiheämpää, joten se kertyy mataliin kohtiin muodostaen rikkivetypilven. Rikkivetyä valmistetaan suojaetuissa oloissa rikkivetytehtaassa. Valmistettua rikkivetyä käytetään Terrafamella saostuskemikaalina ja esimerkiksi rikkihapon valmistuksessa.

Sularikki toimitetaan Terrafamen kaivoksille säiliöautoilla. Vedyn valmistamisessa käytetään propaania, jota tuodaan kaivokselle junilla ja rekkakuljetuksella. Vety valmistetaan Terrafamen kaivoksella vetytehtaassa, josta se saadaan käyttöön rikkivedyn valmistamiseen.

Suomessa työntekijä saa altistua rikkivetypitoisuudelle 5 ppm kahdeksan tunnin ajan ilman suojavarustusta. Tätä korkeampiin pitoisuuksiin täytyy varautua esimerkiksi suoja-
naamarilla. Rikkivedylle altistuminen aiheuttaa erilaisia oireita riippuen sen pitoisuudesta ja altistumisen ajasta. Rikkivety ärsyttää limakalvoja ja hengitysteitä, aiheuttaa kyynelvuotoa sekä näön sumenemista. Oireita voi myös olla nenän ja kurkun kuivuminen sekä ärsytys. Altistumisen jatkuessa tai pitoisuuden kasvaessa oireina ilmenee vetistä vuotoa nenästä, yskää, käheyttä ja hengenahdistuksen tunnetta. Rikkivety turruttaa hajuainin nopeasti, mikä lisää etenkin hieman korkeammissa pitoisuuksissa äkillisen myrkytyksen vaaraa. Voimakkaan ärsytyksen lisäksi rikkivety voi aiheuttaa myös heikkoutta, hui-
mausta, pahoinvointia, sekavuutta sekä voimakasta päänsärkyä. Rikkivety aiheuttaa vakavia hermostollisia oireita sekä tajuttomuutta. Se aiheuttaa kuoleman, jos pitoisuus ylittää 500 ppm ja nopean kuoleman, jos ylittää 1000 ppm. [6]

Rikkivetytehtaan putkissa virtaa niin rikkivetyä, sularikkiä, typpeä ja vetyä kuin höyryä, jäähdytysvettä, lauhdetta ja kattilavettä. Tehtaan kuumimmissa putkissa virtaa ainetta, joka on lämpötilaltaan noin 470 °C. Tämän vuoksi esimerkiksi putket, jäähdyttimet ja reaktori tulee lämmöneristää.

3 Lämmöneristäminen

Lämpö siirtyy aineesta toiseen johtumalla, lämpösäteilemällä ja konvektiolla. Lämpöeristystä käytetään, kun halutaan pitää kohde, esimerkiksi putki, ympäristöstä poikkeavassa lämpötilassa. Lämmöneristeeksi kutsutaan ainekerrosta, jota lämpöeristykseen käytetään. [7]

Lämmöneristämässä on monia mahdollisia tekniikoita. Termospullossa lämmöneristeenä toimii tyhjiö, mikä estää lämmön johtumisen, säteilyn ja konvektion, jolloin lämmönsiirtoa tapahtuu vähäisesti vain korkin alueella. Eristysvillan käyttö perustuu eristeessä olevaan seisovaan ilmaan. On myös mahdollista peittää eristettävä kohde kiiltävällä pinnalla, josta valo ja lämpö heijastuvat pois. Rakennusteollisuudessa yleisin ja tällä hetkellä kustannustehokkain ratkaisu on erilaatuisten villojen sekä uretaanien ja styroksin käyttäminen.

3.1 Eristäminen Suomessa

Suomessa kylmäeristäminen on talven korkeiden pakkasten vuoksi yleistä, sillä monia kohteita täytyy suojata kylmettymiseltä ja jäätymiseltä. Eristäminen on Suomen leveyspiireillä myös taloudellisempaa kuin lämmitystehon nostaminen korkeaksi.

Kaikkia yllä mainittuja eristyksen käsitteitä tarvitaan, sillä eristyksessä tarvitsee ottaa huomioon kaikki eristysmitoitukset. Eristykset täytyy tehdä niin, että ne täyttävät eristettävässä kohteessa edellytettävät vaatimukset. Kaikkia mitoituksia ei kuitenkaan aina pysty toteuttamaan, sillä ne eroavat jonkin verran toisistaan. On tärkeää eristää kohdat vaatimusten mukaisesti ja optimoida mitoituksen avulla energia- ja eristyskustannuksia.

3.2 Yleisesti käytettävät eristeet Terrafamen alueella

0,05 mm alumiinifolio

Alumiinifoliolla peitetään eristettävä kohde, jotta kohde ei polta myöhemmin lisätävää villaa.

Insulfrax LT 25 mm tai 50 mm keraamivilla

Keraamivillaa, niin kutsuttua valkoista villaa, käytetään alumiinifolion ja varsinaisen eristeen välissä matalan lämmönjohtokyvyn vuoksi. Keraamivillaa tulee olla lopuksi 50 mm, joten työnjohtaja päättää, tehdäänkö eristys yhdellä 50 mm matolla vai kahdella 25 mm matolla.

50 mm ja 100 mm Paroc Pro WiredMat AL1 kivivilla

Varsinainen eriste, jolla eristettävä kohde eristetään.

Eristysvillan tiedot näkyvät sen pakkauksen tiedoista. Liitteessä 1 kerrotaan, mitä pakkausmerkinnät kertovat eristysvillan ominaisuuksista.

4 Työturvallisuus

Työturvallisuuden noudattaminen on hyvin tärkeää aina, erityisesti kaivos- ja tehdasalueilla, sillä näillä alueilla on onnettomuuksien ja vaaran aiheuttavia tekijöitä enemmän.. Kaivos- ja tehdasalueilla työturvallisuuden laiminlyönnin seuraukset ovat nopeasti hyvin vakavat, mikä voi johtaa kuolemantapauksiinkin. On selvää, että tällaisissa paikoissa voimassa oleva työturvallisuuskortti on erittäin hyvä olla. Terrafamen alueella voimassa oleva työturvallisuuskortti on edellytys työskentelylle. Terrafamella on myös oma turvallisuuskoulutus, joka on pakollista suorittaa, jotta alueella saa työskennellä. Vasta täysi-ikäisenä, 18 vuotta täyttäneenä, alueelle saa kulkuluvan. Riittävällä iällä ja työturvallisuuden tärkeyden tiedostamisella sekä riittävällä ohjeistuksella ja työtehtäviin perehdyttämisellä varmistetaan, että työntekijät ovat kypsiä ja valmiita toimimaan vastuullisesti.

4.1 Työturvallisuuslaki ja sen tarkoitus

Työturvallisuuslain tarkoitus on parantaa työolosuhteita ja työympäristöä, jotta voidaan turvata ja ylläpitää työntekijöiden työkykyä ja torjua sekä ennaltaehkäistä ammattitautoja, työtapaturmia ja muita työympäristöstä ja työstä johtuvia terveystahaittoja [8]. Lisäksi sillä on tarkoituksena varmistaa, että työntekijöiden turvallisuutta on pohdittu ja mahdolliset riskit on tiedostettu.

Työturvallisuuslain mukaan työntekijän tulee hoitaa ja käyttää huolellisesti ja ohjeiden mukaisesti työnantajan antamia suojaimeja ja muita varusteita. Työpaikalla on myös käytettävä asianmukaista vaatetusta. Terrafamen alueella työntekijöille pakollisia varusteita ovat työkäsineet, heijastavat työvaatteet, kypärä, suojalasit ja turvakengät. Myös hätäpoistumislaitte tulee aina olla mukana.

Työntekijällä on oikeus pidättäytyä työstä, jos siitä aiheutuu vakavaa vaaraa työntekijän omalle tai muiden työntekijöiden terveydelle tai hengelle. Työstä pidättäytyminen ei saa rajoittaa työntekoa enempää kuin sen turvallisuuden ja terveellisyyskannalta on välttämätöntä. On myös huomioitava pidättäytymisestä mahdollisesti aiheutuvan vaaran olevan mahdollisimman vähäinen. Työnteosta pidättäytymisen oikeus jatkuu siihen asti kun työnantaja on huolehtinut työn turvallisesta suorittamisesta.

Kaikkien työntekijöiden on oltava toteuttamassa työturvallisuutta. Jokaisen on toimittava sovittujen sääntöjen mukaisesti, jotta työturvallisuus toteutuu ja kaikkien turvallinen työympäristö voidaan varmistaa. Jokaisen työntekijän tulee tietää, miten he voivat seurata työturvallisuutta omassa tehtävässään tai työympäristössään.

4.2 Työturvallisuusriskien tiedostaminen

Työturvallisuuslaki edellyttää työnantajat perehdyttämään työntekijät työpaikan haitta- ja vaaratekijöihin sekä käyttämään turvallisia työtapoja. Erityisesti esimiehille on koulutettava heidän vastuunsa ja tehtävänsä, jotta he voivat johtaa alaistensa työturvallisuutta käytännössä. Työnantajat valvovat turvallisuuden seuraamista.

Edistääkseen työturvallisuutta jotkut työmaat tai alueet vaativat siellä työskenteleviltä työturvallisuuskorttia. Voimassa olevalla työturvallisuuskortilla pystytään varmistamaan työntekijöiden minimitietämys työympäristön työturvallisuudesta ja sen seuraamisesta.

4.3 Työturvallisuuden kehittäminen

PEPT pitää turvavartteja kerran viikossa. Siinä tiedotetaan ajankohtaisista asioista, joita on tärkeää huomioida, jotta kaikilla olisi turvallisempaa työskennellä työympäristössään. Työntekijöiden turvallisuutta täytyy pohtia ja mahdolliset riskit tiedostaa. Kun mahdolliset riskit tiedetään, pystytään sen pohjalta etenemään työturvallisuuden kehittämisessä ja seurannassa sekä koulutuksessa. Kun riskien todennäköisyys ja seuraamukset tiedetään, voidaan keskittyä kaikkein kriittisimpiin tapahtumiin. Näitä ovat sellaiset tapahtumat, jotka ovat todennäköisiä ja voivat estää työntekoa tai vaarantaa työntekijöiden terveyttä.

Kaikki työntekijät tulee kouluttaa, jotta he olisivat tietoisia mahdollisista riskeistä ja vaaroista, joita työtehtävissä ja työympäristössä voi esiintyä. Koulutuksella varmistetaan kaikkien olevan tietoisia vaaroista ja kuinka niitä omalla toiminnalla ehkäistään.

Kaikkien työntekijöiden on oltava toteuttamassa työturvallisuutta. Jokaisen on toimittava sääntöjen mukaisesti, jotta työturvallisuus toteutuisi ja kaikkien työturvallisuus ja työympäristön turvallisuus voitaisiin varmistaa. Jokaisen henkilön tulee tietää, miten he voivat seurata työturvallisuutta omassa tehtävässään tai työympäristössään.

Kaikista selkein tapa havainnoida työturvallisuutta on tehdä lista riskeistä. Tämän jälkeen lista järjestetään sen todennäköisyyden ja vahinkojen perusteella. Listan perusteella voi järjestää koulutuksia ja tiedotuksia mahdollisista vaaroista. Esimerkiksi talvella turvavartin aiheena voisi olla, kuinka talviolosuhteet vaikuttavat työturvallisuuteen.

5 Eristysohjeet

Teollisuudessa on hyvin paljon eristettäviä kohteita. Tässä työssä asiaa käsitellään eristysohjeita rikkivetytehtaan kohteiden näkökulmasta rajaten. Ohjeita pystyy soveltamaan myös muun teollisuuden eristämiseen.

Rikkivetytehtaan kohteiden lämmöneristyksissä täytyy normaalista eristämisestä poiketen huomioida esimerkiksi se, että tehtaassa käytetään erilaisia happoja ja liuottimia. Eristyksen pellityksen täytyy kestää näitä liuoksia. Lisäksi täytyy varmistaa, että eristetyn pinnan lämpötila ei ylitä 70 °C [9].

Yli 200 °C eristykset luokitellaan standardin SFS 3933 mukaan vaativiksi eristyksiksi. Monikerrosratkaisuissa voidaan käyttää eri eristeluokkien yhdistelmiä, kunhan niiden korkeimmat käyttölämpötilat huomioidaan. Kun eristettävän kohteen lämpötila on yli 250 °C ja eristeen paksuus on alle 120 mm, on eristettä oltava vähintään kaksi kerrosta. [10]

Kotelon sisällä olevat eristeet on suojattava mahdollisilta vuotavilta nesteiltä käyttämällä esimerkiksi alumiinifoliota. Kotelot täytyy myös varustaa vuotoputkella, jotta mahdollinen vuoto havaitaan. Jos standardin mukaisista ratkaisuista joudutaan poikkeamaan ja lämpötila on yli 200 °C, eristysratkaisu esitetään kuvallisesti tai kirjallisesti ennen eristystyön aloittamista. [11] (SFS 5879)

Tarkemmat eristysohjeet ovat liitteessä 7.

6 Suunnittelu

Kuten käyttötapakaaviosta (liite 4) käy ilmi, suunnittelua voi ja täytyy kehittää. Suunnittelun kehittäminen perustuu Suomen Standardisoimisliiton standardeihin. Laadunhallintajärjestelmän käyttöönotto on organisaation strateginen päätös, joka pystyy auttamaan sitä parantamaan kokonaisvaltaista suorituskykyään ja voi toimia perustana kestävä kehityksen mukaisille hankkeille. Standardien ja laadunhallinnan periaatteita voidaan soveltaa ja hyödyntää myös muualla.

6.1 Työvoiman suunnittelu

Työvoiman suunnittelu on yksi käyttötapakaavioissa esitellyistä kehitettävistä kohdista. Opinnäytetyön tilaajan työvoiman suunnittelu on ollut haastavaa, sillä aikaa suunnittelulle ei ole juurikaan annettu. Joskus tilausaikataulut ovat erittäin tiukkoja, ja tilauksista ilmoitetaan erittäin myöhään.

Noudattaakseen Suomen Standardisoimisliiton standardeja tilaajan on ilmoitettava eristystyöstä mahdollisimman aikaisin. Suositus työn ilmoittamiseen on kaksi viikkoa ennen työn aloittamista. [14]

6.2 Laaja henkilökunnan osaaminen, toimitusvarmuus ja oma esivalmistustuotanto

Henkilökunnan osaamisen tiedostaminen on sen hyödyntämisen kannalta tärkeää. Näin voidaan varmistaa, että työntekijät tekevät sellaisia työtehtäviä, mikä heille parhaiten sopii. Ensin tarvitsee tiedostaa, mitä kukin osaa ja mitkä ovat heidän taitonsa, heikkoutensa ja vahvuutensa. Ketään ei saa laittaa liian vaikeaan työtilanteeseen, ellei hän voi saada ohjausta kokeneemmalta työntekijältä, joka voi opastaa ja opettaa, miten tilanteessa toimitaan.

Kun henkilökunnan osaaminen ja taidot tiedetään, pystytään kehittämään toimitusvarmuutta. Asiakasrekisterin käyttäminen helpottaa huomattavasti suunniteltaessa työnteki-

jöiden tehtävänjakoa ja siinä, millaisia koulutuksia työntekijöille annetaan. Hyvällä työvoiman suunnittelulla saadaan työntekijät tasolleen sopiviin työtehtäviin, joissa he voivat kehittyä ja olla mukana palveluiden tuottamisessa omalla työpanoksellaan.

Toimitusvarmuus pysyy korkealla, kun suunnittelun taso pidetään korkealla. Standardin 3979 mukaan tulevista töistä tulee ilmoittaa mahdollisimman aikaisin, suositus on kaksi viikkoa ennen työn aloittamista. Suunnittelulla varmistetaan työresurssien määrä ja laatu sekä sijoittelu oikeisiin kohteisiin. Priorisointi varmistaa osaltaan palvelun laatua.

Myös oma esivalmistustuotanto pysyy aikataulussa, kun tulevista töistä ja niiden luonteen vaatimuksista tiedotetaan hyvissä ajoin. Näin tarvittavat resurssit pystytään ohjaamaan oikeisiin kohtiin tarvittavalla ajalla. Esimerkiksi voidaan tilata jo etukäteen työssä tarvittavia välineitä ja muokkaamaan niitä kohteen mukaan jo ennen työn aloittamista, tehdä työlistoja, varata tarvittava työvoima kohteeseen, kouluttaa henkilöstöä, varmistaa pääsy kohteelle ja tehdä muuta esivalmistelutyötä, jotta työkohteessa olisi mahdollisimman paljon aikaa tehdä tarvittavaa työtä, eikä sen tekeminen hidastuisi. Oman esivalmistustuotannon laatu varmistetaan parantamalla tiedotusta, jotta kaikilla olisi yhtenäisempi näkemys työn tekemisestä, ajoittamisesta, korkeasta laadusta ja yhteisistä pelisäännöistä.

6.3 Eristys

Varmistaakseen korkean eristyslaadun sekä tilaaja että toimittaja voi nimetä standardin SFS 3979 perusteella henkilön, joka tarkastaa eristystyön osavaiheet. Näin molemmilla osapuolilla on varmistus siitä, että työ on tehty oikein, ja vastuu eristystyöstä siirtyy eristäjältä tarkastajalle. Jos eristystyössä on korjattavaa tarkastusvaiheessa, se on korjattava, jotta eristystyö voi jatkua.

6.3.1 Tilaaja

Eristystyön laatua voi nostaa sekä tilaajan että toimittajan osalta. Laadun nostamiseksi tilaajalla olisi hyvä olla kuvat kaikista eristettävistä kohteista, jotta sekä tilaaja että toimittaja tietävät varmuudella, mitä tarvitsee eristää. Esimerkiksi standardissa SFS 3973 on

kuva putkista ja standardissa SFS 3978 käsitellään kuvien kanssa uuneja ja säiliöitä. Laatu nostaa myös huomattavasti se, että eristyksen tilaukset tehdään kirjallisesti. Tämän lisäksi toimittajalle olisi hyvä myös näyttää paikan päällä, mihin eristys tehdään. Kirjallisessa tilauksessa voidaan käsitellä esimerkiksi eristettävän kohteen sijainti, mitä eristetään sekä aikataulua. Ajoissa esitetyn tilauksen seurauksena resurssien määrän suunnittelu, varastointi ja tilaus ovat helpompia ja vastaavat myös paremmin tilaajan tarpeisiin.

6.3.2 Toimittajan työnjohto

Kun toimittaja on saanut tilauksen, sen työnjohtaja näyttää eristäjille tulevan eristystyön kohteessa. Tämän lisäksi hän antaa eristäjäryhmälle kirjallisen ohjeen varmistukseksi, ettei epäselvyyksiä pääse syntymään. Käytäntö auttaa toimittajaa hyödyntämään standardia SFS 3979 sisäisen työn kehittämisessä. Ohjelstat olisi hyvä kääntää tarpeen vaatiessa eristäjien omalle äidinkielelle, jotta häiriöiden ja väärinymmärrysten riski olisi pienempi.

Standardin SFS 3979 mukaan työnjohtajan on pidettävä kirjaa ainakin seuraavista toiminnan kannalta tärkeistä asioista:

- Aikatauluseuranta (suunniteltu / toteutunut)
- Eristystyön valmiusaste
- Hankintasopimukseen hyväksytyt muutokset, niiden vaikutus aikatauluun ja kustannuksiin sekä niiden toteuttaminen
- Suoritetut tarkastukset
- Todetut puutteet, niiden seuraamukset ja toimenpiteet niiden korjauttamiseksi
- Työmaan henkilöstövahvuus
- Työpäivän aloitus ja päätös
- Työtapaturmat ja niiden selvitykset
- Muut työn suoritukseen ja hintaan vaikuttavat tekijät

6.3.3 Toimittajan työntekijät

Standardia SFS 3979 hyödyntämällä voi kehittää eristäjien työtä. Eristäjät käyttävät aiemmin mainittua listaa tarkistuslistana, johon he merkitsevät, kun työ on tehty. Listaan merkitään myös, mitä materiaaleja työssä on käytetty, ja kuinka paljon niitä on käytetty. Kun yksi vaihe tarkistuslistasta on tehty, eristäjät ilmoittavat siitä työnjohtajalle, joka ilmoittaa tilaajalle. Sekä tilaajan että toimittajan edustaja tulee tarkastamaan vaiheen ennen kuin työtä saa jatkaa. Työpäivän jälkeen eristäjät antavat työlistan kohteessa tehdystä työstä työnjohtajalle, jolloin työnjohtajat ovat joka päivän jälkeen selvillä eristäjien työtilanteesta ja käytetystä materiaalista. Työn suunnittelussa tämä auttaa huomattavasti.

6.4 Tuuli- ja lumikuormat

Eristystyöt mitoitetaan niin, että eristys kestää varmasti lumi- ja tuulikuormat. Yleensä rakennuksissa käytetään varmuuskerrointa 2 vastaavissa mitoituksissa. Yleisenä ohjeena on tasomaisen pellityksen välttäminen kohtiin, jotka ovat alttiimpia lumelle ja tuulelle. Pyöreät muodot soveltuvat paremmin lumi- ja tuulikuormille.

Jos huomataan, että eristyksen päällä on paljon lunta, se poistetaan, jos työ ei aiheuta tarpeetonta vaaraa itselle tai muille. Lumikuormien mitoitukselle käytetään standardia SFS-EN 1990 + A1 + AC ja tuulikuormien mitoitukselle SFS-EN 1991-1-4 + AC + A1.

7 Pohdintaa

7.1 Tilausaikataulu

Tilaaajan täytyy standardin SFS 3979 mukaisesti ilmoittaa eristystyöstä mahdollisimman ajoissa. Suositeltava ajankohta on kaksi viikkoa ennen eristystyön aloittamista. Lisäksi standardi SFS 5744 tarkentaa, että ilmoitus tehdään kirjallisesti. Tämä hyödyttää niin tilaajaa kuin toimittajaa. Tilaajalle se näkyy parhaiten palvelun laadussa ja vastuun siirtämisenä, kun taas toimittajaa se helpottaa työ-, henkilöstö- ja resurssisuunnittelussa. Asiakkaan kuunteleminen ja eristystarpeiden ymmärtäminen on helpompaa, kun aikaa sen mahdollistamiselle on enemmän. Toimittajalla voi olla suuria haasteita pystyä vastaamaan asiakkaan tarpeisiin joskus hyvinkin lyhyellä varoitusajalla. Eristysten suunnittelussa on huomioitava lämmön aiheuttamat liikkeet eristettävässä kohteessa, liittyvissä rakenteissa ja eristeissä. Tilaajan täytyy ilmoittaa myös laskennalliset lämpöliikkeet riittävän ajoissa toimittajalle. Tämän ohjearvo standardissa on kaksi kuukautta ennen asennustyön aloittamista.

Seisokkiajat tiedetään etukäteen, ja niistä ilmoitetaan ajoissa. Tämä auttaa kaikkia tiedostamaan ajankohdan, että mahdollisesti tuona aikana ei pystytä täysin seuraamaan standardeja koskien tilausaikataulutusta. Seisokissa voi tulla yllättäviäkin eristyspurkuja, jotka tulevat ns. lyhyellä ilmoitusajalla. Näistä tulisi ilmoittaa aina mahdollisimman nopeasti urakoitsijoille, jotta he voisivat suunnitella työvoiman tehokkaaksi ja tuottavaksi. Seisokitöihin tulisi aina varata enemmän työntekijöitä, kuin yleensä on. Näin pystytään sopeutumaan nopeasti uusiin tilanteisiin.

7.2 Eristyspiirustusten käyttäminen

Liitteissä 2 ja 3 kuvataan kaikki mahdolliset eristettävät osat. Tilaajan olisi hyvä käyttää tätä listaa ja ilmoittaa toimittajalle standardin SFS 3979 mukaan eristettävät osat hyvissä ajoin. Lisäksi standardissa veloitetaan ilmoittamaan, missä eristystyö tehdään. Toimittajan työnjohtajia Liite 5 eristettävistä osista auttaa selventämään eristäjille, mitä eristetään.

7.3 Tarkistuslista eristäjille

On hyvä tehdä ja ottaa käyttöön tarkistuslista eristäjille. Listassa on eristyksessä tehtävät työvaiheet, ja vaiheen suoritettua se kuitataan listaan. Tärkeimpien vaiheiden (folion, ke-raamivillan, eristeen ja pellityksen asennuksen) jälkeen tarkastajat tarkastavat vaiheen oikeellisuuden. Päivän lopuksi eristäjät luovuttavat tarkistuslistan työnjohtajalle. Tämä auttaa työnjohtajia suunnittelemaan töitä ja aikataulutusta ja raportoimaan edistyksistä. Lisäksi se toteuttaa osaltaan standardia SFS 5879.

7.4 Eristystöiden tarkistaminen

Monien standardien mukaan työvaiheet tulee tarkistaa. Tarkastuksessa tulee olla mukana henkilö sekä tilaajalta että toimittajalta. Näin vastuu eristämisen oikeellisuudesta siirtyy tarkastajille ja laatu voidaan taata. Joka työpäivän päätteeksi eristäjät palauttavat pape-rilla (liite 6) tiedot PEPT:n työnjohtajalle, mikä varmistaa työn laadun ja tarkastukset.

7.5 Eristyksen määrä

Toimittaja tulee saada tilaajalta tietoa, kuinka kuuma eristettävä kohde tulee olemaan, jotta eristyksistä saadaan tarpeeksi eristävä. Standardin SFS 3978 mukaan jos eristettä-vän kohteen lämpötila ylittää 250 °C, eristekerroksia pitää olla vähintään kaksi, ja jos se taas ylittää 350 °C, täytyy varmistaa, että eristettä on riittävästi sen ohenemisen vuoksi. Näin vältetään yli- ja alimitoitettua eristykseltä.

7.6 Työvoima

Olisi hyvä, jos alihankkijalla olisi jokaisessa kohteessa niin kutsuttu vakioporukka. Kun työalue on työntekijöille tuttu, työturvallisuus kasvaa ja kohteen pelisäännöt ovat työnte-kijöille selvempiä kuin jos kohteessa käy joka kerta eri työntekijä. Esimerkiksi Terrafamalla on koko ajan työtehtäviä alihankkijoille, joten alueella olisi hyvä niin työturvallisuuden kuin työtehtävien tuttuuden vuoksi olla mahdollisuuksien mukaan samat työntekijät. Seisokin

aikana työntekijöitä tarvitaan alueella enemmän, jotta tilaajan tarpeisiin on mahdollista vastata.

Kaikille työntekijöille on tärkeää pitää koulutuksia, jotta he voivat pitää yllä ammattitaitoaan ja pystyisivät seuraamaan työssään standardeja. Työntekijöille olisi suotavaa suoda mahdollisuus opiskella työtään koskevat standardit omalla äidinkielellään.

7.7 Yhteinen sitoutuminen

Sekä tilaajan että toimittajan on sitouduttava yhteistyöhön ja panostettava siihen. Näin ollen molempien täytyy sitoutua esimerkiksi Suomen Standardisoimisliiton standardeihin, joita tässä opinnäytetyössä on käytetty peruslähteenä. Näin korostuu etenkin eettinen toimintatapa. [15]

8 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä on käsitelty rikkivetytehtaan kohteiden eristämistä. Työstä löytyy yleiset eristysohjeet, kuinka pitää eristää Suomen Standardisoimisliiton mukaan ja on viitattu, mistä löytää tarkemmat ohjeet erilaisiin erityiskohteisiin varmistakseen korkean eristystyönlaadun. Työssä on myös käsitelty, kuinka PEPT:n ja Terrafamen yhteistyötä voidaan kehittää ja samalla huomioitu työturvallisuuden korkealla pitäminen noudattamalla Suomen teollisuuden standardeja.

Lähteet

- (1) Suomen Standardisoimisliitto SFS. SFS 3975, Teollisuuseristykset. Putki-, säiliö- ja laite-eristykset. Käsitteet ja määritelmät. SFS Online; 2003. haettu 1.9.2017 osoitteesta <https://online.sfs.fi>
- (2) Tulityölupa. Talvivaara intra. Haettu 16.2.2018. /talvivaara-intra/Turvallisuus-ja-ymparisto/Ohjepankki/Ty-turvallisuus/Ty-luvat-ja-ty-t-turvallisuuskriittisiss--tiloissa/Tulity-t.html
- (3) Säiliötyölupa. Talvivaara intra. Haettu 16.2.2018. /talvivaara-intra/Turvallisuus-ja-ymparisto/Ohjepankki/Ty-turvallisuus/Ty-luvat-ja-ty-t-turvallisuuskriittisiss--tiloissa/Ty-skentely-suljetussa-umpinaisessa-tilassa.html
- (4) Ratapihatyölupa. Talvivaara intra. Haettu 16.2.2018. /talvivaara-intra/Turvallisuus-ja-ymparisto/Ohjepankki/Ty-turvallisuus/Ty-luvat-ja-ty-t-turvallisuuskriittisiss--tiloissa/Ratapihaty-t.html
- (5) PEPT OY. Faktat. <http://PEPT.fi/fi/yritys> 29.8.2017
- (6) Momentti 1 Insinöörifysiikka. Inkinen Pentti, Tuohi Jukka. 2012. Sivu 406
- (7) KAASUANALYSAATTORIN ASENNUS JA TESTAUS.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/136039/Iso-koski_Joni.pdf?sequence=1, Tarkistettu 20.3.2018
- (8) Työturvallisuuslaki <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>
20.12.2017
- (9) Suomen Standardisoimisliitto SFS. SFS 3977, Putki-, säiliö- ja laite-eristykset. Mitoitus, SFS Online; 2017. Haettu 1.9.2017 osoitteesta <https://online.sfs.fi>
- (10) Suomen Standardisoimisliitto SFS. SFS 3978, Putki-, säiliö- ja laite-eristykset. Lämpöeristystyön suoritus. SFS Online; 2009. Haettu 1.9.2017 osoitteesta <https://online.sfs.fi>

- (11) Suomen Standardisoimisliitto SFS. SFS 5879, Putki-, säiliö- ja laite-eristykset. Kenttäinstrumentoinnin lämpöeristys. SFS Online; 2003. Haettu 1.9.2017 osoitteesta <https://online.sfs.fi>
- (12) Suomen Standardisoimisliitto SFS. SFS 3976. Putki-, säiliö- ja laite-eristykset. Eristeet ja eristyslementit. SFS Online; 2016. Haettu 1.9.2017 osoitteesta <https://online.sfs.fi>
- (13) Suomen Standardisoimisliitto SFS. SFS 5744. Kattilan, kanavien ja sähkösuotimien eristykset. Lämpöeristystyön suoritus. SFS Online; 2002. Haettu 1.9.2017 osoitteesta <https://online.sfs.fi>
- (14) Suomen Standardisoimisliitto SFS. SFS 3979. Putki-, säiliö- ja laite-eristykset. Valvonta ja mittaus. SFS Online; 2016. Haettu 1.9.2017 osoitteesta <https://online.sfs.fi>
- (15) Suomen Standardisoimisliitto SFS. ISO14001. Ympäristöjärjestelmät. Vaatimukset ja niiden soveltamisohjeita. SFS Online; 2015. Haettu 1.9.2017 osoitteesta <https://online.sfs.fi>

Kuvat: PEPT:n eristysohjeista.

Liitteet

SFS 3976	MW	S	2	AF	100	T3	ST(+250)	CS(10)20	WS1	MV1	CL6	pH9.5	0.5P1
Eistemateriaali Insulating material													
Tuotemuoto Form													
Eisteluokka Class of insulating material													
Eistepäällyste Covering material													
Eistepaksuus (mm) Thickness (mm)													
Paksuustoleranssiluokka Thickness tolerance class													
Maksimi käyttölämpötila (°C) Maximum service temperature (°C)													
Puristusjännitys (kPa) Compressive stress (kPa)													
Veden imeytyminen Water absorption													
Vesihöyryn läpäisevyys Water vapour diffusion resistance													
Veteen liukenevien ionien määrittäysraja Limit of detection for water soluble ions													
Tuotteen happamuustaso pH level													
Päällysteen paksuus (mm) ja SFS 3914 tunnus Cover thickness (mm) and SFS 3914 code													

Taulukko 1 Eristeen eristyskyvyn luokat

Table 1 Classification of insulating capability

Eristeluokka Class of insulating material	Korkein käyttölämpötila vähintään Max service temperature at least	Lämmönjohtavuus enintään keskilämpötilassa Maximum thermal conductivity in mean temperature					
		mW/(m·K)					
		10 °C	50 °C	100 °C	200 °C	300 °C	400 °C
	°C						
1	80	60	65				
2	150	45	50	65			
3	250	40	45	55	80		
4	350	40	45	50	70	100	
5	600	40	45	50	65	90	115

Taukko 2 Eristeiden tunnukset ja luokitusperusteet

Tuotetyyppi ja lyhenne Product type and abbreviation	Materiaali Material	Luokka Class	Luokan korkein käyttölämpötila Max. service temperature of class °C	Lämmönjohtavuus enintään keskilämpötilassa Maximum thermal conductivity in mean temperature					SFS-EN 13501-1 paloluokka Reaction to fire	Huomautukset Remarks
				mW/(m·K)						
				10 °C	50 °C	100 °C	200 °C	300 °C		
Kouru Pipe section PS	EPS	1	80		65				FL	Kylmäeristykseen / For cold insulation 1)
	FEF	1	80		65				B _L -s3, d0	
	PEF	1	80		65				FL	
	PF	1	80		65				B _L -s1, d0	Ei sulat, hiltiyy 500 °C / Does not melt; chars at 500 °C
	CS	2	150		50	65			A2 _L -s1, d0	Materiaali kestää korkeita lämpötiloja. Material withstands high temperatures
	CG	3	250		45	55	80		A _{1L}	
	MW	2	150		50	65			A _{1L}	
	MW AL	2	150		50	65			A2 _L -s1, d0	2)
	MW	3	250		45	55	80		A _{1L}	
	MW AL	3	250		45	55	80		A2 _L -s1, d0	2)
Lamelli matto Lamella mat LM	MW	4	350		45	50	70	100	A _{1L}	
	MW	5	600		45	50	65	90	A _{1L}	
	MW AL	2	150		50	65			A2-s1, d0	2)
	MW AL	3	250		45	55	80		A2-s1, d0	2)
	MW	2	150		50	65			A1	6)
	MW AL	3	250		45	55	80		A2-s1, d0	2)
	MW	2	150		50	65			A1	6)
	MW	3	250		45	55	80		A1	7)
	MW AL	3	250		45	55	80		A2-s1, d0	2)
	MW MW AF	4	350		45	50	70	100	A1	2)
Verkkomatto Wired mat WM	MW	5	600		45	50	65	90	A1	
	MW AF	5	600		45	50	65	115	A1	

(jatkuu/continued)

Tuotetyyppi ja lyhenne Product type and abbreviation	Materiaali Material	Luokka Class	Luoakan korkein käyttölämpötila Max. service temperature of class °C	Lämmönjohtavuus enintään keskilämpötilassa Maximum thermal conductivity in mean temperature mW/(m·K)					SFS-EN 13501-1 paloluokka Reaction to fire	Huomautukset Remarks
				10 °C	50 °C	100 °C	200 °C	300 °C		
Lävy Slab S	EPS	1	80	60	65				F	
	PEF	1	80	60	65				F	
	PUR	1	80	60	65				F	3)
	PF	1	80	60	65				B-s1,d0	Ei sulat hiltty 500 °C/ Does not melt, chars at 500 °C
Matto Mat M	C/S	2	150	45	50	65			A2-s1,d0	
	C/G	3	250	40	45	55	80		A1	2) Puristusjäännitys ≥600 kPa / Compressive stress ≥600 kPa
	MW	2	150	45	50	65			A1	
	MW AL	3	250	40	45	55	80		A2-s1,d0	2)
	MW	3	250	40	45	55	80		A1	
	MW	4	350	40	45	50	70	100	A1	
	MW	5	600	40	45	50	65	90	A1	
	FEF	1	80	60	65				B-s3, d0	1)
	PEF	1	80	60	65				F	
	MW	2	150	45	50	65			A1	
HD-PEF- päällistetty polyuretaanilementti Polyurethane element faced with HD polyethylene IE	MW AL	3	250	40	45	55	80		A2-s1,d0	2)
	MW	3	250	40	45	55	80		A1	
	MW	4	350	40	45	50	70	100	A1	
	MW	5	600	40	45	50	65	90	A1	
	PUR	1	80	60	65				F	
Polyuretaanivahto Polyurethane foam F	PUR	1	80	60	65				F	3)

(jatkuu/continued)

Taulukko 2 (päättyy)

Tuotetyyppi ja lyhenne Product type and abbreviation	Materiaali Material	Luokka Class	Luokan korkein käyttölämpötila Max. service temperature of class °C	Lämmönjohtavuus enintään keskilämpötilassa Maximum thermal conductivity in mean temperature mW/(m·K)					SFS-EN 13501-1 paloluokka Reaction to fire	Huomautukset Remarks	
				10 °C	50 °C	100 °C	200 °C	300 °C			400 °C
Ruskuletava mineraalivilla Sprayable mineral wool SMW	MW	2	150	45	50	65			A1		
Suolontavilla Loose mineral wool L	MW	-							A1	4)	
Periiliiriä Perlite perlite PP	PL	1	80	60	65				A1		
Keraaminen kuitumatto Ceramic fibre mat CFM	CI	5	600	40	45	50	65	90	115	A1	5)

1) Solukumin kosteudenestuskerron mp pitää olla >400.

2) Korkein käyttölämpötila määräytyy eristeäällysteen ilma-aineen lämmönkestävyyden mukaan. Eristeäällysteen pintalämpötila ei saa ylittää 80 °C.

3) Lämmönjohtavuus suurenee ajan funktiona. Muutosnopeus on sitä suurempi, mitä korkeampi lämpötila on. Lisäksi muutosnopeus riippuu käytetyn eristeäällysteen tiiviydestä.

4) Sideaineeton tai vähäsideaineisen mineraalivillan ominaisuudet riippuvat sulontatavasta. Tästä syystä sitä ei luokitella tässä standardissa ja sitä käytetään eristyspakauksissa sekä korkeissa että matalissa lämpötiloissa. Lisäksi sitä voidaan käyttää tapauskohtaisesti putkikäyrien eristeenä.

5) Huomiolava alumiinisilikatitujen terveystarvikkeet.

6) Lamellimatto on tarkoitettu kohteisiin, jossa tuotteella pitää olla riittävä puristuskestävyys, jotta se kantaa metallipäällysteen ja oman painonsa menettämättä eristyspakauksiaan. Lamellimattoa käytetään myös, kun eristeelle asetetaan erityisiä ulkonäkövaatimuksia.

7) Luokan 3 mukaisessa käyttökohteessa on tuotteen soveltuvuus tarkistettava tapauskohtaisesti.

1) Water vapour diffusion resistance index mp must be > 400.

2) The maximum service temperature is determined by the heat resistance of the agglutination agent of the facing. The surface temperature of the facing must not exceed 80 °C.

3) Thermal conductivity increases as a function of time. The higher the temperature, the faster the change. The rate of change also depends on the tightness of the facing used.

4) In case of mineral wool without binder or low binder content, the properties depend on the packing density. Therefore it is not classified in this standard but used in special applications both at high and low temperatures. In addition, it can be used case by case as insulation material for pipe bends.

5) Attention should be paid to the health risks of aluminium silicate fibres.

6) Lamella mat is intended for applications requiring adequate compression stress to bear its own weight and the weight of the metal covering without losing insulation thickness. Lamella mat is used also in applications with special requirements related to appearance.

7) In the application of class 3 the applicability of the product shall be checked case by case.

Table 3 Recommended applications for insulating materials 1)

Taulukko 3 Eristeiden käyttösuositus 1)

Tuotemuoto / Form	Kouru / Pipe section		Matto / Mat		Lamelli-matto / Lamella Wire mat		Verkkomatto / Wire mat		Leyty / Slabs		HD-PE rakennuselementti / Element faced with HD-PE		Polyuretaanivahto / Polyurethane foam		Riisukuituva mineralivilla / Sprayable mineral wool		Perifriire / Perlit particle		Keraaminen kuitumatto / Ceramic fibre mat						
	PS	EPS	M	LM	WM	WM	WM	WM	S	EPS	IPUR	CS	IM	WICG	IE	F	SMW	PP	CFM	CI					
Käyttökohde / Eriste / Insulating material	EPS	IPUR	CS																						
	FEF	CG																							
	PEF																								
Teollisuusputket ja pyöreät kanavat / Industrial pipes and circular ducts			1																						
			1																						
			3																						
			3																						
			3																						
250 °C < t ₁ ≤ 350 °C			4																						
			4																						
			5																						
			2																						
			2																						
600 °C < t ₁ ≤ 1200 °C																									
Säiliöt, laitteet ja suorakaidekanavat / Tanks, equipment and rectangular ducts																									
-170 °C ≤ t ₁ < -50 °C																									
-50 °C ≤ t ₁ < +20 °C																									
+20 °C ≤ t ₁ ≤ 80 °C																									
80 °C ≤ t ₁ ≤ 250 °C																									
250 °C < t ₁ ≤ 350 °C																									
350 °C < t ₁ ≤ 600 °C																									
600 °C < t ₁ ≤ 1200 °C																									

(jatkuu/continued)

Table 3 (concluded)

Tuotemuoto / Form	Kouru Pipe section	Matto Mat	Lameilla Lamella	Verkkö- matto Wired mat	Levyt Slabs	HD-PE päällysteinen elementti Element faced with HD-PE	Polyuretaani- vaahdot Polyurethane foam	Ruis-kuitu- kivallava mineraalivilla Sprayable mineral wool	Perfiilitraa (Perlit pariskie)	Keraaminen kulumatto Ceramic fibre mat
Käyttökohde Application	PS	M LM MW	LM MW	WM MW	S	IE	F PUR	SMW MW	PP PL	CFM C1
Eriste Insulating material	EPS/PF FEF/CG PEF	MW	MW	MW	EPS/PUR/ICS FBF/PF PEF	PUR				
Katot / Roofs										
Kattilat ja uunit / Boilers and furnaces				5, 2)						5, 4)
Turpiinit / Turbines				4				2		5, 4)
Savupiiput / Stacks				5						
Palosuojus / Fire protection				3)						
Kaukolämpölaitteet ja -putket	4			2 3		1	1			
District heating equipment and pipes										
LVI- laitteet ja -putket / HVAC equipment and pipes	2	2 2	3							

1) on eristettävien kohteiden sisällön lämpötila

1) is the temperature of the contents of the object to be the insulated

2) Ryhmittäin kuultava tuoteista voidaan käyttää aina tuotevalmistajan ilmoittamaan alimpaan lämpötilaan käytettävänä saakka.

2) Products in this group can be used up to the minimum or maximum service temperatures informed by the manufacturer.

3) Lämpötila-alueella 1, ≥ 250 °C käytetään pakotuksen A1 mukaisia alumiinifoliopäällysteisiä vekkomaattia kaksokerroksisen alempana kerroksena.

3) In temperature range 1, ≥ 250 °C, a wired mat with an aluminium foil cover in reaction to fire class A1 must be used as the lower layer in double-layer insulation.

4) Korkein käyttölämpötila > 800 °C

4) Maximum service temperature > 800 °C

5) Korkein käyttölämpötila > 1200 °C

5) Maximum service temperature > 1200 °C

6) Seivitetään valmistajakohtaisesti

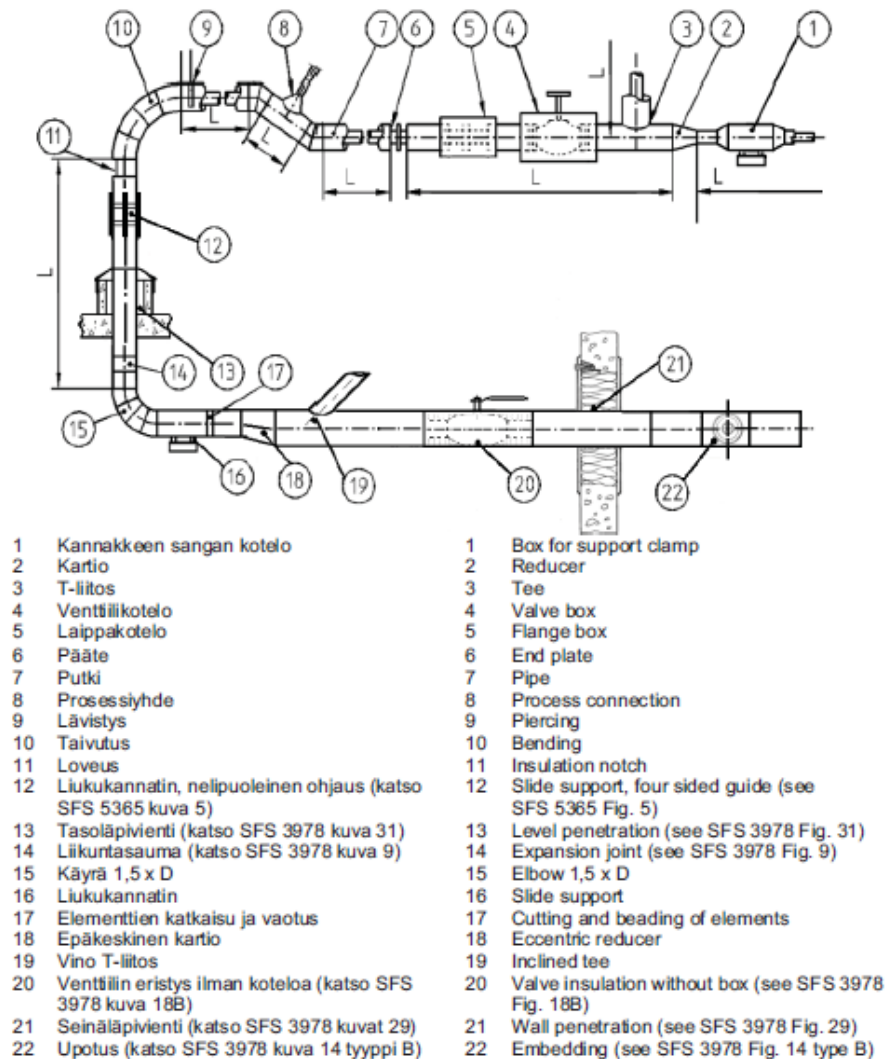
6) Specific to manufacturer

7) Puristusjännitys ≥ 20 kPa

7) Compressive stress ≥ 20 kPa

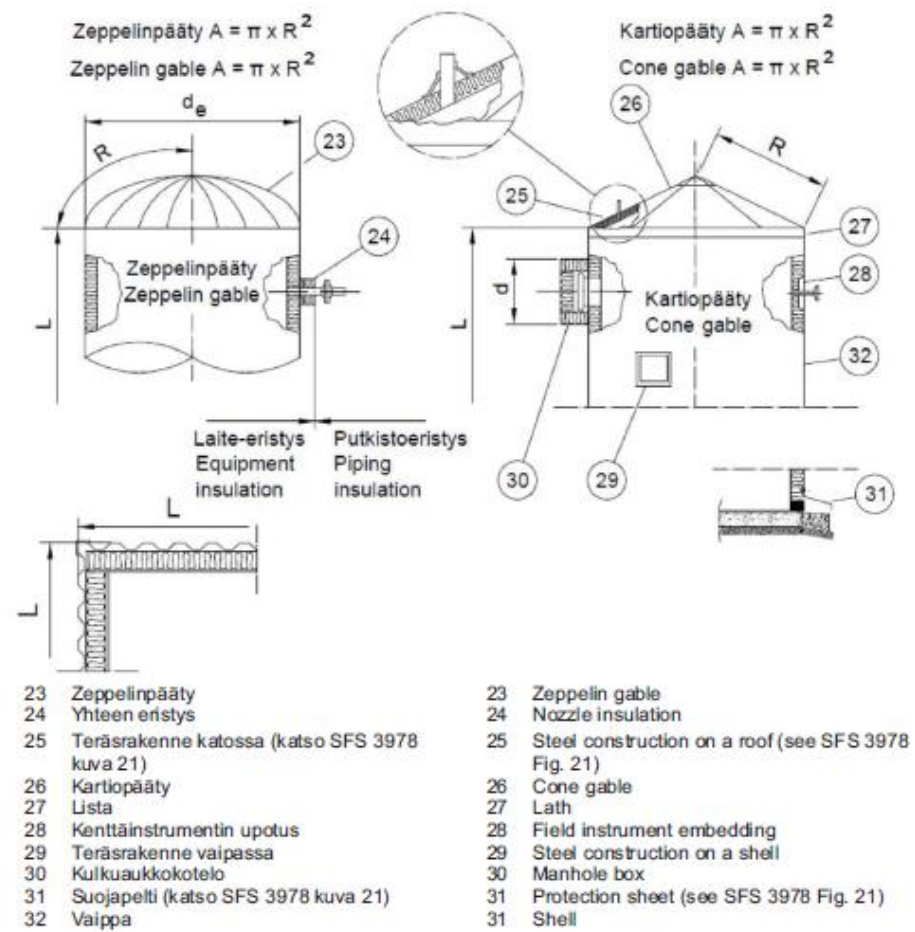
7) \geq DN 500

7) \geq DN 500



Kuva 1a Putkieristyksen mittausperiaate

Figure 1a Principle for measuring insulation of pipe



Kuva 1b Säiliö- ja laite-eristysten mittausperiaate

Figure 1b Principle for measuring insulation of vessel and equipment

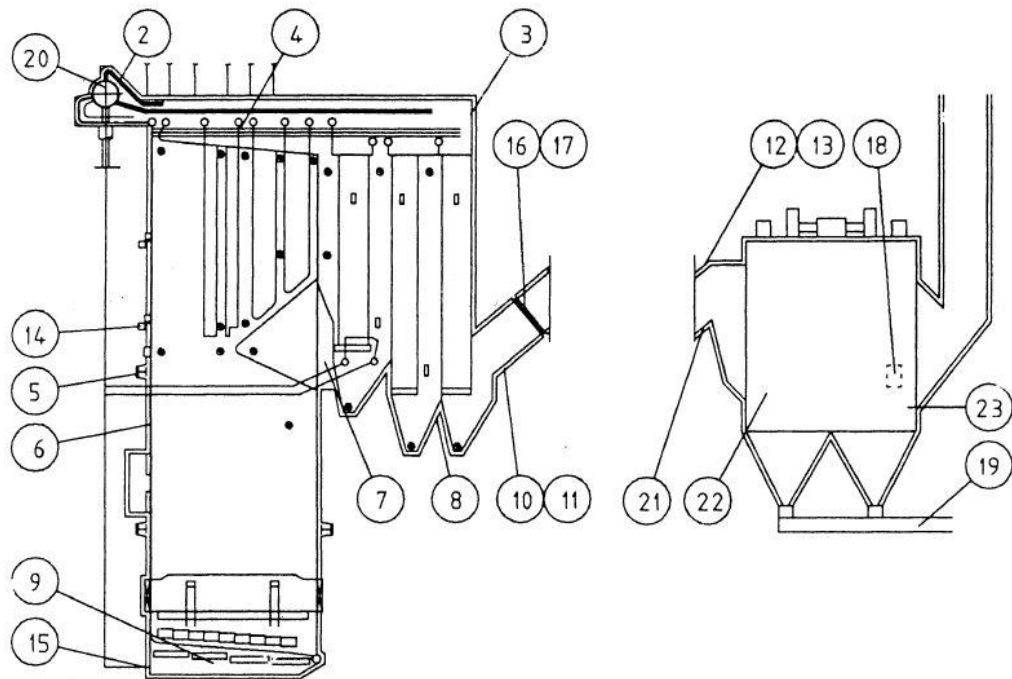
Lähde SFS 3979

Taulukko 1 Kattila-, kanava- ja sähkösuodineristyksen rakenneyksityiskohdat

Kuvan nro	Kuvan nimi
1	Yleiskuva kattila-, kanava- ja sähkösuodineristyksestä
2	Kattilan lieriön eristys
3	Kattilan kattokaapin katon ja seinän kehysrakente ja eristys
4	Tulistimen kokoojatukin eristys
5a	Kattilan seinien eristys vaihtoehto 1
5b	Kattilan seinien eristys vaihtoehto 2
6	Kattilan tulipesän kulman eristys
7	Kattilan tulipesän ja konvektio-osan välitilan seinän eristys
8	Ekonomaiserin alaosan eristys
9	Kattilan pohjakaapin eristys
10	Ilma- ja savukaasukanavien eristys päällysteenä profiilipelti
11a	Pyöreiden ilma- ja savukaasukanavien eristys pystykanavissa päällysteenä profiilipelti
11b	Mattoeristyksen tukirengas putkille kun lämpötila ≥ 250 °C
12	Ilma- ja savukaasukanavien eristys päällysteenä sileä pelti
13	Pyöreiden ilma- ja savukaasukanavien eristys päällysteenä sileä pelti tai poikittainen profiilipelti
14	Kattilan tarkastusluukun eristys
15	Putken läpiviennin eristys
16	Metallipalkeitten eristys
17	Tekstiilipalkeitten eristys
18	Sähkösuotimien tarkastusluukun eristys
19	Kuljetinten eristys
20	Tyynyeriste
21	Vierekkäisten kanavien eristys
22	Suotimien, savukaasu- ja ilmakanaavien tukirakenteiden eristys
23	Betonisen suodatinkammion seinän eristys

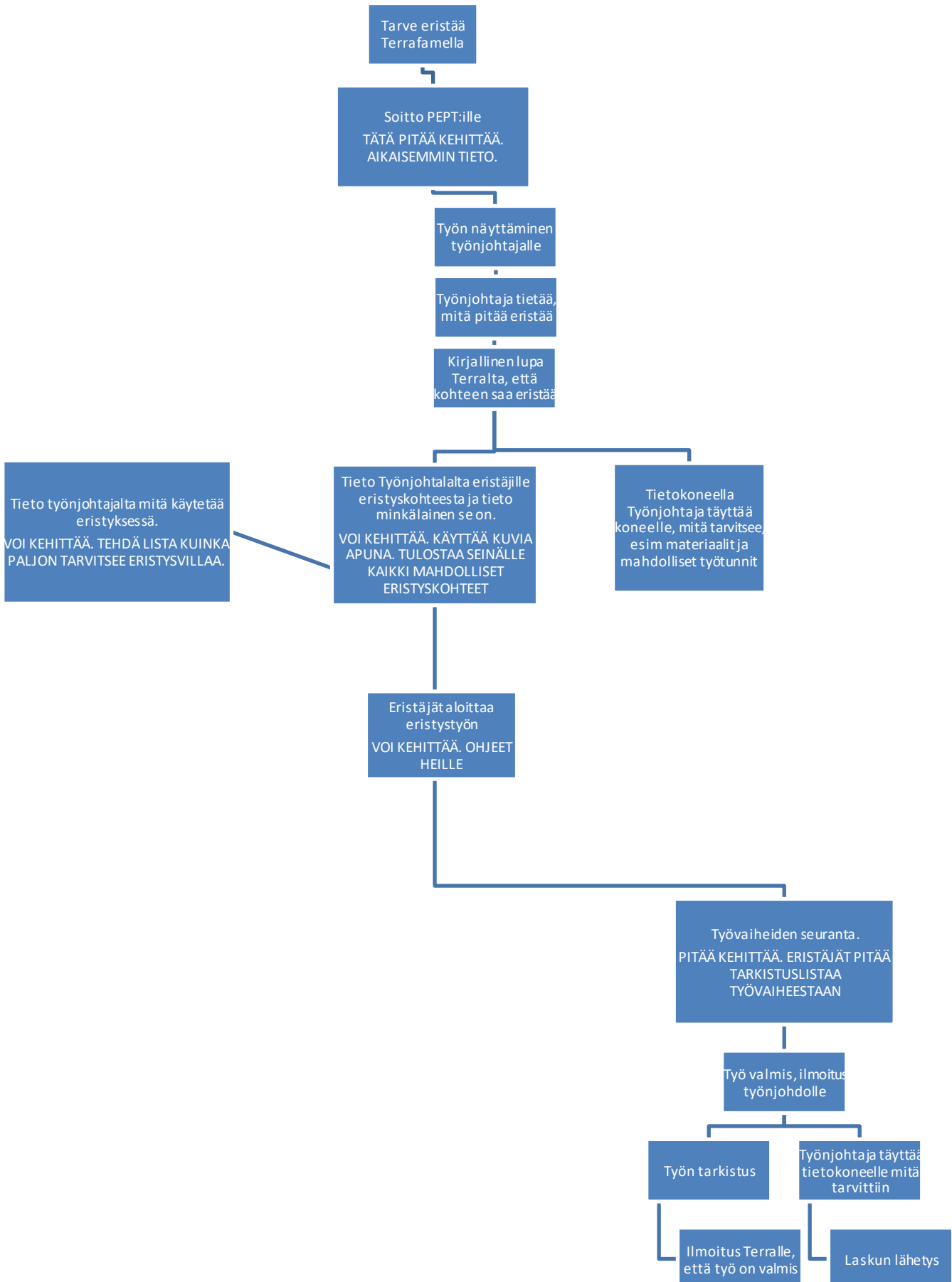
Table 1 General details of boiler, duct and electrostatic precipitator insulation

No.	Item
1	General layout of boiler, duct and electrostatic precipitator insulation
2	Insulation of steam drum
3	Framework and insulation for roof and wall of boiler penthouse
4	Insulation of superheater's header
5a	Insulation of tube wall alternative 1
5b	Insulation of tube wall alternative 2
6	Insulation for corner of boiler furnace
7	Insulation between furnace and convection part of boiler
8	Insulation for lower part of economizer
9	Insulation of bottom part of boiler
10	Insulation of air and flue ducts with corrugated sheet metal cladding
11a	Insulation of round vertical air and flue ducts with corrugated sheet metal cladding
11b	Support ring for mat insulation when temperature ≥ 250 °C
12	Insulation of air and flue ducts with plain sheet metal cladding
13	Insulation of round air and flue ducts with plain sheet metal or transverse corrugated sheet metal cladding
14	Insulation of boiler inspection door
15	Insulation of pipe penetration
16	Insulation of metal expansion joints
17	Insulation of textile expansion joints
18	Insulation of inspection door for electrostatic precipitator
19	Insulation of bottom conveyors
20	Insulation cushion
21	Insulation of adjacent ducts
22	Insulation of supporting structures for precipitators and flue gas and air ducts
23	Insulation of concrete precipitator wall



Kuva 1 Yleiskuva kattila-, kanava- ja sähkösuodineristyksestä
Figure 1 General layout of boiler, duct and electrostatic precipitator insulation

Standardi SFS 5744



Eristyskohde				
Työ	Eistäjien nimikirjaimet:	PEPT Oy tarkistajan nimi- kirjaimet:	Terrafamen tarkistajan ni- mikirjaimet:	Huomioitavaa
Alumiinifolio				
Keraamivilla				
Kivivilla				
Pellitys				

Asennustarkastuslomake

Eristyskohde		Päivämäärä
Eistäjien nimikirjaimet:		Huomioitavaa:
Alumiinifolio		
Keraamivilla		
Kivivilla		
Pellitys		
Käytetyt materiaalit		

Eristystyölomake

Yleiset eristysohjeet

1. Eristystyön aloittaminen

1. Eristys aloitetaan, kun sähkösaatot on tarkistettu ja todettu toimiviksi, työlupa on kunnossa ja monikaasuilmaisin, perussuojaimet ja kokonaamari ovat mukana.
2. Ota tarvittavat välineet ja materiaalit mukaan ja mene kohteeseen. Kohteessa on käytettävä hengityssuojainta, sillä villa pölisee.

2. Folion asentaminen

1. Katkaise alumiinifoliosta sopivan kokoisia paloja. Painele folio tiukasti kohteen ympärille. Varmista, että putki peittyy täysin, eikä siihen jää paljaita kohtia.
2. Asenna putkeen ja sularikinjäähdyttimeen kaksinkertainen folio 50 cm pituussuuntaisella limityksellä (50 cm uudesta kerroksesta laitetaan vanhan kerroksen päälle).



Kuva 1. Reaktorista tuleva putki on päällystetty alumiinifoliolla.

3. Varmista folion pysyminen alumiiniteipillä.
4. Varmista hankalat kohdat, esimerkiksi kannakkeiden ja laippojen kohdat, kolmannella kerroksella foliota, jotta terävät kulmat eivät puhkaisisi foliota.



Kuva 2. Kannakkeiden kohdat on varmistettu huolellisesti.



Kuva 3. Kaapelien kohdat on varmistettu huolellisesti.



Kuva 4. Laippojen kohtiin lisätään ylimääräinen kerros alumiinifoliota.

5. Kuittaa vaiheen valmistuminen työnjohtajalle, joka käy yhdessä Terrafamen edustajan kanssa tarkastamassa asennuksen. (Liite 5 Asennustarkastuslomake)
-
3. Keraamivillan asentaminen
 1. Peitä eristettävä kohde Insulfrax LT 25 mm tai 50 mm keraamivillalla (valkoinen villa) 20 cm limityksellä. Työnjohtaja päättää, käytetäänkö kaksi kerrosta 25 mm villaa vai yksi kerros 50 mm villaa. Jos eristettävä putki on pitkä, tee asennus pienissä pätkissä.



Kuva 5. Eristyksessä on varmistettu riittävä eristeen limitys.

2. Kiinnitä villa eristettävään kohteeseen rautalangalla. Kiristä kiinnitys surrauskoukulla. Joissain keraamivillamatoissa on valmiiksi rautalankaverkko, jolloin tarvitaan vain kiristys surrauskoukulla.
3. Kuittaa vaiheen valmistuminen työnjohtajalle, joka käy yhdessä Terrafamen edustajan kanssa tarkastamassa asennuksen. (Liite 5 Asennustarkastuslomake)
4. Pyöritä tarkastuksen jälkeen mutkiin, kannakkeiden kohtiin ja muihin hankaliin paikkoihin alumiiniteippiä villan päälle. Tämä estää saumojen aukeamisen ja pienten villasuikaleiden putoamisen kivivillan asennuksen aikana.



Kuva 6. Oikein asennettu keraamivillakerros.

4. Kivivillan asentaminen

1. Peitä eristettävä kohde 50 mm / 100 mm Paroc Pro WiredMat AL1 kivivillalla työnjohtajan ohjeiden mukaisesti 20 cm limityksellä. Jos eristettävä kohde on pitkä, tee se pienissä pätkissä.
2. Kiinnitä villa eristettävään kohteeseen rautalangalla. Kiristä kiinnitys surrauskoukulla.
3. Kuittaa vaiheen valmistuminen työnjohtajalle, joka käy yhdessä Terrafamen edustajan kanssa tarkastamassa asennuksen. (Liite 5 Asennustarkastuslomake)



Kuva 7. Tarkistettu eristysasennus.

5. Pellitys

1. Pellin mittaaminen

1. Pellin asentamisessa pitää limittää pelti edellisen päälle tai alle, riippuen asennus tavasta. Tätä varten pitää varata kolme (3) senttimetriä.
2. Muokkaa pellityksen osat isoista palasista peltipajassa ja leikkele sopiviksi.
3. Kiinnitä pellitys eristyksen päälle kohteessa.

2. Kuittaa vaiheen valmistuminen työnjohtajalle, joka käy yhdessä Terrafamen edustajan kanssa tarkastamassa asennuksen (Liite 5 Asennustarkastuslomake).

3. Pellin asentaminen ja purkaminen

1. Pellin kiinnitys. Käytetään vetoniitti- eli niin kutsuttua popniitti-menetelmää tai ruuveja.
2. Mittaa niittien paikat ja piirrä merkki niiden paikoille
3. Lyö pistepuikolla kuoppa poraamista varten
4. Kiinnitä vetoniittipora porakoneeseen, aseta pyörimissuunta myötäpäivään
5. Pora reiät läpi molemmista levyistä. Huomioi, että niittaus on siistimpi varren puolelta.
6. Aseta niitti porattuun reikään, paina pohjaan saakka. Jos mahdollista, käytä apuna lukkopihtiä levyjen paikalla pitämiseen
7. Aseta vetoniittipihdit niitin juureen saakka ja purista niin monta kertaa, kunnes niitin varsi katkeaa.

2. Pellin avaaminen.

Pellityksen voi aukaista helposti poraamalla saman kokoisella terällä niitin läpi rikkomalla se. Samaan kohtaan pystyy asentamaan uuden niitin.

6. Eristettävässä kohteessa tulee työn lopussa olla asennettuna vähintään kaksi kerrosta alumiinifoliota, 50 mm keraamivillaa ja näiden päällä tarvittava määrä kiviviljaa. Lisäksi kohteessa tulee olla pellitys, jos työluvassa niin on merkitty.

Kehittimen eristäminen

Kehittimen eristyksessä sovelletaan yllä olevaa perusohjetta. Kaksinkertaisen alumiinifoliokerroksen päälle lisätään eriste, yksi kerros alumiinifoliota, eriste ja sen päälle eristys [12]. Kiinnityspiikkejä ei saa hitsata kehittimeen, vaan valmistajan asentamiin kiinnikkeisiin kiinnitetään pulteilla kehät, joihin eristeet ja pellit kiinnitetään. Eristettävien säiliöiden tapauksessa säiliön valmistajan täytyy huomioida villojen kiinnityspiikit tai kiinnikkeet. Ja Jos säiliö luokitellaan painelaitteeksi, niin silloin siihen ei saa työmaalla hitsata mitään kiinnikkeitä/piikkejä.

Säiliön eristäminen

Säiliön eristyksessä sovelletaan yllä olevaa perusohjetta. Säiliöön täytyy kuitenkin standardin SFS 3978 mukaan asentaa kiinnityspiikit, jotta eriste on helpompi kiinnittää. Se auttaa myös pellityksessä, sillä myös pellityksen saa siihen helpommin kiinni. Piikkien rakenneaineen tulee olla samaa tai vastaavaa ainetta kuin säiliön rakenneaine. Eristettävien säiliöiden tapauksessa säiliön valmistajan täytyy huomioida villojen kiinnityspiikit tai kiinnikkeet. Ja Jos säiliö luokitellaan painelaitteeksi, niin silloin siihen ei saa työmaalla hitsata mitään kiinnikkeitä/piikkejä.

Kattilan eristäminen

Kattilan pinta eristetään ensin kerroksella villaa, jonka päälle asennetaan folio ja sen päälle toinen kerros villaa ja sen päälle lopuksi kohde peitetään foliokerroksella. Kyseiset kaksi eri villakerrosta on limitettävä vähintään 200 mm verran. Tämän jälkeen eristys suoritetaan loppuun. Myös kannatustangot kosketussuojaeristetään tarvittaessa [13]. Standardin 3978 mukaan myös kattilaan lisätään kiinnityspiikit, joita asennetaan 6 kpl / m². Korkeapaineosiin ei saa hitsata mitään, edes kiinnityspiikkejä.

Kenttäinstrumenttien eristäminen

Kenttäinstrumenttien eristyksessä sovelletaan yllä olevaa perusohjetta. Kenttäinstrumentit tarvitsevat jonkin verran vapaata aluetta. Vapaan alueen määrä riippuu instrumentin laadusta. Kenttäinstrumenttien eristämässä sovelletaan standardia SFS 3978 soveltuvien osin. Ulkotiloihin tulevien rakenteiden suunnittelussa otetaan huomioon esimerkiksi tuuli- ja lumikuormat (Standardi SFS 5879).



Kuva 8. Toimiva keraamivillaeristys kenttäinstrumentissa.