

RÄJÄHDYSVAARALLISTEN TILOJEN SÄHKÖKUNNOS- SAPITOSELVITYS

Viitakoski Joonas

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Insinööri (AMK)

2020

Tekniikka ja liikenne
Insinööri (AMK)

Tekijä	Joonas Viitakoski	Vuosi	2020
Ohjaaja	DI Matti Paaso		
Toimeksiantaja	Wärtsilä Oy		
Työn nimi	Räjähdysvaarallisten tilojen sähkökunnossapitoselvitys		
Sivu- ja liitesivumäärä	55 + 9		

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää sähkökunnossapidon standardienmukaisuus koskien uuden LNG-terminaalien kaasuräjähdysvaarallisia tiloja ja niiden sähkölaitteita. Selvitys tehtiin, jotta voitaisiin varmistua sähkölaitteiden turvallisuudesta räjähdysvaarallisissa tiloissa.

Eriyisen aiheen standardienmukaisuuden tarkasteluun antoi havainto terminaalien valmistumisajankohdasta. Työn kohteena oleva terminaali oli suunniteltu ennen räjähdysvaarallisten tilojen standardien päivittymistä, rakennettu päivittymisen aikana ja valmistunut päivityksien astuttua voimaan. Samoihin aikoihin päivittyi myös sähköturvallisuuslaki ja sen myötä sähkölaitteistoluokitukset.

Tutkimuksessa perehdyttiin räjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteiden kunnossapidon SFS-EN 60079 -standardeihin ja niiden tietoja sovellettiin kunnossapitoselvityksen koostamisessa. Tutkimuksen haasteina olivat standardien osittainen monitulkintaisuus ja keskinäiset ristiriidat.

Tulokseksi työstä saatiin standardeihin pohjautuva sähkökunnossapitoselvitys, jonka tietojen perusteella voidaan rakentaa terminaalille säädökset täyttävä sähkökunnossapitosuunnitelma. Toimeksiantajalle tehtiin myös täytettävät kunnossapitotarkastuslistat jokaiselle eri räjähdysuojaurakenteen laitteelle.

Avainsanat

ATEX, räjähdysvaarallinen tila, LNG, nesteytetty maakaasu, metaani, sähkö, kunnossapito

Technology, Communication and Transport
Bachelor of Engineering

Author	Joonas Viitakoski	Year	2020
Supervisor	Matti Paaso M.Sc (Tech)		
Commissioned by	Wärtsilä Oy		
Subject of thesis	Electrical Maintenance in Explosive Atmospheres		
Number of pages	55 + 9		

The objective of the thesis was to research the demands of electrical maintenance in explosive atmospheres at an LNG terminal according to the ATEX standards. The purpose of creating and following a proper maintenance program is to ensure the safety of the electrical apparatus in explosive areas.

There was a justified reason for inspecting the fulfillment of the standards, since the terminal was designed before the update of the ATEX standards, built during the update and completed after the update. Also, the Electrical Safety Act, which defines the need for maintenance program and the intervals for periodic inspections, was updated during the same period.

The research was done by investigating and analyzing the standard SFS-EN 60079 for explosive atmospheres and maintenance. A few challenges came up in the research, since the standards had partially some ambiguities and internal conflicts.

The outcome of the thesis is a maintenance report that fulfills the requirements of the standards. With the help of the report it is easy to create a working maintenance program for the terminal. Fill-in forms for every explosion-proof structure device was drawn up to the commissioner.

Key words ATEX, explosive atmospheres, LNG, liquified natural gas, methane, electricity, electrical maintenance

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	9
2	MANGA LNG	10
3	RÄJÄHDYSVAARALLISET TILAT	11
3.1	ATEX-laitedirektiivi	11
3.2	Räjähdyssuojausasiakirja	12
3.3	Tilaluokat	12
3.4	Laitesäädökset	14
3.5	Ryhmät	15
3.6	Laiteluokat ja räjähdysryhmät	15
3.6.1	Räjähdysryhmä I	16
3.6.2	Räjähdysryhmä II	16
3.6.3	Räjähdysryhmä III	16
3.7	Laitteiden räjähdysuojusrakenteet	17
3.7.1	Räjähdyspaineen kestävä rakenne "d"	17
3.7.2	Paineistettu rakenne "p"	19
3.7.3	Öljytäytteinen rakenne "o"	20
3.7.4	Varmennettu rakenne "e"	21
3.7.5	Hiekkatäytteinen rakenne "q"	23
3.7.6	Luonnostaan vaaraton rakenne "i"	24
3.7.7	Suojusrakenne "n"	26
3.7.8	Massavalurakenne "m"	26
3.7.9	Erikoisrakenne "s"	28
3.8	Lämpötilaluokka	28
3.9	Räjähdyssuojaustaso EPL	29
3.10	Lisämerkintä X	30
4	ATEX-MÄÄRÄYSTEN MUKAINEN KUNNOSSAPITO	31
4.1	Dokumentointi	31
4.2	Kunnossapitotarkastuksien tasot ja tyypit	32
4.2.1	Kunnossapitotarkastukset yleisesti	33
4.2.2	Pistokoetarkastukset	35
4.2.3	Jatkuvavalvonta	35

4.3	Kunnossapitotarkastukset.....	36
4.3.1	Räjähdyssuojaustaso EPL / Tilaluokka	37
4.3.2	Laiteryhmä	37
4.3.3	Laitteen maksimipintalämpötila	37
4.3.4	Laitteen syöttöpiiri	37
4.3.5	Kaapeliläpiviennit	37
4.3.6	Kaapelityyppi.....	37
4.3.7	Tiivistäminen	38
4.3.8	Maadoitus.....	38
4.3.9	Eristysresistanssi.....	38
4.3.10	Ylikuormitussuojaus	38
4.3.11	Lamput ja valaisimet	38
5	KUNNOSSAPIDON JA HUOLLON LISÄTARKASTUSVAATIMUKSET	40
5.1	Räjähdyssuorakkeen kestävä rakenne "d".....	40
5.2	Varmennettu rakenne "e"	40
5.3	Luonnostaan vaarattomat rakenteet "i"	41
5.3.1	Merkinnät	41
5.3.2	Luvattomat muutokset.....	41
5.3.3	Liitännäislaitteet.....	41
5.3.4	Kaapelit	41
5.3.5	Maadoitukset.....	42
5.3.6	Exi-piirien erotus.....	42
5.4	Räjähdyssuorakkeen rakenne "n"	42
5.5	Muut rakenteet ja suojaukset	42
6	TERMINAALIN KUNNOSSAPITOSELVITYS	44
6.1	Moottorit.....	45
6.2	Lämmitykset.....	45
6.3	Tilavalaistukset	46
6.3.1	Poistumistievalaistus.....	47
6.4	Valokatkaisimet.....	47
6.4.1	ESD-katkaisimet.....	48
6.5	Pistorasiat.....	48
6.6	Kaasumittaukset ja kaasuvaarailmaisimet	49

6.6.1	Kaasumittausten etäkäyttölaitteet.....	49
6.6.2	Aluekaasumittaukset	50
6.6.3	Kaasuvaarailmaisimet	50
6.7	Instrumentointi	51
6.8	Operointinäytöt ja kenttäpuhelimet	52
6.9	Maadoitukset	52
6.10	Liikuteltavat laitteet	52
7	POHDINTA	54
	LÄHTEET	56
	LIITTEET	57

ALKUSANAT

Kiitokset laitoksen kunnossapidosta vastaavalle Wärtsilälle ja Manga LNG -terminaalin sähkökäytönjohtajalle mahdollisuudesta tehdä kunnossapitoselvitys räjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteille.

Keminmaassa 1.4.2020

Joonas Viitakoski

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

LNG	liquified natural gas, nesteytetty maakaasu
ATEX	atmosphères explosibles, direktiivi räjähdysvaarallisten tilojen, laitteiden ja suojausjärjestelmien turvallisuudesta
BOG-kaasu	boil-off gas, nestemäisen kaasun kiehumisesta aiheutuva kaasua
Ex-tila	kaasu- tai pölyräjähdysvaarallinen tila
Inerttikaasu	kaasu, joka ei reagoi kemiallisesti muiden aineiden kanssa
Barrier	suojalaite, joka rajoittaa Ex-alueella käytettävän laitteen tehoa alentamalla käytettävää jännitettä ja virtaa
ESD	emergency shutdown, hätäseispysäytys
VAC	voltage alternating current, vaihtojännite
VDC	voltage direct current, tasajännite

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää sähkökunnossapidon standardien mukaisuus koskien LNG-terminaalin kaasuräjähdyksvaarallisia tiloja ja niiden sähkölaitteita. Erityisen aiheen standardienmukaisuuden tarkasteluun antaa opinnäytetyössä käsiteltävän terminaalin valmistumisajankohta. Terminaali on suunniteltu ennen räjähdysvaarallisten tilojen standardien päivittymistä, rakennettu päivittämisen aikana ja valmistunut päivityksien astuttua voimaan. Samaan aikaan on myös päivittynyt sähköturvallisuuslaki ja sen myötä kunnossapitovaatimuksiin vaikuttavat sähkölaitteistoluokitukset.

Uuden sähköturvallisuuslain mukaan kyseinen terminaali luokitellaan sähkölaitteistoluokkaan 2c, joten se vaatii lain mukaan kunnossapitosuunnitelman ja kymmenen vuoden välein tapahtuvat määräaikaistarkastukset. Räjähdysvaarallisten tilojen standardit määrittävät kunnossapitotoimia järjestävän ja suorittavan henkilöstön pätevyyksien vaatimukset, kunnossapitotarkastuksien tarkastusvälin, tarkastettavat laitteet, laitteiden erityisvaatimukset ja tarvittavan dokumentoinnin sisällön, sekä laajuuden.

Terminaalin kunnossapitojärjestelmä ei ole vielä käyttökunnossa, joten työssä tehtävää selvitystä ja suunnittelua ei päästä vielä lisäämään järjestelmään. Opinnäytetyön lopputuloksena on täten selvitys, jonka pohjalta kunnossapitojärjestelmään voidaan lähitulevaisuudessa alkaa rakentamaan toimivaa standardien mukaista kunnossapitosuunnitelmaa. Opinnäytetyön lisäksi asiakkaalle luovutetaan työn päätteeksi täytettävät kunnossapitotarkastuslistat ja ohjeistukset.

Teoria- ja työosuuksista on soveltuvin osin jätetty pois pölyräjähdysvaarallisia tiloja koskevat asiat selkeyden vuoksi, sillä työn kohteena oleva terminaali on ainoastaan kaasuräjähdyksvaarallinen.

2 MANGA LNG

Manga LNG Oy on Pohjoismaiden suurin nesteytetyn maakaasun terminaali, eli LNG-terminaali. Terminaali toteutettiin yhteishankkeena Outokumpu Oyj:n ja SSAB Europe Oy:n, EPV Energia Oy:n ja Gasum Oy:n välillä. Terminaalin pääurakoitsijana toimi Wärtsilä Projects Oy ja terminaali valmistui vuoden 2017 loppuun mennessä Tornion Röyttään. (Gasum 2018.)

LNG tarjoaa ilmastoystävällisiä ratkaisuja teollisuuteen ja merenkulkuun, sillä LNG ei tuota ollenkaan lähipäästöjä. Tornioon rakennettu LNG-terminaali vastasi vähäpäästöisen polttoaineen kysynnälle pohjoismaisessa teollisuudessa. LNG:tä käyttämällä voidaan muun muassa noudattaa tiukentuvia meriliikenteelle asetettuja kansainvälisiä- ja EU:n sisäisiä päästörajoja. (Yle 2019.)

Terminaalissa on 50 000 kuution varastosäiliö, johon nesteytetty maakaasu puretaan laivoista laivojen pumppuja käyttäen. Nestemäisessä muodossa maakaasua tankataan terminaalista laivoihin ja säilöautoihin, mutta sitä myös höyrystetään putkihöyrystimillä suoraan Outokummun terästehtaalalle ja Tornion Voiman kaukolämpölaitokselle. Tämän lisäksi terminaalin varastosäiliössä lämpenemisen vuoksi muodostuvaa BOG-kaasua ajetaan putkikaasulinjaan sitä mukaan, kun sitä muodostuu.

3 RÄJÄHDYSVAARALLISET TILAT

3.1 ATEX-laitedirektiivi

ATEX-laitedirektiivin 2014/34/EU tarkoituksena on muun muassa yhtenäistää EU:n jäsenvaltioiden ja ETA-valtioiden räjähdysvaarallisten tilojen ja niissä käytettävien koneiden ja laitteiden turvallisuusvaatimuksia. (SFS-käsikirja 604-1 2018, 7.)

Nykyinen ATEX-laitedirektiivi on vuodelta 2014 ja se korvasi vuoden 1994 direktiivin. Uuteen direktiiviin siirtyminen sisälsi kahden vuoden siirtymäajan, jonka aikana vielä pystyi myymään vanhemman direktiivin mukaisia laitteita ja järjestelmiä. Uutta direktiiviä ei ole kuitenkaan otettu suoraan sellaisenaan käyttöön Suomessa, vaan sitä sovelletaan seuraavilla säädöksillä:

- *Laki räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäväksi tarkoitettujen laitteiden ja suojausjärjestelmien vaatimustenmukaisuudesta (1139/2016) (ATEX laki)*
- *Valtioneuvoston asetus räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäväksi tarkoitettujen laitteiden ja suojausjärjestelmien vaatimustenmukaisuudesta (1439/2016).* (SFS-käsikirja 604-1 2018, 7.)

Räjähdysvaarallisten tilojen laitesäädöksien piiriin kuuluvat muun muassa seuraavat Ex-tiloissa käytettävät laitteet:

- *Sähkölaitteet ja komponentit*
- *Pumput*
- *Vaihteistot*
- *Pumppu/moottoriyhdistelmät*
- *Pneumaattiset laitteet*
- *Trukit*
- *Polttomoottorit.* (SFS-käsikirja 604-1 2018, 7.)

Laitedirektiivi ei siis koske pelkästään sähkölaitteita. Nykyisin sähkölaitteiden rakenteet ovat niin turvallisia ja pitkälle kehittyneitä, että Ex-tilojen kokonaisturvallisuuden kannalta merkittävämpään rooliin ovat nousseet mekaaniset laitteet. (SFS-käsikirja 604-1 2018, 7.)

3.2 Räjähdyssuojausasiakirja

Jokaisesta räjähdysvaarallisesta tilasta täytyy olla laadittuna räjähdysuojausasiakirja, joka määrittää laitteiden valinnan ja asentamisen kannalta keskeiset vaatimukset. Räjähdyssuojausasiakirja voi olla osana muuta työpaikalla laadittavaa turvallisuusasiakirjaa ja siinä esitetään muun muassa seuraavat sähkölaitteiden kunnossapitoon vaikuttavat:

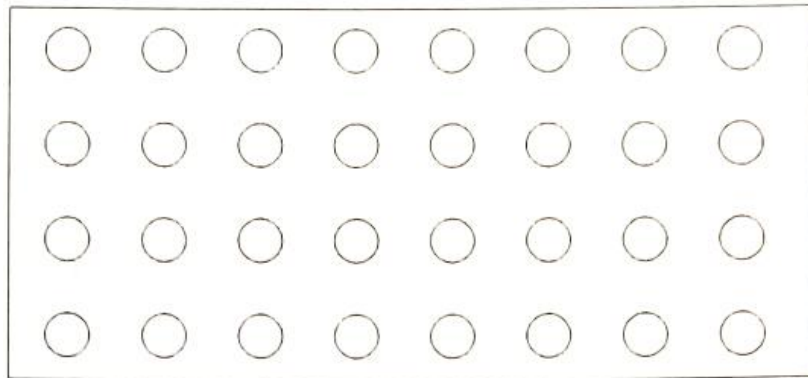
- *Toimintojen kuvaus (räjähdysvaaran kannalta tärkeät tiedot)*
- *Kuvaus räjähdyskelpoisen ilmaseoksen aiheuttavista aineista ja olosuhteista, joissa räjähdyskelpoisia ilmaseoksia muodostuu*
- *Luettelo laitteista ja työvälineistä, jotka voivat toimia sytytyslähteinä (sähkölaitteista laiteluettelo)*
- *Selvitys siitä, missä vaarallisia räjähdyskelpoisia ilmaseoksia voi esiintyä ja mitä laitteita tiloissa on. Riskien arvioinnissa on huomioitava prosessin ylös- ja alasajot, tilojen puhdistaminen ja muutostilanteet*
- *Räjähdyssuurallisten tilojen luokittelu (luokituskuvina tai tekstinä)*
- *Selvitys toteutetuista räjähdysuojaustoimenpiteistä, jotka jaetaan teknisiin ja organisatorisiin toimenpiteisiin (ST 51.83 2017, 2.)*

3.3 Tilaluokat

Ensisijaisesti on tärkeää ymmärtää räjähdysvaarallisten alueiden eri tilaluokitukset, jotta voidaan luotettavasti arvioida sähkölaitteiden soveltuvuutta kyseiselle alueelle. Tilaluokitukset ja niiden laajuus tehdasalueella käyvät ilmi räjähdysuojausasiakirjasta.

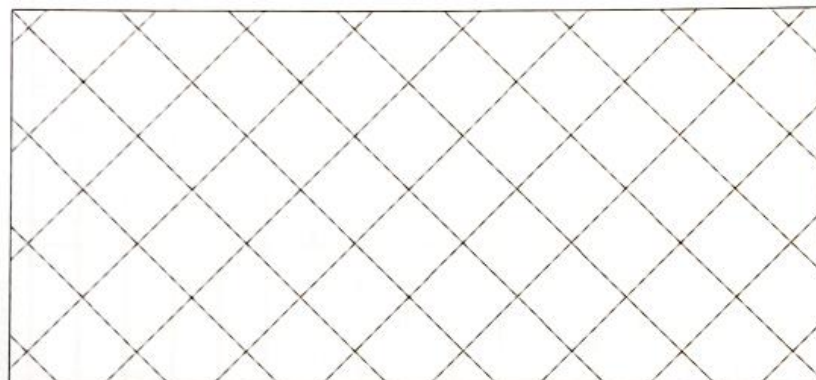
Laitevalintoihin vaikuttaa tilaluokituksen lisäksi räjähdysvaarallisen aineen ominaisuudet, kuten räjähdysryhmä, josta taas riippuu sallittu laiteryhmä. Lisäksi laitevalintoihin vaikuttaa kaasun syttymislämpötila ja siitä riippuva laitteen lämpötilaluokka. (SFS-käsikirja 604-1 2018, 55.)

Tilaluokalla 0 tarkoitetaan tilaa, jossa räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai toistuvasti (Kuvio 1). On otettava huomioon tilaluokan 0 ehtojen täyttyminen, vaikka räjähdyskelpoista ilmaseosta ei esiintyisikään jatkuvasti, mutta todennäköisyys sen esiintymiselle on suuri. (SFS-käsikirja 604-1 2018, 66.)



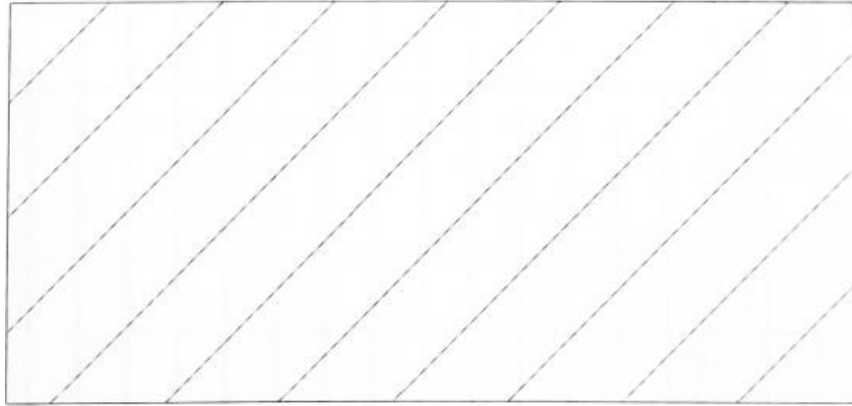
Kuvio 1. Tilaluokan 0 merkintätapa. (SFS-EN 60079:10-1 2015, 27.)

Tilaluokalla 1 tarkoitetaan tilaa, jossa räjähdyskelpoinen ilmaseos todennäköisesti esiintyy normaalikäytössä ajoittain (Kuvio 2). (SFS-käsikirja 604-1 2018, 66.)



Kuvio 2. Tilaluokan 1 merkintätapa. (SFS-EN 60079:10-1 2015, 27.)

Tilaluokalla 2 tarkoitetaan tilaa, jossa räjähdyskelpoinen ilmaseos ei todennäköisesti esiinny normaalikäytössä (Kuvio 3). (SFS-käsikirja 604-1 2018, 67.)



Kuvio 3. Tilaluokan 2 merkintätapa. (SFS-EN 60079:10-1 2015, 27.)

Tilaluokkaa 0 ei tavata hyvin suunnitellussa kaasuterminaalissa käytännössä ollenkaan. Tilaluokat 1 ja 2 ovat yleisimpiä, joista tilaluokkien 1 osuus on häviävän pieni.

3.4 Laitesäädökset

Ex-tiloissa käytettäväksi tarkoitettuja laitteita ja järjestelmiä voidaan valmistaa ja myydä vain, jos ne täyttävät ATEX-laitesäädösten vaatimukset, joita ovat:

- *Laiteryhmä- ja laiteluokkakohtaiset olennaiset turvallisuusvaatimukset*
- *Vaatimustenmukaisuuden arviointi*
- *EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus*
- *CE-merkintä, sertifioidun laadunvalvontaa suorittavan laitoksen tunnus ja erityinen EX-merkintä (Kuvio 4)*
- *Laiteryhmää ja luokkaa kuvaava merkintä (SFS-käsikirja 604-1 2018, 8.)*



Kuvio 4. ATEX-laitteen merkintämalli. CE-merkintä, valmistajan tunnus ja erityinen Ex-merkintä.

3.5 Ryhmät

Kaasuräjähdyksvaarallisten alueiden laitteet jaetaan ryhmiin I ja II. Ryhmän I laitteet on tarkoitettu käytettäväksi pääsääntöisesti hiilikaivoksissa ja niiden maanpäällisissä osissa, joissa räjähdysvaara perustuu kaivoskaasuun ja/tai pölyyn. Ryhmän I laitteet jaetaan kahteen eri laiteluokkaan: M1 ja M2. Suomessa ryhmän I laitteita ei käytännössä tarvitse ottaa huomioon ollenkaan. (SFS-käsikirja 604-1 2018, 8.)

Ryhmän II laitteet on tarkoitettu käytettäväksi muissa paikoissa kuin kaivoksissa. Ryhmän II laitteet jaetaan kolmeen eri laiteluokkaan sen mukaan, miten suurta turvallisuustasoa niiltä vaaditaan (Kuvio 5). (SFS-käsikirja 604-1 2018, 8.)



Kuvio 5. ATEX-laitteen merkintämalli. Muualla kuin kaivoksissa käytettävä ryhmätunnus II.

3.6 Laiteluokat ja räjähdysryhmät

Ex-laitteet jaetaan kolmeen eri pääryhmään. Standardeissa pääryhmien merkintätapana käytetään roomalaisia numeroita I, II ja III, mutta itse laitteissa ryhmän tunnus esitetään numeroina 1, 2 ja 3 (Kuvio 6). (SFS-käsikirja 604-1 2018, 8.)



Kuvio 6. ATEX-laitteen merkintämalli. Ex-laitteiden pääryhmän merkintätapa ja syttyvän aineen tunnus.

3.6.1 Räjähdyssryhmä I

Ryhmän I sähkölaitteet on tarkoitettu käytettäväksi kaivoksissa, joissa syttymisen lähteenä voi olla hiilipöly tai kaivoskaasu. (SFS-EN 60079-0 2013, 28.)

3.6.2 Räjähdyssryhmä II

Ryhmän II sähkölaitteet on tarkoitettu käytettäväksi muissa räjähdysvaarallisissa tiloissa kuin kaivoksissa. Ryhmä II sisältää kolme eri alaryhmää, jotka jaotellaan käyttöpaikassa altistavan räjähdyskelpoisen kaasuilmaseoksen mukaan (Kuvio 7). Alaryhmien numerointi esitetään laitteessa ryhmänumeron osalta roomalaisittain:

- IIA, tyypillinen kaasu on propaani
- IIB, tyypillinen kaasu on eteeni
- IIC, tyypillinen kaasu on vety. (SFS-EN 60079-0 2013, 28.)

Ryhmän IIB laite täyttää ryhmän IIA vaatimukset, kun taas ryhmän IIC laite täyttää ryhmän IIA ja IIB vaatimukset. (SFS-EN 60079-0 2013, 28.)



Kuvio 7. ATEX-laitteen merkintämalli. Laiteluokka 2G kaasuille ja räjähdysryhmä IIC vetykaasulle.

3.6.3 Räjähdyssryhmä III

Ryhmän III sähkölaitteet on tarkoitettu käytettäväksi pölyräjähdysvaarallisissa tiloissa, pois lukien kaivokset. Ryhmä III sisältää myös kolme eri alaryhmää, jotka jaotellaan käyttöpaikassa altistavan räjähdyskelpoisen pölyilmaseoksen mukaan:

- IIIA, palavat hahtuvat

- *IIIB, eristävät pölyt*
- *IIIC, johtavat pölyt.* (SFS-EN 60079-0 2013, 28.)

Ryhmän IIIB laite täyttää ryhmän IIIA vaatimukset, kun taas ryhmän IIIC laite täyttää ryhmän IIIA ja IIIB vaatimukset. (SFS-EN 60079-0 2013, 28.)

3.7 Laitteiden räjähdysuojusrakenteet

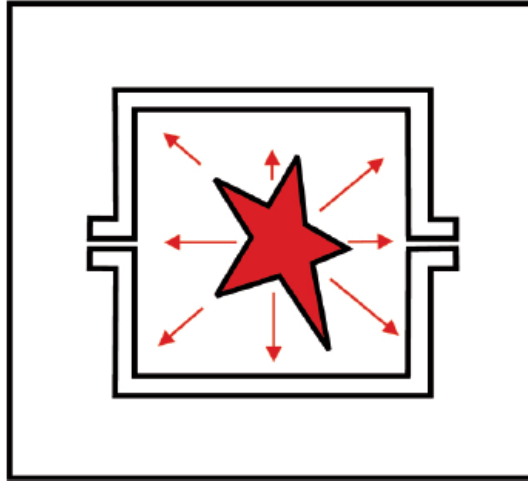
Laitteiden räjähdysuojusrakenteen, tilaluokkien ja räjähdysuojastason soveltuvuus keskenään esitettynä kokonaisuudessaan liitteen 1 taulukossa 1, mutta ne käydään läpi myös alla erillisinä osiaina. Taulukot on koostettu standardien perusteella ja käytetty pohjana myös standardeissa mahdollisesti esiintyviä valmiita taulukoita. Laitteiden räjähdysuojusrakenne merkitään alla olevan kuvan mukaisesti laitteelle (Kuvio 8).



Kuvio 8. ATEX-laitteen merkintämalli. Räjähdyspaineen kestävä rakenne "d".

3.7.1 Räjähdyspaineen kestävä rakenne "d"

Rakenteessa Ex d syttyvät osat ovat sijoitettuna räjähdyspaineen kestäväan koteloon (Kuvio 9). Kotelon sisälle tunkeutunut mahdollinen räjähdyskelpoinen seos saa räjähtää maksimissaan 10 barin paineella, mutta räjähdys ei saa kuitenkaan levitä kotelon ulkopuolelle. (SFS-käsikirja 604-1 2018, 372.)



Kuvio 9. Räjähdyssuojauksen kestävä rakenne "d". (ST 51.83 2017, 8.)

Rakenne soveltuu erityisen hyvin kuumille tai kipinöiville laitteille, joita ovat muun muassa katkaisijat, moottoreiden liukurenkaat, lämmityslaitteet ja valaisimet. Nykyisen standardin mukaan Ex d -rakenteella saadaan täytettyä kaikkien kaasuti-
lojen räjähdysuojauksien vaatimukset, merkinnöin Ex da, Ex db ja Ex dc (Taulukko 1). (SFS-käsikirja 604-1 2018, 372.)

Taulukko 1. Räjähdyssuojauksen kestävä Ex-rakenne "d" ja soveltuvat tilaluokat.

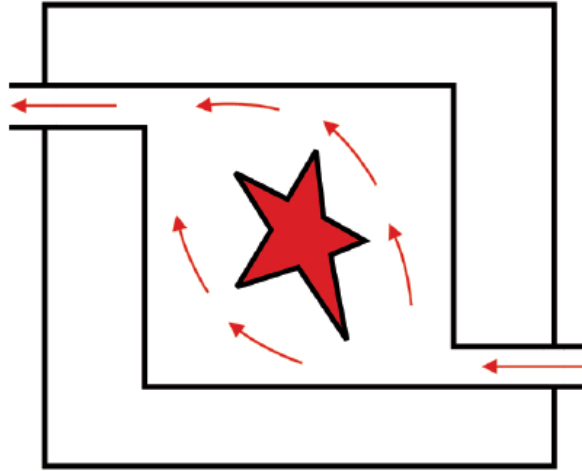
Räjähdyssuojaus -rakenne		Tilaluokka/räjähdyssuojaustaso		
		0 / Ga	1 / Gb	2 / Gc
d	da	x	x	x
	db		x	x
	dc			x

Laiteryhmää Ex d koskevat seuraavat lisämerkintävaatimukset:

- Standardin edellyttämät varoitusmerkinnät
- Informatiiviset merkinnät kuten kierre koko- ja tyyppi. (SFS-käsikirja 604-1 2018, 377.)

3.7.2 Paineistettu rakenne "p"

Paineistetussa rakenteessa suojaus saadaan aikaan pitämällä kotelon sisällä pientä ylipainetta, jolloin syttyvät seokset eivät pääse kertymään kotelon sisälle (Kuvio 10). Kotelon ylipainetta voidaan ylläpitää puhtaalla ilmalla tai inerteillä kaasuilla, kuten työllä. (SFS-käsikirja 604-1 2018, 372.)



Kuvio 10. Paineistettu rakenne "p". (ST 51.83 2017, 9.)

Painetta ylläpidetään kotelossa jatkuvalla huuhtelulla tai korvaamalla sieltä ulos-voitava ilma. Rakennetta käytetään yleensä isoissa laitteissa kuten moottoreissa, ohjauispulpeteissa ja keskuksissa. Samaa periaatetta noudattaen rakennetaan valvomoita ja muita erillisiä rakennuksia räjähdysvaarallisissa tiloissa. Ex p -rakenne täyttää tilaluokkien 1 ja 2 vaatimukset alla olevan taulukon mukaisesti (Taulukko 2). (SFS-käsikirja 604-1 2018, 373.)

Taulukko 2. Paineistettu Ex-rakenne "p" ja soveltuvat tilaluokat

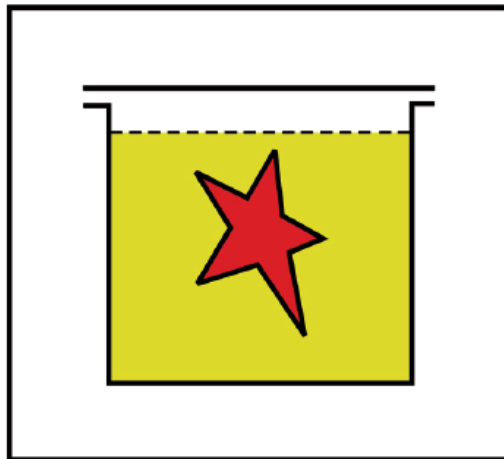
Räjähdysuojau -rakenne		Tilaluokka/räjähdysuojaustaso		
		0 / Ga	1 / Gb	2 / Gc
p	pxb/pyb		x	x
	pzc			x

Paineistettua rakennetta koskee seuraavat lisämerkintävaatimukset:

- Suojaustyyppi px, py tai pz
- Pienin huuhteluun tarvittava suojakaasun määrä, virtausnopeus ja minimihuuhteluaika
- Suojakaasu mikäli käytetään muuta kuin ilmaa
- Pienin ja suurin sallittu ylipaine kotelossa
- Maksimi suojakaasun vuotomäärä
- Suojakaasun minimivirtausmäärä
- Tarvittaessa suojakaasun sallittu lämpötila tai lämpötila-alue
- Piste, josta painetta mitataan
- Standardin vaatimat varoituskilvet. (SFS-käsikirja 604-1 2018, 377.)

3.7.3 Öljytäytteinen rakenne "o"

Öljytäytteisessä rakenteessa räjähdysen syyttävät osat ovat upotettuna öljyyn, jotta mahdolliset kipinät, valokaaret ja kuumat kaasut eivät pääse öljyn sisältä kosketuksiin räjähdyskelpoisen seoksen kanssa (Kuvio 11). (SFS-käsikirja 604-1 2018, 373.)



Kuvio 11. Öljytäytteinen rakenne "o". (ST 51.83 2017, 9.)

Öljytäytteistä rakennetta käytetään muun muassa muuntajilla ja käynnistysvas-
tuksilla. Ex o -rakenteisia laitteita voidaan tehdä täyttämään tilaluokkien 1 ja 2
vaatimukset (Taulukko 3). (SFS-käsikirja 604-1 2018, 373.)

Taulukko 3. Öljytäyteinen Ex-rakenne "o" ja soveltuvat tilaluokat

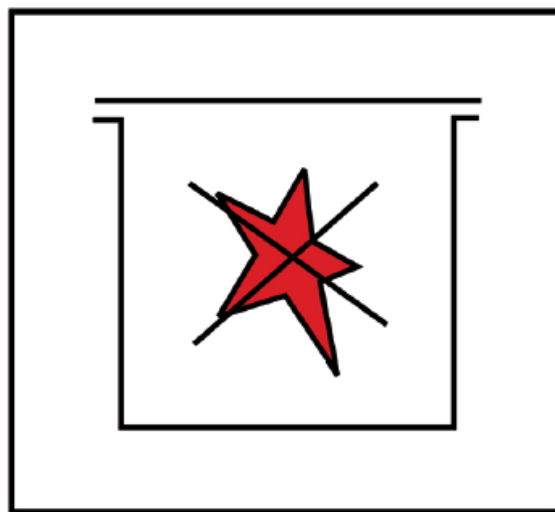
Räjähdyssuojaus -rakenne		Tilaluokka/räjähdyssuojaustaso		
		0 / Ga	1 / Gb	2 / Gc
o	ob		x	x
	oc			x

Öljytäyteistä rakennetta koskee seuraavat lisämerkintävaatimukset:

- *Käytetty neste*
- *Mahdollisen paineenalennusventtiilin asetusarvot*
- *Suojauksessa käytetyn nesteen pinnankorkeuden minimi ja maksimi.*
(SFS-käsikirja 604-1 2018, 377.)

3.7.4 Varmennettu rakenne "e"

Varmennetussa rakenteessa saavutetaan suurempi turvallisuus verrattuna tavallisiin sähkölaitteisiin (Kuvio 12). Rakenne soveltuu laitteisiin, joissa ei esiinny kuumia pintoja, valokaaria tai kipinöintiä normaalitilanteissa. (SFS-käsikirja 604-1 2018, 373.)



Kuvio 12. Varmennettu rakenne "e". (ST 51.83 2017, 8.)

Varmennettua rakennetta voi käyttää esimerkiksi kytkentärasioille, haaroitusrasioille, oikosulkumoottoreille, valaisimille ja muille kipinöimättömille laitteille. Nykystandardin mukaan Ex e -laitteet voidaan tehdä täyttämään tilaluokkien 1 ja 2 vaatimukset (Taulukko X). (SFS-käsikirja 604-1 2018, 373.)

Taulukko 4. Varmennettu Ex-rakenne "e" ja soveltuvat tilaluokat

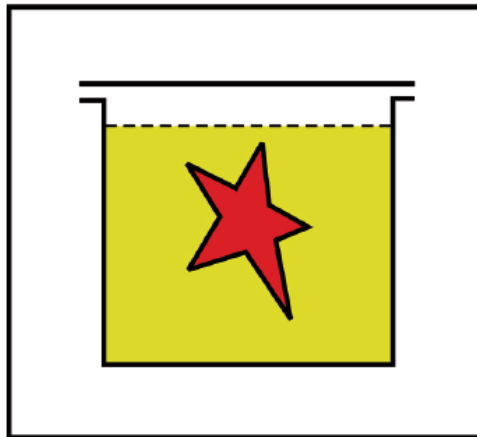
Räjähdyssuojaus -rakenne		Tilaluokka/räjähdyssuojaustaso		
		0 / Ga	1 / Gb	2 / Gc
e	eb		x	x
	ec			x

Varmennettua rakennetta koskee seuraavat lisämerkintävaatimukset:

- Mitoitusjännite ja -virta
- Käynnistys- ja nimellisvirran suhde I_A / I_N ja t_E aika moottoreille ja vaihtovirtamagneeteille
- Suurin oikosulkuvirta
- Valolähteen tekniset tiedot
- Liitântäkoteloissa suurin sallittu häviöteho, tai jokaiselle liitinkoolle sallittu lukumäärä eri johdinpoikkipinnoilla ja virroilla
- Mahdolliset käyttöalueen rajoitukset
- Tiedot erityisistä suojalaitteista
- Paristojen rakennetyyppi, lukumäärä, nimellisvirta, varauskyky ja purkausaika
- Lämmityslaitteissa käytetyn materiaalin lämmönkestävyysarvo T_P
- Ex-riviliittimissä sallittu johtimen poikkipinta-alue ja mitoitusjännite. (SFS-käsikirja 604-1 2018, 376-377.)

3.7.5 Hiekkatäytteinen rakenne "q"

Hiekkatäytteisessä rakenteessa räjähdysten sytyttävät osat ovat upotettuna pulverimaiseen aineeseen, kuten hiekkaan, jotta mahdolliset kipinät, valokaaret ja kuumat kaasut eivät pääse hiekan sisältä kosketuksiin räjähdyskelpoisen seoksen kanssa (Kuvio 13). (SFS-käsikirja 604-1 2018, 374.)



Kuvio 13. Hiekkatäytteinen rakenne "q" (ST 51.83 2017, 9.)

Hiekkatäytteistä rakennetta käytetään esimerkiksi muuntajilla, kondensaattoreilla ja loistelamppujen sytyttimillä. Nykystandardin mukaan Ex q -laitteita voidaan tehdä täyttämään tilaluokkien 1 ja 2 vaatimukset (Taulukko 5). (SFS-käsikirja 604-1 2018, 374.)

Taulukko 5. Hiekkatäytteinen Ex-rakenne "q" ja soveltuvat tilaluokat

Räjähdysuojaus -rakenne		Tilaluokka/räjähdysuojaustaso		
		0 / Ga	1 / Gb	2 / Gc
q	qb		X	X

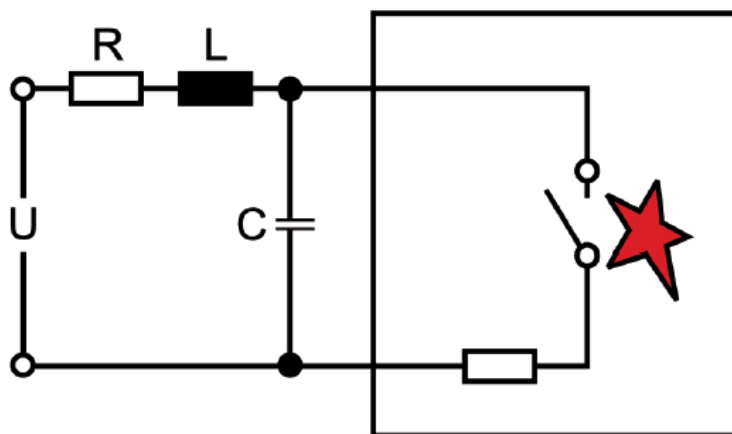
Hiekkatäytteistä rakennetta koskee seuraavat lisämerkintävaatimukset:

- *Laitteessa on oltava varoitusteksti: "Tämä kotelo on pysyvästi suljettu, eikä sitä voi korjata" tai "Tämä kotelo on tehtaalla suljettu, katso valmistajan korjausohjeita"*

- *Ulkoisten virtapiirien liittimet merkittävä selvästi tunnuksella ja lisäksi on merkittävä mitoitusjännite ja -virta*
- *Mikäli ulkoisella sulakesuojauksella on vaikutusta Ex-suojaukseen, on ilmoitettava ulkoisen sulakkeen tiedot*
- *Ulkoisen syöttöpiirin prospektiivinen oikosulkuvirta, mikäli laite on suunniteltu muulle kuin 1500A oikosulkuvirralle. (SFS-käsikirja 604-1 2018, 378.)*

3.7.6 Luonnostaan vaaraton rakenne "i"

Luonnostaan vaaraton rakenne on soveltuva laitteisiin, joiden teho on niin pieni, ettei se kykene sytyttämään räjähdyskelpoista seosta erilaisissa vikatapauksissa. Virtapiirien jännite ja virta alennetaan teholähde-erottimilla, eli barriereilla, jotta vikatilanteissa ei pääse syntymään kipinäintiä tai muodostumaan kuumia pintoja (Kuvio 14). (SFS-käsikirja 604-1 2018, 374.)



Kuvio 14. Luonnostaan vaaraton rakenne "i". (ST 51.83 2017, 9.)

Laitteen teho määritetään vaaran aiheuttavan seoksen ja piirin impedanssin mukaisesti. Kyseistä suojaustapaa käytetään tavallisesti mittaus- ja merkinantolaitteissa. Luonnollisesti vaarattomat laitteet voidaan valmistaa vastaamaan kaikkien tilaluokkien vaatimuksia jakamalla ne kolmeen eri luokkaan (Taulukko 6):

- *Ex ia, joka ei aiheuta vaaraa kahden vian esiintyessä samanaikaisesti*

- *Ex ib, joka ei aiheuta vaaraa yhden vian sattuessa*
- *Ex ic, joka ei aiheuta vaaraa normaalitoiminnassa. (SFS-käsikirja 604-1 2018, 374.)*

Taulukko 6. Luonnostaan vaaraton rakenne "i" ja sille soveltuvat tilaluokat

Räjähdyssuojaus -rakenne		Tilaluokka/räjähdyssuojaustaso		
		0 / Ga	1 / Gb	2 / Gc
i	ia	X	X	X
	ib		X	X
	ic			X

Luonnostaan vaarattonta rakennetta koskevat seuraavat lisämerkintävaatimukset:

- *Kun kyseessä on liitännäislaite, on tunnuksen Ex ia, Ex ib, Ex ic tai ia, ib tai ic oltava merkitty hakasulkuihin, jos energian rajoitus tehdään Ex-alueella kenttälaitteen sisällä. Esimerkiksi: [Ex ia] tai Ex [ia]. Tunnusta ei saa merkitä hakasulkuihin, mikäli energianrajoitus tehdään kenttälaitteen ulkopuolella, esim. käytettäessä barriereita automaatiotilassa. Liitännäislaite on sähkölaite, joka sisältää sekä luonnostaan vaarattomia että muita piirejä*
- *Kaikki Ex i -suojaukseen vaikuttavat sähköiset tekijät, kuten U_m , U_0 , C_0 , L_0 , C_i ja L_i*
- *Luonnostaan vaarattoman sähkölaitteen ja liitännäislaitteen liittimet, liittinkotelot ja pistokytkimet on merkittävä selvästi ja niiden on oltava selvästi tunnistettavissa. Jos tähän tarkoitukseen käytetään väriä, sen on oltava vaaleansininen*
- *Tarvittaessa IP-luokka. (SFS-käsikirja 604-1 2018, 377.)*

3.7.7 Suojusrakenne "n"

Suojusrakenne n sisältää tilaluokkaan 2 soveltuvia laitteita, ne ovat turvallisia normaalikäytössä. Kyseinen suojusrakenne käsittelee pitkälti samoja suojausrakenteita, joita käytetään muun muassa tilaluokassa 1, ja niiden lisämerkinnät voivat olla seuraavanlaisia:

- *Ex nA, kipinöimätön rakenne*
- *Ex nC, suojattu kipinöinti*
- *Ex nR, rajoitetusti hengittävä kotelointi*
- *Ex nL, energiarajoitettu rakenne (SFS-käsikirja 604-1 2018, 378.)*

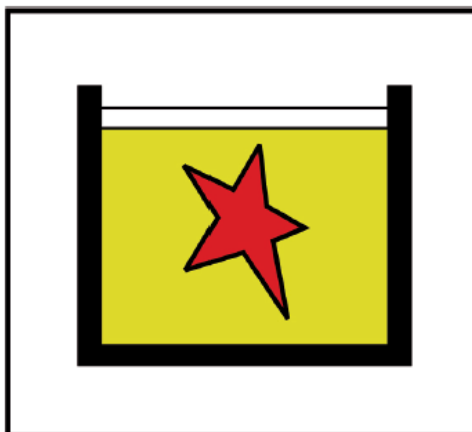
Suojusrakenne ja sen soveltuvuudet eri tilaluokkiin on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Suojusrakenne "n" ja sille soveltuvat tilaluokat

Räjähdyssuojaus -rakenne		Tilaluokka/räjähdyssuojaustaso		
		0 / Ga	1 / Gb	2 / Gc
n	nA			X
	nC			X
	nR			X
	nL			X

3.7.8 Massavalurakenne "m"

Massavaletussa rakenteessa vaaraa aiheuttavat osat ovat massattuna siten, että ne eivät pääse kosketuksiin räjähdyskelpoisen seoksen kanssa (Kuvio 15). (SFS-käsikirja 604-1 2018, 375.)



Kuvio 15. Massavalurakenne "m". (ST 51.83 2017, 10.)

Massavalettua rakennetta käytetään pääsääntöisesti kooltaan pienehköillä laitteilla ja komponenteilla. Ex m -rakenne voidaan tehdä täyttämään kaikkien tilaluokkien vaatimukset, eikä niitä jaeta erikseen räjähdysryhmiin (Taulukko 8). (SFS-käsikirja 604-1 2018, 375.)

Taulukko 8. Massavalurakenne "m" ja sille soveltuvat tilaluokat

Räjähdyssuojaus -rakenne		Tilaluokka/räjähdyssuojaustaso		
		0 / Ga	1 / Gb	2 / Gc
m	ma	x	x	x
	mb		x	x
	mc			x

Massavalurakennetta koskee seuraavat lisävaatimusmerkinnät:

- *Mitoitusvirta ja -jännite*
- *Ulkoisen sulakesuojauksen tiedot, jos se on tarpeen.*
- *Suurin sallittu prospektiivinen oikosulkuvirta, jos se on alle 1500A. (SFS-käsikirja 604-1 2018, 378.)*

3.7.9 Erikoisrakenne "s"

Edellä mainittujen suojausrakenteiden lisäksi käytössä on erikoisrakenne Ex s, jotka valmistetaan jotain tiettyä tarkoitusta varten, jossa standardisoituja räjähdysuojauksia ei voida syystä tai toisesta käyttää. Erikoisrakenne s täytyy hyväksyttää valmistajan ja testauslaitoksen välisissä neuvotteluissa (Taulukko 9). (SFS-käsikirja 604-1 2018, 376.)

Taulukko 9. Erikoisrakenne "s" ja sille soveltuvat tilaluokat

Räjähdysuojauksen rakenne		Tilaluokka/räjähdysuojaustaso		
		0 / Ga	1 / Gb	2 / Gc
s		sovittava ja hyväksyttävä erikseen		

3.8 Lämpötilaluokka

Lämpötilaluokalla ilmoitetaan valmistajan määrittämä laitteen maksimipintalämpötila. Lämpötilaluokkien merkintätapoja on kuusi kappaletta välillä T1-T6 (Taulukko 10). Lämpötilaluokka T6 käy kaikille syttymislämpötila-alueille, kun taas T1 käy pelkästään syttymislämpötila-alueelle ≥ 450 °C. (SFS-käsikirja 604-1 2018, 335)

Taulukko 10. Lämpötilaluokat, syttymislämpötila-alueet ja laitteiden sallitut lämpötilaluokat

Lämpötilaluokka	Syttymislämpötila-alue °C	Sähkölaitteiden sallitut lämpötilaluokat
T1	≥ 450	T1-T6
T2	> 300	T2-T6
T3	> 200	T3-T6
T4	> 135	T4-T6
T5	> 100	T5-T6
T6	> 85	T6

Mikäli laitteen maksimipintalämpötila jää kahden lämpötilaluokan väliselle alueelle, täytyy se merkitä pelkästään Celsius-asteina lämpötilaluokan tilalle tai vaihtoehtoisesti merkitä Celsius-asteiden lisäksi lähimmän ylemmän lämpötilaluokan tunnus suluissa. Kuviossa 16 on esitys tavallisesta lämpötilaluokan merkintävasta ja sen vieressä olevasta tyhjästä tilasta, johon voidaan ilmoittaa Celsius-asteet (Kuvio 16). (SFS-käsikirja 604-1 2018, 335.)



Kuvio 16. ATEX-laitteen merkintämalli. Lämpötilaluokan T6 merkintä syttymislämpötila-alueelle > 85 °C.

Kun ryhmän II sähkölaitteilla on useita lämpötilaluokkia, täytyy se merkitä laitteeseen symbolilla X, joka osoittaa laitteen sertifiikatista löytyvät erikoisolosuhteet. Lämpötilaluokka-alue ilmaistaan matalimman ja korkeimman lämpötilaluokan rajat erotettuna toisistaan kolmella pisteellä esimerkiksi "T6...T3". Mikäli laitteesta puuttuu lämpötilaluokan tai lämpötilan merkintä, voi tällöin olla kyseessä laite, joka on määritetty käytettäväksi tietyssä kaasussa. Käytettävä kaasu täytyy näissä tapauksissa olla merkittynä laitteeseen. (SFS-käsikirja 604-1 2018, 335.)

3.9 Räjähdyssuojaustaso EPL

Tilaluokitukset saattavat sisältää vaatimuksia sähkölaitteen räjähdysuojaustasolle ja näissä tapauksissa ne on merkittävä tilaluokituspiirustuksiin. Räjähdyssuojaustason ensimmäinen kirjain kertoo tilaluokassa käytettävän räjähtävän aineen tyyppin, G kaasulle ja D pölylle. Seuraava kirjain kertoo tilan turvallisuustason, jossa a on vaativin tila ja c on normaali turvallisuustaso (Kuvio 17). (SFS-käsikirja 604-2 2017, 41.)



Kuvio 17. ATEX-laitteen merkintämalli. Räjähdyssuojaustaso kaasulle G ja turvallisuustasolla b.

Tapauksissa, joissa dokumenteissa on esitettyä vain tilaluokat, käytetään alla olevan taulukon mukaista suhdetta tilaluokkien ja räjähdyssuojaustaso-vaatimusten mukaan (Taulukko 11). (SFS-käsikirja 604-2 2017, 41.)

Taulukko 11. Tilaluokkien, laiteluokkien ja räjähdyssuojaustasojen välinen suhde

Tila	Tilaluokka	ATEX-laitedirektiivin laiteluokka	Laitteiden räjähdyssuojaustaso EPL
Kaasuräjähdyssvaarallinen tila	0	1G	Ga
	1	1G, 2G	Ga, Gb
	2	1G, 2G, 3G	Ga, Gb, Gc
Pölyräjähdyssvaarallinen tila	20	1D	Da
	21	1D, 2D	Da, Db
	22	1D, 2D, 3D	Da, Db, Dc

3.10 Lisämerkintä X

Laitteen sertifiikaattinumeron perästä mahdollisesti löytyvä lisämerkintä X asettaa laitteen käytölle erityisehtoja. Erityisehdoista täytyy löytyä dokumentti, jossa erityisehdot käyvät ilmi. (SFS-käsikirja 604-1 2018, 333.)

4 ATEX-MÄÄRÄYSTEN MUKAINEN KUNNOSSAPITO

Räjähdyksvaaralliset tilat poikkeavat erityisominaisuuksien vuoksi muista tiloista, joten niiden kunnossapittäminen on turvallisuuden ylläpitämiseksi tärkeää. Tavallisen sähkökunnossapidon lisäksi kunnossapitoa suoritetaan käytön aikaisilla säännöllisillä kunnossapitotarkastuksilla tai ammattitaitoisen henkilökunnan suorittamalla jatkuvalla valvonnalla. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 152.)

Tarkastuksiin sovelletaan nykyisin standardin SFS-EN 60079-17:2014 tarkastus-
taulukkoita, mutta vanhemmille laitteistoille sovelletaan standardia, joka oli voimassa laitteen asennusajankohtana. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 152.)

Räjähdyksvaarallisissa tiloissa kunnossapitotarkastusten väli saa olla maksimissaan kolme vuotta. Kolmea vuotta pidempien kunnossapitotarkastusten välien tulisi perustua asiantuntijan tekemään tietoon tukeutuvaan arviointiin. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 158.)

4.1 Dokumentointi

Räjähdyksvaarallisissa tiloissa suoritettavien muutoksien- ja kunnossapitotoimien tarkka dokumentointi on turvallisuuden kannalta merkittävässä osassa. Tarkastusta ja kunnossapitoa varten on oltava saatavissa seuraavat ajan tasalla olevat tiedot:

- *Alueiden tilaluokitus ja tarvittaessa kunkin asennuspaikan vaatima räjähdys-suojautaso EPL*
- *Kaasuille: laiteryhmiä IIA, IIB tai IIC vaatimukset ja lämpötilaluokkien vaatimukset*
- *Laitetiedot, esimerkiksi: lämpötilaluokka, räjähdys-suojaurakenne, kotelointiluokka ja korroosionkestävyys*
- *Riittävät taustatiedot, jotta Ex-laitteiden räjähdys-suojaurakenteensa mukainen kunnossapito on mahdollista (esim. laitteiden luettelo ja sijainti, varaosat, hyväksynät, tekniset tiedot)*

- *Kopiot aikaisempien tarkastusten raporteista*
- *Kopio standardin IEC 60079-14 edellyttämästä käyttöönottotarkastuspöytäkirjasta. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 155.)*

Asennusdokumentointien tulisi antaa riittävästi tietoa, joiden avulla saadaan tiedot kunnossapitotoimien toteuttamisesta ja niiden syistä, sekä voidaan arvioida jatkuvan valvonnan tehokkuutta. Kaikki löydetty viat ja korjaustoimenpiteet on kirjattava esimerkiksi osana normaaleja kunnossapitodokumentointeja. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 160.)

Lisäksi luonnostaan vaarattomat Ex i -laitteet ja piirit asettavat erityisvaatimuksia kunnossapitodokumentointiin. Standardinmukaisten dokumentointien lisäksi Ex i -laitteiden dokumenteista tulisi käydä ilmi:

- *Mahdolliset turvallisuusasiakirjat*
- *Laitteen valmistaja, tyyppi ja sertifiointinumerot, suojaustaso, kaasuille räjähdysryhmä ja lämpötilaluokka*
- *Tarvittaessa kaapeleiden sähköiset parametrit, kuten kapasitanssi ja induktanssi, pituus, tyyppi ja kulkureitti*
- *Laitteen hyväksymistodistuksen erityisvaatimukset ja yksityiskohtainen selvitys siitä, miten nämä vaatimukset täyttyvät tietyissä asennuksissa*
- *Jokaisen laitteen sijainti laitoksessa. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 167.)*

4.2 Kunnossapitotarkastuksien tasot ja tyypit

Räjähdyksivaarallisten tilojen kunnossapitotarkastukset voidaan jakaa käyttöönottotarkastuksen jälkeen kolmeen eri tarkastustyyppiin, joita ovat kunnossapitotarkastukset, pistokoetarkastukset ja ammattimaisen henkilöstön suorittama jatkuva valvonta. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 157.)

Tarkastuksille sovelletaan tapauskohtaisesti yksityiskohtaista-, lähi- tai silmämääräistä tarkastusta. Lähi- ja silmämääräiset tarkastukset voidaan tehdä jännitteisille laitteille, kun taas yksityiskohtainen tarkastus vaatii laitteen kytkemisen

jännitteettömäksi. Kaikkien tarkastustyyppien tulokset on merkittävä muistiin ja ne on arkistoitava. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 157.)

Tarkastuksiin sovelletaan standardin SFS-EN 60079-17 taulukoita 1, 2 ja 3 (Liitteet 2-4). Taulukko 1 on tarkastuslista kaasuräjähdyssvaarallisille tiloille tehdyille asennuksille, joiden räjähdysluokitus on Ex d, e, n tai t. Taulukko 2 on tarkastuslista luonnostaan vaarattomille Ex i -asennuksille ja taulukko 3 on painestetuille Ex p ja pD -asennuksille.

Mikäli tarkasteltavalla laitteella on useampaa eri räjähdysluokituksen rakennetta, esimerkiksi Ex ed, täytyy tällöin soveltaa molempien luokitusten tarkastuksen tasoja. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 157.)

4.2.1 Kunnossapitotarkastukset yleisesti

Kunnossapitotarkastukset voivat olla yksityiskohtaisia, lähi- tai silmämääräisiä tarkastuksia, joita sovelletaan taulukoiden 1, 2 ja 3 mukaan (Liitteet 2-4). (SFS-käsikirja 604-2 2017, 158.)

Yksityiskohtaisessa tarkastuksessa havaitaan esimerkiksi löysät johdinliitokset, jotka paljastuvat vain koteloita avaamalla. Lähitarkastus paljastaa mahdollisesti löystyneet pultit, jotka paljastuvat vain päästessä laitteen luokse apuvälineiden avulla. Silmämääräisessä tarkastuksessa voidaan havaita esimerkiksi puuttuvat pultit, käyttämättä työkaluja tai apuvälineitä.

Määräajoin suoritettavien tarkastusten tasoa ja tarkastusväliä määritettäessä on otettava huomioon laitteen tyyppi, valmistajan ohjeet, laitteen vikaantumistekijät, tilaluokka ja tarvittaessa EPL, sekä edellisten kunnossapitotarkastusten tai käyttönottotarkastusten tulokset. Heti kun käytettävissä on vakiintunutta tietoa tarkastustasoista tarkastusväleistä vastaaville laitteille ja asennuksille, on niitä hyödynnettävä tarkastustoimenpiteitä määritettäessä. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 158.)

Kunnossapitotarkastuksien sopivan tarkastusvälin määrittämisen jälkeen on asennuksille tehtävä säännöllisesti pistokoeluentoisia lisätarkastuksia, jotka määrittävät, täytyykö tarkastuksien väliä tihentää tai vähentää. Tarkastuksien väli saa kuitenkin olla enimmillään kolme vuotta. Tarkastustuloksia on syytä arvioida säännöllisesti, jotta voidaan varmistua sopivasta tarkastusvälistä ja käytetystä tarkastustasosta. Tyypillinen tarkastusmenettely on esitettyinä kaaviomuodossa liitteessä 5. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 158.)

Laitteiden yleisimpiä vikaantumistekijöitä, joihin tulee kiinnittää huomiota ovat muun muassa seuraavat:

- *Herkkyyys korroosiolle*
- *Altistus kemikaaleille tai liuottimille*
- *Mahdollisuus pölyn tai lian kerrostumiselle*
- *Mahdollisuus veden pääsyyille laitteen sisälle*
- *Altistus liian korkealle ympäristön lämpötilalle*
- *Mekaanisen vaurion riski*
- *Altistus kohtuuttomalle tärinälle.* (SFS-käsikirja 604-2 2017, 156.)

Lisäksi käyttöhenkilökunnan riittämättömän koulutuksen ja kokemuksen vuoksi mahdollisten luvattomien muutoksien tai asettelujen tekeminen voivat aiheuttaa laitteiden vikaantumista. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 156.)

Kunnossapitotoimia koordinoivan teknisen henkilön tai vastuuhenkilön tulisi omata vähintään soveltuvat sähkötekniikan yleistiedot, räjähdys- ja suojausperiaatteiden ja -tekniikoiden tuntemus käytännössä, kyky ymmärtää ja tarkastaa teknisiä piirustuksia, räjähdys- ja suojausstandardien ymmärtäminen ja kokemus niiden käytöstä, sekä perustiedot laadunvarmistuksesta, kuten jäljitettävyyden periaatteista. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 176.)

Kunnossapitotoimia suorittavien henkilöiden pätevyys tulisi aina tarkastaa, jotta he ymmärtävät vähintään seuraavat asiat:

- *Räjähdyssuojauksen yleiset periaatteet*
- *Räjähdyssuojaurakenteiden ja merkintöjen yleiset periaatteet*
- *Laiterakenteiden räjähdysuojaukseen vaikuttavat tekijät*
- *Sertifiointin merkityksen ja standardin SFS-EN 60079:17 sovellettavat kohdat*
- *Työlupamenettelyt ja turvallisen erottamisen lisämerkityksen räjähdysuojauksille*
- *Standardissa mainitut laitteiden tarkastuksessa ja kunnossapidossa käytettävät erityistekniikat*
- *Kattavasti standardin SFS-EN 60079:14 laitevalintaan ja kokoonpanoon kohdistuvat vaatimukset, sekä standardin SFS-EN 60079:19 korjaamiseen ja paikkaamiseen kohdistuvat vaatimukset. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 176.)*

Toimeenpaneuvien teknisten henkilöiden, vastuhenkilöiden ja työntekijöiden on kyettävä osoittamaan pätevyytensä sekä esittämään näyttö hankituista tiedoista ja taidoista, joita räjähdysuojaustekniikat ja laitteet edellyttävät. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 177.)

4.2.2 Pistokoetarkastukset

Mikäli samanlaisiin olosuhteisiin on asennettu paljon samankaltaisia laitteita, voi olla käytännöllisintä suorittaa kunnossapitotarkastukset pistokokeina. Tällöin on kuitenkin tarkastusvälin lisäksi määritettävä koekappaleiden lukumäärä. Suositeltavaa olisi, että jokaiselle laitteelle suoritetaan vähintään silmämääräinen tarkastus. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 158.)

4.2.3 Jatkuvavalvonta

Laitteiden jatkuvan toimintakunnon turvaamiseksi voidaan soveltaa säännöllisten kunnossapitotarkastuksien sijasta ammattitaitoisen henkilökunnan suorittamaa

jatkuvaa valvontaa. Ammattitaitoisen henkilökunnan suorittama jatkuvavalvonta ei kuitenkaan korvaa pistokoetarkastuksia. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 159.)

Ammattitaitoisen henkilökunnan on dokumentoitujen ja ajantasaisien koulutuksien lisäksi täytettävä muun muassa seuraavat ehdot:

- *Tuntee tilaluokituksen/räjähdyssuojaustason (EPL) ja on teknisesti riittävän perehtynyt ymmärtämään tilaluokituksen merkityksen kyseisen tilan kannalta*
- *Ymmärtää teknisesti kyseisessä räjähdysvaarallisessa tilassa käytettäville sähkölaitteille ja asennuksille asetetut teoreettiset ja käytännön vaatimukset*
- *Ymmärtää asennettuihin laitteisiin ja asennuksiin kohdistuvan yksityiskohtaisen, lähi- ja silmämääräisen tarkastuksen vaatimukset.*
- *On tietoinen prosessin ja käyttöolosuhteiden haitallisista vaikutuksista tiettyjen asennettujen laitteiden toimintakuntoon*
- *On velvollinen suorittamaan silmämääräisiä ja/tai lähitarkastuksia osana normaalia työtään sekä yksityiskohtaisia tarkastuksia aina vaihtojen, tai säätöjen yhteydessä. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 158-159.)*

4.3 Kunnossapitotarkastukset

Kunnossapitotarkastuksien keskeiset turvallisuuteen liittyvät asiat tulee käytyä läpi taulukoiden 1-3 avulla (Liitteet 2-4), mutta näiden lisäksi on myös tarpeellista soveltaa valmistajien antamia kunnossapito-ohjeita ja käyttövaatimuksia. Tarkastuslistoja laatiessa tulee myös ottaa huomioon laitteiden mahdolliset erityiset asennusvaatimukset. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 165.)

4.3.1 Räjähdyssuojaustaso EPL / Tilaluokka

Laitteen tulee täyttää käyttöpaikan räjähdysuojaustasovaatimukset tai mikäli sitä ei ole mainittu, niin tilaluokan vaatimukset. Mikäli käyttöpaikalla on eriteltyä räjähdysuojaustaso EPL, käytetään sitä ensisijaisesti tilaluokkien sijaan. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 165.)

4.3.2 Laiteryhmä

Laiteryhmän täytyy olla oikea käyttöpaikan, räjähdysuojaustason ja/tai tilaluokan mukaisesti (SFS-käsikirja 604-2 2017, 165.).

4.3.3 Laitteen maksimipintalämpötila

Laitteen maksimipintalämpötilan tulee olla oikea käyttöpaikkaan (SFS-käsikirja 604-2 2017, 165.).

4.3.4 Laitteen syöttöpiiri

Laitteen syöttöpiiri tulee olla tunnistettavissa, joko numerotunnuksella ja dokumenteilla, pysyvällä merkinnällä tai kaapelitunnuksella. Syöttöpiirien tietojen oikeellisuus tulee tarkastaa kunnossapitotarkastuksessa ja yksityiskohtaisissa tarkastuksissa. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 165.)

4.3.5 Kaapeliläpiviennit

Kaapeliläpivientien eheys on syytä määrittää lähitarkastuksella ja tarvittaessa epäselvissä tilanteissa yksityiskohtaisilla tarkastuksilla. Lähitarkastuksessa riittää tiiveyden tarkastus käsin, ilman että täytyy poistaa mahdollista säänkestävää teippiä tai kuorta. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 165.)

4.3.6 Kaapelityyppi

Kaapelityyppi on oltava asennusdokumenttien mukainen ja noudatettava standardin SFS-EN 60079-14 ohjeita. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 166.)

4.3.7 Tiivistäminen

Asennuskourujen, johtokanavien ja asennusputkien tiivistäminen on oltava kunnolla tehty standardin SFS-EN 60079-14 mukaisesti. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 166.)

4.3.8 Maadoitus

Maadoitusten jatkuvuus on varmistettava joko Exi-resistanssimittarilla tai työluopakäytäntöjä mukaillen tavallisella mittarilla. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 166.)

4.3.9 Eristysresistanssi

Luonnostaan vaarattomien kaapeleiden eristysresistanssi on mitattaessa oltava vähintään 1,0 M Ω testijännitteillä 500 VAC tai 700 VDC. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 166.)

Mittauksia suoritetaan myös Ex-moottoreiden käämityksien eristysresistanssin riittävyyden selvittämiseksi. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 171.)

4.3.10 Ylikuormitussuojaus

Pyörivien sähkökoneiden osalta on tarpeellista tarkistaa suojalaitteen asettelut, jotta arvo ei ole suurempi kuin koneen mitoitusvirta. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 166.)

4.3.11 Lamput ja valaisimet

Valaisimen lämpötilaluokitus voi muuttua, mikäli valaisimessa voidaan käyttää eri tehoisia lamppeja. Pienpainenaatriumlamput voivat aiheuttaa syttymisriskin, eikä niitä saa kuljettaa tai käyttää ex-alueilla. HO-tyyppiset loistelamput taas voivat aiheuttaa kuumien pisteiden vuoksi syttymislähteen. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 53.)

Valaisimien lamput on tarkistettava liiallisen lämpenemisen varalta tarkastamalla seuraavat asiat:

- *Onko mitoitus, tyyppi ja sijainti oikeat*
- *Onko lampuissa johtavalla pinnoitteella päällystettyjä ei-johtavia materiaaleja*
- *Ilmeneekö loistelampuissa eliniän loppumisesta johtuvia ilmiöitä, kuten heikkoa valaistustehoa, välkyntää, kellertävyyttä, punertavia purkauksia tai voimakasta loppumustumista. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 166.)*

5 KUNNOSSAPIDON JA HUOLLON LISÄTARKASTUSVAATIMUKSET

5.1 Räjähdyspaineen kestävä rakenne "d"

Räjähdyspaineen kestävillä laitteilla on lähinnä uudelleen kasaamiseen liittyviä lisätarkastusvaatimuksia. Koteloita kasatessa tulisi ottaa huomioon liitoksien puhdistus ja tehtävä tarvittaessa kevyt voitelu sopivalla rasvalla estämään korroosiota. Läpäisemättömät reikäaihiot on kuitenkin pidettävä puhtaana rasvasta. Laippojen puhdistamiseen saa käyttää ainoastaan syövyttämättömiä puhdistusnesteitä, eikä niitä saa hangata esimerkiksi metallisilla kaapimilla. (SFS-EN 60079-17 2014, 22-23.)

Tarkastustaulukoiden mukaan tulisi varmistua laippaliitosten suojarakojen mitoista, mutta todellisuudessa tarpeellisuutta näiden mittaamiseen ei ole, ellei silmäääräinen tarkastus anna aiheutta epäilykseen. Laitteen räjähdysuojaukseen liittyvät osat on aina korvattava vastaavilla valmistajan ohjeistuksen mukaisilla osilla. (SFS-EN 60079-17 2014, 23.)

5.2 Varmennettu rakenne "e"

Varmennetun rakenteen moottoreissa, eli Exe-moottoreissa tulee varmistua suojalaitteiden avulla, ettei korkein sallittu lämpötila voi ylittyä esimerkiksi jumiutumisen yhteydessä. Valitun suojalaitteen laukaisuaikakäyrästä tulisi tarkastaa, ettei sen laukaisuaika ole suojattavan moottorin virtasuhteella I_A / I_N pidempi kuin moottorin arvokilvessä ilmoitettu aika t_E maksimitoleranssilla 20%. (SFS-EN 60079-17 2014, 23.)

Korjattujen moottorien laukaisuaika t_E voi olla lyhentynyt, joten voi olla aiheellista tarkastaa suojalaitteen asetus. Huolletun moottorin laukaisuaikaa verrataan käyttöönottotarkastuksessa saatuun arvoon. (SFS-EN 60079-17 2014, 23.)

Varmennetun rakeenteen valaisimien lamppujen vaihto olisi syytä tehdä määräaikaisena ennen lamppujen eliniän päättymistä, koska sillä voi olla vaikutusta valaisimen lämpötilaluokitukseen. (SFS-EN 60079-17 2014, 27.)

5.3 Luonnostaan vaarattomat rakenteet ”i”

Luonnostaan vaarattomien rakenteiden lisävaatimustarkastukset ovat moniosaisia ja joissain tapauksissa joistakin tarkastusohjelman osista voidaan luopua. Esimerkiksi mikäli käytetty automaatiojärjestelmä tunnistaa tunnistenumeron tarkistuksella jonkin tietyn instrumentin olevan omalla paikallaan, ei tällöin ole tarvetta käydä määräjain tarkastamassa samaa asiaa laitteen arvokilven tiedoista (SFS-EN 60079-17 2014, 23.)

5.3.1 Merkinnät

Laitteiden merkintä on tarkistettava, jotta varmistutaan kyseessä olevan suunnitelmien mukainen laite. Laitteen merkintöjen on oltava luettavia ja vastattava suunnitelmissa asetettuja vaatimuksia. (SFS-EN 60079-17 2014, 24.)

5.3.2 Luvattomat muutokset

Tarkastuksia tehdessä tulisi kiinnittää huomiota mahdollisiin laitteisiin tehtyihin luvattomiin muutoksiin, mutta esimerkiksi piirilevyihin tehtyjen muutoksien havaitseminen voi olla hyvin hankalaa. (SFS-EN 60079-17 2014, 24.)

5.3.3 Liitännäislaitteet

Liitännäislaitteiden, eli suojarajoittimien järjestelmädokumenttien mukaisuudesta tulee varmistua tarkastuksien yhteydessä. Mikäli suojarajoittimena on diodisuojarajoitin, tulee näissä tapauksissa varmistua laitteen oikeasta maadoituksesta. (SFS-EN 60079-17 2014, 24.)

5.3.4 Kaapelit

Käytettyjen kaapeleiden tulee olla suunnitelmien mukaiset ja erityistä huolellisuutta on noudatettava, mikäli jo asennetusta Ex i -piirejä sisältävästä kaapelista otetaan käyttöön varajohtimia. Kaapeleiden suojavaippojen on oltava maadoitet-

tuja suunnitelmien mukaisesti. Huolellisuutta tulee myös noudattaa, mikäli monijohtimisissa kaapeleissa on useampia kuin yksi luonnostaan vaaraton järjestelmä. (SFS-EN 60079-17 2014, 24.)

5.3.5 Maadoitukset

Exi-piirien ja maadoituspisteen välinen resistanssi tulee olla mitattuna käyttöönottotarkastuksen yhteydessä. Räjähdyksivaarallisissa tiloissa mittaus voidaan toteuttaa Exi-mittarilla tai työlupamenettelyn kautta tavallista mittaria käyttäen. Tavallista mittaria käytettäessä tulisi räjähdysvaarallisesta tilasta vastaavan tahonta alueen olevan turvallinen suoritettavan mittauksen ajan. (SFS-EN 60079-17 2014, 24.)

Mikäli liitosten todennäköistä huononemista ilmenee, tulisi laitteiden kunnosta vastaavan henkilö valita edustava joukko liitoksia määräaikaistarkastuksien piiriin. Mittauksien tuloksia tulee verrata käyttöönottotarkastuksessa saatuihin tuloksiin. (SFS-EN 60079-17 2014, 24.)

5.3.6 Exi-piirien erotus

Kenttäkoteloissa ja mahdollisissa liitännäislaitteissa tulee ottaa huomioon Ex i -piirien ja tavallisten piirien riittävä erotus toisistaan. (SFS-EN 60079-17 2014, 25.)

5.4 Räjähdyssuojaurakenne "n"

Rajoitetusti tuulettuvissa räjähdysuojauksen "n" koteloissa tulee rutiinitarkastuksien lisäksi tehdä määräaikainen painetesti. Testausväli on yleensä 6 kuukautta, tai kokemuksen osoittamana pidempi. (SFS-EN 60079-17 2014, 25.)

5.5 Muut rakenteet ja suojaukset

Suojausmenetelmissä "p" ja "pD" kaasuille sovelletaan tarkastuksessa standardia IEC 60079-2 ja taulukon 3 tarkastuksia. (SFS-EN 60079-17 2014, 25.)

Rakenteille "m", "mD", "o", "op" ja "q" ei ole laadittu omia taulukoita, mutta taulukkoa 1 voi soveltuvin osin käyttää kyseisille koteloille ja niiden sisällöille. (SFS-EN 60079-17 2014, 25.)

6 TERMINAALIN KUNNOSSAPITOSELVITYS

Kaikkiin kunnossapitokohteisiin sovelletaan standardin vaatimien kunnossapito-tarkastuksien lisäksi laitteiden valmistajien antamia huolto-ohjeita. Terminaali koostuu pääsääntöisesti viidestä eri räjähdysvaarallisesta tilasta, joten pisto-koetarkastuksien otannan täytyy sisältää laitteita vähintään jokaiselta viideltä rä-jähdysvaaralliselta alueelta.

Laitteiden samankaltaisuuksien, laajuuden ja samanlaisina toistuvien olosuhteiden vuoksi terminaalin kunnossapitotyyppiä valittiin pistokoetarkastukset. Pisto-koetarkastuksia sovelletaan laitoksen kaikille laitteille lukuun ottamatta mootto-reita, lämmityksiä ja luonnostaan vaarattomia piirejä, jotka sisältävät liitännäislait-teita. Vaikka terminaalilla ei varsinaisesti hyödynnetä ammattimaisen henkilökun-nan suorittamaa jatkuvaa valvontaa, on terminaalin operaattoreiden havainnot ympäristöstä ja ilmoitukset vioista luonnollisesti osa terminaalin kunnossapitoa.

Kunnossapitotarkastuksien ajankohdat on syytä painottaa kesälle, sillä käytän-nössä kaikki terminaalin laitteet ovat ulkotiloissa tai ulkotiloihin rinnastettavassa prosessilaitesuojassa. Kesällä tehtävissä kunnossapitotarkastuksissa tulee ottaa huomioon lämmityslaitteiden virheetön toiminta tulevaa talvea varten. Terminaa-lin kaikkien laitteiden tulisi kestää -40 °C:n lämpötilat, jotta ne ovat vaatimusten mukaiset.

Laitteiden räjähdysuojaurakenteita tutkiessa tulee kiinnittää erityistä huomiota laitteen sertifikaattinumeron perässä mahdollisesti olevaan X -merkintään, sillä se voi määrittää erityisehtoja myös laitteen kunnossapidollisiin toimiin. Huomiota on myös kiinnitettävä, mikäli sertifikaattinumeron perästä löytyy U -merkintä. Täl-löin laite on CE-hyväksytty ainoastaan komponenttina, eivätkä sen erilliset osat irrallaan välttämättä täytä CE-vaatimuksia.

Tässä osiossa käsiteltävien kohtien lisäksi asiakkaalle tehtiin koostettuja doku-mentteja alueen sähkölaitteiden tiedoista ja täytettävät kunnossapitotarkastuslo-

makkeet ohjeineen. Kyseisiä dokumentteja ei kuitenkaan esitellä tässä opinnäytetyössä salassapitosopimuksen nojalla, sekä osittain tekijänoikeudellisista syistä.

6.1 Moottorit

Terminaalin räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettävät moottorit olivat räjähdysuojaurakenteeltaan pääsääntöisesti tyyppiä Ex de, lukuun ottamatta kolmea varmennetun rakenteen Ex e -moottoria ja yhtä kipinöimätöntä Ex nA -moottoria.

Kunnossapitotarkastuksen tyypiksi valittiin kunnossapitotarkastukset, sillä räjähdysuojaurakenteesta riippuen pyörivillä koneilla on suojarajoittimia, joiden toiminta tulee tarkastaa. Moottoreille suoritetaan tarkastukset taulukon 1 kohtien Ex "d", Ex "e" ja Ex "n" mukaisesti liitteessä 2. Taulukoista löytyy yleisten tarkasteluiden lisäksi oma laitekohtainen tarkastelu moottoreille.

Ex de -tyypin moottoreissa kirjain d viittaa itse moottorin räjähdysuojaurakenteeseen ja kirjain e viittaa moottorin kytkentäkotelon räjähdysuojaurakenteeseen. Täten Ex de -moottorilta ei tarvitse tarkastaa t_E tai t_A -laukaisuaikoja, kuten Ex e -moottoreilla. Moottoreiden tarkistuksen yhteydessä olisi hyvä tarkistaa myös moottorin lämpötila- ja värinäanturit. Käämityksien eristysresistanssimitaukset voi tehdä, mikäli laite on esimerkiksi varastolla huollettavana.

6.2 Lämmitykset

Terminaalin räjähdysvaarallisissa tiloissa oli kotelolämmittimiä, saattolämmityksiä varastosäiliön pohjalle ja putkistoille sekä lämmittimiä voiteluöljyjen säiliöille.

Kotelolämmittimet olivat räjähdysuojaurakenteeltaan tyyppiä Ex dm, kun taas anturit ja muut lämmitykset olivat räjähdysuojaurakenteeltaan tyyppiä Ex e.

Kunnossapitotarkastuksen tyypiksi valittiin kunnossapitotarkastukset, sillä lämmitykset sisältävät muun muassa suojarajoittimia/turvarajakatkaisimia ja antureita, joiden toiminta tulee tarkastaa.

Lämmityksille suoritetaan tarkastukset taulukon 1 kohtien Ex "d" ja Ex "e" mukaisesti liitteessä 2. Taulukoista löytyy yleisten tarkasteluiden lisäksi oma laitekohmainen tarkastelu lämmitysjärjestelmille. Myös Ex dm tyyppin massarakenteelle voi soveltaa taulukkoa 1 soveltuvin osin, mikäli massarakenne on tarkistettavissa.

Lämmityksien kunnossapitotoimet ja testaukset tulisi tehdä syksyn aikana ennen kovia talvipakkasia.

6.3 Tilavalaistukset

Terminaalien räjähdysvaarallisissa tiloissa oli käytetty kahta erityyppistä lamppua, joista kohdevalaisimilla oli eritehoisia polttimoita. Molemmat valaisintyypit olivat räjähdysuojusrakenteeltaan tyyppiä Ex de.

Kunnossapitotarkastuksien tyyppiä valittiin silmämääräiset pistokoetarkastukset, sillä valaisimet sijaitsevat pääsääntöisesti korkeissa tai muuten hankalasti saavutettavissa paikoissa.

Terminaalilla oli valaisimia yhteensä 157 kappaletta ja kunnossapitotarkastuksien otannan laajuudeksi otettiin 4 valaisinta per räjähdysvaarallinen alue. Valaisimille suoritetaan tarkastukset taulukon 1 kohdan Ex "d" mukaisesti liitteessä 2.

Ex de -tyypin valaisimissa kirjain d viittaa itse valaisimen kotelon räjähdysuojusrakenteeseen ja kirjain e viittaa valaisimen kannan räjähdysuojusrakenteeseen.

Lämpötilaluokituksien säilyvyyden ja turvallisuuden vuoksi kaikki terminaalien valaisimet olisi syytä vaihtaa noin 3 vuoden välein, jolloin valaisimien vikaantumisprosentiksi muodostuu noin 20%.

6.3.1 Poistumistievalaistus

Silmämääräisten pistokoetarkastuksien piiriin otettiin myös ex-alueiden poistumistievalaisimet. Poistumistievalaisimet olivat räjähdysuojaurakenteeltaan Ex e ib mb.

Poistumistievalaisimia oli terminaalilla yhteensä kymmenen kappaletta. Pistokoetarkastuksien otannan laajuudeksi otettiin 1 valaisin per räjähdysvaarallinen alue.

Tarkastuksiin sovelletaan taulukon 1 kohtaa Ex "e" ja taulukkoa 2 Ex "i" laitteille liitteissä 2 ja 3. Massarakenteelle voi soveltaa taulukkoa 1 soveltuvien osin, mikäli massarakenne on tarkistettavissa.

Turvallisuuden kannalta olisi suotavaa tehdä jatkuvaa silmämääräistä valvontaa kuitenkin kaikille alueen poistumistievalaisimille. Poistumistievalaisimille, kuten kaikille laitteille muutenkin, tulee muistaa suorittaa myös tavallista sähkökunnossapitoa, sekä noudattaa laitteen valmistajan ohjeita ja säännösten mukaisia toiminnantestauksia.

6.4 Valokatkaisimet

Terminaalien räjähdysvaarallisissa tiloissa oli käytetty kolmea erityyppistä valokatkaisinta, mutta joiden ero oli lähinnä kaapeliläpivientinippojen määrässä. Katkaisijat olivat räjähdysuojaurakenteeltaan tyyppiä Ex de.

Kunnossapitotarkastuksien tyyppiä valittiin pistokoetarkastukset lähitarkasteluna, eli niiden toiminta voidaan testata tarkastuksien yhteydessä.

Terminaalilla oli katkaisijoita kymmenen kappaletta ja kunnossapitotarkastuksien otannan laajuudeksi otettiin 1 katkaisin per räjähdysvaarallinen alue. Katkaisijoille suoritetaan tarkastukset taulukon 1 kohdan Ex "d" mukaisesti liitteessä 2.

6.4.1 ESD-katkaisimet

Terminaalin räjähdysvaarallisissa tiloissa oli hätäseiskatkaisijoita samanlaisia hätäseiskatkaisijoita. Hätäseiskatkaisijat olivat räjähdysuojaurakenteeltaan tyyppiä Ex de.

Kunnossapitotarkastuksien tyyppiä valittiin silmämääräiset pistokoetarkastukset, sillä hätäseiskatkaisijat käydään läpi kerran vuodessa muiden tarkastuksien yhteydessä.

Terminaalilla oli hätäseiskatkaisijoita 17 kappaletta ja kunnossapitotarkastuksien otannan laajuudeksi otettiin 5 hätäseiskatkaisijaa. Hätäseiskatkaisijoille suoritetaan tarkastukset taulukon 1 kohdan Ex "d" ja Ex "e" mukaisesti.

Ex de -tyypin hätäseiskatkaisijalla d viittaa itse kotelon räjähdysuojaurakenteeseen ja kirjain e viittaa hätäseiskatkaisijan painikkeen räjähdysuojaurakenteeseen.

Tarkastuksien yhteydessä tulisi ottaa huomioon myös, ettei painikkeilla ole mahdollisuutta jäädä puristuksiin esimerkiksi avautuvien tai rikkoutuneiden ovien taakse.

6.5 Pistorasiat

Terminaalin räjähdysvaarallisissa tiloissa oli samanlaisia kolmivaihepistorasioita. Pistorasiat olivat räjähdysuojaurakenteeltaan tyyppiä Ex de.

Kunnossapitotarkastuksien tyyppiä valittiin silmämääräiset pistokoetarkastukset, sillä terminaalin normaalikäytössä pistorasioita ei käytännössä tarvita ollenkaan.

Terminaalilla oli pistorasioita 12 kappaletta ja kunnossapitotarkastuksien otannan laajuudeksi otettiin 3 pistorasiaa koko alueelta. Pistorasioille suoritetaan tarkastukset taulukon 1 kohdan Ex "d" mukaisesti liitteessä 2.

Ex de -tyypin pistorasioissa kirjain d viittaa itse pistorasian kotelon räjähdys- ja suojarakenteeseen ja kirjain e viittaa pistorasian pistokkeen kannan räjähdys- ja suojarakenteeseen.

Pistorasiat olisi syytä valita aluksi etenkin alueilta, joilla niille uskoisi olevan käyttöä mahdollisesti tulevien huoltotöiden vuoksi.

6.6 Kaasumittaukset ja kaasuvaarailmaisimet

Terminaalissa oli kahdentyyppisiä infrapunamittaukseen perustuvia pistekaasumittauksia ja yksi elektrokemiallisella anturilla varustettu kaasumittaus.

Paisuntasäiliöiden sisäiset pistekaasumittaukset olivat räjähdys- ja suojarakenteeltaan tyyppiä Ex de, ulkopuoliset pistekaasumittaukset tyyppiä Ex d ja elektrokemiallinen pistekaasumittaus tyyppiä Ex ic.

Kunnossapitotarkastuksien tyypiksi valittiin pistokoetarkastukset, sillä kaasunhaistelijat käydään muiden tarkastuksien yhteydessä läpi 2 kertaa vuodessa.

Paisuntasäiliöiden sisäisiä pistekaasumittauksia oli 4 kappaletta, ulkopuolisia pistekaasumittauksia 58 kappaletta ja elektrokemiallisia pistekaasumittauksia yksi kappale. Kunnossapitotarkastuksien laajuudeksi otettiin 2 kaasunhaistelijaa per räjähdysvaarallinen alue.

Pistekaasumittauksille suoritetaan tarkastukset taulukon 1 kohtien Ex "d" ja/tai Ex "e" mukaisesti, sekä elektrokemialliselle pistekaasumittaukselle taulukon 2 Ex "i" listan mukaisesti liitteissä 2 ja 3.

6.6.1 Kaasumittausten etäkäyttölaitteet

Terminaalissa oli etäkäyttölaitteita pistekaasumittauksille, jotka ovat asennettuina korkeisiin tai muutoin vaikeasti tavoitettaviin paikkoihin.

Pistekaasumittausten etäkäyttölaitteet olivat räjähdysuojusrakenteeltaan tyyppiä Ex de.

Kunnossapitotarkastuksien tyyppiä valittiin pistokoetarkastukset, sillä etäkäyttölaitteet käydään pistekaasumittausten kalibrointien yhteydessä läpi. Kunnossapitotarkastuksien laajuudeksi otettiin yksi etäkäyttölaite per räjähdysvaarallinen alue. Tarkastuksissa noudatetaan taulukon 1 kohtaa Ex "d" liitteessä 2.

Ex de -tyypin etäkäyttölaitteessa kirjain d viittaa itse etäkäyttölaitteen kotelon räjähdysuojusrakenteeseen ja kirjain e viittaa kotelon sisällä olevaan elektronisen etäkäyttölaitteen räjähdysuojusrakenteeseen.

6.6.2 Aluekaasumittaukset

Terminaalissa oli infrapunavälillä laajaa aluetta mittaavia kaasumittauksia, jotka koostuivat lähettimestä ja vastaanottimesta.

Aluekaasumittaukset olivat räjähdysuojusrakenteeltaan tyyppiä Ex e. Kunnossapitotarkastuksien tyyppiä valittiin kunnossapitotarkastukset kaikille terminaalien kolmelle aluekaasumittaukselle. Tarkastuksissa noudatetaan taulukon 1 kohtaa Ex "e" liitteessä 2.

6.6.3 Kaasuvaarailmaisimet

Terminaalissa oli kaasuvaaran ilmaisuun laitteita, joissa oli yhdistettynä merkkivalo ja äänihälytys. Kaasuvaarailmaisimet olivat räjähdysuojusrakenteeltaan tyyppiä Ex d.

Kunnossapitotarkastuksien tyyppiä valittiin silmämääräiset pistokoetarkastukset, sillä ilmaisimet sijaitsevat pääsääntöisesti korkeissa tai muuten hankalasti saavutettavissa paikoissa.

Kaasuvaarailmaisimia oli yhteensä 28 kappaletta ja pistokoetarkastuksien otannan laajuudeksi otettiin kaksi kaasuvaarailmaisinta per räjähdysvaarallinen alue.

6.7 Instrumentointi

Terminaalin instrumenttilaitteiksi luettiin muun muassa venttiilien rajapaketit ja solenoidit, pinta- ja lämpötilakytkimet, painikkeet ja painikkeiden valot, rekkojen maadoituslinkit, laivojen siggto-linkki, sekä perinteiset prosessin mitta- ja säätölaitteet.

Terminaalissa oli yli 1200 mitta- ja säätölaitetta. Laitteet olivat räjähdysuojusrakenteeltaan tyyppiä Ex i tai Ex de.

Kunnossapitotarkastuksien tyyppiä valittiin lähitarkastuksena tehtävät pisto-koetarkastukset. Terminaalilla oli luonnostaan vaarattomia Ex i laitteita yli 500 kappaletta ja kunnossapitotarkastuksien otannan laajuudeksi otettiin 5 laitetta per räjähdysvaarallinen alue. Luonnollisesti vaarattomien piirien liitännäislaitteita oli yhteensä kahdeksan kappaletta, jotka käydään kaikki läpi.

Muita mitta- ja säätölaitteita oli yli 700 kappaletta ja niiden kunnossapitotarkastuksien laajuudeksi otettiin myös 5 laitetta per räjähdysvaarallinen alue.

Luonnostaan vaarattomille laitteille suoritetaan tarkastukset taulukon 2 mukaan liitteessä 3. Muille mitta- ja säätölaitteille suoritetaan tarkastukset taulukon 1 kohdan Ex "d" mukaan liitteessä 2.

Terminaalin luonnostaan vaarattomat piirit olivat toiminnalliselta maadoitukseltaan maasta erotettuja ja automaatiotiloissa sijaitsevat barrierit olivat galvaanisesti erotettuja, joten ne eivät sisällä omia maadoituksia. Laitemaadoituksien silmä määräinen, lähi- tai yksityiskohtainen tarkastus on kuitenkin syytä suorittaa pistotarkastuksien yhteydessä.

Käynnissä olevaan laitokseen ei ole järkevää suorittaa taulukon 2 mukaista 700 V DC:lla tapahtuvaa eristysresistanssimittauksia piirin toiminnalliselle maadoitukselle.

6.8 Operointinäytöt ja kenttäpuhelimet

Terminaalilla oli kentällä sijaitsevia operointinäyttöjä ja kiinteitä puhelimia, joilla saa yhteyden terminaalin valvomoon.

Operointinäytöt ja puhelimet olivat räjähdyssuojusrakenteeltaan tyyppiä Ex e. Kunnossapitotarkastuksien tyyppiä valittiin kunnossapitotarkastukset. Operointinäyttöille ja puhelimille suoritetaan tarkastukset taulukon 1 kohdan Ex "e" mukaisesti liitteessä 2.

Operointinäytön -40 °C lämpötilan kestoisuus toteutuu kotelon sisällä olevan lämmittimen avulla, joten syksyn ensimmäisillä pakkasilla on syytä tarkastaa lämmittimen toimivuus näytön lämmitintä indikoivalta lediltä.

6.9 Maadoitukset

Terminaalien maadoitusmittaukset päätettiin tehdä pistokoetarkastuksina. Päämaadoituskiskoja oli yhteensä 26 kappaletta.

Jokaiselta alueelta tehdään kaksi mittausta, joko suojojohdinten jatkuvuusmittauksena tai maadoitusvastuspihtimittarin avulla. Saatuja tuloksia tulee verrata käyttöönottotarkastuksissa saatuihin mittauservoihin.

Mittaukset olisi hyvä suorittaa epäedullisimmasta pisteestä, joka kulkee esimerkiksi päämaadoituskiskon ja potentiaalintasausliittimien kautta kauimmaiselle laitemaadoitukselle.

6.10 Liikuteltavat laitteet

Terminaalissa oli liikuteltavina laitteina räjähdysvaarallisiin tiloihin soveltuvia radiopuhelimia, kaasunhaisteliijoita, käsivalaisimia, otsalamppuja ja matkapuhelin.

Liikuteltaville laitteille, joissa ei ole paristokoteloä päätettiin suorittaa lähitarkastus vähintään vuoden välein. Muille laitteille suoritetaan paristokoteloiden vuoksi yksityiskohtainen tarkastelu vähintään puolen vuoden välein.

Yleisen kunnon ja eheyden lisäksi tarkastuksissa tulee kiinnittää erityisesti huomiota paristokotelojen tiiveyteen ja laitteen mahdolliseen epätavalliseen kuumumiseen. Apuna tarkasteluun voi käyttää laitteen räjähdyssuojaurakenteen mukaisia tarkastuslistoja taulukoista 1-3 soveltuvien osien, liitteistä 2-4.

7 POHDINTA

Sähköturvallisuuslain mukaan kyseisen terminaalin määräaikaistarkastusten väli on kymmenen vuotta ja standardin SFS-EN 60079-17 mukaan räjähdysvaarallisissa tiloissa olevien sähkölaitteiden kunnossapitotarkastuksien väli saa olla maksimissaan kolme vuotta.

Räjähdysvaarallisissa tiloissa olevien laitteiden standardinmukaisen kunnossapidon lisäksi tulee aina noudattaa laitteen valmistajan antamia huolto-ohjeita ja aikatauluja. Räjähdysvaarallisten tilojen laitteiden lisäksi tulee huolehtia laitoksen turvallisuudessa olevien sähkölaitteiden asianmukaisesta sähkökunnossapidosta.

Kunnossapitotarkastuksen tyypiksi voidaan valita kunnossapitotarkastukset, ammattimaisen henkilökunnan suorittama jatkuvavalvonta ja pistokoetarkastukset. Ammattimaisen henkilökunnan suorittama jatkuvavalvonta ei kuitenkaan korvaa pistokoetarkastuksia. Pistokoetarkastuksien kohteena olevien laitteiden määrä ja pistokoetarkastuksien otanta tulee määrittää. Räjähdysuojasiasiakirjasta tulisi käydä ilmi kaikki laitoksen räjähdysvaarallisissa tiloissa olevat sähkölaitteet.

Kunnossapitotarkastuksia koordinoivien henkilöiden ja kunnossapitotarkastuksia tekevän henkilöstön pätevyydestä tehtävään tulee olla dokumentoitua näyttöä ja henkilöstön osaamista täytyy päivittää jatkuvasti.

Kaikki kunnossapitotarkastukset ja huollot, sekä laiteusinnat täytyy dokumentoida. Kaikille terminaalin räjähdysvaarallisissa tiloissa sijaitseville sähkölaitteille täytyy kuitenkin löytyä kaikki standardin vaatimat dokumentit, vaikka ne eivät olisikaan vielä kunnossapitotarkastuksien tai pistokoetarkasteluiden piirissä. Dokumenttien tulee olla kunnossapitotarkastuksia koordinoivien ja suorittavien henkilöiden käytettävissä.

Erityistä huomiota täytyy kiinnittää luonnostaan vaarattomien piirien ja laitteiden dokumentoinnin lisävaatimukseen, sillä ne poikkeavat muista piireistä. Laitteita tarkistettaessa tulee aina tarkistaa sertifikaattinumeron perästä mahdollisesti löytyvä X -merkintä, joka antaa laitteen käytölle erityisehtoja.

Standardin SFS-EN 60079:17 kunnossapitotarkastuslistat ovat nykyään vaatimuksena kunnossapitotarkastuksille, mutta ennen uusittua standardia rakennetulle laitteistolle on sallittua noudattaa aiemman standardin säännöksiä.

LÄHTEET

Gasum 2018. Viisi faktaa Tornion LNG-terminaalista. Viitattu 24.1.2020.
<https://www.gasum.com/ajassa/energia--teollisuus/2018/viisi-faktaa-tornion-Ing-terminaalista/>

SFS-EN 60079:10-1. 2015. Räjähdyksvaaralliset tilat. Osa 10-1: Tilaluokitus. Kaasuräjähdyksvaaralliset tilat. 2. painos. Helsinki: SFS.

SFS-EN 60079-0 + A11. 2013. Räjähdyksvaaralliset tilat. Osa 0: Laitteet. Tilavaatimukset. Helsinki: SFS.

SFS-EN 60079-17. 2014. Räjähdyksvaaralliset tilat. Osa 17: Sähköasennusten tarkastus ja kunnossapito.

SFS-käsikirja 604-1. 2018. Räjähdyksvaaralliset tilat. Osa 1: Määräykset, tilaluokitus ja sähkölaitteiden rakenne. 2. painos. Helsinki: SFS.

SFS-käsikirja 604-2. 2017. Räjähdyksvaaralliset tilat. Osa 2: Sähköasennukset, tarkastus ja huolto. 2. painos. Helsinki: SFS.

ST 51.83. Sähkötieto Ry. 2017. Sähköasennukset räjähdysvaarallisissa tiloissa. Espoo: Sähköinfo Oy.

Yle 2019. Tornioon avattu LNG-terminaali on Pohjoismaiden suurin. Viitattu 24.1.2020. <https://yle.fi/uutiset/3-10826144>

LIITTEET

- Liite 1. Tilaluokka- ja räjähdysuojaustaulukot
- Liite 2. Taulukko 1, tarkastuslista Ex d, e, n ja tD -laitteille
- Liite 3. Taulukko 2, tarkastuslista Ex i -laitteille
- Liite 4. Taulukko 3, tarkastuslista Ex p ja pD -laitteille
- Liite 5. Tyypillinen kunnossapitotarkastuksen toimintakaavio
- Liite 6. Täytettävä tarkastuslista Ex d, e, n, p ja pD -laitteille **(ei julkaista)**
- Liite 7. Täytettävä tarkastuslista Ex i -laitteille **(ei julkaista)**
- Liite 8. Ohjeet kunnossapitotarkastuslistoille Ex d, e, n, p ja pD -laitteille **(ei julkaista)**
- Liite 9. Ohjeet Ex i -laitteiden kunnossapitotarkastuslistoille **(ei julkaista)**

Liite 1. Tilaluokkien, laiteluokkien ja räjähdys-suojautusasteiden suhde, sekä laitteiden räjähdys-suojaurakenteet.

Taulukko 1. Tilaluokkien, laiteluokkien ja räjähdys-suojautusasteiden suhde

Tila	Tila-luokka	ATEX-laitedirektiivin laiteluokka	Laitteiden räjähdys-suojautusaste EPL
Kaasuräjähdyssuorallinen tila	0	1G	Ga
	1	1G, 2G	Ga, Gb
	2	1G, 2G, 3G	Ga, Gb, Gc
Pölyräjähdys-suorallinen tila	20	1D	Da
	21	1D, 2D	Da, Db
	22	1D, 2D, 3D	Da, Db, Dc

Taulukko 2. Laitteiden räjähdys-suojaurakenteen ja tilaluokkien, sekä räjähdys-suojautusasteiden suhde.

Räjähdys-suojaurakenne		Tilaluokka/räjähdys-suojautusaste		
		0 / Ga	1 / Gb	2 / Gc
d	da	x	x	x
	db		x	x
	dc			x
p	pxb/pyb		x	x
	pzc			x
o	ob		x	x
	oc			x
e	eb		x	x
	ec			x
q	qb		x	x
i	ia	x	x	x
	ib		x	x
	ic			x
n	nA			x
	nC			x
	nR			x
	nL			x
m	ma	x	x	x
	mb		x	x
	mc			x
s		sovittava ja hyväksyttävä erikseen		

Taulukko 1 Tarkastuslista Ex "d", Ex "e", Ex "n" ja Ex "t/tD"

Tarkasta, että X vaaditaan kaikille tyypeille, n vain tyyppille "n", t tyypeille "t" ja "tD"		Ex "d"			Ex "e"			Ex "n" Ex "t/tD"		
		Tarkastuksen taso								
		Y	L	S	Y	L	S	Y	L	S
A	YLEISTA (KAIKKI LAITTEET)									
1	Laitte vastaa EPL/tilaluokituksen vaatimuksia	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Laitteen räjähdysryhmä on oikea	X	X		X	X		X	X	
3	Laitteen lämpötilaluokka on oikea (vain kaasulla)	X	X		X	X		n	n	
4	Laitteen suurin pintalämpötila on oikea							t	t	
5	Laitteen kotelointiluokka (IP-luokka) on riittävä ottaen huomioon räjähdysuojaustaso, laiteryhmä ja pölyn johtavuus	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	Laitteen syöttöpiirin tunnus on oikea	X			X			X		
7	Laitteen syöttöpiirin tunnus on olemassa	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	Kotelo, lasit, lasin ja metallin väliset tiivisteet ja/tai massaukset ovat kunnossa	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	Onko vaurioita tai hyväksynnän vastaisia muutoksia	X			X			X		
10	Hyväksynnän vastaisia näkyviä muutoksia ei ole tehty		X	X		X	X		X	X
11	Pultit, kaapeliläpiviennit (suorat ja epäsuorat) ja sulikutulpat ovat oikean tyyppiset, ehjät ja tiiviit									
	— kokeellinen tarkastus	X	X		X	X		X		
	— silmämääräinen tarkastus			X			X		X	X
12	Koteloiden kierteelliset kannet ovat oikeaa tyyppiä, lujasti kiinni ja varmistettu									
	— kokeellisella tarkastuksella	X	X							
	— silmämääräisellä tarkastuksella			X						
13	Laippapinnat ovat puhtaat ja vahingoittumattomat ja mahdolliset tiivisteet ovat kunnossa	X								
14	Koteloiden tiivisteiden kunto on tyydyttävä	X			X			X		
15	Koteloissa ei ole merkkejä vedestä tai pölystä kotelointiluokka huomioon ottaen	X			X			X		
16	Laippaliitosten suojarat ovat	X								
	— valmistajan dokumentaation mukaisten rajojen sisällä									
	— asennushetkellä voimassaolevan rakennestandardin maksimiarvojen mukaisia									
	— asennuspaikan dokumentaation sallimien maksimiarvojen mukaisia									
17	Johdinliitokset ovat kiristetyt				X			X		
18	Käyttämättömien liittimien ruuvit on kiristetty				X			n		
19	Koteloidut katkaisijarakenteet ja hermeettisesti suljetut laitteet ovat vahingoittumattomat							n		
20	Massaan valetut komponentit eivät ole vaurioituneet				X			n		
21	Exd-komponentit eivät ole vaurioituneet				X			n		

(jatkuu)

Taulukko 1 (jatkuu)

Tarkasta, että: X vaaditaan kaikille tyypeille, n vain tyyppille "n", t tyypeille "t" ja "tD"		Ex "d"			Ex "e"			Ex "n" Ex "tD"		
		Tarkastuksen taso								
		Y	L	S	Y	L	S	Y	L	S
22	Rajoitetusti tuulettuvat kotelot ovat kunnossa (vain nR-laitteet)							n		
23	Mahdollinen testiventtiili toimii (vain nR-laitteet)							n		
24	Hengittävyys on tyydyttävä (vain nR-laitteet)	X			X			n		
25	Huohottimet ja kondenssiveden poistot ovat kunnossa	X	X		X	X		n	n	
LAITEKOHTAISET (VALAISIMET)										
26	Loistelampuissa ei näy merkkejä käyttöiän loppumisesta				X	X	X	X	X	X
27	HID-lampuissa ei näy merkkejä käyttöiän loppumisesta	X	X	X	X	X	X	X	X	X
28	Lampun nimellisarvot, tyyppi, nastarakenne ja käyttöasento ovat oikeat	X			X			X		
LAITEKOHTAISET (MOOTTORIT)										
29	Moottorituulettimilla on riittävä ilmaväli koteloihin ja/tai kansiin, jäähdytysjärjestelmä on vahingoittumaton, moottorin perustuksessa ei ole painumia tai halkeamia	X	X	X	X	X	X	X	X	X
30	Tuuletus ei ole estynyt	X	X	X	X	X	X	X	X	X
31	Moottorin käämityksen eristysresistanssi on riittävä	X			X			X		
B ASENNUS – YLEISTÄ										
1	Kaapelin tyyppi on oikea	X			X			X		
2	Kaapeleissa ei ole silminnähtäviä vaurioita	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Kaapeliputket, johtokanavat ja asennusputket ovat kunnolla tiivistetyt	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Sulkumuhvit ja kaapelimuhvit ovat asianmukaisesti massalla täytetyt	X								
5	Putkijärjestelmä sekä sen liittyminen sekajärjestelmään ovat kunnossa	X			X			X		
6	Maadoitusliitännät mukaan lukien kaikki lisäpotentiaalintasausliitokset ovat kunnossa (esim. liittimet on kiristetty ja johtimien poikkipinta on riittävä)									
	— kokeellinen tarkastus	X			X			X		
	— silmämääräinen tarkastus		X	X		X	X		X	X
7	Virtapiirin silmukkaimpedanssi (TN-järjestelmät) tai maadoitusresistanssi (IT-järjestelmät) on riittävän pieni	X			X			X		
8	Automaattiset sähköiset suojalaitteet on oikein aseteltu (automaattinen palautus ei ole mahdollinen)									
9	Automaattiset sähköiset suojalaitteet toimivat sallituissa rajoissa	X			X			X		
10	Käytön erityisehdot (jos niitä on) täyttyvät	X			X			X		
11	Käyttämättömät kaapelit ovat oikein päätetyt	X			X			X		
12	Räjähdyssuojauslaippaliitosten lähellä olevat esteet ovat IEC 60079-14 mukaiset	X	X	X						
13	Taajuusmuuttaja-asennukset ovat suunnitelman mukaiset	X	X		X	X		X	X	

(jatkuu)

Taulukko 1 (jatkuu)

Tarkasta, että: X vaaditaan kaikille tyypeille, n vain tyyppille "n", t tyypeille "t" ja "tD"		Ex "d"			Ex "e"			Ex "n" Ex "tD"		
		Tarkastuksen taso								
		Y	L	S	Y	L	S	Y	L	S
	ASENNUS - LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT									
14	Lämpötila-anturit toimivat valmistajan dokumentaation mukaisesti	X			X			t		
15	Turvarajakatkaisijat toimivat valmistajan dokumentaation mukaisesti	X			X			t		
16	Turvarajojen asetellut on sinetöity	X	X		X	X				
17	Turvakatkaisun palautus on mahdollista vain työkalua käyttäen	X	X		X	X				
18	Automaattinen palautus ei ole mahdollista	X	X		X	X				
19	Turvakatkaisun palautus vikatilanteessa ei ole mahdollista	X			X					
20	Turvakatkaisu on riippumaton säädöstä	X			X					
21	Mahdollisesti tarvittava pintakytkin on asennettu ja oikein aseteltu	X			X					
22	Mahdollisesti tarvittava virtauskytkin on asennettu ja oikein aseteltu	X			X					
	ASENNUS - MOOTTORIT									
23	Moottorin suojalaitteet toimivat sallittujen t_E tai t_A aikarajojen sisällä				X					
C	YMPÄRISTÖ									
1	Laite on riittävästi suojattu korroosiolta, säältä, tärinältä ja muilta haitallisilta tekijöiltä	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Kohtuutonta pölyn tai lian kertymää ei esiinny	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Sähköinen eristys on puhdas ja kuiva				X			X		

(Y = yksityiskohtainen, L = lähi ja S = silmämääräinen)

Liite 3. Taulukko 2. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 173.)

Taulukko 2 Tarkastuslista Exi-asennuksille

Tarkasta, että X = vaadittu		Tarkastuksen taso		
		Y	L	S
A	LAITE			
1	Piirin ja/tai laitteen asiakirjat vastaavat asennuspaikan EPL/tilaluokan vaatimuksia	X	X	X
2	Asennettu laite on sama kuin suunnitelmassa määritetty	X	X	
3	Piirin ja/tai laitteen tyyppi ja räjähdysryhmä ovat oikeat	X	X	
4	Laitteen IP-luokka on riittävä kyseessä olevalle ryhmän III aineelle	X	X	
5	Laitteen lämpötilaluokka on oikea	X	X	
6	Laitteen ympäristölämpötila-alue on asennukseen nähden oikea	X	X	
7	Laitteen käyttölämpötila-alue on asennukseen nähden oikea	X		
8	Asennuksen merkinnät ovat selkeät	X	X	
9	Kotelo, lasit, lasin ja metallin väliset tiivisteet ja/tai massaukset ovat kunnossa	X		
10	Kaapeliläpiviennit ja sulkutulpat ovat oikean tyyppiset, ehjät ja tiiviit	X	X	X
	— kokeellinen tarkastus			
	— silmämääräinen tarkastus			
11	Hyväksynnän vastaisia muutoksia ei ole tehty	X		
12	Hyväksynnän vastaisia näkyviä muutoksia ei ole tehty		X	X
13	Suojarajoittimet, galvaanisit erottimet, releet ja muut energiaa rajoittavat laitteet ovat hyväksytyt tyyppiä, ne on asennettu hyväksymisasiakirjojen vaatimusten mukaisesti ja ne on maadoitettu luotettavasti aina, kun maadoitus vaaditaan	X	X	X
14	Koteloiden tiivisteet ovat kunnossa	X		
15	Johdinliitokset ovat kiristetyt	X		
16	Piirilevyt ovat puhtaat ja vahingoittumattomat	X		
17	Liitännäislaitteen maksimijännitettä U_m ei ole ylitetty	X	X	
B	ASENNUS			
1	Kaapelit on asennettu suunnitelman mukaisesti	X		
2	Kaapelivaipat on maadoitettu suunnitelman mukaisesti	X		
3	Kaapeleissa ei ole silminnähtäviä vaurioita	X	X	X
4	Kaapeliputket, johtokanavat ja asennusputket ovat kunnolla tiivistetyt	X	X	X
5	Ristikytkenät ovat oikein	X		
6	Maadoitusyhteydet ovat kunnossa (liitokset ovat tiukkoja ja johtimien poikkipinta on riittävä) piireissä, joita ei ole galvaanisesti erotettu	X		
7	Maadoitusliitokset varmistavat räjähdysuojaurakenteen	X		
8	Exi-piirin maadoitus on kunnossa	X		
9	Eristysresistanssi on riittävä	X		
10	Exi-piirin ja muiden piirien välinen erotus on toteutettu yhteisissä kytkentä- tai relekoteloissa	X		
11	Virtalähteen oikosulkusuojaus (tarvittaessa) on suunnitelman mukainen	X		
12	Käytön erityisehdot (jos niitä on) täyttyvät	X		
13	Käyttämättömät kaapelit ovat oikein päätetyt	X		
C	YMPÄRISTÖ			
1	Laite on riittävästi suojattu korroosiolta, säältä, tärinältä ja muilta haitallisilta tekijöiltä	X	X	X
2	Kohtuutonta pölyn tai lian kertymää ei esiinny	X	X	X

(Y = yksityiskohtainen, L = lähi, S = silmämääräinen)

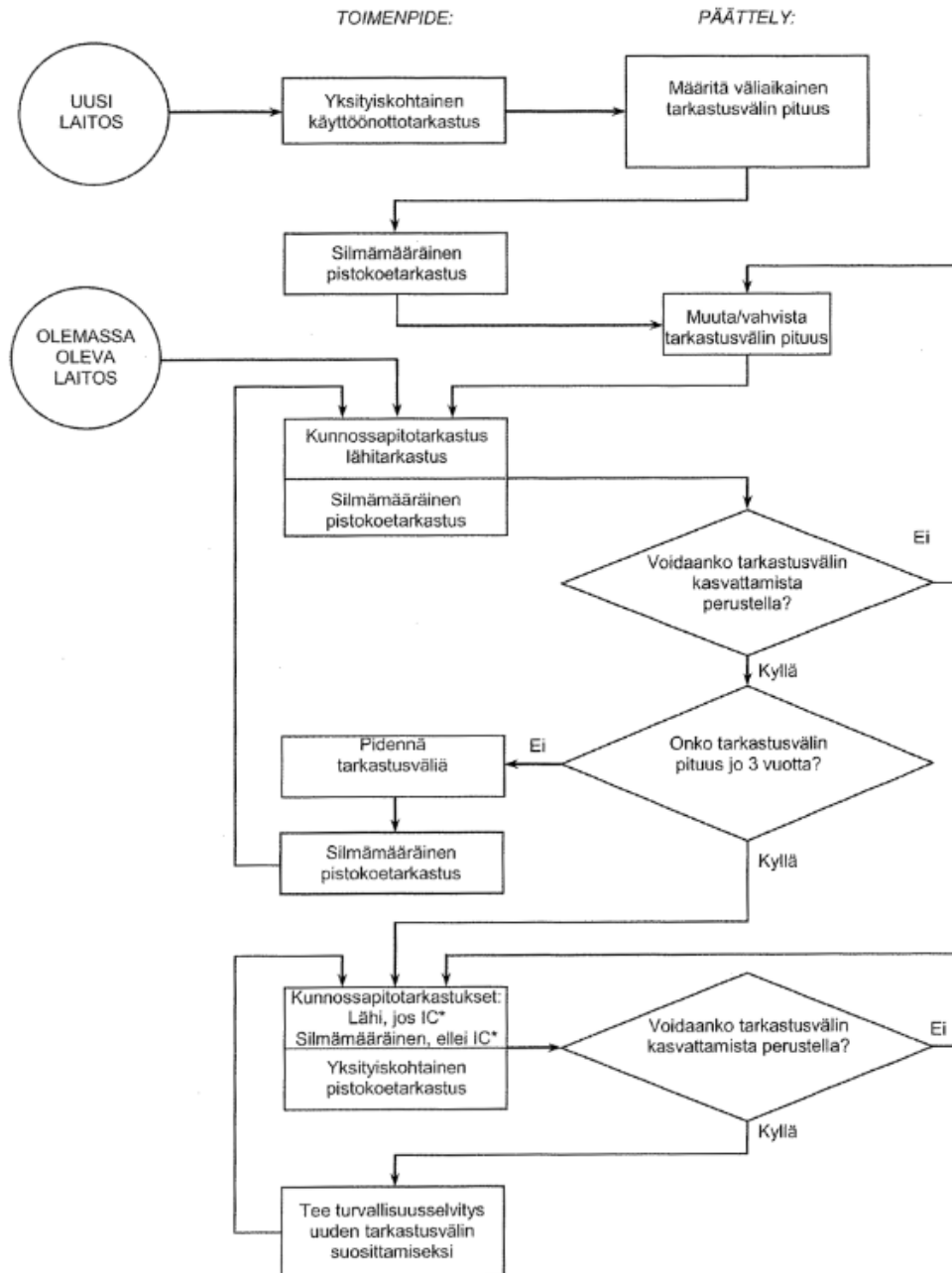
Liite 4. Taulukko 3. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 174.)

Taulukko 3 Tarkastuslista Ex "p" ja "pD" asennukselle

Tarkasta, että: X = vaaditaan		Tarkastuksen taso		
		Y	L	S
A	LAITE			
1	Laite on asennuspaikan EPL/tilaluokituksen vaatimusten mukainen	X	X	X
2	Laitteen räjähdysryhmä on oikea	X	X	
3	Laitteen lämpötilaluokka tai pintalämpötila on oikea	X	X	
4	Laitteen syöttöpiirin tunnus on oikea	X		
5	Laitteen syöttöpiirin tunnus on olemassa	X	X	X
6	Kotelo, lasit, lasin ja metallin väliset tiivisteet ja/tai massaukset ovat kunnossa	X	X	X
7	Hyväksynnän vastaisia muutoksia ei ole tehty	X		
8	Hyväksynnän vastaisia näkyviä muutoksia ei ole tehty		X	X
9	Lampun tyyppi, mitoitusarvot ja käyttöasento ovat oikeat	X		
B	ASENNUS			
1	Kaapelin tyyppi on oikea	X		
2	Kaapelissa ei ole silmännähtäviä vaurioita	X	X	X
3	Maadoitusliitännät mukaan lukien kaikki täydentävät potentiaalintausliitokset ovat kunnossa (esim. liittimet on kiristetty ja johtimien poikkipinta on riittävä)	X	X	X
	— kokeellinen tarkastus			
	— silmämääräinen tarkastus			
4	Virtapiirin silmukkaimpedanssi (TN-järjestelmät) tai maadoitusresistanssi (IT-järjestelmät) on riittävän pieni	X		
5	Automaattiset sähköiset suojalaitteet toimivat sallituissa rajoissa	X		
6	Automaattiset sähköiset suojalaitteet on aseteltu oikein	X		
7	Suojakaasun tulolämpötila on suurimman sallitun arvon alapuolella	X		
8	Kanavat, putket ja kotelot ovat hyvässä kunnossa	X	X	X
9	Suojakaasussa ei ole oleellisia määriä epäpuhtauksia	X	X	X
10	Suojakaasun paine ja/tai virtaus on riittävä	X	X	X
11	Paineen ja/tai virtauksen ilmaisimet, hälyttimet ja lukitukset toimivat kunnolla	X		
12	Ex-tilaan johtavien suojakaasukanavien kipinä- ja hiukkaserottimet ovat tyydyttävässä kunnossa	X		
13	Käytön erityisehdot (jos niitä on) täyttyvät	X		
C	YMPÄRISTÖ			
1	Laite on riittävästi suojattu korroosiolta, säältä, tärinältä ja muilta haitallisilta tekijöiltä	X	X	X
2	Kohtuutonta pölyn ja lian kertymää ei esiinny	X	X	X

(Y = yksityiskohtainen, L = lähi, S = silmämääräinen)

Liite 5. Tyypillinen kunnossapitotarkastuksen toimintakaavio. (SFS-käsikirja 604-2 2017, 175.)



* IC Syytyminen mahdollista normaalissa käytössä ts. laitteen sisäiset komponentit synnyttävät normaalissa käytössä syyttämiskelpoisia valokaaria, kipinöitä tai pintalämpötiloja.