

Ismo Riepula

LENTOPOLTTOAINEVARASTON SÄHKÖLAITTEISTOJEN TARKASTUKSET JA MITTAUKSET

LENTOPOLTTOAINEVARASTON SÄHKÖLAITTEISTOJEN TARKASTUKSET JA MITTAUKSET

Ismo Riepula
Opinnäytetyö
Kevät 2022
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-
ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, Sähkötekniikka

Tekijä: Ismo Riepula

Opinnäytetyön nimi: Lentopolttoainevaraston sähkölaitteistojen tarkastukset ja mittaukset

Työn ohjaaja: Heikki Kurki

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2022

Sivumäärä: 65 + 13 liitettä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa työn toimeksiantajayritykselle riittävät dokumentit palavien nesteiden varastointiin ja prosessointiin liittyvien räjähdysvaarallisten tilojen sekä myös niiden ulkopuolella olevien sähkölaitteiden kunnossapitotarkastuksien ja tarvittavien mittausten suorittamista ja dokumentointia varten. Käytännössä tämä tarkoitti varsinaisen ohjeen ja tarvittavien liitteiden laatimista kunnossapitotarkastuksia ja -mittauksia varten.

Työssä tutkittiin ja perehdyttiin räjähdysvaarallisia tiloja koskevaan lainsäädäntöön, sen asettamiin vaatimuksiin ja määräyksiin tilojen, merkinnän ja dokumenttien osalta sekä palaviin nesteisiin ja kaasuihin liittyvään tilaluokitteluun. Sähkölaitteiden osalta tutkittiin ja perehdyttiin räjähdysvaarallisen tilan sähkölaitteita sekä niiden tarkastuksia ja mittauksia koskevaan lainsäädäntöön, määräyksiin, ohjeisiin ja standardeihin.

Työn tuloksena tuotettiin palavien nesteiden varastointiin ja prosessointiin liittyvissä räjähdysvaarallisissa tiloissa sekä niiden ulkopuolella olevien sähkölaitteiden kunnossapitotarkastuksien ja mittausten ohje. Ohjeen liitteineen on tarkoitus jatkossa auttaa toimeksiantajaa palavien nesteiden varastoissa, niihin liittyvissä prosessitiloissa suoritettavien kunnossapitotarkastuksien ja -mittausten suorittamisessa sekä niiden määräyksien mukaisessa dokumentoinnissa. Ohje liitteineen on tarkoitettu vain toimeksiantajayrityksen käyttöön, minkä vuoksi niitä ei julkaista opinnäytetyön yhteydessä.

Asiasanat: räjähdysvaarallinen, sähkökunnossapitotarkastus, potentiaalintaus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical and Automation Engineering, Electrical Engineering

Author: Ismo Riepula

Title of thesis: Inspections and Measurements of Electrical Equipment of Aviation Fuel Storage

Supervisor: Heikki Kurki

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2022

Number of pages: 65 + 13 appendices

The purpose of this thesis was to provide the commissioning company of this work with sufficient documents for the performance and documentation of maintenance inspections and necessary measurements of explosive atmospheres related to the storage and processing of flammable liquids, as well as external electrical equipment. In practice, this meant drawing up the actual manual and the necessary annexes to it for maintenance inspections and measurements.

The work examined and became acquainted with the legislation on explosive atmospheres, its requirements, and regulations regarding premises, marking and documentation, as well as the classification of spaces related to flammable liquids and gases. Regarding electrical equipment, the legislation, regulations, instructions, and standards for electrical equipment in explosive atmosphere, as well as their inspections and measurements, were studied and reviewed.

As a result of the work, instructions for maintenance inspections and measurements of electrical equipment in and outside potentially explosive atmospheres related to the storage and processing of flammable liquids were produced. In the future, the annex to the instructions is intended to facilitate the commissioning company in performing maintenance inspections and measurements in the storage of flammable liquids and other related process facilities, as well as in documenting them in accordance with their regulations. The instruction and its attachments are intended for use only by the commissioning company of the work, which is why they are not published in connection with the study sample work.

Keywords: explosive atmospheres, electrical maintenance inspection, potential equalization

ALKULAUSE

Haluan esittää vilpittömät kiitokseni kaikille CMe Solutions Oy:n työntekijöille hyvästä yhteistyöstä opintojeni aikana. Erityisesti haluan kiittää opinnäytetyön osalta CMe Solutions Oy:n liiketoiminta-johtaja Marko Miettistä ja sähkötyönjohtaja Petri Tillosta sekä Oulun ammattikorkeakoulun yliopettaja Heikki Kurkea ja lehtori Arja Maunumäkeä.

Kiitos Kipinän ajatushautomon jäsenille ja myös kaikille muille, jotka ovat monin tavoin tukeneet ja kannustaneet minua opintojeni aikana kohti päätepidettä ja valmistumista.

22.4.2022

Ismo Riepula

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	9
2	RÄJÄHDYSVAARALLINEN TILA	10
2.1	ATEX-lainsäädäntö	10
2.2	Tilan merkintä	11
2.3	Räjähdyssuojausasiakirja	12
2.4	Palavaa nestettä tai kaasuja sisältävien tilojen tilaluokitus	13
2.5	Tilaluokat	14
2.6	Syttymislähteet	16
3	SÄHKÖLAITTEET ERI TILALUOKISSA	17
3.1	Laitteita koskevat säädökset	17
3.2	Laiteryhmät	18
3.3	Laiteluokka ja räjähdysuojaustaso (Equipment Protection Level EPL)	19
3.3.1	Tilaluokkien ja räjähdysuojaustason välinen suhde	19
3.3.2	Laiteluokat ja räjähdysuojaustasot	20
3.4	Lämpötilaluokka	21
3.5	Sähkölaitteiden räjähdysuojausrakenteet	22
3.5.1	Räjähdyssuorakenteen kestävä Exd	22
3.5.2	Varmennettu rakenne Exe	23
3.5.3	Luonnostaan vaaraton Exi	24
3.5.4	Massaan valettu Exm	25
3.5.5	Suojausrakenne Exn	25
3.5.6	Öljytäytteinen Exo	26
3.5.7	Paineistettu (suojatuuletin) Exp	26
3.5.8	Hiekkatäytteinen Exq	27
3.5.9	Erikoisrakenne Exs	28
3.5.10	Räjähdyssuorakenteen tiivis kotelo Ext (tD)	28
3.6	Räjähdyssuojausrakenteiden lisätarkastusvaatimukset	29
3.6.1	Räjähdyssuorakenteen kestävä rakenne	29
3.6.2	Varmennettu rakenne	29

3.6.3	Luonnostaan vaaraton rakenne	30
3.6.4	Massaan valettu, öljytäyteinen, paineistettu ja hiekkatäyteinen rakenne .	30
3.6.5	Räjähdysvaarallisen tilan tiivis kotelo	31
3.7	Ex-merkintä	31
4	SÄHKÖLAITTEIDEN TARKASTUKSET JA MITTAUKSET	34
4.1	Lainsäädäntö.....	34
4.2	Sähkölaitteistojen tarkastukset.....	35
4.3	Räjähdysvaarallisten tilojen tarkastukset.....	35
4.3.1	Tarkastuksen tasot.....	36
4.3.2	Tarkastuksen tyypit.....	36
4.4	Kunnossapitotarkastukset	37
4.4.1	Henkilöstölle asetetut vaatimukset.....	38
4.4.2	Työlupakäytäntö.....	40
4.4.3	Kiinteät asennukset.....	41
4.4.4	Siirrettävät, kannettavat ja henkilökohtaiset laitteet	42
4.4.5	Dokumentointi	42
4.5	Tarkastusvaatimukset ja suojausmenetelmät.....	42
4.5.1	Suojamaadoitus	43
4.5.2	Potentiaalintasaus.....	44
4.5.3	Tilapäinen potentiaalintasaus.....	45
4.5.4	Syötön automaattinen poiskytkentä	45
4.5.5	Sähköinen erottaminen	46
4.5.6	Laitteen syöttöpiirin tunnistaminen.....	46
4.5.7	Kaapeliläpiviennit.....	47
4.5.8	Kaapelityypin soveltuvuus.....	47
4.5.9	Tiivistäminen	48
4.5.10	Virtapiirin silmukkaimpedanssi tai maadoitusresistanssi	49
4.5.11	Eristysresistanssi	49
4.5.12	Moottorit.....	50
4.5.13	Lamput ja valaisimet	52
4.5.14	Lämmittimet	53
4.5.15	Käytön erikoisehdot	53
4.5.16	Liikuteltavat laitteet	53
4.6	Mittaukset ja testaukset.....	53

4.6.1	Suojajohtimien ja potentiaalintasausjohtimien jatkuvuuden testaaminen ...	55
4.6.2	Sähkölaitteiston eristysresistanssin mittaaminen	55
4.6.3	Syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan testaaminen.....	57
4.6.4	Vikavirtasuojan toiminnan testaus.....	57
4.6.5	Maadoituselektrodin resistanssin mittaus.....	58
5	POHDINTA	61
	LÄHTEET.....	63
	LIITTEET	65

SANASTO

ATEX	Lyhenne sanoista ”atmosphères explosibles”, joilla viitataan räjähdysvaarallisiin tiloihin
Ex-tila, Ex	Räjähdysvaarallinen tila (Explosive atmospheres)
Leimahduspiste	Nesteen alin lämpötila, jossa standardoiduissa olosuhteissa nesteestä muodostuu höyryä niin paljon, että syntyy syttyvä höyryn ja ilman seos.
EPL	Räjähdysuojaustaso (Equipment Protection Level)
TN-S	Järjestelmässä on erillinen nolla- ja suojamaadoitusjohdin koko järjestelmässä
IT	Kaikki jännitteiset osat on eristetty maasta, tai yksi piste on yhdistettynä maahan impedanssin kautta
I_A	Mitoitusjännitteellä ja mitoitustaajuudella lepotilasta käynnistetyn vaihtovirtamoottorin tai maksimi-ilmaväliinsä lukitun vaihtovirtamagneetin verkosta ottama suurin virta-arvo tehollisarvona
I_A / I_N	Käynnistysvirran I_A ja mitoitusvirran I_N välinen suhde
t_E -aika	Aika, jossa vaihtovirtaroottorin tai -staattorin käämitys käynnistysvirralla I_A lämpenee rajalämpötilaansa, kun lähtölämpötilana on nimelliskuormalla ja ympäristön maksimilämpötilassa saavutettu lämpötila
HO	Loisteputkilamppujen korkea teho ja hyötysuhde
EOL	Loisteputken käyttöiän loppuminen

1 JOHDANTO

Työn toimeksiantajayrityksessä halutaan perehtyä tarkemmin räjähdysvaarallisten tilojen kunnossapitotarkastuksiin ja niiden sisältöön. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä räjähdysvaarallisissa tiloissa ja niiden ulkopuolella olevien sähkölaitteiden kunnossapitoa, määräaikaistarkastuksia ja mittauksia koskeviin lakeihin, asetuksiin, ohjeisiin ja standardeihin. Työssä on keskitytty pääasiassa palavien nesteiden varastointiin ja prosessointiin liittyvien sähkölaitteiden kunnossapito- ja määräaikaistarkastuksiin sekä mahdollisesti tarvittaviin testauksiin. Työstä on jätetty pois sähkölaitteiden asennuksen jälkeiseen käyttöönnottoon liittyvät asiat, mutta niitä sivutaan joiltakin osin niiden liittyessä kunnossapito- ja määräaikaistarkastuksiin. Koska työn aiheena on palavan nesteen (lentopetroli) varastointi ja prosessijärjestelmän sähkölaitteet, räjähdysvaarallisten tilojen osalta ei käsitellä lainkaan kaivoksiin ja pölyräjähdysvaarallisiin tiloihin liittyviä asioita.

Työssä käydään yleisesti lävitse tarkastuksien tasot ja tyypit. Lisäksi käsitellään myös kunnossapitotarkastuksiin liittyviä vaatimuksia tarkastukset suorittavan henkilöstön, tarkastettavien kiinteiden asennuksien ja siirrettävien laitteiden sekä kannettavien henkilökohtaisten laitteiden osalta. Työstä laadittava raportti toimii myös tarkastusten tukena tarkentavana dokumenttina, josta selviävät tarkastuksen kohteena olevien laitteiden ja asennuksien rakenteelliset vaatimukset. Työssä ei myöskään keskitytä mihinkään tiettyyn yksittäiseen varastoon tai prosessijärjestelmään vaan tuotetaan toimeksiantajayritykselle sellaiset dokumentit, joiden avulla on helpompi jatkossa koostaa tarvittaessa kohdekohtaiset tarkastuslistat huomioiden kulloinkin tarkastuksen kohteena olevan varaston tai järjestelmän sähkölaitteet ja niiden erityispiirteet.

Työssä on tarkoitus tuottaa toimeksiantajayritykselle omat tarkastuslistat ja taulukot jokaiselle sähkölaitteiden räjähdysuojaurakenneluokalle, koska räjähdysuojaurakenneluokakohtaiset tarkastuslistat ovat selkeämpiä kuin useita suojaurakenneluokkia sisältävät yhdistelmälistat ja taulukot. Näitä laadittavia taulukoita ja muita liitteenä olevia dokumentteja käytetään toimeksiantajayrityksessä kunnossapitotarkastuksia ja mittauksia suoritettaessa kulloinkin tarkastettavana olevan kohteen tai laitteen räjähdysuojausluokasta riippuen. Työssä laaditaan myös varsinainen tarkastus- ja mittausohje, joka sisältää kunnossapitotarkastuksissa tarvittavat suoritettavien tarkastuksien kuittauslistat, mittauspöytäkirjat ja muut tarkastuksissa tarvittavat dokumentit, joita käyttämällä työ voidaan suorittaa ja dokumentoida laadukkaasti ja vaatimuksien mukaisesti.

2 RÄJÄHDYSVAARALLINEN TILA

Kaikki räjähdysvaaraa aiheuttavat aineet huomioon ottaen on räjähdysvaarallinen tila määriteltävissä seuraavalla tavalla: räjähdysvaarallinen tila on huone, sen osa tai muu rajoitettu ulko- tai sisätila, jossa räjähdysvaaran aiheuttaa palava kaasu, palavan nesteen sumu tai höyry, palava pöly ilmaan sekoittuneena tai jokin varsinainen räjähdysaine. (1, s. 418.) Tilaan muodostuvan räjähdysvaarallisuuden voi muodostaa tilassa vallitseva edellä mainittujen syiden aiheuttama paikallinen olosuhde. Tilaan muodostuva räjähdysvaarallisuus voi toisaalta aiheutua myös tilassa tapahtuvan toiminnan seurauksena, jolloin räjähdysvaara on olemassa ainoastaan toiminnan aikana.

2.1 ATEX-lainsäädäntö

Räjähdysvaarallisille tiloille ja niissä työskentelylle sekä laitteille on Euroopan yhteisössä säädetty ATEX-työolosuhdedirektiivi (1999/92/EY) ja laitteita koskeva ATEX-laitedirektiivi (2014/34/EU). SFS-standardeissa on näiden lisäksi olemassa tarkempi määrittely laitteista ja tiloista. Työolosuhdedirektiivistä on kansallisena lainsäädäntönä olemassa valtioneuvoston asetus (576/2003). Sen tarkoituksena on räjähdyskelpoisten ilmaseosten aiheuttamien vaarojen torjuminen ja ennaltaehkäiseminen työntekijöiden terveyden ja turvallisuuden suojaamiseksi sekä henkilö- ja omaisuusvahinkojen estämiseksi ja yleisen turvallisuuden ylläpitämiseksi. (2, s. 6; 1, s. 416.)

ATEX-laitedirektiivin lisäksi Suomessa sovelletaan lakia räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäväksi tarkoitettujen laitteiden ja suojausjärjestelmien vaatimustenmukaisuudesta (1139/2016) sekä valtioneuvoston asetusta räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäväksi tarkoitettujen laitteiden ja suojausjärjestelmien vaatimustenmukaisuudesta (1439/2016). Näiden lisäksi räjähdysten estämisestä säädetään kemikaaliturvallisuuslaissa (390/2005) sekä turvallisuusvaatimuksista kemikaaliturvallisuusasetuksessa (856/2012). (2, s. 7; 3, s. 4.)

On myös otettava huomioon, että laitedirektiivi ei koske pelkästään sähkölaitteita, vaan merkittävään rooliin ovat nousseet Ex-tilojen kokonaisturvallisuuden kannalta myös mekaaniset laitteet. Tämän voi havaita myös jäljempänä olevasta luettelosta, jossa on lueteltu muun muassa räjähdysvaarallisten tilojen laitesäädöksiin piiriin kuuluvat Ex-tiloissa käytettävät laitteet. Tässä luettelossa sähkölaitteet ovat vain yksi osa-alue.

Laitesäädöksiin piiriin kuuluvat muun muassa seuraavat Ex-tilojen laitteet:

- sähkölaitteet ja -komponentit
- pumput
- vaihteistot
- pumppu-moottoriyhdistelmät
- pneumaattiset laitteet
- polttomoottorit
- trukit (1, s. 7).

Laitteita on pakko yleensä sijoittaa myös varsinaiseen räjähdysvaaralliseen tilaan. Tällaisia ovat usein esimerkiksi suurin osa moottoreista, valaisimista, mitta- ja säätölaitteista ynnä muista sellaisista. Tilan ulkopuolelle voidaan sijoittaa esimerkiksi suurin osa jakokeskuksista, mahdollisista muuntajista ja kondensaattoreista. Tällöin voidaan käyttää räjähdysvaarattomiin tiloihin tarkoitettuja laitteita, jotka ovat myös edullisempia kuin räjähdysuojattua rakennetta olevat sähkölaitteet. (1, s. 424.)

2.2 Tilan merkintä

Räjähdysvaaralliseksi luokiteltujen tilojen sisäänkäyntien yhteydessä on oltava kuvan 1 mukainen varoitusmerkki, josta tunnistaa räjähdysvaarallisen tilan (2, s. 13). Räjähdysvaarallisen tilan rajat on myös hyvä merkitä tarvittaessa lattiaan esimerkiksi musta-keltaraitaisella viivalla. Räjähdysvaarallisissa tiloissa on oltava myös avotulen tekoa ja tupakoinnin kieltä osoittavat kilvet. Lisäksi myös matkaviestinten käyttö voidaan kieltää. (4, s. 21.)



Varoitusmerkki on kolmion muotoinen ja siinä on mustat kirjaimet, keltainen tausta ja musta reunus. Keltaisen osuuden on peitettävä ainakin 50 prosenttia merkin alasta.

KUVA 1. Ex-tilojen varoitusmerkki (4, s. 16)

2.3 Räjähdyssuojausasiakirja

Jokaiselle työpaikalle on laadittava räjähdysuojausasiakirja, mikäli siellä on tarpeen käsitellä palavia nesteitä, kaasuja tai pölyjä, jotka mahdollisen vikatilanteen, toimintahäiriön tai normaalin toiminnan aikana voivat muodostaa räjähdyskelpoisen ilmaseoksen. Asiakirja pitää sisällään erittelyn käsiteltävistä aineista ja niiden ominaisuuksista, turvallisuustarkastelut ja arvioinnit vaaroista sekä paloturvallisuuteen sisältyvät ja kemikaalien käsittelyyn liittyvät ohjeet. Räjähdyssuojausasiakirjaa on ylläpidettävä ja päivitettävä, jos jokin olennaisesti muuttuu. (1, s. 417.)

Seuraavat luettelossa mainitut asiat on käytävä selville räjähdysuojausasiakirjassa:

- räjähdysvaarallisten tilojen toiminnasta vastuussa olevien henkilöiden nimet
- tiloissa työskentelevien lukumäärä
- pohjapiirustus (myös poistumistiet)
- toimintojen kuvaus (räjähdysvaaran kannalta tärkeät tiedot)
- tiedot tilojen ilmanvaihdon järjestelyistä
- tiedot tilojen siivouksesta
- kuvaus räjähdyskelpoisen ilmaseoksen aiheuttavista aineista ja olosuhteista, joissa muodostuu räjähdyskelpoisia ilmaseoksia
- luettelo laitteista, jotka voivat toimia tiloissa mahdollisina sytytyslähteinä (laiteluettelo sähkölaitteista)
- luettelo tilassa olevista työvälineistä
- riskien arviointien tulokset sekä käytetty menettelytapa, jota räjähdysvaaran tunnistamisessa on käytetty
- selvitys siitä, missä vaarallisia räjähdyskelpoisia ilmaseoksia voi tiloissa esiintyä ja mitä laitteita niissä on
- räjähdysvaarallisten tilojen luokittelu (tilapiirustukset tai kirjallinen selostus tilaluokista)
- luettelo useissa eri paikoissa käytettävistä työvälineistä, jotka on hyväksytty käytettäväksi räjähdysvaarallisissa tiloissa työskentelyyn
- selvitys toteutetuista teknisistä ja organisatorisista räjähdysuojauksenpiteistä
- selvitys organisaatiosta (turvallisuustoimenpiteiden toteuttamisesta ja räjähdysuojausasiakirjan päivittämisestä vastaavan tai vastaavien henkilöiden tiedot). (1, s. 417.)

2.4 Palavaa nestettä tai kaasuja sisältävien tilojen tilaluokitus

Käsikirjan SFS 59 (2012) mukaisesti edellytetään tilaluokitusta, jos palavaa nestettä tai kaasua esiintyy siinä määrin, että alue tai tila on katsottava räjähdysvaaralliseksi tilaksi. Tilaluokitus vaaditaan, kun joku alla luetelluista ehdoista täyttyy:

- Palavan nesteen leimahduspiste on 30°C tai alle.
- Nesteen lämpötila tai sen välittömän ympäristön lämpötila on suurempi kuin T-5°C, missä T on kyseessä olevan nesteen leimahduspiste.
- Palavaa nestettä sumutetaan teknillisessä käytössä ilmaan.
- Varastoidaan ja/tai käsitellään nestekaasuja.
- Käytetään huomattavia määriä puristettuja palavia kaasuja (vety, metaani tai hiili-monoksidi).
- Katsotaan olevan muusta syystä huomattava vaara. (1, s. 419.)

Seuraavassa taulukossa 1 on nähtävissä kerosiinien eli lentopetrolin ominaisuudet. Näiden perusteella voidaan todeta kyseessä olevan palava neste, jonka leimahduspisteen alaraja ylittää aiemmin kerrotun, tilaluokituksen vaatimuksena olevan leimahduspisteen lämpötilan raja-arvon 30°C, jolloin tilaluokitusta ei välttämättä tarvittaisi. Kuitenkin tietyissä tilanteissa lentopetrolin tai sitä ympäröivän ympäristön lämpötila voi olla suurempi kuin T-5°C, jossa T on ilmoitettu leimahduspiste 38°C. Tällöin kyseisille tiloille, joissa tätä palavaa nestettä varastoidaan ja prosessoidaan tai katsotaan muusta syystä olevan huomattava vaara, on tehtävä tilaluokitus. Tilaluokituksen ja aineen ominaisuuksien perusteella voidaan määritellä jatkossa myös kyseisissä tiloissa käytettävien sähkölaitteiden tarkemmat ominaisuudet ja vaatimukset. Kyseisiä tietoja tarvitaan sähkölaitteiden osalta suunnittelun, laitevalintojen, asennuksen sekä myös kunnossapitoon liittyvien tarkastuksien vuoksi.

TAULUKKO 1. Lentopetrolin olennaiset ominaisuudet tilaluokittelun kannalta (2, s. 258)

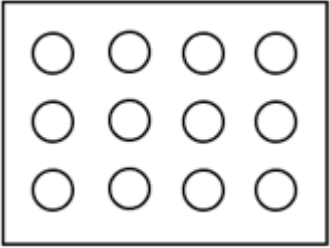
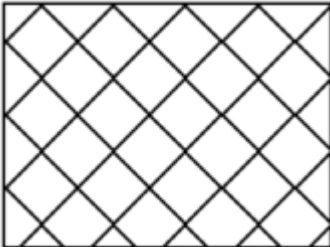

CAS-No.	Nimi kaava	Suhteellinen tiheys (ilma = 1)	Leimahduspiste [°C]	Alempi syttymisraja [Til.-%]	Ylempi syttymisraja [Til.-%]	Itsesyttymislämpötila [°C]	Lämpötilaluokka	Laiteryhmä	Luokitusmenetelmä
8008–20–6	Kerosiini (maaöljy) Kerosene (= Diesel Oil No. 1) (= Fuel Oil No. 1)	yli 3	38–72	0,7	5,0	210	T3	IIA	d

d = luokittelu tehty samankaltaisen kemiallisen rakenteen avulla (ehdollinen luokittelu).

2.5 Tilaluokat

Ensisijaisesti on tärkeää ymmärtää tilaluokitukset räjähdysvaarallisten alueiden osalta, jotta voidaan luotettavasti arvioida sähkölaitteiden soveltuvuutta kyseiselle alueelle. Tilaluokitukset ja niiden laajuus kyseisessä tarkasteltavana olevassa kohteessa käyvät ilmi räjähdysuojausasiakirjasta. Tilaluokitusta on säilytettävä laitoksessa ja pyydettyessä esitettävä valvontaviranomaiselle. Tilojen luokittelu eri tilaluokkiin tapahtuu räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintymistaajuuden ja kestoajan perusteella. (5, s. 32.) Taulukossa 2 on nähtävänä standardin mukaiset tilaluokkien määritykset sekä niitä vastaavat suositellut merkintätavat tilaluokkapiirustuksiin.

TAULUKKO 2. Tilaluokkien selitykset ja standardin suosittamat merkinnät (6, s. 6)

TILALUOKKA	SELITYS	SUOSITELTU MERKINTÄ
Tilaluokka 0	Tila, jossa sumun, höyryn tai kaasun ja ilman muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy usein, pitkäaikaisesti tai jatkuvasti.	
Tilaluokka 1	Tila, jossa sumun, höyryn tai kaasun ja ilman muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy todennäköisesti normaalikäytössä silloin tällöin.	
Tilaluokka 2	Tila, jossa sumun, höyryn tai kaasun ja ilman muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos ei esiinny todennäköisesti normaalikäytössä, mutta mikäli kuitenkin esiintyy, sen esiintymisaika on lyhyt.	

Yksityiskohtaisesti luokitusta tehtäessä voidaan käyttää standardia SFS-EN 60079 -10-1 kaasu- ja nesteräjähdyksvaarallisille tiloille tai SFS-käsikirjaa 59. Lisäksi on myös tärkeää huolehtia siitä, että laitosten rakenne on sellainen, että räjähdysvaarallisia tiloja on mahdollisimman vähän ja että niiden koko jää pieneksi. On pyrittävä lisäksi myös siihen, että räjähdysvaaralliset tilat kuuluvat pääasiassa luokkaan 2. Tilaluokkien 0, 1 ja 2 laajuus määrätään kukin erikseen vaaralähteiden perusteella. Tämä voi johtaa myös siihen, että esimerkiksi saman huoneen eri osissa voi olla eri tilaluokkia. Seuraavassa taulukossa 3 on nähtävissä palaviin nesteisiin ja kaasuihin liittyvä esimerkkituloittelu SFS-käsikirjan 59 mukaisesti laadittuna. (1, s. 420–421.)

TAULUKKO 3. Palaviin nesteisiin liittyvä esimerkkituloittelu SFS-käsikirjan 59 mukaisesti (6, s. 6)

LAITTEISTO	TILALUOKKA
Polttoainesäiliöiden sisäosat	Tilaluokka 0
Säiliön miesluokkuun liittyvä tila	Tilaluokka 1
Säiliön täyttö- ja tarkastusaukkoon liittyvä tila	Tilaluokka 1
1,5 m kaikkiin suuntiin säiliön tuuletusputken aukoista	Tilaluokka 1
1,5 metriä luokan 1 ympäri tuuletusaukoista alaspäin suuntautuvine jatkeineen 6 metriä tai maanpinnan tasolle	Tilaluokka 2
Jakelulaitekaapin sisäpuoli 1,2 m korkeudelle maanpinnan tasosta tai mahdollisesti korkeammalla olevaan vuotoalueeseen asti	Tilaluokka 1
Kaikki ajoneuvojen polttoainesäiliöiden täyttöalueella olevat syvennykset	Tilaluokka 1
Kaapelikanavat ja kaapelikaivot niin pitkälle kuin kaasun leviäminen on mahdollista	Tilaluokka 1
Huoltosyvennyksen pohjasta 0,5 m	Tilaluokka 1
Huoltosyvennyksen tilaluokan 1 yläpuolella yläreunan tasolle	Tilaluokka 2
Säiliöauton kuljetussäiliöiden luukuista 1,5 metriä kaikkiin suuntiin ja alaspäin	Tilaluokka 2
1,5 metriä letkujen kiinnityskohdasta kaikkiin suuntiin ja alaspäin suuntautuvine jatkeineen maanpinnan tasolle	Tilaluokka 2
5 metriä kuljetussäiliön ympäri 0,8 metrin korkeudelle maasta	Tilaluokka 2
Nestekaasupullojen varastokaapin sisäpuoli	Tilaluokka 1
Nestekaasupullojen varastokaapin ulkopuoli 1,5 metrin säteellä	Tilaluokka 2

2.6 Syttymislähteet

Käytettäessä laitteita, suojausjärjestelmiä ja komponentteja räjähdysvaarallisissa tiloissa on tarkistettava, voiko syttymisvaaraa esiintyä. Mikäli syttymisvaaraa on olemassa, syttymislähteet on pyrittävä siirtämään pois räjähdysvaarallisesta tilasta. Aktiivisten syttymislähteiden välttäminen ainoana toimenpiteenä on riittävä ainoastaan, jos kaikki syttymislähdetyypit on tunnistettu ja tehokkaasti valvottu. (7, s. 25–26.)

Aktiivisia syttymislähteitä ovat:

- kuumat pinnat
- liekit
- kuumat kaasut
- mekaanisesti syntynyt isku
- mekaanisesti syntynyt kitka
- mekaaninen hionta
- sähkölaitteet ja komponentit
- sähköiset hajavirrat ja katodinen korroosiosuojaus
- staattinen sähkö
- salamapurkaukset
- radiotaajuiset sähkömagneettiset aallot alueella 104 Hz – 3 x 10¹¹ Hz
- sähkömagneettiset aallot alueella 3 x 10¹¹ Hz – 3 x 10¹⁵ Hz
- ionisoiva säteily
- ultraääniaallot
- adiabaattinen puristus ja paineaallot
- eksotermiset reaktiot (itsesytyminen) (7, s. 26–34).

3 SÄHKÖLAITTEET ERI TILALUOKISSA

Laittevalinta on tehtävä siten, ettei laitteen pintalämpötila saavuta korkeimmillaan ollessaan minäkään sen vaikutuspiirissä olevan mahdollisen pölyn, höyryn tai kaasun syttymislämpötilaa. Mikäli ympäristön lämpötila on laitteelle sallitun lämpötila-alueen ulkopuolella, tai on olemassa muista syistä aiheutuvia lämpötilavaikutuksia, esim. auringon säteilystä tai itse prosessista johtuvia, tulee niiden vaikutus laitteeseen ottaa huomioon ja dokumentoida tehdyt varotoimet. Ellei sähkölaitteen käyttölämpötila-alueita ole laitteeseen merkitty, laitetta saa käyttää vain lämpötila-alueella -20...+40 °C. Mikäli käyttölämpötila-alue on laitteeseen merkitty, laite on suunniteltu käytettäväksi siihen merkityllä lämpötila-alueella. Laittevalintoihin vaikuttavat tilaluokituksen lisäksi myös räjähdysvaarallisen aineen ominaisuudet, kuten räjähdysryhmä, josta taas riippuu sallittu laiteryhmä. Lisäksi laittevalintoihin vaikuttaa kaasun syttymislämpötila, joka määrittää laitteen sallitun lämpötilaluokan. (2, s. 55.)

Kaapeliläpivienneissä ei normaalisti lämpötilaluokkaa tai käyttölämpötila-alueita ole merkitty. Niillä on kuitenkin olemassa määrätty käyttölämpötila-alue ja ellei sitä ole merkitty, sen oletetaan olevan välillä -20...+80 °C. Tarvittaessa käyttökohteessa jotain muuta käyttölämpötila-alueita, on oltava tarkkana, että kaapeliläpivienti siihen kuuluvine osineen soveltuu käyttötarkoitukseensa. (5, s. 44.)

3.1 Laitteita koskevat säädökset

Vaatimuksissa esiintyy merkintää koskevia kohtia, joista on kerrottu tarkemmin luvussa 3.7 Ex-merkintä. Räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäväksi tarkoitettujen laitteiden ja järjestelmien on täytettävä seuraavat ATEX-laitesäädösten vaatimukset, jotta niitä voidaan valmistaa ja myydä:

- laiteryhmä- ja laiteluokkakohtaiset olennaiset turvallisuusvaatimukset
- vaatimustenmukaisuuden arviointi
- EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus
- CE-merkintä
- sertifioidun laadunvalvontaa suorittavan laitoksen tunnus
- erityinen EX-merkintä
- laiteryhmä ja luokkaa kuvaava merkintä (2, s. 8).

3.2 Laiteryhmät

Laiteryhmät ovat sähkölaitteiden luokittelu sen räjähdyskelpoisen ilmaseoksen mukaisesti, jossa laitteita on tarkoitettu käytettäväksi. Räjähdysvaarallisen tilan sähkölaitteet jaetaan kolmeen laiteryhmään:

- ryhmä I kaivoskaasulle alttiisiin kaivoksiin tarkoitettut sähkölaitteet
- ryhmä II muihin kuin kaivoskaasulle alttiisiin kaasuräjähdysvaarallisiin tiloihin tarkoitettut sähkölaitteet
- ryhmä III pölyräjähdysvaarallisiin tiloihin tarkoitettut sähkölaitteet. (5, s. 32.)

Jatkossa tässä työssä käsitellään selvyden vuoksi ainoastaan ryhmään II liittyviä asioita, koska palavien nesteiden varaston ja prosessilaitteiden räjähdysvaarallisissa tiloissa olevat sähkölaitteet kuuluvat nimenomaan tähän ryhmään.

Ryhmä II

Ryhmän II sähkölaitteet ovat tarkoitettuja käytettäväksi kaasuräjähdysvaarallisissa tiloissa muissa kuin kaivoskaasulle alttiissa ympäristöissä. Ryhmä II jaetaan kolmeen alaryhmään, joiden tunnus määräytyy räjähdysvaarallisen tilan kaasusta ja ilmasta syntyvän seoksen räjähdysherkkyyden perusteella. Näiden tunnuksien osalta on huomioitavaa myös se, että laitteen vaatimustaso kasvaa mentäessä kohti tasoa IIC, joka on tasoista vaativin. Taulukosta 4 näkee kuhunkin räjähdysryhmään käytettäväksi sallitut laiteryhvät. Tyypillisen kaasun lisäksi tiettyyn alaryhmään kuuluu myös tyypillinen höyry, jotka molemmat ilmenevät kunkin luokan osalta seuraavasta luettelosta:

- IIA: tyypillinen kaasu on propaani, tyypillinen höyry on heksaani
- IIB: tyypillinen kaasu on eteeni, tyypillinen höyry on dietyylieetteri
- IIC: tyypillinen kaasu on vety, tyypillinen höyry on rikkihäili. (8, s. 140.)

TAULUKKO 4. Kaasujen tai höyryjen räjähdysryhmien ja laiteryhvien yhteensopivuus (2, s. 44)

Sijoituspaikan kaasun tai höyryn räjähdysryhmä	Sallittu laiteryhmä
IIA	II, IIA, IIB tai IIC
IIB	II, IIB, tai IIC
IIC	II, tai IIC

3.3 Laiteluokka ja räjähdysuojaustaso (Equipment Protection Level EPL)

Kaikissa tapauksissa standardissa EN 60079-0 määritellyt räjähdysuojaustasot (EPL) ovat verrannollisia vastaaviin laiteryhmiin ja laiteluokkiin taulukon 5 mukaisesti. Sama koskee tilanteita, joissa standardi viittaa laitteisiin, jotka on tarkoitettu käytettäväksi standardin EN 60079-10 mukaisissa tilaluokissa. (7, s. 430.)

TAULUKKO 5. Räjähdysuojaustasojen, laiteryhmiä ja luokkien vastaavuudet (7, s. 430)

EN 60079-0		Direktiivi 2014/34/EU		EN 60079-10-1
EPL	Ryhmä	Laiteryhmä	Laiteluokka	Tilaluokka
Ga	II	II	1G	0
Gb			2G	1
Gc			3G	2

3.3.1 Tilaluokkien ja räjähdysuojaustason välinen suhde

Tilaluokkien ja laitteiden räjähdysuojaustason (EPL) välinen suhde on esitetty taulukossa 6. Tilaluokituksen ja räjähdysuojaustason välistä suhdetta käytetään, kun tilaluokitusdokumentaatiossa on käytettävissä vain tilaluokat. Tällöin tilaluokkaa vastaava hyväksyttävä räjähdysuojaustaso voidaan todeta taulukosta. (2, s. 41.)

TAULUKKO 6. Tilaluokan ja räjähdysuojaustason (EPL) välinen suhde (2, s. 41)

Tilaluokka	Laitteen räjähdysuojaustaso (EPL)
0	Ga
1	Ga tai Gb
2	Ga, Gb tai Gc

3.3.2 Laiteluokat ja räjähdysuojaustasot

Laiteluokka 1G (EPL Ga)

Laiteluokka 1G vastaa räjähdysuojaustasoa Ga. Räjähdysuojaustaso Ga määritellään SFS-käsikirjassa seuraavasti: laite, joka on tarkoitettu kaasuräjähdyksenvaarallisiin tiloihin ja jonka suojaustaso on "hyvin korkea" siten, ettei se ole syttymislähde normaalikäytössä eikä odotettavissa olevissa tai harvinaisissa toimintahäiriöissä. (2, s. 284.)

Laiteluokka 2G (EPL Gb)

Laiteluokka 2G vastaa räjähdysuojaustasoa Gb. Räjähdysuojaustaso Gb määritellään SFS-käsikirjassa seuraavalla tavalla: laite, joka on tarkoitettu kaasuräjähdyksenvaarallisiin tiloihin ja jonka suojaustaso on "korkea" siten, ettei se ole syttymislähde normaalikäytössä eikä odotettavissa olevissa toimintahäiriöissä. (2, s. 284.)

Laiteluokka 3G (EPL Gc)

Laiteluokka 3G vastaa räjähdysuojaustasoa Gc. Räjähdysuojaustaso Gc määritellään SFS-käsikirjassa seuraavasti: laite, joka on tarkoitettu kaasuräjähdyksenvaarallisiin tiloihin ja jonka suojaustaso on "korotettu" siten, ettei se ole syttymislähde normaalikäytössä eikä mahdollisen lisäsuojauksen ansiosta ole syttymislähde säännöllisesti odotettavissa olevissa tapahtumissa (esimerkiksi lampun vaurioituminen). (2, s. 284.)

Laiteluokkien, räjähdysuojaustasojen (EPL) ja tilaluokkien rinnastettavuudet ovat nähtävissä taulukossa 7. Siitä näkee, mikä laiteluokka ja sitä vastaava räjähdysuojaustaso vastaavat toisiaan, kuten myös sen, mikä niistä täyttää tietyn tilaluokan asettamat vaatimukset.

TAULUKKO 7. Laiteluokan soveltuvuus räjähdysuojaustasoihin ja tilaluokkaan (2, s. 14)

Laiteluokka	Räjähdysuojaustaso (EPL)	Tilaluokka
1G	Ga	0
1G, 2G	Ga tai Gb	1
1G, 2G, 3G	Ga, Gb tai Gc	2

3.4 Lämpötilaluokka

Lämpötilaluokat jaetaan kuuteen eri ryhmään. Lämpötilaluokalla ilmaistaan laitteen suurinta sallittua pintalämpötilaa. Ryhmän II laitteen pintalämpötilan ollessa suurempi kuin 450 °C, merkitään lämpötila asteina. Laitteen sisältäessä lämpötiloja, jotka jäävät kahden luokan väliin, tulee lämpötilojen käydä ilmi laitteen sertifikaatista. Sertifikaatin sisältämässä merkinnässä tulee tällöin olla "X" symboli osoittamaan nämä erikoisolosuhteet. Lämpötila-alue laitteessa tulee merkitä matalimmasta lämpötilasta korkeimpaan T6...T3, mikä tarkoittaa laitteen sopivan lämpötilaluokan raja-alueen olevan 85°C... 200°C (taulukko 8). Lämpötilaluokkaa ja pintalämpötilan maksimiarvoa ei tarvitse ilmoittaa, jos laite on merkitty vain tietyssä kaasussa käytettäväksi. Merkittäessä lämpötilaluokka-alue, se tulee sisällyttää merkintään niin, että matalimman ja korkeimman lämpötilaluokan rajat ovat kolmella pisteellä erotettuna "T6...T3". (2, s. 335.)

Aiemmin luvussa 2.4 esille tulleissa kerosiinien eli lentopetrolin ominaisuuksissa aineen itsesyttymislämpötilaksi on ilmoitettu 210°C. Tämän itsesyttymislämpötilan perusteella määräytyy tilaluokituksessa lämpötilaluokaksi T3, koska laitteiden korkein pintalämpötila voi tässä luokassa olla enintään 200°C. Toisin sanoen maksimipintalämpötila jää tässä lämpötilaluokassa kyseisen aineen itsesyttymislämpötilan 210°C alapuolelle, eikä aineen syttymistä tällöin pääse tapahtumaan. Lentopetrolin varasto- ja prosessitiloissa on tällöin sallittua käyttää lämpötilaluokkaan T6...T3 luokiteltuja laitteita. Lämpötilaluokan T2 laitteita kyseisissä tiloissa ei voi käyttää, koska niiden maksimipintalämpötila voi olla jopa 300°C (taulukko 8), joka ylittää lentopetrolin ominaisuuksissa ilmoitetun itsesyttymislämpötilan, jolloin laitteen pintalämpötilan nousu voi aiheuttaa syttymisen.

TAULUKKO 8. Maksimipintalämpötilan luokitus ryhmän II sähkölaitteille (2, s. 292)

Lämpötilaluokka	Maksimipintalämpötila (°C)
T1	450
T2	300
T3	200
T4	135
T5	100
T6	85

3.5 Sähkölaitteiden räjähdysuojaurakenteet

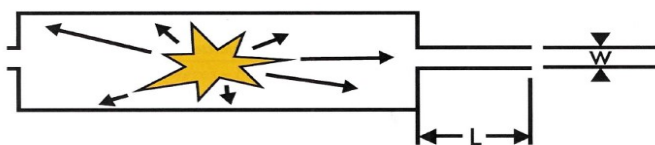
Sähkölaitteiden rakenteet sisältävät räjähdysuojaukseen liittyviä erityisratkaisuja, joiden tavoitteena on estää laitetta ympäröivän räjähdyskelpoisen ilmaseoksen syttyminen. Luokat on ilmaistu yhdellä, kahdella tai kolmella kirjaimella riippuen laitteen suojausrakenteesta. (2, s. 289.) Seuraavaksi tarkastellaan räjähdysuojaurakenteita tarkemmin rakenteen, vaatimuksien ja mahdollisten lisämerkintävaatimuksien osalta.

3.5.1 Räjähdyssuorakenteen kestävä Exd

Räjähdyssuorakenteen kestävässä rakenteessa sellaiset osat, jotka voivat saada räjähdysaikaan, on sijoitettu koteloon, joka kestää sen sisällä tapahtuneen räjähdyspaineen ja estää räjähdyslaajenemisen koteloa ulkopuolelle. Koteloa sisälle tunkeutunut räjähdyskelpoinen seos saa siis räjähtää, mutta räjähdys ei saa silti sytyttää koteloa ulkopuolella olevaa räjähdyskelpoista seosta. Koteloa kaikki raot ja saumat on tehty niin pitkiksi ja ahtaiksi, ettei niiden läpi pääse tunkeutumaan ulos kipinöiviä tai kuumia aineosia ja että räjähdysessä syntyvät lieskat ja kuumat kaasut jäähtyvät matkallaan ulos kotelosta. Rakennetta on havainnollistettu kuvassa 2. Lisäksi koteloa mekaanisen lujuuden on oltava niin suuri, että se kestää koteloa sisällä räjähdysessä syntyvän paineen, joka on enintään 10 bar. Rakenne sopii kuumia tai kipinöiviä sisäosia sisältäville laitteille, kuten moottoreiden liukurenkaille, kollektoreille, katkaisijoille, lämmityslaitteille, valaisimille tai muille sellaisille. Uusimman standardin mukaisesti Exd-laitteita voidaan tehdä täyttämään kaasutilojen kaikkien laiteluokkien (räjähdysuojastusasteen) vaatimukset merkinnöin Ex da, Ex db tai Ex dc. (2, s. 372.)

Kyseistä laiteryhmiä Exd koskevat seuraavat lisämerkintävaatimukset:

- standardin edellyttämät varoitusmerkinnät
- informatiiviset merkinnät (esimerkiksi kierrekoko ja tyyppi) (2, s. 377).



KUVA 2. Räjähdyssuorakenteen kestävä rakenne "d" (2, s.273)

3.5.2 Varmennettu rakenne Exe

Varmennetussa rakenteessa pyritään rakenteellisin keinoin saavuttamaan suurempi turvallisuus normaalirakenteisiin sähkölaitteisiin verrattuna. Rakenne sopii laitteille, joissa ei esiinny normaali-käytössä kuumia pintoja, valokaaria ja kipinöintiä, kuten rakennetta havainnollistavassa kuvassa 3 on esitetty. Edellä mainittujen tapahtumien esiintyminen vian tai ulkopuolisten vaikutteiden johdosta on vaikeutettu. Rakenne sopii kytkentärasioille, haaroitusrasioille, oikosulkumoottoreille, valaisimille tai muille sellaisille kipinöimättömille laitteille. (2, s. 373.)

Tätä laiteryhmää koskevat seuraavat lisämerkintävaatimukset:

- mitoitusjännite ja -virta
- käynnistys- ja nimellisvirran suhde (I_A/I_N) ja t_E -aika moottoreille ja vaihtovirtamagneeteille
- mittalaitteilla ja mittamuuntajilla suurin oikosulkuvirta I_{SC} , jonka laite kestää käytössä
- valaisimissa valolähteen tekniset tiedot ja tarvittaessa valolähteen mitat
- yleiskäyttöön tarkoitetuissa liitänтарыasioissa ja -koteloissa jompikumpi seuraavista:
 - suurin sallittu häviöteho
 - jokaiselle liitinkoolle sallittu lukumäärä eri johdinpoikkipinnoilla ja virroilla
- mahdolliset käyttöalueen rajoitukset
- tiedot erityisistä suojalaitteista, jos niitä tarvitaan esimerkiksi lämpötilanvalvontaan tai käynnistykseen
- paristoista rakennetyyppi, lukumäärä, nimellisvirta, varauskyky ja purkausaika ja tarvittaessa varoitus "Ei saa ladata räjähdysvaarallisessa tilassa"
- lämmityslaitteissa käytetyn materiaalin lämmönkestävyysarvo T_p
- Ex-riviliittimissä sallittu johtimen poikkipinta-alue ja mitoitusjännite (2, s. 377).



KUVA 3. Varmennettu rakenne "e" (2, s. 373)

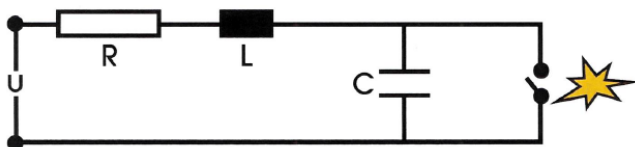
3.5.3 Luonnostaan vaaraton Exi

Luonnostaan vaaratonta rakennetta voidaan käyttää laitteissa, joissa tehontarve on niin pieni, ettei tämä teho kykene sytyttämään räjähdyskelpoista seosta tietyissä vikatapauksissa. Tähän päästään rajoittamalla virtapiirin jännite ja virta sellaiseen arvoon, ettei synny sytyttäviä kipinöitä eikä kuumia pintoja. Teho riippuu vaaran aiheuttavasta seoksesta ja siitä, onko kyseinen piiri resistiivinen, induktiivinen vai kapasitiivinen tai mahdollisesti näiden yhdistelmä. Rakennetta on havainnollistettu kuvassa 4. Luonnostaan vaaratonta rakennetta käytetään lähinnä mittaus- ja merkinantolaitteissa. Luonnostaan vaarattomat laitteet jaetaan kolmeen eri luokkaan, jotka ovat:

- 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. (2, s. 374.)

Laiteryhmää Exi koskevat lisäksi myös seuraavat lisämerkintävaatimukset:

- kun kyseessä on liitännäislaitte, on tunnuksen Ex ia, Ex ib, Ex ic tai ia, ib tai ic oltava merkitty esimerkin mukaisesti hakasulkuihin: [Ex ia] tai Ex [ia]; liitännäislaitte on sähkölaite, joka sisältää sekä luonnostaan vaarattomia että muita piirejä
- kaikki Exi-suojaukseen vaikuttavat sähköiset tekijät, kuten (U_m , U_0 , C_0 , L_0 , C_i , L_i) on merkittävä
- luonnostaan vaarattoman sähkölaitteen ja liitännäislaitteen liittimet, liitinkotelot ja pistokytkimet on merkittävä selvästi ja niiden on oltava selvästi tunnistettavissa
- kun merkintään käytetään väriä, sen on oltava vaaleansininen
- tarvittaessa merkitään IP-luokka (2, s. 377).



KUVA 4. Luonnostaan vaaraton rakenne "i" (2, s. 374)

3.5.4 Massaan valettu Exm

Massavalurakenteessa laite tai sen osa valetaan massaan siten, että räjähdyskelpoinen seos ei pääse kosketukseen vaaraa aiheuttavien osien kanssa. Standardissa kerrotaan muun muassa se, mitä ominaisuuksia massan tulee täyttää ja kuinka paksusti sitä on oltava. Rakennetta käytetään kooltaan pienehköillä laitteilla ja komponenteilla. Kyseistä rakennetta on havainnollistettu kuvassa 5. Viimeisimmän standardin mukaisesti Exm-laitteita voidaan tehdä täyttämään kaikkien laiteluokkien (räjähdysuojaustasojen) vaatimukset merkinnöin Ex ma, Ex mb tai Ex mc. (2, s. 375.)

Laiteryhmää Exm koskevat seuraavat lisämerkintävaatimukset:

- mitoitusvirta ja -jännite
- ulkoisen sulakesuojauksen tiedot, jos se on tarpeen
- suurin sallittu prospektiivinen oikosulkuvirta, jos se on alle 1500 A (2, s. 378).



KUVA 5. Massavalurakenne "m" (2, s.375)

3.5.5 Suojusrakenne Exn

Exn-rakenteinen laite on tarkoitettu käytettäväksi tilaluokassa 2, eli laitteet ovat turvallisia normaalikäytössä. Näin ollen standardi käsitteleeekin pitkälti samoja suojusrakenteita, joita käytetään tilaluokassa 1. Exn-merkityt laitteet täyttävät laiteluokan 3 (räjähdysuojaustason Gc) vaatimukset.

Suojusrakenteesta riippuvat Exn-laitteiden merkinnät voivat olla seuraavanlaisia:

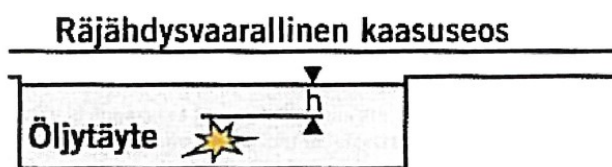
- Ex nA kipinöimätön rakenne tai laite
- Ex nR rajoitetusti hengittävä kotelointi
- Ex nL energialtaan rajoitettu laite (vain aikaisempien standardien mukaiset laitteet)
- Ex nC kipinöivä laite, jossa kipinöivät osat on suojattu muulla tavoin kuin rajoitetusti hengittävällä kotelolla, energiaa rajoittamalla tai yksinkertaistetulla paineistuksella (vain aikaisempien standardien mukaiset laitteet) (2, s. 375).

3.5.6 Öljytäytteinen Exo

Öljytäytteisessä rakenteessa on kaikki sellaiset osat, jotka voisivat sytyttää räjähdyskelpoisen seoksen kanssa on estetty. Rakennetta on havainnollistettu kuvassa 6. Rakennetta käytetään esimerkiksi muuntajilla ja käynnistysvastuksilla. Viimeisimmän standardin mukaisesti Exo-laitteita voidaan tehdä täyttämään kaasutilojen laiteluokkien 2 tai 3 (räjähdys-suojaustasojen Gb tai Gc) vaatimukset merkinnöin Ex ob tai Ex oc. (2, s.373.)

Laiteryhmää Exo koskevat seuraavat lisämerkintävaatimukset:

- suojauksessa käytetty neste
- mahdollisen paineenalennusventtiilin asetusarvot
- suojauksessa käytetyn nesteen pinnankorkeuden minimi ja maksimi (2, s.377).



KUVA 6. Öljytäytteinen rakenne "o" (2, s. 373)

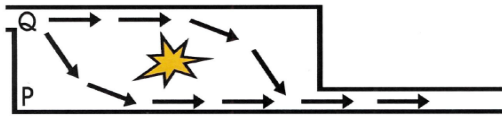
3.5.7 Paineistettu (suojatuuletettiin) Exp

Paineistetussa räjähdys-suojaurakenteessa suojaus saadaan aikaan pitämällä kotelon sisällä yli-painetta ympäristön paineeseen nähden, jolloin räjähdyskelpoinen seos ei pääse kuumien osien, valokaarien tai kipinöivien osien kanssa kosketukseen. Koteloa voidaan huuhdella joko puhtaalla ilmalla tai neutraalilla "inerti"-kaasulla. Ennen jännitteen kytkemistä kotelon sisällä oleviin räjähdys-suojattomiin osiin huuhdellaan kotelot putkistoihin niin, ettei niissä esiinny räjähdyskelpoista pitoisuutta. Rakennetta on havainnollistettu kuvassa 7. Huuhtelun jälkeen voidaan suojausta ylläpitää seuraavilla paineistusmenetelmillä: huuhtelemalla koko ajan puhdasta ilmaa järjestelmän läpi (dynaaminen paineistus) tai korvaamalla ulosvuotava ilma (staattinen paineistus). Rakennetta käytetään isoissa laitteissa kuten keskuksissa, ohjauspulpeteissa, moottoreissa ja niin edelleen. Rakenteen periaatteita noudattaen voidaan myös rakentaa valvomo, analysaattorihuone tai muu sel-

lainen. Exp-laitteita voidaan tehdä kaasulle ja höyrylle laiteluokkiin 2G, 3G, jotka vastaavat räjähdyssuojaustasoja Gb ja Gc. Laiteluokan 2 vaatimukset täyttävien Exp-laitteiden merkintä on joko Ex pxb tai Ex pyb. (2, s. 372–373.)

Laiteryhmää Exp koskevat lisäksi seuraavat lisämerkintävaatimukset:

- suojaustyyppi px, py tai pz
- pienin huuhteluun tarvittava suojakaasun määrä, joka varmistaa, että kotelossa ei ole räjähdysvaarallista seosta
- suojakaasu, jos käytetään muuta kuin ilmaa
- pienin ja suurin sallittu ylipaine kotelossa
- suurin sallittu suojakaasun vuotomäärä
- suojakaasun vähimmäisvirtausmäärä
- tarvittaessa suojakaasun sallittu lämpötila tai lämpötila-alue
- piste, josta painetta mitataan, ellei sitä ole esitetty dokumentaatioissa
- standardin vaatimat varoituskilvet (2, s. 377).



KUVA 7. Paineistettu rakenne "p" (2, s. 372)

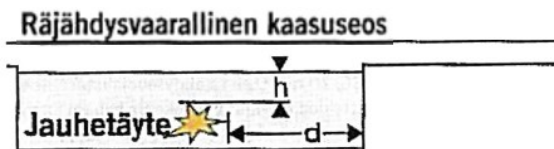
3.5.8 Hiekkatäytteinen Exq

Hiekkatäytteisessä rakenteessa on kaikki sellaiset osat, jotka voisivat sytyttää räjähdysten, upotettu pulverimaiseen aineeseen – tavallisesti hiekkaan – siten, että kipinät, valokaaret ja kuumat osat eivät pääse kosketukseen räjähdyskelpoisen seoksen kanssa. Rakennetta on havainnollistettu kuvassa 8, ja sitä käytetään esimerkiksi muuntajilla, kondensaattoreilla ja loistelamppujen sytyttimillä. Viimeisimmän standardin mukaisesti Exq-laitteita voidaan tehdä täyttämään kaasutilojen laiteluokan 2 (räjähdyssuojaustason Gb) vaatimukset merkinnällä Ex qb. (2, s. 374.)

Hiekkatäytteiseen laitteeseen on oltava merkitty varoitustekstinä joko "Tämä kotelo on pysyvästi suljettu, eikä sitä voi korjata" tai "Tämä kotelo on tehtaalla suljettu, katso valmistajan korjausohjeita" (2, s. 378).

Laiteryhmää Exq koskevat varoitustekstien lisäksi myös seuraavat lisämerkintävaatimukset:

- Ulkoisten virtapiirien liittimet on 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 on ilmoitettava, mikäli laite on suunniteltu muulle kuin 1500 A:n oikosulkuvirralla. (2, s. 378.)



KUVA 8. Hiekkatäytteinen rakenne "q" (2, s. 374)

3.5.9 Erikoisrakenne Exs

Edellä lueteltujen standardisoitujen rakenteiden lisäksi on käytössä erikoisrakenteita Exs, jotka on valmistettu tiettyä tarkoitusta varten tai tietyllä tavalla, jolloin hyväksymisestä sovitaan valmistajan ja testauslaitoksen välisissä neuvotteluissa. Rakenne tulee kysymykseen, kun standardisoituja räjähdysuojauksia ei syystä tai toisesta voida käyttää. (2, s. 376.)

3.5.10 Räjähdyksivaarallisen tilan tiivis kotelo Ext (tD)

Räjähdyksivaarallisen tilan tiivis kotelo on muun muassa pölytiivis. Räjähävä pöly-ilmaseos pidetään erossa syttymislähteestä ja kotelon pintalämpötila on rajoitettu (kuva 9). Uusimman standardin mukaisesti Ext-laitteita voidaan tehdä täyttämään pölytilojen kaikkien laiteluokkien (räjähdysuojaustasojen) vaatimukset merkinnöin Ex ta, Ex tb tai Ex te. (2, s. 377.)



KUVA 9. Tiiviin kotelon rakenne "t" (1, s. 434)

3.6 Räjähdyssuojusrakenteiden lisätarkastusvaatimukset

Seuraavaksi tarkastellaan räjähdysuojusrakenteille standardissa määritettyjä lisätarkastusvaatimuksia. Näitä voivat olla esimerkiksi koteloiden puhdistamiseen, suojalaitteiden valintaan sekä niiden asetteluun tai tarkastuksien dokumentointiin liittyvät asiat.

3.6.1 Räjähdyssuorakenteen kestävä rakenne

Koottaessa uudelleen räjähdyspaineen kestäviä kotelaitteita kaikki liitokset on huolellisesti puhdistettava ja ne voidaan voidella kevyesti sopivalla rasvalla, millä estetään korroosiota ja parannetaan säänkestävyyttä. Lämpäisemättömät reikäaihiot on pidettävä rasvasta puhtaina. Metallisia kaapimia ei saa käyttää ja laippojen puhdistamiseen on käytettävä vain syövyttämättömiä puhdistusaineita. Pultit, mutterit ja muut vastaavat osat, joista räjähdysuojaus riippuu, on korvattava vain valmistajan vastaavilla osilla ohjeiden mukaisesti. (5, s. 167.) Tarkastukset kyseiselle Exd-suojusrakenteelle suoritetaan hyödyntämällä tarkastuksen ohjeena, liitteenä 1 olevaa taulukkoa.

3.6.2 Varmennettu rakenne

Exe-moottoreiden käämitykset on suojattu soveltuvilla laitteilla, joilla varmistetaan, että korkein sallittu lämpötila ei voi ylittyä käytössä (mukaan lukien jumiutuminen). Tämän vuoksi on tarpeen tarkastaa, että suojalaite on valittu siten, että sen laukaisuaikakäyrästä saatu laukaisuaika (kylmästä tilasta lähtien) suojattavan moottorin virtasuhteella I_A/I_N ei ole pidempi kuin moottorin arvokilvessä ilmoitettu aika t_E maksimitoleranssilla +20 %.

Jos kyseessä on korjattu moottori, laukaisuaika t_E voi olla lyhentynyt ja suojalaitteen asetus olisi tarkastettava (katso IEC 60079-19). Laukaisuaikaa huollossa on verrattava käyttöönottotarkastuksessa saatuun, jotta mahdollinen muuttuminen havaitaan. Sekin on huomioitava, että kunnossapitotarkastuksessa laukaisuajan mittaaminen voi olla tarpeellista tai tarpeetonta. (5, s. 167.) Yleisesti Exe-suojastason laitteet tarkastetaan liitteenä 2 olevan taulukon mukaisesti.

3.6.3 Luonnostaan vaaraton rakenne

Luonnostaan vaarattoman rakenteen "I" lisäksi lisätarkastusvaatimukset koskevat räjähdysuojusrakenteita "ia", "ib", "ic". Tarkastuksia tehtäessä on oltava saatavilla dokumentit, joista selviävät seuraavat tiedot:

- mahdolliset piirin turvallisuusasiakirjat
- laitteen
 - valmistaja
 - tyyppi
 - hyväksymistodistuksen numero
 - suojaustaso
 - kaasuille räjähdysryhmä ja lämpötilaluokka
- käytettyjen kaapeleiden sähköiset parametrit
 - kapasitanssi
 - induktanssi
 - pituus
 - tyyppi
 - kulkureitti
- laitteen hyväksymistodistuksen erityisvaatimukset
- yksityiskohtainen selvitys miten nämä vaatimukset täyttyvät tietyissä asennuksissa
- jokaisen laitteen sijainti laitoksessa. (5, s. 167.)

3.6.4 Massaan valettu, öljytäyteinen, paineistettu ja hiekkatäyteinen rakenne

Suojausrakenteiden "m", "mD", "o", "op" ja "q" tarkastuksille ei ole laadittu omia taulukoita. Liitteen 1 taulukkoa tulisi soveltuvin osin käyttää näiden suojausrakenteiden esiintyessä siihen liittyvälle kotelolle ja sen sisällölle suoritettaviin tarkastuksiin. (5, s. 169.)

Paineistettua rakennetta "p" tai "pD" olevat laitteet on tarkastettava liitteenä 5 olevan taulukon mukaisesti, sekä kaasujen osalta standardin IEC 60079-2 antamien ohjeiden mukaisesti. Huomioi myös kyseiseen rakenteeseen liittyvät standardin IEC 60079-14 antamat ohjeet. (5, s. 169.)

3.6.5 Räjähdyksvaarallisen tilan tiivis kotelo

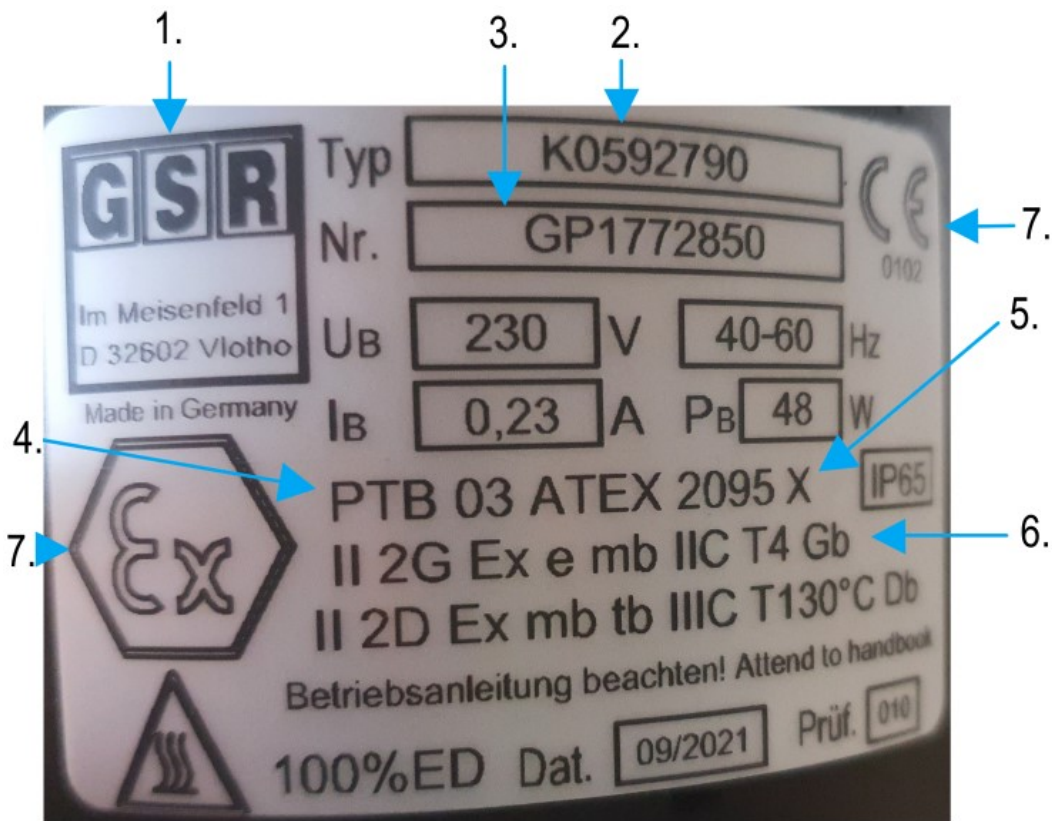
Suojausrakenteiden "t" ja "tD" mukaiset laitteet on tarkastettava liitteen 4 taulukon mukaisesti. Muihin rakenteisiin verrattuna on huomioitava erityisesti pintalämpötilaluokan oikeellisuus. (5, s. 169.)

3.7 Ex-merkintä

Sähkölaitteen merkinnän tulee olla selvästi näkyvä ja sijaita keskeisellä paikalla laitteen ulkopinnalla ja sen tulee olla näkyvässä ennen laitteen asennusta sekä asennuksen jälkeen (2, s. 249). On myös huomattava, että vanhemmissa EN 5XXXX-sarjan mukaisesti hyväksytyissä laitteissa on käytetty merkintää EEx, kun taas IEC:hen pohjautuvissa EN 6XXXX -sarjan mukaisissa laitteissa on vastaava merkintä IEC:n mukaisesti Ex (3, s. 376).

Standardin SFS-EN 60079-0 mukaisesti Ex-laitteessa on oltava vähintään seuraavat kuvassa 10 numeroidut ja nuolilla osoitetut merkinnät, jotka on myös selitetty seuraavassa:

1. valmistajan nimi tai rekisteröity tavaramerkki
2. valmistajan antama tyyppimerkintä
3. valmistuserän numero tai sarjanumero
4. sertifikaatin julkaisijan nimi tai merkki, sertifikaatin julkaisuvuoden kaksi viimeistä numeroa ja sertifikaatin yksilöllinen, asianomaiseen julkaisuvuoteen kuuluva nelinumeroinen tunnus
5. symboli "X" tulee merkitä sertifikaatin tunnuksen jälkeen, mikäli on tarpeen ilmaista laitteen käytölle erityisehtoja
6. erityiset Ex-merkinnät kaasuräjähdyksvaarallisiin tiloihin tai pölyräjähdyksvaarallisiin tiloihin
7. kaikki muut kyseessä olevan rakenteen räjähdysuojausrakenteita koskevien erityisstandardien määrittämät merkinnät, kuten esimerkiksi räjähdysuojaustunnus, CE-merkintä ja ilmoitetun laitoksen tunnus (1, s. 435).



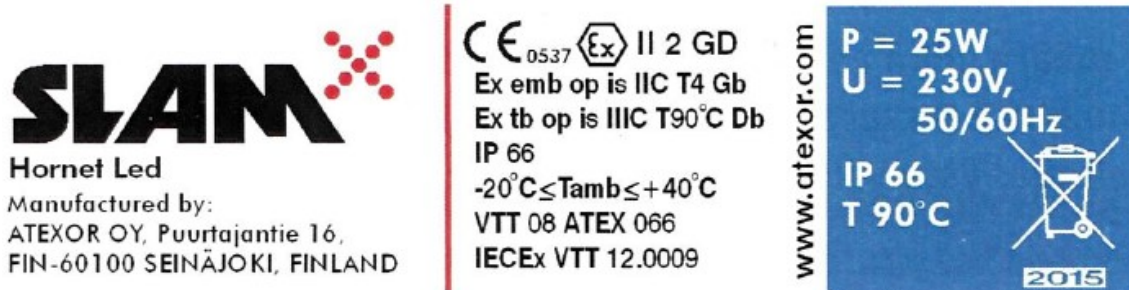
KUVA 10. Kiinteästi järjestelmään asennetun sähkölaitteen EX-merkintä

ATEX-laitedirektiivin merkintää koskevat vaatimukset

ATEX-laitedirektiivi edellyttää IEC-standardien merkintöjen lisäksi CE-merkintää ja räjähdys-suojauksen erityismerkintää (kuva 11). CE-merkintään liitetään ilmoitetun tarkastuslaitoksen tunnusnumero, jos tämä laitos osallistuu tuotannon tarkastusvaiheeseen. Seuraavaksi on kerrottu ne Ex-merkintään vaadittavat asiat kaasuräjähdyssuojauksen tilan osalta, jotka on sijoitettava merkintään seuraavana esitetyssä järjestyksessä, lyhyellä välillä toisistaan erotettuna:

1. tunnus Ex, jolla ilmaistaan, että sähkölaitte on yhden tai useamman erityisstandardien määrittämän räjähdysuojauksrakenteen mukainen
2. asianomaisen räjähdysuojauksrakenteen tunnus (d, e, ia, ib, ie, nA, nC, nR, nL, o, px, py, pz, q)
3. laiteryhmän tunnus (I, IIA, IIB, IIC)
4. lämpötilaluokan ilmaiseva tunnus ryhmän II sähkölaitteille (esim. TI tai 350 °C tai 350 °C (TI))
5. räjähdysuojauksaste (Ga, Gb, Gc) soveltuvin osin. (1, s. 435.)

Kuvassa 11 on esimerkki räjähdysvaarallisia tiloja koskevasta siirrettävän valaisimen merkinnästä, missä näkyvät myös EPL-luokat. Merkinnässä on myös pölytiloja koskevat merkinnät, joita ei työn rajauksen vuoksi tässä yhteydessä kuitenkaan tarkastella.



KUVA 11. Siirrettävän valaisimen Ex-merkintä (2, 378)

Kuvassa 11 olevan siirrettävän valaisimen Ex-merkinnän sisältämien merkintöjen selitykset:

- CE₀₅₃₇ CE-merkki, jossa on myös tuotannon laadunvalvonnan sertifoineen ilmoitetun laitoksen (VTT Expert Services) tunnusnumero
- ⊕ certifoitu räjähdysvaarallisiin tiloihin ATEX-direktiivin mukaan
- II muut alueet kuin kaivokset
- 2 laiteluokka (sopiva tilaluokkiin 1 ja 2)
- G kaasuvaaralliset tilat (Gases)
- Ex certifoitu räjähdysvaarallisiin tiloihin
- e varmennettu rakenne (tietyt komponentit)
- mb massavalurakenne (esimerkiksi liitäntälaitteen suojausrakenne)
- IIC laiteryhmä (käyttö sallittu kaikissa kaasun tai höyryn räjähdysryhmissä)
- T4 lämpötilaluokka (laitteen maksimilämpötila on 135°C)
- Gb räjähdys-suojautaso ("korkea", jossa laite ei ole syttymislähde normaalissa tai odotettavissa olevissa vikatilanteissa). (2, s. 378–379.)

4 SÄHKÖLAITTEIDEN TARKASTUKSET JA MITTAUKSET

Sähkölaitteistoon sisältyy yleensä myös räjähdysvaarallisten tilojen ulkopuolella olevia sähkölaitteita, vaikka osa olisikin räjähdysvaarallisella alueella tai alueilla. Myös näillä laitteilla on kunnossapitoon ja tarkastuksiin liittyviä toimenpiteitä, jotka on myös huomioitava tehtäessä tarkastuksia ja testauksia räjähdysvaarallisissa tiloissa olevalle laitteistolle.

4.1 Lainsäädäntö

Aiemmin luvussa 2.1 (ATEX-lainsäädäntö) esille otettujen asioiden lisäksi sähkölaitteiden tarkastamiseen niin räjähdysvaarallisissa tiloissa kuin niiden ulkopuolellakin liittyy sähköturvallisuuslaki (1135/2016), jota sovelletaan sähkölaitteisiin ja -laitteistoihin, joita käytetään sähkön tuottamisessa, siirrossa, jakelussa tai käytössä ja joiden sähköisistä tai sähkömagneettisista ominaisuuksista voi aiheutua vahingonvaara tai häiriötä. Sähköturvallisuuslaissa määritetään muun muassa sähkölaitteiston käyttöönottotarkastus, sähkölaitteistoluokitus, sähkölaitteiston varmennustarkastus sekä sen ajankohta, sisältö ja suorittajaa koskevat vaatimukset. Lisäksi sähköturvallisuuslaissa määritetään sähkölaitteiston huolto ja kunnossapito sekä määräaikaistarkastus ja sen sisältöä ja suorittajaa koskevat asiat.

Valtioneuvoston asetus sähkötyöstä ja käyttötyöstä (1435/2016) liittyy myös tarkastamiseen. Asetuksen liitteessä määritetään sähkötyön turvallisen suorittamisen olennaiset turvallisuusvaatimukset, joita ovat muun muassa työskentelyn yleiset vaatimukset, ohjeet ja opastus, välineet ja varusteet, sähkötyöt jännitteettömässä sähkölaitteistossa sekä sähkötyöt jännitteisessä sähkölaitteistossa. Lisäksi kyseisessä asetuksessa säädetään myös suorittajaa koskevista kelpoisuusvaatimuksista.

Näiden edellisten lisäksi sähköturvallisuuslain (32§ ja 33§) mukainen sähköturvallisuusviranomaisen (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes) julkaisee olennaisia turvallisuusvaatimuksia vastaavien standardien luettelon (liite 6). Tämä luettelo on yksi Tukes-ohjeista nimeltään: Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit (S 10), joka on nähtävillä myös Tukesin Internet-sivuilla www.tukes.fi. Räjähdysvaarallisten tilojen sähköasennuksia koskeva standardi SFS-EN 60079-14 sisältyy myös yhtenä standardina kyseiseen ohjeeseen. (2, s. 15.)

4.2 Sähkölaitteistojen tarkastukset

Tarkastuksen tarkoituksena on varmistaa, että sähkölaitteisto on soveltuviissa standardeissa esitettyjen turvallisuussääntöjen ja teknisten vaatimusten mukainen. Siinä voidaan todeta myös laitteiston normaali toiminta. Uudet sähkölaitteistot kuten myös olemassa olevien asennusten muutokset ja laajennukset on tarkastettava ennen asennuksien käyttöönottoa. Sähkölaitteistot pitää tämän lisäksi tarkastaa myös sopivin määrävälein tehtävillä määräaikaistarkastuksilla. Näiden tarkastusten tarkoitus on löytää laitteistoon käyttöönoton jälkeen ilmaantuneet viat, joista voi aiheutua vaaraa tai ne voivat häiritä laitteiston käyttöä. Suoritettavien tarkastuksien ja mahdollisten testauksien tueksi sähkölaitteistoista on oltava käytettävissä ajan tasalla olevat piirustukset ja asiakirjat, joista tarkastettavana olevan sähköjärjestelmän rakenne, laajuus ja aikaisemmat suoritettavat toimenpiteet käyvät riittävässä määrin ilmi. (9, s. 18–21.)

Sähköturvallisuuden ylläpito on haltijan vastuulla ja se tapahtuu noudattamalla säädösten mukaisille tarkastuksille annettuja menettelytapoja ja toteuttamalla käytön aikana tarkoituksenmukaisia kunnossapito-ohjeita tai -ohjelmia. Määräaikaistarkastus ei voi korvata säännönmukaiseen hoitoon ja kunnossapitoon kuuluvia huoltotarkastuksia. (10, s. 59.)

4.3 Räjähdyksivaarallisten tilojen tarkastukset

Räjähdyksivaarallisten tilojen sähköasennukset sekä -laitteet sisältävät erikoisominaisuuksia. Nämä ominaisuudet on suunniteltu erityisesti kyseisiin käyttöolosuhteisiin soveltuviksi. Säilyttämällä nämä erikoisominaisuudet ylläpidetään tällöin myös turvallisuustaso vaaditulla ja suunnitellulla tasolla, mikä on myös perusedellytys turvalliselle työskentelylle ja järjestelmien käytölle. Sähköasennusten jatkuva käyttö räjähdysvaarallisissa tiloissa edellyttää tyydyttävän kunnan varmistamista säännöllisin käytön aikaisin kunnossapitotarkastuksin tai ammattitaitoisen henkilökunnan suorittamalla jatkuvalla valvonnalla sekä tarvittaessa suoritettavien kunnossapitotoimenpitein. (5, s. 152.)

Aina laitteiden vaihtojen, kunnossapidon, muutosten tai mahdollisten säätöjen jälkeen on asianomaiset laitteet tarkastettava. Tarkastuksen pitää olla riittävän riippumaton, ettei tarkastusraportin minkään havainnon luotettavuus vaarannu. Tarkastuksiin sovelletaan tällä hetkellä standardin SFS-EN 60079-17 mukaisia ajantasaisia tarkastustaulukoita, mutta vanhemmille laitteistoille sovelletaan kyseisen laitteen asennusajankohtana voimassa olleita standardeja. (5, s.152.)

Aina tilaluokituksen tai räjähdysuojaustasovaatimusten muuttuessa jostakin syystä, tai jos laite siirretään uuteen paikkaan, on tarkastettava, että sen ominaisuudet, kuten räjähdysuojusrakenne, laiteryhmä ja pintalämpötila soveltuvat uusiin muuttuneisiin olosuhteisiin. Myös tapauksessa, että laitosta tai laitteita joudutaan purkamaan tarkastuksen yhteydessä, kokoonpano on tehtävä huolellisuutta noudattaen, jotta varmistutaan, että kyseisen laitteen tai tilan räjähdysuojaus säilyy vaaditulla tasolla. (5, s. 156.)

Kaikki käytössä olevat laitteet on tarkastettava säännöllisin välein. Määräaikaisesti suoritettavien tarkastusten väli saa olla enintään kolme vuotta. Käytettävissä on oltava riittävät laitetiedot tarkastuksen suorittamiseksi. Erityisesti räjähdysvaarallisista tiloista tarkastetaan seuraavat asiat, kuten räjähdysuojausasiakirja ja siihen liittyvät tilaluokaselvitykset, aineominaisuustiedot sekä maadoitus- ja kaapelikartat. Edellisten lisäksi tarkastetaan myös mittauspöytäkirjojen perusteella erityisesti maadoitusjärjestelmän ja erityissuojauslaitteiden toimivuus sekä aistinvaraisesti maadoitukset ja potentiaalintasaukset. Myös asennettujen laitteiden soveltuvuus tarkastetaan kyseisiin erityisolosuhteisiin. (10, s. 70.)

4.3.1 Tarkastuksen tasot

Tarkastuksen tasoja ovat silmämääräinen, lähi- ja yksityiskohtainen tarkastus. Tarkastustasoilla ilmaistaan tarkastuksen tarkkuutta ja yksityiskohtaisuutta. Jännitteiselle laitteelle voidaan suorittaa silmämääräinen ja lähitarkastus. Yksityiskohtainen tarkastus vaatii yleensä laitteen kytkemisen jännitteettömäksi. Mikäli tarkastettavassa laitteessa on sovellettu useampaa räjähdysuojusrakennetta, tulee tämä myös huomioida yhdistämällä tarkastustaulukoiden asianomaisia kohtia riittävän tarkastamisen varmistamiseksi. (5, s. 157.)

4.3.2 Tarkastuksen tyypit

Ensimmäinen tarkastustyypeistä on käyttöönottotarkastus. Käyttöönottotarkastuksessa on tarkoitus todentaa yksityiskohtaisesti, että valittu räjähdysuojaustaso ja asennus ovat suunnitellun mukaiset. Käyttöönottotarkastuksen vaatimukset on ilmaistu standardissa SFS-EN 60079-14. (5, s. 157.)

Toinen tarkastuksen tyyppi on kunnossapitotarkastus, joka tehdään ajantasaisia liitteenä olevia tarkastuslistoja (liitteet 1–5) soveltuvin osin noudattaen. Kunnossapitotarkastukset voivat olla silmämääräisiä, lähi- tai yksityiskohtaisia tarkastuksia. Kunnossapitotarkastus on yksityiskohtaisempi kuin seuraavana tyyppinä oleva pistokoetarkastus. Kunnossapitotarkastuksessa on tarkoituksena löytää sellaisia satunnaistyyppisiä vikoja, kuten mahdolliset löysät liitokset. (5, s. 157.)

Kolmas tarkastuksen tyyppi on pistokoetarkastus. Myös nämä voivat olla silmämääräisiä, lähi- tai yksityiskohtaisia tarkastuksia. Pistokoetarkastus ei ole niin yksityiskohtainen kuin edellä mainittu kunnossapitotarkastus. Pistokoetarkastuksissa keskitytään lähinnä ympäristöolosuhteiden, rakeneheikkouksien ja mahdollisen tärinän aiheuttamien vikojen havaitsemiseen. Tämäkin tarkastus suoritetaan ajankohtaisia liitteenä olevia tarkastuslistoja (liitteet 1–5) soveltuvin osin noudattaen. (5, s. 157.)

Neljäs tarkastuksen tyyppi on jatkuva valvonta. Tätä valvonnan tyyppiä suoritetaan joko silmämääräisenä- tai lähitarkastuksena liitteenä olevia tarkastuslistoja (liitteet 1–5) soveltaen. Jatkuvaa tarkastusta suorittavat työntekijät ja se on myös toinen vaihtoehtoinen tapa toteuttaa räjähdysvaarallisessa tilassa olevien laitteiden valvonta. Mikäli asennusta ei voida sisällyttää jatkuvan valvontatarkastuksen piiriin, sille on tällöin tehtävä kunnossapitotarkastus. (5, s. 157.)

4.4 Kunnossapitotarkastukset

Säännöllisillä käytönaikaisilla kunnossapitotarkastuksilla tai ammattitaitoisen henkilökunnan suorittamalla jatkuvalla valvonnalla pyritään säilyttämään räjähdysvaarallisen tilan erityisominaisuuksia sisältävien sähköasennusten turvallisuustaso kyseisissä käyttöolosuhteissa. Ainoastaan se, että räjähdysvaarallisten tilojen sähköasennukset toimivat oikealla tavalla ei tarkoita, eikä saisi tulkita sen tarkoittavankaan sitä, että edellä mainittujen erityisominaisuuksien säilyminen on riittävästi varmistettu. Riittävän varmistuksen saamiseksi tarkastukset tulee suorittaa voimassa olevan standardin mukaisesti. Kuitenkin vanhemmilla laitteilla niiden tarkastuksissa pitäisi viitata ja käyttää tarkastuksen perustana standardia, joka oli voimassa laitteen asennusajankohtana. (5, s. 152.)

Huollon ja kunnossapidon osalta sähkölaitteiston haltija on vastuussa laitteiston turvallisuudesta, sen ylläpitämiseksi tarvittavasta kunnossapidosta ja siitä, että laitteisto täyttää sähköturvallisuus-

lain vaatimukset. Sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava siitä, että luokkien 2 ja 3 sähkölaitteistoille laaditaan sähköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito-ohjelma. Muiden sähkölaitteistojen osalta kunnossapito-ohjelma voidaan korvata laitteiden ja laitteistojen käyttö- ja huolto-ohjeilla. (11, 3:47; 3:48.)

Kunnossapitotarkastukseen kuuluu yksityiskohtainen asennuksen tutkiminen joko purkamatta asennusta tai tarvittaessa osittain purkamalla asennus. Yksityiskohtaisista tarkastuksista on räjähdysvaarallisten tilojen osalta pidettävä pöytäkirjaa, joka tulee myös taltioida. Tarkastusta täydennetään käyttöönottotarkastusten mukaisilla asianmukaisilla testeillä, joihin kuuluu myös mittauksia, joilla osoitetaan seuraavien vaatimuksien toteutuvan:

- ihmisten ja kotieläinten suojaus sähköiskulta ja palovammoilta
- suojaus asennuksien virheiden aiheuttamalta omaisuuden palo- ja lämpövaaralta
- varmistuminen, ettei asennus ole vioittunut tai kulunut tai liitos löystynyt niin, että se pienentäisi turvallisuutta
- suojalaitteiden oikea mitoitus ja asettelu standardin SFS 6000-4-41 mukaan
- valvontalaitteiden oikea mitoitus ja asettelu
- asennuksen mahdollisesti vaaraa lisäävien virheiden ja standardista poikkeamien tunnistaminen. (10, s. 72.)

4.4.1 Henkilöstölle asetetut vaatimukset

Tarkastuksesta ja kunnossapidon toimenpiteistä vastuussa olevien ja toimeenpanevien teknisten henkilöiden tulee lähtökohtaisesti pidättäytyä itse osallistumasta suoranaisesti tarkastus- ja kunnossapitotöihin, vaan ensisijaisesti keskittyä työssään ammattitaitoisten henkilöiden suorittamien tarkastus- ja kunnossapitotehtävien johtamiseen sekä opastamiseen. Tarkastus- ja kunnossapitotehtävien suorittamiseen liittyy myös tiettyjä standardissa määritettyjä pätevyysvaatimuksia tietojen ja taitojen osalta. Pätevyysvaatimuksia on sovellettava kaikkien niiden räjähdysuojatekniikoiden osalta, joihin henkilö tehtävissään osallistuu. Kulloinkin kyseessä olevan prosessin Ex-laitteiden tarkastuksesta ja kunnossapidosta vastaavilla vastuuhenkilöillä sekä toimeenpanevilla teknisillä

henkilöillä on oltava vähintään seuraavat tiedot ja taidot:

- soveltuvat sähkötekniikan yleistiedot
- räjähdysuojusperiaatteiden ja -tekniikoiden käytännön tuntemus
- kyky lukea, ymmärtää ja tarkastaa teknisiä piirustuksia
- tarpeellisten räjähdysuojusstandardien ymmärtäminen ja kokemus niiden käytöstä (IEC 60079-10-1, IEC 60079-10-2, IEC 60079-14 ja IEC 60079-19)
- perustiedot laadunvarmistuksesta mukaan lukien tarkastuksen, dokumentoinnin sekä mittausten ja kalibroinnin jäljitettävyyden periaatteet. (5, s. 176.)

Tarkastuksia suorittavalta henkilöstöltä edellytetään riittävää pätevyyttä ja räjähdysvaarallisen tilan laitteiden ja asennuksien tuntemusta kunnossapitotarkastuksen suorittamiseksi. Tarkastuksien suorittamiseksi edellytetään myös teknistä perehtyneisyyttä räjähdysvaarallisen tilan tilaluokituksiin ja laitteen räjähdysuojustason (EPL) merkitykseen kyseisen tilan kannalta. Lisäksi tarkastusta suorittavan henkilön pitää ymmärtää asennettuihin laitteisiin ja asennuksiin kohdistuvan silmämääräisen, lähi- ja yksityiskohtaisen tarkastuksen vaatimukset. (5, s. 158.)

Tarkastuksiin ja kunnossapitotoon osallistuvien työntekijöiden ja teknisten henkilöiden on tehtäviensä vaatimassa laajuudessa ymmärrettävä ja tunnettava seuraavat asiat pystyäkseen suoriutumaan tarkastus- ja kunnossapitotehtävistä vaatimuksien edellyttämällä tavalla:

- ymmärrettävä räjähdysuojauksen yleiset periaatteet
- ymmärrettävä räjähdysuojusrakenteiden ja merkintöjen yleiset periaatteet
- ymmärrettävä laiterakenteiden räjähdysuojaukseen vaikuttavat tekijät
- ymmärrettävä sertifiointin merkitys sekä toimenpiteessä sovellettavat standardin kohdat
- ymmärrettävä työlupamenettelyn sekä turvallisen erottamisen lisämerkitys räjähdysuojaukselle
- tunnettava standardissa mainitut, laitteiden tarkastuksessa ja kunnossapidossa käytettävät erityistekniikat
- ymmärrettävä kattavasti standardin IEC 60079-14 laitevalintaan ja kokoonpanoon kohdistuvat vaatimukset
- ymmärrettävä yleisesti standardin IEC 60079-19 korjaamiseen ja paikkaamiseen kohdistuvat vaatimukset. (5, s. 176.)

4.4.2 Työlupakäytäntö

Työlupa on dokumentti, joka laaditaan kulloinkin suoritettavan työn mukaisesti. Tällaisia töitä ovat esimerkiksi kunnossapitotyö, tulityö, säiliötyö, kemikaalityö sekä sähkö- ja/tai automaatiotyö. Työlupa laaditaan aina silloin, kun kyseisten kunnossapitotöiden vuoksi joudutaan avaamaan prosessiin liittyviä osia, käytetään tulta, työskennellään säiliössä tai muussa suljetussa tilassa tai työskennellään vaarallisten, terveydelle ja ympäristölle mahdollisesti haitallisten kemikaalien kanssa tai tehdään sähkö- ja/tai automaatiotöitä. Työlupa laaditaan, jotta voidaan varmistua siitä, ettei suoritettavista toimenpiteistä aiheudu onnettomuusvaaraa, eikä aiheuteta tuotannollista tai taloudellista menetystä. Työlupakäytännön taustalla vaikuttavat muun muassa lainsäädäntö, asetukset, direktiivit ja standardit. Työturvallisuuslaki määrittää perustan turvalliselle työskentelylle. Valtioneuvoston asetukset määrittävät työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta ja erilaisilla direktiiveillä säädetään terveyttä ja turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista. (12, s. 6.)

Räjähdyksivaarallisellakin alueella voidaan sallia syttymislähteiden käyttö työlupakäytäntöä soveltamalla ja noudattamalla siinä annettuja ehtoja. Kyseessä olevassa tilassa on varmistettava, että kaasuja ja höyryjä ei ole eikä ole odotettavissa sellaisia määriä, jotka voisivat aikaansaada palavia pitoisuuksia määritellyn ajanjakson kuluessa, jolloin työlupa voidaan myöntää. Luvassa voidaan edellyttää jatkuvaa tai ajoittaista kaasuvälvontaa ja/tai yksityiskohtaisia toimia vuodon ilmetessä. (5, s. 107.)

Työluvan myöntämisessä räjähdysvaaralliseen tilaan on otettava huomioon seuraavat asiat:

- määritellään luvan alkamisajankohta (päivämäärä ja kellonaika)
- määritellään toimenpiteiden paikka
- eritellään luvanalaisen työn luonne (esim. dieselmoottorin käyttö, poraus)
- määritellään tarvittavat keinot ja mahdolliset mittausvälineet palavien kaasujen tai höyryjen pitoisuuden varmentamiseksi
- eritellään näytteenottovaatimukset palavien kaasujen tai höyryjen pitoisuusvarmistukseen liittyen
- määritellään mahdollisten palavien kaasujen ja nesteiden vuotojen valvonta
- määritellään varasuunnitelma hätätilanteiden varalta
- määritellään luvan päättymisajankohta (päivämäärä ja kellonaika) (5, s. 107).

Työlupaa myönnettäessä tulee huomioida työn suorittamiseksi mahdollisesti vaadittavien edellytysten riittävä toteutuminen. Tällaisia työn suorittajalta vaadittavia edellytyksiä voivat aiemmin luvussa 4.4.1 (Henkilöstön vaatimukset) kerrottujen vaatimusten lisäksi olla työkohteesta riippuen muun muassa seuraavat voimassa olevat koulutukset ja kortit:

- työturvallisuuskortti
- tulityökortti
- ensiapukortti
- sähkötyöturvallisuuskortti (SFS 6002).

4.4.3 Kiinteät asennukset

Kiinteiden asennuksien kunnossapitotarkastusten väli saa olla enintään kolme vuotta. Pidemmän kuin kolme vuotta olevan tarkastusvälin tulee perustua merkitsevään tietoon tai olla asiantuntijan kanssa sovittu. Mikäli tarkastusväliä on pidennetty kolmesta vuodesta, on pidentämisen syy kirjattava. Kunnossapitotarkastuksille määritellyn tarkastusvälin jälkeen on asennukselle suoritettava tarkastusvälin aikana pistokoeluentoisia lisätarkastuksia. Näiden suoritettujen lisätarkastuksien perusteella tarkastusväli joko säilytetään tai muutetaan. (5, s. 158.)

Kunnossapitotarkastuksien aikaväliä ja tarkastuksen tasoa määritettäessä on huomioitava edellisen tarkastuksen tulosten lisäksi myös valmistajan antamat ohjeet, mahdolliset vikaantumistekijät, tilaluokitus ja räjähdysuojaustaso (EPL). Laitteen tyyppi vaikuttaa myös tarkastustason määrittämiseen, jota on tarkasteltava laitekohtaisesti. Tarkastusvälin muutoksissa edellisten tarkastuksien tuloksilla on erittäin olennainen merkitys. (5, s. 158.)

Vaihtoehtoinen suoritustapa säännölliselle kunnossapitotarkastukselle on toteuttaa samankaltaisiin asennusolosuhteisiin sijoitetuille laitteille seuranta pistokoetarkastuksin. Edellytyksenä tällaiselle on tarkastuksen yhteydessä tarkastettujen laitteiden kappalemäärän kirjaaminen. Suositeltavaa olisi kuitenkin vähintään jokaisen laitteen silmämääräinen tarkastaminen. Pistokoetarkastuksia on käytännöllistä käyttää esimerkiksi valaisimien ja liitäntärasioiden valvonnassa. (5, s. 158.)

4.4.4 Siirrettävät, kannettavat ja henkilökohtaiset laitteet

Räjähdyksivaarallisessa tilassa käytettäville liikuteltaville laitteille on tehtävä määräajoin kunnossapitotarkastus. Liikuteltavia, kädessä pidettäviä laitteita ovat esimerkiksi radiopuhelimet, mittalaitteet sekä otsa- ja taskulamput. Ennen laitteen käyttöönottoa on näkyvien vaurioiden tarkastamisen lisäksi jatkossa suoritettava säännölliset kunnossapitotarkastukset. Liikuteltaville laitteille tehtävät kunnossapitotarkastukset ovat paljon tiheämmin toteutettavia kuin kiinteille asennuksille, koska liikuteltavat laitteet ovat erityisen herkkiä kolahduksille ja vaurioille. Liikuteltaville sähkölaitteille on tehtävä lähitarkastus enintään 12 kk välein. Lisäksi usein avattavat kotelot, kuten paristokotelot tulee tarkastaa yksityiskohtaisesti 6 kk välein. Mikäli muutoksia tehdään tarkastusten väliaikoihin, ne on dokumentoitava. (5, s. 158.)

4.4.5 Dokumentointi

Tarkastuksien tekijöillä on oltava ajan tasalla olevat dokumentit, joita ovat tila- ja laiteluokitukseen sekä laitteen rakenteeseen liittyvät olennaiset dokumentit. Tiedossa tulisi olla myös tarkasteltavana olevien alueiden tilaluokitukset sekä jokaisen asennuspaikan vaatima räjähdysuojaustaso (EPL). Tarkastajalla tulisi olla käytössä myös edelliset tarkastusraportit, käyttöönottotarkastuspöytäkirja ja tarvittavat taustatiedot, kuten luettelo laitteista, niiden sijainnista, teknisistä tiedoista ja hyväksynnöistä. Kaikkien suoritettavien tarkastuksien tulokset on myös merkittävä muistiin ja ne on arkistoitava, koska tarkastuksen tulokset voivat johtaa myöhemmin tarpeeseen tehdä lisätoimenpiteitä. Kunnossapitotarkastuksen dokumentointi on tärkeä osa sähkölaitteiden elinkaaren aikaista seuranta. Kaikki tehdyt muutokset ja havainnot niin kiinteille, kuin liikuteltaville laitteille tulee tarkastuksien yhteydessä dokumentoida riittävällä tarkkuudella. Dokumentoinnin avulla voidaan seurata tarkemmin esimerkiksi mahdollisten korroosiovaurioiden etenemistä. Näiden kaikkien dokumenttien avulla saadaan riittävät tiedot kunnossapitotoimenpiteiden toteuttamiseksi sekä voidaan tarvittaessa arvioida jatkuvan valvonnan tehokkuutta. (5, s. 155–160.)

4.5 Tarkastusvaatimukset ja suojausmenetelmät

Liitteenä olevat taulukot (liitteet 1–5) ja seuraavana lueteltujen kohtien vaatimukset kertovat vain keskeiset räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuuteen vaikuttavat tarkastettavat asiat. Muita asioita voidaan lisäksi soveltaa valmistajan ohjeiden ja käyttövaatimusten mukaisesti. Seuraavat vaati-

mukset on tarkastettava standardin IEC 60079-14 mukaisesti asennuskohteen dokumenttien perusteella:

- Laite täyttää käyttöpaikkansa EPL ja tilaluokkavaatimukset.
- Laiteryhmä on oikea.
- Laitteen maksimipintalämpötila on oikea.
- Laitteen syöttöpiiri on tunnistettavissa (tämän vaatimuksen tarkoituksena on varmistaa, että laite voidaan tarvittaessa erottaa luotettavasti verkosta).
- Kaapeliläpiviennit ovat määräysten mukaiset.
- Kaapelityyppi on oikea (kohteen dokumentoinnin ja standardin IEC 60079-14 mukainen).
- Tiivistäminen on tehty kunnolla (asennuskourut, johtokanavat ja asennusputket).
- Virtapiirin silmukkaimpedanssi ei ole liian korkea (oikosulkuvirta on riittävän korkea).
- Virtapiirin maadoitusresistanssi ei ole liian korkea.
- Eristysresistanssi on riittävän suuri.
- Ylikuormitussuojaus on kunnossa.
- Lamput ja valaisimet ovat määräysten mukaisia. (5, s. 165–166.)

Suojausmenetelmiä ja niiden vaatimuksia käsitellään myös standardissa SFS-6000-4-41, jossa kerrotaan peruseräatteen ja vaatimukset eri suojausmenetelmille, jotka liittyvät myös räjähdysvaarallisissa tiloissa tehtäviin kunnossapitotarkastuksiin ja -mittauksiin.

4.5.1 Suojamaadoitus

Jännitteelle alttiit osat on kytkettävä suojamaadoitusjohtimeen siten, että samanaikaisesti koskettavat jännitteelle alttiit osat on yhdistettävä samaan maadoitusjärjestelmään yksittäin, ryhmissä tai yhteisesti. Jokaisessa virtapiirissä on oltava suojamaadoitusjohdin, joka yhdistetään asianomaiseen suojamaadoitusjärjestelmään. Suojamaadoitukseen käytettävien johtimien on täytettävä standardissa SFS 6000-5-54 asetetut vaatimukset. (13, s. 7.)

Maadoitusjohtimen poikkipinta-ala pitää olla vähintään 6 mm² kuparia tai 50 mm² terästä. Maadoitusjärjestelmä ei saa perustua palavaa nestettä tai kaasua sisältävään putkistoon, eikä sen maahan asennettua osuutta saa käyttää maadoituselektrodin pituutta määritettäessä.

Maahan upotettujen maadoitusjohtimien poikkipintojen pitää kuitenkin olla taulukon 9 mukaisia. (14, s. 9.)

TAULUKKO 9. Maadoituselektrodien minimimitat (14, s. 8)

Materiaali	Poikkipinta-ala mm ²	Halkaisija Ø mm	Minimipaksuus mm ^a	Korroosiosuojauk- kerroksen paksuus µm
Kupari	16		1,6	-
Kuumasinkitty teräs	90	10	3	45
Ruostumaton teräs	90	10	3	-
Betoniin upotettu teräs	90	10	3	- ^b
Kuparivaipalla varus- tettu teräs		15		2000
Sähköisesti kuparilla päällystetty teräs		14 (vaakata- sossa 10)		250 (vaakaelektro- dilla 70)
^a Nauhan tai levyn paksuus tai köyden yksittäisen langan halkaisija Ø				
^b Betoniin upotetulla perusmaadoituselektrodilla ei tarvita korroosionsuojausta				

4.5.2 Potentiaalintasaus

Räjähdyksivaarallisen tilan asennuksissa on käytettävä potentiaalintasausausta. Lisäksi on myös pidettävä huolta siitä, että maadoitus- ja potentiaalintasausjärjestelmä räjähdysvaarallisissa tiloissa pysyy jatkuvasti hyvässä kunnossa. (4, s. 164.)

Järjestelmien kaikki jännitteelle alttiit ja myös muut johtavat osat on yhdistettävä potentiaalintasausjärjestelmään, mutta siihen ei saa kuitenkaan liittää nollajohtimia. Liitokset tulee myös varmentaa löystymistä vastaan. Pääpotentiaalintasausjohtimen minimipoikkipinnan on oltava 6 mm² liityttäessä suojakiskoon ja lisäkytkennöissä minimipoikkipinnan on oltava 4 mm². On myös otettava huomioon suuremman poikkipinnan tarve mekaanisen kestävyuden vuoksi. Potentiaalintasausjohtimena tulee käyttää keltavihreäraidallista kuparikaapelia. (5, s. 57.)

Katodisuojaus sisältäviä asennuksia ei saa yhdistää potentiaalintasausjärjestelmään, ellei järjestelmää ole erityisesti suunniteltu tätä silmällä pitäen. Muita johtavia osia, esimerkiksi ovien tai ikkunoiden johtavia puitteita, jotka eivät ole rakenteiden osia tai kuulu varsinaiseen asennukseen,

ei myöskään tarvitse yhdistää potentiaalintasausjärjestelmään, ellei ole vaaraa jännitteen siirtymisestä. Exi-laitteiden metallikoteloitakaan ei tarvitse yhdistää potentiaalintasausjärjestelmään, mikäli laiteohjeet tai staattisen sähkövarauksen purkaminen eivät sitä edellytä. Kaapeliläpivientejä, joissa on kaapelin suojaalmikointiin tai armeeraukseen puristuva vedonpoistolaite, voidaan käyttää potentiaalintasaukseen. Ajoneuvojen ja kiinteän asennuksen välinen potentiaalintasaus saattaa vaatia erityisjärjestelyjä, jos putkistossa on käytetty eristettyjä laippaliitoksia. (5, s. 57.)

Räjähdyssuojausrakenteeseen Exi kuuluvien virtapiirien on oltava joko maasta erotettuja tai yhdistettyjä vain yhdestä pisteestä potentiaalintasausjärjestelmään, mikäli sellainen on olemassa koko Exi-piirien asennusalueella (5, s. 88).

4.5.3 Tilapäinen potentiaalintasaus

Tilapäiseen potentiaalintasaukseen kuuluvat maadoitusliitännät, jotka on tehty siirrettäviin laitteisiin staattisen sähköön kontrolloimiseksi tai potentiaalintasaamiseksi. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi tynnyrit, ajoneuvot ja siirrettävät laitteet. Tilapäisessä potentiaalintasauksessa on johtimien ja liitosten oltava kestäviä, taipuisia ja mekaanisesti riittävän lujia kestääkseen käytön aikaiset liikkeet.

Tilapäisen potentiaalintasauksen lopullinen liittäminen olisi suositeltavaa tehdä noudattaen liittämässä jotakin seuraavista vaihtoehtoista:

- suorittamalla liittäminen räjähdysvaarattomalla alueella
- käyttämällä liittämiseen EPL-vaatimukset täyttäviä liittimiä
- käyttämällä dokumentoituja liittämismenetelmiä (kipinöintivaaran pienentäminen hyväksytylle tasolle) (5, s. 58).

4.5.4 Syötön automaattinen poiskytkentä

Syötön automaattinen poiskytkentä on suojausmenetelmä, jossa perussuojaus on toteutettu jännitteisten osien peruseristyksellä, suojuksilla tai käyttämällä kotelointia, kun taas vikasuojauksen toteuttamiseen on käytetty suojaavaa potentiaalintasausta ja syötön automaattista poiskytkentää (13, s. 7).

Toiminnan tai hätätilanteiden varalta räjähdysvaarallisen alueen ulkopuolella sopivassa kohdassa tai sopivissa kohdissa on oltava mahdollisuus katkaista sähkönsyöttö räjähdysvaaralliselle alueelle. Mikäli sähkölaitteen toiminnan jatkuminen on välttämätöntä vaaratilanteen pahenemisen estämiseksi, sitä ei saa liittää hätä-pois-kytkentäpiiriin, jonka pitää erottaa kaikki syöttöjohdon virtapiirit mukaan lukien nollajohdin. Hätäkytkentäpaikat on arvioitava tarkkaan ottaen huomioon laitoksen laajuus, henkilöstön sijainti laitoksessa sekä laitoksen käytön luonne. (5, s. 62.)

4.5.5 Sähköinen erottaminen

Sähköinen erotus on suojausmenetelmä, jossa perussuojaukseen käytetään jännitteisten osien peruseristystä, kotelointia tai suojuksia. Vikasuojaukseen käytetään erotettujen osien yksinkertaista erotusta muista piireistä ja maasta (13, s. 18).

Jokainen jännitteinen johdin, nollajohdin mukaan lukien, on varustettava turvallista työskentelyä varten erotuslaitteella. Mikäli kaikkia johtimia ei eroteta samaa laitetta käyttäen, on muiden johtimien erotustapa ilmoitettava selvästi. Suositeltava erotustapa on käyttää laitetta mikä erottaa kaikki johtimet yhtä aikaa. Tarvittaessa erottamiseen voidaan käyttää varoketta ja johdinliitosta. Jokaisen erotuskohdan välittömään läheisyyteen on asetettava merkintä, josta tunnistaa selkeästi erotetun virtapiiriin tai ryhmäjohdon. Mikäli on olemassa vaara, että räjähdyskelpoinen kaasuseos pääsee kosketuksiin suojaamattomien, jännitteisten johtimien kanssa, on jännitteen kytkeytyminen sähkölaitteelle estettävä tehokkain menetelmin. (5, s. 62.)

Vaadittaessa nollajohtimen poiskytkentää se ei saa kytkeytyä pois ennen äärijohtimia. Poiskytketyn nollajohtimen on kytkeydyttävä myös takaisin samanaikaisesti tai aikaisemmin kuin äärijohtimet. (15, s. 7.)

4.5.6 Laitteen syöttöpiirin tunnistaminen

Laitteen syöttöpiirin tunnistusvaatimuksen tarkoituksena on varmistaa, että laite voidaan tarvittaessa erottaa luotettavasti verkosta. Tämä vaatimus voidaan toteuttaa usealla tavalla, joista yksi tapa on pysyvä merkintä mikä määrittää laitteen syöttöpisteen. Toinen tapa on varustaa laite tai siihen tuleva kaapeli numerotunnuksella, jonka avulla syöttöpiste voidaan määrittää piirustuksessa

tai luettelossa. Kolmas tapa on esittää laite selkeästi ja yksikäsitteisesti piirustuksessa, johon syötötpiste on merkitty joko suoraan tai epäsuorasti luettelon avulla. (5, s. 165.)

Turvallisuussyistä on syöttöpiirien tietojen ylläpito välttämätöntä kaikkien laitteiden osalta ja niiden paikkaansa pitävyys pitää myös tarkastaa kunnossapitotarkastuksessa. Kunnossapitotarkastuksissa tarvittavien tietojen saatavuus on varmistettava kaikkien laitteiden osalta. Yksityiskohtaisissa tarkastuksissa tietojen paikkansapitävyys on todennettava piirin ollessa erotettuna muiden yksityiskohtaisten tarkastustoimenpiteiden takia. (5, s. 165.)

4.5.7 Kaapeliläpiviennit

Lähitarkastuksen yhteydessä suoritettava kaapeliläpivientien tiiveydentarkastus voidaan tehdä käsin, tarvitsematta poistaa säänkestävää kuorta tai teippiä. Mikäli läpivientien eheyttä ei voi määrittää lähitarkastuksella, pitää harkita yksityiskohtaisia tarkastuksia tai lisätutkimuksia. (5, s. 165.)

Kaapeliläpiviennit on valittava siten, että ne vastaavat käytetyn kaapelin halkaisijaa. Tiivistysteipin, kutistesukan tai muun materiaalin käyttö kaapelin sovittamiseksi käytettävään läpivientiin ei ole sallittua. (5, s. 67.)

4.5.8 Kaapelityypin soveltuvuus

Kaapelityypin on oltava asennuskohteen dokumentoinnin ja standardin IEC 60079-14 mukainen. Kaapeleita, joiden sisä- ja ulkovaipan vetolujuus on pienempi kuin 8,5 MPa ja joita kutsutaan yleisesti "helposti kuorittaviksi" kaapeleiksi, ei pidä käyttää. Pelkästään peruseristettyjä johtimia saa käyttää jännitteisinä johtimina vain keskuksissa, koteloissa tai putkiasennusjärjestelmissä. (5, s. 62, s. 64, s. 166)

Kiinteissä asennuksissa käytettävien kaapeleiden on sovelluttava ympäristöolosuhteisiin ja niiden on oltava kestumuovia, kertamuovia, elastomeeria tai metallivaippaisia ja mineraalieristettyjä. Kaapeleiden on oltava pyöreitä ja tiiviitä, niissä on oltava suulakepuristettu täytekerros, ja mahdollisen täyteaineen on oltava vettä imemätöntä. Kaapelit voivat olla myös erityisrakenteisia litteitä kaape-

leita, joiden yhteydessä käytetään sopivia kaapeliläpivientejä. Myös erityisrakenteisten kaapeleiden on oltava tiiviitä ja niissä on oltava suulakepuristettu täytekerros sekä täyteaineen on oltava vettä imemätöntä. (5, s. 63.)

Taipuisat kaapelit, taipuisat suoja-putket sekä niiden päätteet ovat erityisen alttiita vaurioitumiselle. Ne on tarkastettava säännöllisin väliajoin ja ne on vaihdettava, mikäli ne todetaan tarkastuksessa vaurioituneiksi tai viallisiksi (5, s. 161). Asennus- ja käyttöolosuhteet huomioiden on räjähdysvaarallisessa tilassa (ei Exi-virtapiirit) käytettävä taipuisina kaapeleina materiaalien ja ominaisuuksien osalta vaatimukset täyttävänä jotain seuraavista kaapelivaihtoehdoista:

- tavallisia raskaan käytön kumivaippaisia taipuisia kaapeleita
- tavallisia polykloropeenivaippaisia taipuisia kumikaapeleita
- vahvoja raskaan käytön kumivaippaisia taipuisia kaapeleita
- vahvoja polykloropeenivaippaisia taipuisia kumikaapeleita
- muovieristeisiä kaapeleita, joiden rakennelujuus vastaa vahvoja raskaan käytön kumivaippaisia taipuisia kaapeleita. (5, s. 63.)

4.5.9 Tiivistäminen

Tiivistämisen osalta on tarkastettava standardin IEC 60079-14 mukaisesti, että asennuskourujen, johtokanavien ja asennusputkien tiivistäminen on kunnolla tehty, ettei palavia kaasuja, höyryjä tai nesteitä pääse kulkeutumaan alueelta toiselle tai ettei niitä pääse kerääntymään kanaviin. Räjähdysvaarallisen ja vaarattoman tilan välisissä seinämissä oleville kaapeleille ja suoja-putkille varatut läpivientiaukot on oltava riittävästi tiivistettyjä esimerkiksi hiekkaa tai laastia käyttäen. Käyttämättömien, kaapeleille tai suoja-putkille varattuina olevien aukkojen on oltava suljettuina asianomaisen räjähdys-suojarakenteen vaatimukset täyttävillä sulkutulpilla. (5, s. 67.)

Mikäli putket on kiinnitetty kotelossa olevaan putken liitäntälaitteeseen, putken kiinnityksen ja putken liitäntälaitteen on säilytettävä kokoonpanon eheys, eli mekaaninen lujuus ja IP-luokka. Tästä syystä koteloitiluokkavaatimusten täyttämiseksi saattaa olla tarpeen tiivistää putken ja kotelon välinen liitos. Tarkastettaessa asennusputkien tiivistyksiä on huomioitava seuraavat luetellut vaatimukset ja niiden toteutuminen, että voidaan todeta putkien olevan asennuksien ja käytettyjen materiaalien osalta, olosuhteiden ja ympäristön asettamien vaatimusten mukaisia:

- Jos putkiasennus on korroosiolle altistavassa ympäristössä, on putkien materiaalin oltava korroosion kestävä tai suojattu riittävästi korroosiolta.
- Putkissa olevien kaapeleiden määrä ei saa ylittää 40 % putken poikkipinta-alasta, mikäli putkessa on kolme tai sitä useampia kaapeleita.
- Putkiasennuksen kaikki kierrelitokset on kiristettävä vääntötyökalulla saavutettavaan tiukkuuteen.
- Putkien on oltava varustettu sulkumuhveilla Ex-tilan rajalla, koska kaasujen ja nesteiden siirtyminen tilasta vaarattomaan tilaan on estettävä. (5, s.65.)

4.5.10 Virtapiirin silmukkaimpedanssi tai maadoitusresistanssi

Maadoituksen eheys on tarkistettava mittauksella. Mittaus voidaan tehdä mittarivalmistajan ohjeiden mukaisesti Exi-resistanssimittarilla. Jos mittauspaikalla on mahdollista esiintyä sytyttävää kipinöintiä, voidaan mittauksissa käyttää muuta kuin Exi-mittaria ainoastaan työlupamenettelyn ehtoilla, jotka on määritelty standardissa IEC 60079-14, ja joita on käsitelty myös aiemmin luvussa 4.4.2 Työlupakäytäntö. Voidaan tehdä myös yksityiskohtainen pistokoetarkastus ja tarkastaa saadut tulokset vertaamalla niitä käyttöönottotarkastuksessa saatuihin tuloksiin. On myös huomioitava, että sytyttävää kipinöintiä voi esiintyä mittauspaikan lisäksi myös muualla kuin mittauspaikalla. (5, s.166.)

4.5.11 Eristysresistanssi

Eristysresistanssin mittaus suoritetaan joko yhteen kytkettyjen armeerauksen ja häiriösuojan, tai niistä toisen ja kaikkien yhteen kytkettyjen johtimien välillä (5, s. 88). Luonnostaan vaarattomien laitteiden ja kaapeloinnin eristysresistanssi on mitattava joko jännitteellä 500 VAC tai 700 VDC. Eristysresistanssin on tällöin oltava vähintään 1,0 M Ω , ellei erityisesti ole annettu muuta ohjetta käyttäjän asiakirjoissa. (5, s. 166.) Eristysresistanssi tulee mitata lämmityskaapelin johtimien ja metallisen punoksen, metallisen vaipan tai muun yhtä hyvin johtavan materiaalin väliltä vähintään 500 VDC mittausjännitteellä. Kuitenkin voimakkaasti suositellaan korkeamman mittausjännitteen käyttämistä. Mineraalieristeiset lämmityskaapelit tulee mitata 1 000 VDC jännitteellä, mutta ei tätä korkeammalla jännitteellä. Muovieristeiset kaapelit tulee mitata 2 500 VDC jännitteellä. Mitatun eristysresistanssin tulee olla vähintään 20 M Ω . (5, s. 120.)

4.5.12 Moottorit

Moottorin valmistajan asiakirjoissa voidaan vaatia säännöllisiä tarkastuksia. Liitteessä 9 on listattu esimerkkejä tarkastuskohteista täydentämään valmistajan antamia vaatimuksia sen välttämiseksi, että moottorivioista tulee syttymislähteitä ympäröivään räjähdysvaaralliseen tilaan. (5, s. 181.)

Pyörivien sähkökoneiden osalta on annettu ohjeita myös standardissa IEC 60079-14. On tarpeellista tarkistaa, että suojalaite on aseteltu sovelluksen mukaan sopivalle arvolle, eikä arvo ole suurempi kuin koneen mitoitusvirta. (5, s. 166.)

Suorassa verkkokäytössä on Exe- ja Exeb-merkinnällä olevien moottoreiden ylivirtareleiden valinnassa otettava huomioon moottorin t_E -aika standardin SFS-EN 60079-14 mukaisesti. Suojalaitteen laukaisuajan on vastattava näitä arvoja $\pm 20\%$:n tarkkuudella. On myös huomattava, että käytetyn ylivirtareleen on oltava ATEX-hyväksytty turvalaite merkinnällä II (2) G. Räjähdysvaarallisten tilojen sähköasennusten standardit eivät tällä hetkellä käsittele yksityiskohtaisesti taajuusmuuttajakäyttöjä. Moottoreiden taajuusmuuttajakäyttöjen osalta suositellaan noudatettavaksi taulukossa 10 esitettyjä menettelytapoja. (5, s. 332.)

TAULUKKO 10. Moottoreiden taajuusmuuttajakäytöt räjähdysvaarallisissa tiloissa. (5, s. 332)

Tilaluokka "kaasut ja nesteet"	Moottorin räjähdysuojaurakenne on oltava aina tilaluokassa vaaditun mukainen				
	Exe ja Exeb	Exd	Exp	Exn ja Exec	ExtD ja Ext
1	a	a tai b	a tai c	d	a, b tai c
2	a	a tai b	a tai c	a, b tai e	a, b, c tai e

Taulukon 10 selitykset:

- a Hyväksytään edellyttäen, että yhdistelmän (moottori, taajuusmuuttaja, suojalaitteet) suojauksen toiminta on testattu tai laskennallisesti varmistettu. Testauksesta tai laskennasta on oltava puolueettoman testauslaitoksen antama todistus (ATEX-tyyppihyväksyntä koko yhdistelmälle).

- b Hyväksytään edellyttäen, että moottori on sen valmistajan tai hänen valtuuttamansa kolmannen osapuolen toimesta varustettu suoralla lämpötilan valvontakeinolla (tai laitteella), tai muilla yhtä tehokkailla keinoilla. Suojaus voidaan toteuttaa esimerkiksi käämeihin asennettavilla lämpötila-antureilla. Laukaisurajat tulee määrittää siten, etteivät koneen Ex-suojusrakenteen kannalta oleelliset pintalämpötilat ylitä vaaraa aiheuttavan aineen määäämiä raja-arvoja ottaen huomioon Ex-suojusrakenteen mukaiset käyttö- ja vikatilanteet. ATEX-hyväksytyin suojalaitteen on toimiessaan kytkettävä moottori virrattomaksi joko ohjaamalla muuttajan ATEX-hyväksytyä turvapiiriä tai avaamalla kontaktori, joka on mitoitettu kaksinkertaiselle moottorin nimellisvirralle. Moottori-muuttajayhdistelmää ei tarvitse testata yhdessä. (SFS-EN 60079-14:2015 kohta 11.2.1b).
- c Hyväksytään edellyttäen, että moottorin suojuuuletetun kotelon ulkopinnan laakeriden lämpötilaa valvotaan ATEX-hyväksytyillä lämpötila-antureilla (Exe-, Exd- tai Exi). ATEX-hyväksytyin suojalaitteen on toimiessaan kytkettävä moottori virrattomaksi joko ohjaamalla muuttajan ATEX-hyväksytyä turvapiiriä tai avaamalla kontaktori, joka on mitoitettu kaksinkertaiselle moottorin nimellisvirralle. Moottori-muuttajayhdistelmää ei tarvitse testata yhdessä.
- d Ei hyväksytä.
- e Hyväksytään edellyttäen, että moottori on varustettu suoralla lämpötilan valvontakeinolla tai -laitteella käyttäen esimerkiksi käämeihin asennettuja lämpötila-antureita, jotka on määritelty moottorin dokumenteissa, tai muilla yhtä tehokkailla tavoilla, jotka rajoittavat moottorin lämpötilaa. Lämpötila-anturien toimintalämpötilan on oltava riittävän alhainen, jotta moottorin Ex-suojusrakenteen kannalta oleellisissa osissa ei ylitetä vaaraa aiheuttavasta aineesta riippuvia suurimpia sallittuja lämpötila-arvoja. Suojalaitteen on toimiessaan kytkettävä moottori virrattomaksi joko ohjaamalla muuttajan turvapiiriä tai avaamalla kontaktori. Turvapiirin ei tarvitse olla ATEX-hyväksyty, eikä kontaktoria tarvitse ylimitoittaa. Moottori-muuttajayhdistelmää ei tarvitse testata yhdessä. (SFS-EN 60079-14:2015 kohta 11.6.1 b). (5, s. 332–333.)

Moottorin päävirtapiirin kontaktorin mitoitus

Moottorin päävirtapiirin kontaktoria mitoitettaessa kontaktorin nimellistoimintavirta (I_e) vastaa kulloinkin kyseessä olevan moottorin nimellistoimintavirtaa. Tilaluokassa 2 kontaktori mitoitetaan $1 \times I_e$. Tilaluokassa 1 kontaktorin mitoitus on $2 \times I_e$ eli kontaktori mitoitetaan kaksinkertaiselle nimellistoimintavirralle, mikäli taajuusmuuttajassa ei ole ATEX-hyväksyttyä turvapiiriä. Kontaktorin mitoituksessa on hyvä huomioida suorakäytössä esille tuleva t_E -ajan määrittämisen maksimitoleranssin +20 % vaikutus. Tällä toimenpiteellä varmistetaan, että kontaktori ei missään tilanteessa lämpene liikaa kuormituksen vuoksi ja että siitä ei sen vuoksi muodostu räjähdysvaarallisen tilan sytytyslähde. Mikäli taajuusmuuttajassa on ATEX-hyväksytty turvapiiri, päävirtapiirissä ei tarvitse käyttää kontaktoria. (5, s. 332–333.)

4.5.13 Lamput ja valaisimet

Valaisimien lamput on tarkastettava olosuhteissa, jotka voivat johtaa valaisimien liialliseen lämpenemiseen. Valaisimien osalta on huomioitava, että lämpötilaluokka voi myös muuttua, jos valaisimessa voidaan käyttää eri tehoisia lamppeja. Vapaata metallista natriumia sisältävät lamput, esimerkiksi pienpainennatriumlamput, standardin IEC 60192 mukaisesti eivät ole sallittuja. Niitä ei tulisi kuljettaa räjähdysvaarallisen tilan läpi tai asentaa räjähdysvaarallisen tilan yläpuolelle, koska särkyneestä lampusta vapautunut natrium aiheuttaa syttymisriskin. Sen sijaan esimerkiksi standardin IEC 60662 mukaisia suurpainennatriumlamppeja saa käyttää. Loisteputkilamppujen osalta pitää huomioida se, että ikääntyessään esimerkiksi HO-tyyppiset loistelamput voivat aiheuttaa kuumia pisteitä, jotka muodostuvat syttymislähteiksi. (2, s. 53.) Loisteputkivalaisimissa esiintyy eliniän loppumisesta johtuvia EOL-ilmiöitä, jotka on otettava huomioon, mikäli valaisin ei ole varustettu lampun eliniän lopun suojaavilla liitännälaitteilla. Eliniän loppumisesta johtuvat ilmiöt voivat näkyä valaistuksen heikkona tehona, välkkymisenä, kellertävänä tai punertavana purkauksena elektrodien lähellä tai voimakkaana loppuun mustumisena. Kaikkiin valaisimiin pätee se, että lamppejen vaihdossa on käytettävä valmistajan määrittelemiä tyyppisiä ja määriteltyä maksimitehoa ei saa ylittää. (2, s. 225.)

4.5.14 Lämmittimet

Lämmityslaitteet on varustettava ylivirtasuojauksella. Lisäksi lämmityslaitteet on suojattava seuraavasti, ellei niitä ole asennettu osaksi muuta sertifioitua kokoonpanoa:

- Maasulun ja maasulkuvirran lämpövaikutuksen rajoittamiseksi TT- ja TN-järjestelmissä on käytettävä vikavirtasuojaa, jonka mitoitustoimintavirta ei ylitä 100 mA. Suosituksena tulee käyttää vikavirtasuojaa, jonka mitoitustoimintavirta on 30 mA.
- IT-järjestelmässä on käytettävä eristystilan valvontalaitetta, joka katkaisee laitteen syötön, mikäli eristysresistanssi on pienempi kuin 50 ohmia laitteen mitoitusjännitteen yhtä voltia kohden. (1, s. 426.)

4.5.15 Käytön erikoisehdot

Jokaisen tyyppihyväksytyyn räjähdysuojatun laitteen, jonka hyväksymisnumeron yhteyteen on liitetty merkintä "X", turvalliselle käytölle on asetettu erityisehtoja. Nämä erityisehdot on tarkastettava hyväksymisasiakirjoista sekä varmistettava, että näitä ehtoja on noudatettu. (5, s. 164.)

4.5.16 Liikuteltavat laitteet

On varmistettava, että liikuteltavia sähkölaitteita käytetään ainoastaan tiloissa, joihin niiden räjähdysuojaurakenne, räjähdysryhmä ja pintalämpötila oikeuttavat niitä käyttämään. Tavanomaisia teollisuuskäyttöön tarkoitettuja liikuteltavia laitteita, kuten hitsauslaitteita, tulisi räjähdysvaarallisissa tiloissa käyttää vain työlupamenettelyn ehdoilla (IEC 60079-14) ja edellyttäen, että käyttöpaikka on myös varmistettu "kaasuvapaaksi". (5, s. 164.)

4.6 Mittaukset ja testaukset

Mittaus on mikä tahansa toimenpide, jolla mitataan sähkölaitteistoihin liittyviä fysikaalisia suureita. Mittauksia saavat tehdä vain ammattihenkilöt tai opastetut henkilöt tai maallikot ammattihenkilön välittömän ohjauksen ja valvonnan alaisena. (9, s. 20.)

Sähkölaitteistossa mittauksia tehtäessä pitää käyttää sopivia ja turvallisia mittalaitteita. Käytettävät

mittalaitteet pitää tarkastaa ennen käyttöä ja tarvittaessa myös käytön jälkeen. Tarvittaessa on noudatettava jännitetyön, jännitteisten osien läheisyydessä työskentelyn tai jännitteettömänä työskentelyn sääntöjä. (9, s. 20.) On varottava sellaista mahdollisuutta ja huomioitava, että testi- ja mittalaitteiden käyttö vaarattomalla alueella voi aiheuttaa sähköpurkauksia räjähdysvaarallisella alueella tai tilassa.

Testaus sisältää kaikki toimenpiteet, joilla tarkastetaan sähkölaitteiston toimintaa tai sen sähköistä, termistä tai mekaanista kuntoa. Testaus sisältää myös ne toiminnot, joilla kokeillaan esimerkiksi sähköisten suoja- ja turvapiirien toimiminen. Mikäli testaus sisältää mittauksia, ne pitää suorittaa mittauksesta annettujen ohjeiden mukaisesti. Sähkölaitteiston jännitteettömäksi tekemisen jälkeen testaus pitää tehdä jännitteettömän laitteiston sääntöjä noudattaen. (9, s. 20.)

Testauksien ja mittausten jäljitettävyyden sekä niiden toistettavuuden mahdollistamiseksi olisi räjähdysvaarallisissa tiloissa sijaitsevien maadoitus- ja potentiaalintasausjohtimien mittauspisteet sekä johtimet merkittävä selkeillä ja kiinteillä tunnuksilla. Kyseiset merkinnät mahdollistavat tilakoh- taisten ja selkeiden mittauspöytäkirjojen laatimisen sekä niiden sisältämien mittaustulosten myö- hemmin suoritettavan luotettavan vertailemisen. Merkinnät mahdollistavat jatkossa myös aiemmin tehtyjen testauksien ja mittausten luotettavan toistamisen, joka ei ole mahdollista ilman olemassa olevia ja pysyviä merkintöjä.

Mittaus- ja tarkastuslaitteet ja menetelmät on valittava SFS-EN 61557-standardisarjan asianomai- sen osan mukaisesti. Jos käytetään muita mittalaitteita, niiden ominaisuudet ja turvallisuustaso ei- vät saa olla huonompia kuin edellä mainitussa standardissa vaaditaan. Seuraavat mittalaitteilla suoritettavat testit on tehtävä silloin, kun ne liittyvät tarkastettavaan työsuoritukseen. Tällöin testit tulisi suorittaa mieluiten seuraavassa numeroidussa suorittamisjärjestyksessä:

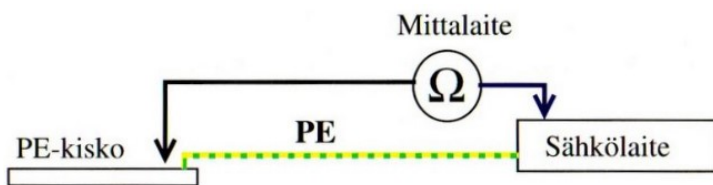
1. suojajohtimien jatkuvuus
2. eristysresistanssi
3. eristysresistanssin testaus, jolla varmistetaan SELV- ja PELV-piirien tai sähköi- sesti erotettujen piirien erotus
4. syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan varmistamisen testaus
5. kiertosuunnan mittaus
6. toimintatestit
7. jännitteenalenema. (16, s. 8–9.)

4.6.1 Suojajohtimien ja potentiaalintasausjohtimien jatkuvuuden testaaminen

Standardi SFS 60079-17 ei määrää jatkuvuuden testaamisen mittaamista. Tämän testin tarkoituksena on todentaa, että vikasuojauksen edellyttämät suojajohdinpiirit ovat koko matkaltaan jatkuvia eli niiden liitokset ovat kunnossa. Testaus tehdään jännitteettömälle laitteistolle. Mittaus suoritetaan mittaamalla laitteiston jännitteelle alttiin osan sekä näitä lähinnä olevan pääpotentiaalintasaukseen liitetyn pisteen välinen suojajohtimien resistanssi (kuva 12). Mittaustulos saa yleensä olla enintään noin 1 Ω . Mikäli suojajohtimet ovat pitkiä, voi arvo olla tätä suurempi. (1, s. 350.)

Johtimen ja liitosten johtaviin osiin jatkuvuus on testattava mittaamalla seuraavat resistanssit:

1. suojajohtimet mukaan luettuna suojaavat potentiaalintasausjohtimet
2. jännitteelle alttiit osat (16, s. 9).



KUVA 12. Suojajohtimen jatkuvuuden mittaaminen (1, s. 351)

Räjähdyksvaarallisissa tiloissa on erityisen tärkeää, että sähkölaitteet eivät normaalikäytössä, eivätkä edes vioittuessaan, aiheuta tilannetta, jossa voisi syntyä vaarallista kipinöintiä. Tämän vuoksi näissä tiloissa ovat suojamaadoitusta ja potentiaalintasaukseen koskevat vaatimukset sekä niihin liittyvät valvontavaatimukset tiukemmat muiden tilojen vastaaviin vaatimuksiin verrattuina. (1, s. 426.)

4.6.2 Sähkölaitteiston eristysresistanssin mittaaminen

Käytettäessä räjähdysvaarallisessa tilassa TN-järjestelmää on käytettävä TN-S-järjestelmää, jossa on erillinen nollajohdin (N) ja suojajohdin (PE), joita ei saa kytkeä yhteen (5, s. 55).

Eristysresistanssi on mitattava jännitteisten johtimien väliltä sekä jännitteisten johtimien ja maadoitusjärjestelmään liitettyjen suojajohtimien välillä. Eristysresistanssi on riittävän hyvä, jos taulukossa 11 annetuilla koejännitteillä mittaamalla saadun eristysresistanssin arvo on vähintään taulukossa

ilmoitetun arvon suuruinen. (16, s. 9.)

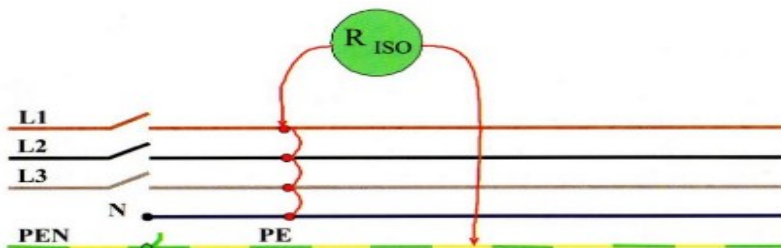
TAULUKKO 11. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot (16, s. 9)

Virtapiiriin jännitejärjestelmä tai nimellijännite	Koejännite (V) [tasajännite]	Eristysresistanssin minimiarvo (M Ω)
SELV ja PELV	250	0,5
Enintään 500 V (FELV mukaan luettuna)	500	1,0
Yli 500 V	1 000	1,0

Enintään 500 V nimellijännitteisten laitteiden ja kaapeloinnin eristysvastus on mitattava jännitteellä 500 VDC, jolloin eristysresistanssin on oltava vähintään 1 M Ω (taulukko 11). Sähköasennuksen eristysresistanssimittauksella varmistetaan, että jännitteiset osat (vaiheet ja nolla) ovat riittävästi eristettyjä maasta. Mittaus tehdään eristysresistanssimittarilla. Palovaarallisissa tiloissa suositellaan, että eristysvastusmittaus tehdään lisäksi kaikkien jännitteisten johtimien väliltä (kuva 13). (1, s. 352–354.)

Eristysresistanssin mittaus suoritetaan numeroidun luettelon mukaisessa järjestyksessä:

1. tee laitteisto jännitteettömäksi
2. varmista, että nollapiiriin ei ole kytketty jännitteisiä laitteistoja
3. varmista jännitteettömyys
4. varmista, että mitattavalla alueella olevat nousujen kytkimet ovat kiinni ja varokkeet paikallaan
5. irrota tarvittaessa N-PE-yhdistys tai nollajohto
6. tee mittauskytkennät
7. suorita mittaus
8. palauta laitteisto toimintakuntoon (1, s. 352–354).



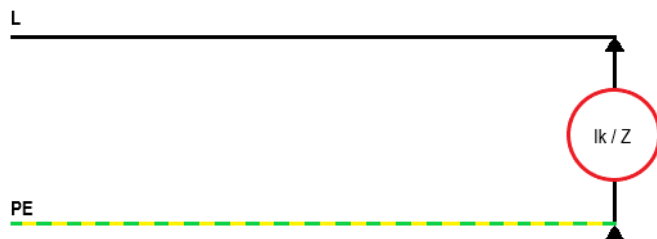
KUVA 13. Eristysresistanssin mittaus TN-S-järjestelmässä (1, s. 352)

4.6.3 Syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan testaaminen

Standardi SFS 60079-17 ei määrää virtapiirin silmukkaimpedanssia mitattavaksi kunnossapitotarkastuksissa. Vikasuojausta koskevat vaatimukset täyttyvät, kun vian aiheuttama vaarallinen kosketusjännite kytkeytyy automaattisesti pois vaatimusten edellyttämässä ajassa (liite 8). Mikäli vikasuojaus on toteutettu vikavirtasuojalla, täytyy vikavirtasuojan toiminta tarkastaa. Tällöin ei vaadita virtapiirin silmukkaimpedanssin tai oikosulkuvirran selvittämistä. Mikäli silmukkaimpedanssimittaus (kuva 14) suoritetaan, tehdään se noudattaen seuraavia ohjeita:

- Mitataan jännitteellisenä.
- Mitataan silmukkavastusmittarilla ryhmäjohton kaukaisimmasta kohdasta.
- Vaihtoehtoisesti voidaan mitata vikavirtapiirin oikosulkuvirta.
- Mittaustulosten on oltava 25 % vaadittua suurempia, koska mittaus suoritetaan kuormittamattomille johtimille, jolloin johtimien lämpötila on matalampi kuin oikosulussa. (1, s. 357.)

Mitattaessa kyseisessä mittauksessa vikapiirin oikosulkuvirtaa voidaan käyttää liitteenä 8 olevia taulukoita, joista on nähtävissä pienimmät sallitut oikosulkuvirrat eri suojalaitteille eri toiminta-ajoilla. Kyseisistä taulukoista näkee myös suojalaitteiden vastaavat mitatut arvot, joissa on huomioitu edellä mainittu johtimien kuormittamattomuus. (1, s. 93.)



KUVA 14. Silmukkaimpedanssin mittaaminen (1, s. 357)

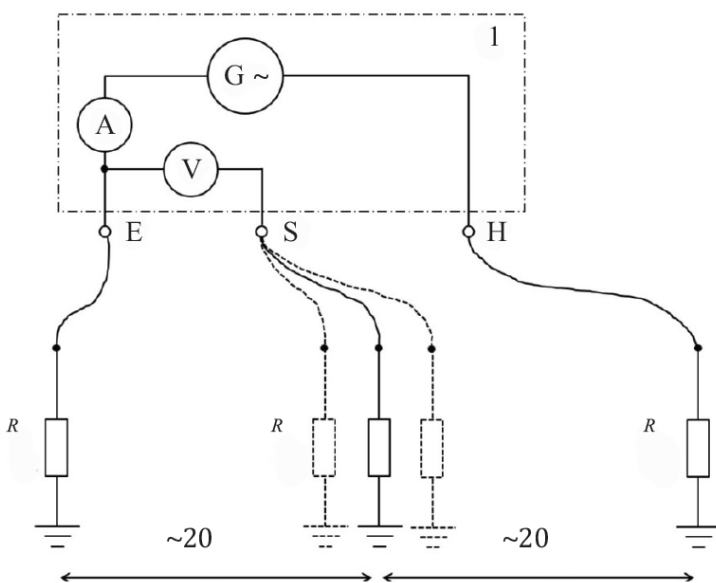
4.6.4 Vikavirtasuojan toiminnan testaus

Jokainen vikavirtasuojaja on tarkastettava. Vikavirtasuojan toiminta on varmistettava testaamalla se ensin testipainiketta käyttäen. Lisäksi testataan vikavirtasuojan toimintavirta, että se ei ylitä laitteen nimellistoimintavirtaa. Tämä pätee silloin, kun käytetään testauksessa sinimuotoista vaihtovirtaa.

Mikäli käytetään testauksessa pulssimaista tasavirtaa, voi testauksessa saatu toimintavirta olla suurempi kuin vikavirtasuojan nimellistoimintavirta. Vikavirtasuojan toiminta-aika suositellaan myös mitattavaksi. Toiminta-ajan mittaaminen on joissakin tapauksissa vaatimus, joten se kannattaa mitata yleensä kaikissa tapauksissa. Poiskytkentäaika suositellaan mitattavaksi kaikissa tapauksissa, mutta se on tehtävä aina käytettäessä vikavirtasuojaa vika- ja lisäsuojaukseen, kuten myös käytettäessä aikaisemmin käytössä olleita vikavirtasuojia. Myös asennusten muutos- ja laajennustöissä on poiskytkentäaika mitattava, kun olemassa olevia vikavirtasuojia käytetään muutos- ja laajennusosien poiskytkentälaitteina. (1, s. 357; 11, s. 34.)

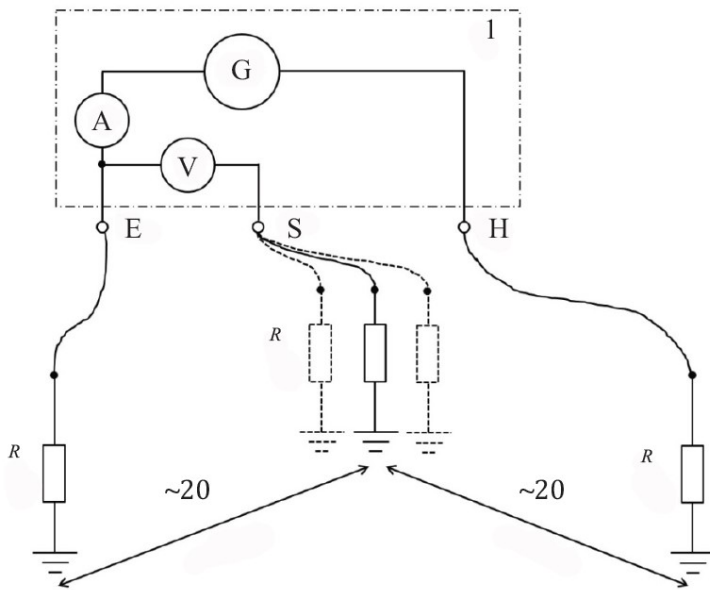
4.6.5 Maadoituselektrodin resistanssin mittaus

Mikäli maadoituselektrodille on olemassa määritelty arvo, resistanssi on mitattava jollakin soveltuvalla menetelmällä. Seuraavaa sauvamenetelmää voidaan soveltaa silloin, kun maadoitusresistanssin mittaus on tarpeen. Vakioarvoinen vaihtovirta kulkee irti kytketyn maadoituselektrodin E ja tilapäisen apuelektrodin H välillä. Apuelektrodi H on sijoitettu sellaiselle etäisyydelle maadoituselektrodista E, että niiden resistanssialueet eivät ole päällekkäin. Toinen tilapäinen mittauselektrodi S, joka voi olla maahan painettu metallipiikki. Se asetetaan H:n ja E:n puoliväliin ja jännitteenalennema E:n ja S:n välillä mitataan. Useimmissa tapauksissa S pitäisi asentaa noin 20 m:n etäisyydelle E:stä ja H:sta. Elektrodit voidaan asettaa suoraan (kuva 15) tai kolmion muotoon (kuva 16), että ne mahtuvat käytössä olevaan tilaan. (16, s. 22.)



KUVA 15. Elektrodit suorassa linjassa (16, s. 22)

Maadoituselektrodin resistanssi on tällöin E:n ja S:n välinen jännite jaettuna E:n ja H:n välillä kulkevalla virralla edellyttäen, että niiden resistanssien alueet eivät mene päällekkäin. Sen tarkastamiseksi, että maadoituselektrodin resistanssin arvo on todellinen, mitataan kaksi lisäarvoa mittaus-elektrodille S, siirtämällä sitä noin 10 % alkuperäisestä sijaintipaikasta suoraan E:n ja H:n suuntaan. Jos kolme arvoa ovat olennaisesti samanlaisia, niiden keskiarvo voidaan pitää elektrodin resistanssina. Jos samanlaisuutta ei ole, testi on toistettava lisäämällä E:n ja H:n välistä etäisyyttä. (16, s. 22.)



KUVA 16. Elektrodit kolmion muodossa (16, s. 23)

Merkinnot:

1 on standardin SFS-EN 61557-5 mukainen maadoituselektrodin mittalaite

R_E on maadoituselektrodin resistanssi

R_S on tilapäisen mittaus-elektrodin resistanssi (jännite)

R_H on tilapäisen apumittaus-elektrodin resistanssi (virta) (16, s. 23).

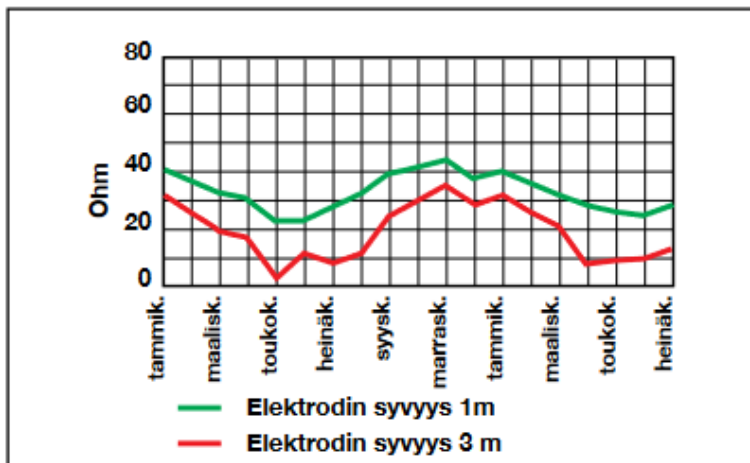
Maaperän resistiivisyyttä (ρ) ilmaistaan arvolla Ω /metri. Kyseinen arvo on teoreettinen vastusarvo maasyylinterille, jonka pituus on 1 m ja poikkipinta-ala on 1 m². Mittaamalla resistiivisyys kuutiosta, saadaan selville, kuinka hyvin maaperä johtaa sähköä. Mitä pienempi on maaperän resistiivisyys mitatussa paikassa, sitä pienempi maadoituselektrodi on riittävä kyseiselle paikalle. Maaperän koostumuksesta ja alueesta riippuen resistiivisyys vaihtelee merkittävästi (kuva 17), sillä siihen vaikuttavat kosteus ja lämpötila: maan jäätyminen ja kylmyys kasvattavat sitä. Saadut mittausarvot

vaihtelevat ympäristöolosuhteiden sekä vuodenaikojen (kuva 18) mukaan. Mitä muuttumattomampia kosteusolosuhteet ja lämpötila ovat ja mitä syvemmälle maahan maadoitus sijoitetaan, sitä vähemmän ympäristövaikutukset vaikuttavat maadoitukseen. Tämän vuoksi onkin suositeltavaa sijoittaa maadoitus aina mahdollisimman syväälle maahan silloin, kun se on mahdollista. (17, s. 3.)

Maalaji	Vastus Ωm
Suo	2...30
Savimaa	20...100
Viljelymaa	10...150
Kalkkikivi	30...40
Saven sekainen hiekka	50...500
Kvartsihiekkä	200...3000
Kivinen maasto	1500...3000
Ruohoisa kivimaasto	300...500
Pehmeä kalkkikivi	100...300
Murskattu kalkkikivi	500...1000
Liuskekivi	800
Murskattu graniitti ja hiekkakivi	1500...10000
Graniitti ja hiekkakivi	10000...60000

KUVA 17. Eri maaperätyyppien resistiivisyysarvoja (17, s. 4)

Alla oleva kuva havainnollistaa maadoitusvastusarvojen vaihtelua eri vuodenaikoina (elektrodi sijoitettuna savihiekkamaahan).



KUVA 18. Vuodenajan vaikutus maadoitusvastukseen (17, s. 4)

5 POHDINTA

Työn aihe valikoitui toimeksiantajan tarpeesta saada käyttöönsä selkeät ohjeet tarvittavine liitteineen, palavien nesteiden varastointiin ja prosessointiin liittyvien räjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteiden kunnossapitotarkastuksista ja -mittauksista. Aihe oli hyödyllinen ja palveli myös omaa tarvetta nykyisessä työtehtävässä. Kokonaisuutena työn rajaus oli aihe ja siihen liittyvät asiat huomioiden onnistunut ja asetetuissa rajoissa pysyttiin hyvin.

Työn tuloksena tuotettiin toimeksiantajalle ohje sähköjärjestelmien kunnossapitotarkastuksista ja -mittauksista tarvittavine liitteineen. Työtä tehtäessä yhdeksi tärkeäksi asiaksi osoittautui räjähdys-suojausasiakirja. Sen tulee olla aina ajantasainen ja sisältää laitoksesta kaikki vaatimuksien mukainen tieto, kuten sähkölaitteiden osalta laiteluettelo, josta käy ilmi kaikki räjähdysvaarallisissa tiloissa olevat sähkölaitteet ja niiden tarvittavat tiedot, sekä myös tilojen osalta ajantasaiset tilapiirrokset, joista on nähtävillä tilojen tilaluokat. Dokumentointi osoittautui huomattavan tärkeäksi asiaksi kokonaisuuden kannalta, koska se koskee kunnossapitotarkastuksia suorittavaa henkilöstöä, kunnossapitotarkastuksia, huoltoa, vikakorjauksia, laitevaihtoja, muutoksia ja suoritettuja mittauksia sekä mittauksista saatuja tuloksia. Kaikkiin edellä mainittuihin asioihin liittyvien ja kulloinkin tarkasteltavana olevan laitoksen kaikkien dokumenttien tulisi olla päivitettyjä ja ajantasaisia. Kaiken tarvittavan dokumentaation pitää olla kunnossapitotarkastuksia koordinoivien ja niitä suorittavien henkilöiden sekä kaikkien muiden niitä tarvitsevien tahojen käytettävissä.

Räjähdysvaarallisissa tiloissa olevien sähkölaitteiden standardinmukaisen kunnossapidon tulee noudattaa standardeissa määritettyjen ohjeiden ja aikataulujen lisäksi myös laitteen valmistajan antamia huolto-ohjeita ja aikatauluja. Räjähdysvaarallisissa tiloissa suoritettavat kunnossapitotarkastukset ja -mittaukset sekä laitoksessa niiden tilojen ulkopuolella tehtävät toimenpiteet vaativat, että töiden suorittajalla on ohjeiden lisäksi käytettävissä tarvittavat standardit työn tueksi. Varsinaisten räjähdysvaarallisten tilojen sisältämien laitteiden lisäksi tulee huolehtia laitoksen muissa tiloissa olevien sähkölaitteiden asianmukaisesta sähkökunnossapidosta. Kunnossapitoon liittyen tärkeimmäksi asiaksi on työn aikana paljastunut maadoitusten ja potentiaalintasauksiin liittyvien mittauksien suorittamiseen, mittauspisteiden luotettavaan ja kunnolliseen merkitsemiseen sekä mittauksien dokumentointiin liittyvät asiat. Maadoituksen ja potentiaalintasauksen tärkeys on korostunut räjähdysvaarallisissa tiloissa kipinäinnin estämisen vuoksi. Tämä tulee esille myös mahdollisessa vikatilanteessa sekä prosessin järjestelmissä aiheuttaman potentiaalieron luotettavassa

tasaamisessa, siirrettäessä pumpppaamalla palavaa nestettä paikasta toiseen prosessilaitteistoa hyväksi käyttäen. Myös vikasuojauksen luotettavan toimimisen ja henkilöturvallisuuden kannalta maadoitus ja suojajohtimien eheys laitoksessa ja niiden vaatimusten mukainen todentaminen luotettavasti ovat tärkeitä toimenpiteitä kuten kaikki muutkin vaatimuksen mukaiset kunnossapitotarkastuksiin liittyvät toimenpiteet.

Työn aikana huomio kiinnittyi siihen, että räjähdysvaarallisista tiloista vaaditut dokumentit on laitoksissa laadittu niitä käyttöön otettaessa ja asiat ovat niiltä osin pääasiassa kunnossa. On huomattavan yleistä, että vaadittujen dokumenttien päivittäminen ja laitoksessa tapahtuneiden toimenpiteiden riittävä dokumentointi on tahtonut jäädä osittain tekemättä. Toivottavasti työn aikana laitoksissa tekemäni huomiot mahdollisten puutteiden osalta johtavat jatkossa toimenpiteisiin niiden korjaamiseksi.

Tämä työ edisti omaa ammattilista osaamistani räjähdysvaarallisten tilojen osalta kokonaisuutena. Nykyisessä työssä olenkin jo ollut räjähdysvaarallisten tilojen kanssa tekemisissä, tosin enemmän muihin asioihin liittyen. Tätä työtä tehdessä sain tilaisuuden perehtyä perusteellisesti kyseisten tilojen sähköjärjestelmien kunnossapitotarkastuksia koskeviin asioihin ja tutustua tarkemmin itse tiloihin sekä niiden sähköjärjestelmiä koskeviin vaatimuksiin. Mielestäni työ oli aiheena riittävän haastava ja mielenkiintoinen sekä palveli kaikkia työhön liittyviä osapuolia tarvittavalla tavalla.

LÄHTEET

1. D1-2017. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsija liitto STUL ry.
2. SFS 604-1:2018. Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa 1: Määräykset, tilaluokitus ja sähkölaitteiden rakenteet. 2. painos. 2018. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.
3. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Atex-koulutus palotarkastajille. Hakupäivä 9.3.2022. <https://tukes.fi/documents/5470659/8293726/Atex-koulutus+palotarkastajille/3cb33aa5-d7f9-abc0-7e5a-7d89b8bc0e9f/Atex-koulutus+palotarkastajille.pdf?t=1544181855000>.
4. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Räjähdyksivaarallisten tilojen turvallisuusopas. Hakupäivä 20.2.2022. <https://tukes.fi/documents/5470659/8293726/ATEX-opas.pdf/73c4dc8f-edbd-4c25-8ef9-6cfdef86717d/ATEX-opas.pdf?t=1526981160000>.
5. SFS 604-2:2021. Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa 2: Sähköasennukset, tarkastus ja huolto. 3. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.
6. ST-kortti 51.81. Räjähdyksivaarallisten tilojen tunnistaminen ja sähkölaitteistojen tarkastukset polttoaineen jakeluasemilla. Sähköinfo Oy. Hakupäivä 6.3.2022. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/3223?search=st%2051.81>. Vaatii kirjautumisen.
7. SFS 604-3:2020. Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa 3: Muiden kuin sähkölaitteiden räjähdyksen esto ja riskin arviointi sekä laatu järjestelmien soveltaminen. 1. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.
8. SFS 604-4:2021. Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa 4: Staattisen sähkön aiheuttamat vaarat ja niiden välttäminen. 1. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.
9. SFS 6002:2015+A1:2018. Sähkötyöturvallisuus. Suomen standardisoimisliitto SFS. Hakupäivä 5.3.2022. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/SFS/ID2/6/699543.html.stx>. Vaatii lisenssin.

10. ST-käsikirja 33. Rakennusten sähköasennusten tarkastukset. Sähköinfo Oy. Hakupäivä 6.3.2022. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/235?search=st%20kasikirja%2033>. Vaatii kirjautumisen.
11. Sähköturvallisuuslaki 1135/2016. Hakupäivä 5.3.2022. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161135>.
12. Kaukinen, Rosa-Maria 2021. Työlupakäytännön kehittäminen hartsitehtaalle. Tampereen ammattikorkeakoulu. Biotuote- ja prosessitekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 23.2.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202103133239>.
13. SFS 6000-4-41:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4–41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta. Suomen standardisoimisliitto SFS. Hakupäivä 5.3.2022. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/SFS/ID2/6/537500.html.stx>. Vaatii lisenssin.
14. SFS 6000-5-54:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5–54: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Maadoittaminen ja suojajohtimet. Suomen standardisoimisliitto SFS. Hakupäivä 5.3.2022. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/SFS/ID2/6/533941.html.stx>. Vaatii lisenssin.
15. SFS 6000-4-43:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4–43: Suojausmenetelmät. Ylivirtasuojaus. Suomen standardisoimisliitto SFS. Hakupäivä 5.3.2022. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/SFS/ID2/6/537521.html.stx>. Vaatii lisenssin.
16. SFS 6000-6:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 6: Tarkastukset. Suomen standardisoimisliitto SFS. Hakupäivä 5.3.2022. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/SFS/ID2/6/537515.html.stx>. Vaatii lisenssin.
17. Chauvin Arnoux Group. Maadoitusvastuksen mittaus. Hakupäivä 11.3.2022. https://chauvin-arnoux.fi/wp-content/uploads/2014/09/FI_-Maadoitusvastuksen-mittausopas_2020.pdf

LIITTEET

LIITE 1 Tarkastukset räjähdysuojaustason Ex "d" laitteille

LIITE 2 Tarkastukset räjähdysuojaustason Ex "e" laitteille

LIITE 3 Tarkastukset räjähdysuojaustason Ex "i" ja "nL" laitteille

LIITE 4 Tarkastukset räjähdysuojaustason Ex "n", "t" ja "tD" laitteille

LIITE 5 Tarkastukset räjähdysuojaustason Ex "p" ja "pD" laitteille

LIITE 6 Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit (Luettelo S10 2019)

LIITE 7 Sähköjärjestelmien kunnossapitotarkastukset ja mittaukset (Luottamuksellinen)

LIITE 8 Automaattisen poiskytkennän vaatimat oikosulkuvirrat eri suojalaitteilla (Luottamuksellinen)

LIITE 9 Sähkömoottorin tarkastuskohteet räjähdysvaarallisessa tilassa (Luottamuksellinen)

LIITE 10 Sähkölaitteistojen kunnossapitotarkastuksien ja mittauksien kuittauslista (suojaustasot Exd, Exe, Exn, Ext ja ExtD) (Luottamuksellinen)

LIITE 11 Sähkölaitteistojen kunnossapitotarkastuksien ja mittauksien kuittauslista (suojaustaso Exi) (Luottamuksellinen)

LIITE 12 Maadoitusten- ja potentiaalintasauksien mittauspöytäkirja (Luottamuksellinen)

LIITE 13 Huoltomuistio/korjauspäiväkirja (Luottamuksellinen)

TARKASTUKSET RÄJÄHDYSSUOJAUSTASON Ex "d" LAITTEILLE SFS-EN 60079-17:2014 MUKAISESTI					
Suojusrakenteiden "m", "mD", "o", "op" ja "q" tarkastuksille ei ole laadittu omia taulukoita. Tätä samaa taulukkoa tulisi käyttää soveltuvin osin näiden rakenteiden koteloille ja niiden sisällölle.					
X = kohta on tarkastettava tarkastustason vaatimuksen mukaisesti			Tarkastustaso		
Y = Yksityiskohtainen, L = Lähi ja S = Silmämääräinen			Y	L	S
A	YLEISTÄ (KAIKKI LAITTEET)				
1	Laite vastaa EPL/tilaluokituksen vaatimuksia	X	X	X	
2	Laitteen räjähdysryhmä on oikea	X	X		
3	Laitteen lämpötilaluokka on oikea (vain kaasuilla)	X	X		
4	Laitteen koteloiluokka (IP-luokka) on riittävä ottaen huomioon räjähdysuojaustaso, laiteryhmä ja pölyn johtavuus	X	X	X	
5	Laitteen syöttöpiirin tunnus on olemassa	X	X	X	
6	Laitteen syöttöpiirin tunnus on oikea	X			
7	Kotelo, lasit, lasin ja metallin väliset tiivisteet ja/tai massaukset ovat kunnossa	X	X	X	
8	Onko vaurioita tai hyväksynnän vastaisia muutoksia	X			
9	Hyväksynnän vastaisia näkyviä muutoksia ei ole tehty		X	X	
10	Pultit, kaapeliläpiviennit (suorat ja epäsuorat) ja sulikutulpat ovat oikean tyyppiset, ehjät ja tiiviit				
	- kokeellinen tarkastus	X	X		
	- silmämääräinen tarkastus				X
11	Koteloitten kierteelliset kannet ovat oikeaa tyyppiä, lujasti kiinni ja varmistettu				
	- kokeellisella tarkastuksella	X	X		
	- silmämääräisellä tarkastuksella				X
12	Laippapinnat ovat puhtaat ja vahingoittumattomat ja mahdolliset tiivisteet ovat kunnossa	X			
13	Koteloitten tiivisteiden kunto on tyydyttävä	X			
14	Koteloissa ei ole merkkejä vedestä tai pölystä koteloiluokka huomioon ottaen	X			
15	Laippaliitosten suojarajat ovat: - valmistajan dokumentaation mukaisten rajojen sisällä - asennushetkellä voimassa olevan rakennestandardin maksimiarvojen mukaisia - asennuspaikan dokumentaation sallimien maksimiarvojen mukaisia	X			
16	Hengittävyys on tyydyttävä	X			
17	Huohottimet ja kondenssiveden poistot ovat kunnossa	X	X		
	LAITEKOHTAISET (VALAISIMET)				
18	Lampun nimellisarvot, tyyppi, nastarakenne ja käyttöasento ovat oikeat	X			
19	HID-lampuissa ei näy merkkejä käyttöiän loppumisesta	X	X	X	

TARKASTUKSET RÄJÄHDYSSUOJAUSTASON Ex "d" LAITTEILLE SFS-EN 60079-17:2014 MUKAISESTI					
Suojusrakenteiden "m", "mD", "o", "op" ja "q" tarkastuksille ei ole laadittu omia taulukoita. Tätä samaa taulukkoa tulisi käyttää soveltuvin osin näiden rakenteiden koteloiille ja niiden sisällölle.					
X = kohta on tarkastettava tarkastustason vaatimuksen mukaisesti			Tarkastustaso		
Y = Yksityiskohtainen, L = Lähi ja S = Silmämääräinen			Y	L	S
	LAITEKOHTAISET (MOOTTORIT)				
20	Moottorituulettimilla on riittävä ilmaväli koteloihin ja/tai kansiin, jäähdytysjärjestelmä on vahingoittumaton, moottorin perustuksessa ei ole painumia tai halkeamia	X	X	X	
21	Tuuletus ei ole estynyt	X	X	X	
22	Moottorin käämityksen eristysresistanssi on riittävä	X			
B	ASENNUS - YLEISTÄ				
1	Kaapelin tyyppi on oikea	X			
2	Kaapeleissa ei ole silminnähtäviä vaurioita	X	X	X	
3	Kaapeliputket, johto kanavat ja asennusputket ovat kunnolla tiivistetyt	X	X	X	
4	Sulkumuhvit ja kaapelimuhvit ovat asianmukaisesti massalla täytetyt	X			
5	Putkijärjestelmä sekä sen liittyminen sekajärjestelmään ovat kunnossa	X			
6	Maadoitusliitännät mukaan lukien kaikki lisäpotentiaalintasausliitokset ovat kunnossa: (esimerkiksi liittimet on kiristetty ja johtimien poikkipinta on riittävä)				
	- kokeellinen tarkastus	X			
	- silmämääräinen tarkastus		X	X	
7	Virtapiiriin silmukkaimpedanssi (TN-järjestelmät) tai maadoitusresistanssi (IT-järjestelmät) on riittävän pieni	X			
8	Automaattiset sähköiset suojalaitteet toimivat sallituissa rajoissa	X			
9	Käytön erityisehdot (jos niitä on) täyttyvät	X			
10	Käyttämättömät kaapelit ovat oikein päätetyt	X			
11	Räjähdyssuojauslaippaliitosten lähellä olevat esteet ovat standardin IEC 60079-14 mukaiset	X	X	X	
12	Taajuusmuuttaja-asennukset ovat suunnitelman mukaiset	X	X		
	ASENNUS - LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT				
13	Lämpötila-anturit toimivat valmistajan dokumentaation mukaisesti	X			
14	Turvarajakatkaisijat toimivat valmistajan dokumentaation mukaisesti	X			
15	Turvarajojen asetelut on sinetöity	X	X		
16	Turvakatkaisun palautus on mahdollista vain työkalua käyttäen	X	X		
17	Automaattinen palautus ei ole mahdollista	X	X		
18	Turvakatkaisun palautus vikatilanteessa ei ole mahdollista	X			
19	Turvakatkaisu on riippumaton säädöstä	X			
20	Mahdollisesti tarvittava pintakytkin on asennettu ja oikein aseteltu	X			
21	Mahdollisesti tarvittava virtauskytkin on asennettu ja oikein aseteltu	X			

TARKASTUKSET RÄJÄHDYSSUOJAUSTASON Ex "d" LAITTEILLE SFS-EN 60079-17:2014 MUKAISESTI

Suojausrakenteiden "m", "mD", "o", "op" ja "q" tarkastuksille ei ole laadittu omia taulukoita. Tätä samaa taulukkoa tulisi käyttää soveltuvin osin näiden rakenteiden koteloille ja niiden sisällölle.

X = kohta on tarkastettava tarkastustason vaatimuksen mukaisesti		Tarkastustaso		
		Y	L	S
Y = Yksityiskohtainen, L = Lähi ja S = Silmämääräinen				
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

LÄHDE: (SFS-EN 60079-17:2014, jonka pohjalta muokannut Ismo Riepula)

TARKASTUKSET RÄJÄHDYSSUOJAUSTASON Ex "e" LAITTEILLE SFS-EN 60079-17:2014 MUKAISESTI							
X = kohta on tarkastettava tarkastustason vaatimuksen mukaisesti				Tarkastustaso			
Y = Yksityiskohtainen, L = Lähi ja S = Silmämääräinen				Y	L	S	
A	YLEISTÄ (KAIKKI LAITTEET)						
1	Laitte vastaa EPL/tilaluokituksen vaatimuksia				X	X	X
2	Laitteen räjähdysryhmä on oikea				X	X	
3	Laitteen lämpötilaluokka on oikea (vain kaasuilla)				X	X	
4	Laitteen koteloiluokka (IP-luokka) on riittävä ottaen huomioon räjähdyssuojaustaso, laiteryhmä ja pölyn johtavuus				X	X	X
5	Laitteen syöttöpiirin tunnus on olemassa				X	X	X
6	Laitteen syöttöpiirin tunnus on oikea				X		
7	Kotelo, lasit, lasin ja metallin väliset tiivisteet ja/tai massaukset ovat kunnossa				X	X	X
8	Onko vaurioita tai hyväksynnän vastaisia muutoksia				X		
9	Hyväksynnän vastaisia näkyviä muutoksia ei ole tehty					X	X
10	Pultit, kaapelläpiviennit (suorat ja epäsuorat) ja sulikutulpat ovat oikean tyyppiset, ehjät ja tiiviit						
	- kokeellinen tarkastus				X	X	
	- silmämääräinen tarkastus						X
11	Koteloiden tiivisteiden kunto on tyydyttävä				X		
12	Koteloissa ei ole merkkejä vedestä tai pölystä koteloiluokka huomioon ottaen				X		
13	Johdinliitokset ovat kiristetyt				X		
14	Käyttämättömien liittimien ruuvit on kiristetty				X		
15	Massaan valetut komponentit eivät ole vaurioituneet				X		
16	Exd-komponentit eivät ole vaurioituneet				X		
17	Hengittävyys on tyydyttävä				X		
18	Huohottimet ja kondenssiveden poistot ovat kunnossa				X	X	
	LAITEKOHTAISET (VALAISIMET)						
19	Lampun nimellisarvot, tyyppi, nastarakenne ja käyttöasento ovat oikeat				X		
20	Loistelampuissa ei näy merkkejä käyttöiän loppumisesta				X	X	X
21	HID-lampuissa ei näy merkkejä käyttöiän loppumisesta				X	X	X
	LAITEKOHTAISET (MOOTTORIT)						
22	Moottorituulettimilla on riittävä ilmaväli koteloihin ja/tai kansiin, jäähdytysjärjestelmä on vahingoittumaton, moottorin perustuksessa ei ole painumia tai halkeamia				X	X	X
23	Tuuletus ei ole estynyt				X	X	X
24	Moottorin käämityksen eristysresistanssi on riittävä				X		
B	ASENNUS - YLEISTÄ						
1	Kaapelin tyyppi on oikea				X		
2	Kaapeleissa ei ole silminnähtäviä vaurioita				X	X	X
3	Kaapeliputket, johto kanavat ja asennusputket ovat kunnolla tiivistetyt				X	X	X
4	Putkijärjestelmä sekä sen liittyminen sekajärjestelmään ovat kunnossa				X		

TARKASTUKSET RÄJÄHDYSSUOJAUSTASON Ex "e" LAITTEILLE SFS-EN 60079-17:2014 MUKAISESTI				
X = kohta on tarkastettava tarkastustason vaatimuksen mukaisesti		Tarkastustaso		
Y = Yksityiskohtainen, L = Lähi ja S = Silmämääräinen		Y	L	S
5	Maadoitusliitännät mukaan lukien kaikki lisäpotentiaalintasausliitokset ovat kunnossa: (esim. liittimet on kiristetty ja johtimien poikkipinta on riittävä)			
	- kokeellinen tarkastus	X		
	- silmämääräinen tarkastus		X	X
6	Virtapiirin silmukkaimpedanssi (TN-järjestelmät) tai maadoitusresistanssi (IT-järjestelmät) on riittävän pieni	X		
7	Automaattiset sähköiset suojalaitteet toimivat sallituissa rajoissa	X		
8	Käytön erityisehdot (jos niitä on) täyttyvät	X		
9	Käyttämättömät kaapelit ovat oikein päätetyt	X		
10	Taajuusmuuttaja-asennukset ovat suunnitelman mukaiset	X	X	
	ASENNUS - LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT			
11	Lämpötila-anturit toimivat valmistajan dokumentaation mukaisesti	X		
12	Turvarajakatkaisijat toimivat valmistajan dokumentaation mukaisesti	X		
13	Turvarajojen asetelut on sinetöity	X	X	
14	Turvakatkaisun palautus on mahdollista vain työkalua käyttäen	X	X	
15	Automaattinen palautus ei ole mahdollista	X	X	
16	Turvakatkaisun palautus vikatilanteessa ei ole mahdollista	X		
17	Turvakatkaisu on riippumaton säädöstä	X		
18	Mahdollisesti tarvittava pintakytkin on asennettu ja oikein aseteltu	X		
19	Mahdollisesti tarvittava virtauskytkin on asennettu ja oikein aseteltu	X		
	ASENNUS - MOOTTORIT			
20	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
2	Kohtuutonta pölyn tai lian kertymää ei esiinny	X	X	X
3	Sähköinen eristys on puhdas ja kuiva	X		

LÄHDE: (SFS-EN 60079-17:2014, jonka pohjalta muokannut Ismo Riepula)

TARKASTUKSET RÄJÄHDYSSUOJAUSTASOJEN Ex "i" ja "nL" LAITTEILLE SFS-EN 60079-17:2014 MUKAISESTI						
X = kohta on tarkastettava tarkastustason vaatimuksen mukaisesti				Tarkastustaso		
Y = Yksityiskohtainen, L = Lähi ja S = Silmämääräinen				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				
7	Laitteen käyttölämpötila-alue on asennukseen nähden oikea	X	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					
	- kokeellinen tarkastus	X	X			
	- silmämääräinen tarkastus					X
11	Hyväksynnän vastaisia muutoksia ei ole tehty	X				
12	Hyväksynnän vastaisia näkyviä muutoksia ei ole tehty		X	X		
13	Suojarajoittimet, galvaaniset erottimet, releet ja muut energiaa rajoittavat laitteet ovat hyväksytyä 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, johto kanavat 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 räjähdyssuojusrakenteen	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				

TARKASTUKSET RÄJÄHDYSSUOJAUSTASOJEN Ex "i" ja "nL" LAITTEILLE SFS-EN 60079-17:2014 MUKAISESTI						
X = kohta on tarkastettava tarkastustason vaatimuksen mukaisesti				Tarkastustaso		
Y = Yksityiskohtainen, L = Lähi ja S = Silmämääräinen				Y	L	S
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

LÄHDE: (SFS-EN 60079-17:2014, jonka pohjalta muokannut Ismo Riepula)

TARKASTUKSET RÄJÄHDYSSUOJAUSTASOJEN Ex "n", "t" ja "tD" LAITTEILLE SFS-EN 60079-17:2014 MUKAISESTI				
X = kohta tarkastetaan tarkastustason mukaisesti kaikilla tyypeillä n = kohta tarkastetaan lisäksi tyypeillä "n", "nC" ja "nR" t = kohta tarkastetaan lisäksi tyypeillä "t" ja "tD"		Tarkastustaso		
		Y	L	S
Y = Yksityiskohtainen, L = Lähi ja S = Silmämääräinen				
A	YLEISTÄ (KAIKKI LAITTEET)			
1	Laite vastaa EPL/tilaluokituksen vaatimuksia	X	X	X
2	Laitteen räjähdysryhmä on oikea	X	X	
3	Laitteen lämpötilaluokka on oikea (vain kaasuilla)	n	n	
4	Laitteen suurin pintalämpötila on oikea	t	t	
5	Laitteen kotelointiluokka (IP-luokka) on riittävä ottaen huomioon räjähdyssuojaustaso, laiteryhmä ja pölyn johtavuus	X	X	X
6	Laitteen syöttöpiirin tunnus on olemassa	X	X	X
7	Laitteen syöttöpiirin tunnus on oikea	X		
8	Kotelo, lasit, lasin ja metallin väliset tiivisteet ja/tai massaukset ovat kunnossa	X	X	X
9	Onko vaurioita tai hyväksynnän vastaisia muutoksia	X		
10	Hyväksynnän vastaisia näkyviä muutoksia ei ole tehty		X	X
11	Pultit, kaapeliläpiviennit (suorat ja epäsuorat) ja sulku tulpat ovat oikean tyyppiset, ehjät ja tiiviit			
	- kokeellinen tarkastus	X		
	- silmämääräinen tarkastus		X	X
12	Koteloiden tiivisteiden kunto on tyydyttävä	X		
13	Koteloissa ei ole merkkejä vedestä tai pölystä kotelointiluokka huomioon ottaen	X		
14	Johdinliitokset ovat kiristetyt	X		
15	Käyttämättömien liittimien ruuvit on kiristetty	n		
16	Koteloidut katkaisijarakenteet ja hermeettisesti suljetut laitteet ovat vahingoittumattomat	n		
17	Massaan valetut komponentit eivät ole vaurioituneet	n		
18	Exd-komponentit eivät ole vaurioituneet	n		
19	Rajoitetusti tuulettavat kotelot ovat kunnossa (vain nR-laitteet)	n		
20	Mahdollinen testiventtiili toimii (vain nR-laitteet]	n		
21	Hengittävyys on tyydyttävä	n		
22	Huohottimet ja kondenssiveden poistot ovat kunnossa	n	n	
	LAITEKOHTAISET (VALAISIMET)			
23	Lampun nimellisarvot, tyyppi, nastarakenne ja käyttöasento ovat oikeat	X		
24	Loistelampuissa ei näy merkkejä käyttöiän loppumisesta	X	X	X
25	HID-lampuissa ei näy merkkejä käyttöiän loppumisesta	X	X	X
	LAITEKOHTAISET (MOOTTORIT)			
26	Moottorituulettimilla on riittävä ilmaväli koteloihin ja/tai kansiin, jäähdytysjärjestelmä on vahingoittumaton, moottorin perustuksessa ei ole painumia tai halkeamia	X	X	X
27	Tuuletus ei ole estynyt	X	X	X

TARKASTUKSET RÄJÄHDYSSUOJAUSTASOJEN Ex "n", "t" ja "tD" LAITTEILLE SFS-EN 60079-17:2014 MUKAISESTI						
X = kohta tarkastetaan tarkastustason mukaisesti kaikilla tyypeillä, n = kohta tarkastetaan lisäksi tyypeillä "n", "nC" ja "nR" t = kohta tarkastetaan lisäksi tyypeillä "t" ja "tD"			Tarkastustaso			
Y = Yksityiskohtainen, L = Lähi ja S = Silmämääräinen			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">Y</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">L</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">S</td> </tr> </table>	Y	L	S
Y	L	S				
28	Moottorin käämityksen eristysresistanssi on riittävä	X				
B ASENNUS - YLEISTÄ						
1	Kaapelin tyyppi on oikea	X				
2	Kaapeleissa ei ole silminnähtäviä vaurioita	X	X			
3	Kaapeliputket, johto kanavat ja asennusputket ovat kunnolla tiivistetyt	X	X			
4	Putkijärjestelmä sekä sen liittyminen sekajärjestelmään ovat kunnossa	X				
5	Maadoitusliitännät mukaan lukien kaikki lisäpotentiaalintasausliitokset ovat kunnossa: (esim. liittimet on kiristetty ja johtimien poikkipinta on riittävä)					
	- kokeellinen tarkastus	X				
	- silmämääräinen tarkastus		X			
6	Virtapiirin silmukkaimpedanssi (TN-järjestelmät) tai maadoitusresistanssi (IT-järjestelmät) on riittävän pieni	X				
7	Automaattiset sähköiset suojalaitteet toimivat sallituissa rajoissa	X				
8	Käytön erityisehdot (jos niitä on) täyttyvät	X				
9	Käyttämättömät kaapelit ovat oikein päätetyt	X				
10	Taajuusmuuttaja-asennukset ovat suunnitelman mukaiset	X	X			
ASENNUS - LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT						
11	Lämpötila-anturit toimivat valmistajan dokumentaation mukaisesti	t				
12	Turvarajakatkaisijat toimivat valmistajan dokumentaation mukaisesti	t				
C YMPÄRISTÖ						
1	Laite on riittävästi suojattu korroosiolta, säältä, tärinältä ja muilta haitallisilta tekijöiltä	X	X			
2	Kohtuutonta pölyn tai lian kertymää ei esiinny	X	X			
3	Sähköinen eristys on puhdas ja kuiva	X				

LÄHDE: (SFS-EN 60079-17:2014, jonka pohjalta muokannut Ismo Riepula)

TARKASTUKSET RÄJÄHDYSSUOJAUSTASOJEN Ex "p" ja "pD" LAITTEILLE SFS-EN 60079-17:2014 MUKAISESTI						
X = kohta on tarkastettava tarkastustason vaatimuksen mukaisesti				Tarkastustaso		
Y = Yksityiskohtainen, L = Lähi ja S = Silmämääräinen				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 silminnähtäviä vaurioita	X	X	X		
3	Maadoitusliitännät mukaan lukien kaikki täydentävät potentiaalintasausliitokset ovat kunnossa (esim. liittimet on kiristettyjä ja johtimien poikkipinta on riittävä)					
	- silmämääräinen tarkastus		X	X		
	- kokeellinen tarkastus	X				
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, tärinäältä ja muilta haitallisilta tekijöiltä	X	X	X		
2	Kohtuutonta pölyn tai lian kertymää ei esiinny	X	X	X		

LÄHDE: (SFS-EN 60079-17:2014, jonka pohjalta muokannut Ismo Riepula)

Luettelo S10-2019**SÄHKÖLAITTEISTOJEN TURVALLISUUTTA JA SÄHKÖTYÖTURVALLISUUTTA KOSKEVAT
STANDARDIT**

Päivitetty 23.1.2019, korvaa Tukes-ohjeen S10-2018

Sähköturvallisuuslain (1135/2016) 33§ ja 84§ mukaan Turvallisuus- ja kemikaalivirasto julkaisee luettelon niistä standardeista, joita noudattaen katsotaan lain vaatimusten täyttyvän sähkölaitteiston rakenteelle ja sähkötyöturvallisuudelle.

Luettelo päivitetään tavallisesti kerran vuodessa.

Sähkölaitteistot

SFS 6000 (2017)	Pienjännitesähköasennukset <i>(Standardisarja, joka sisältää 39 kpl erillisiä standardeja)</i>
SFS 6001 (2018)	Suurjännitesähköasennukset
SFS-EN 60079-14 (2015) + AC (2016)	Räjähdyksenvaaralliset tilat. Osa 14: Sähköasennusten suunnittelu, laitevalinta ja asentaminen
SFS-käsikirja 604-2 (2017) Luku 3	Räjähdyksenvaaralliset tilat. Osa 2: Sähköasennukset, tarkastus ja huolto, Luku 3: Räjähdetilat
SFS-EN 50107-1 (2003)	Valomainokset ja valopurkausputkien asennukset yli 1 kV mutta alle 10 kV tyhjäkäyntijännitteellä. Osa 1: Yleiset vaatimukset
SFS-EN 50191 (2011)	Sähköisten testauslaitteistojen asennus ja käyttö
SFS-EN IEC 62485-2 (2018)	Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Paikallisakut <i>(Vastaa tekniseltä sisällöltään standardia SFS-EN 50272-2 (2001))</i>
SFS-EN 50119 (2010) +A1 (2013)	Railway applications. Fixed installations. Electric traction overhead contact lines
SFS-EN 50122-1 (2011) + A1 (2011) + A2 (2016) + A3 (2016) + A4 (2017)	Railway applications. Fixed installations. Electrical safety, earthing and bonding. Part 1: Protective provisions against electric shock
SFS-EN 50122-2 (2011)	Railway applications. Fixed installations. Electrical safety, earthing and the return circuit. Part 2: Provisions against the effects of stray currents caused by d.c. traction systems
SFS-EN 50124-1 (2017)	Railway applications. Insulation coordination. Part 1: Basic requirements. Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment

SFS-EN 50341-1 (2014) + SFS-EN 50341-2-7 (2015)	Vaihtosähköilmajohdot yli 1 kV jännitteillä. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Yhteiset määrittelyt, Osa 2-7 Suomen kansalliset velvoittavat määrittelyt <i>(Standardeja sovelletaan myös enintään 1 kV:n ilmajohtoihin osan 2-7 soveltamisalan mukaisesti)</i>
--	---

Sähkötyöturvallisuus

SFS 6002 (2015) + A1 (2018)	Sähkötyöturvallisuus <i>(Lisäys A1 2018 ei varsinaisesti muuta standardin asiasisältöä)</i>
--------------------------------	--

Standardin painoksen vaihtuminen:

Lain (1135/2016) 33§:ssä on säädetty seuraavasti sähkölaitteistojen turvallisuusvaatimusten osalta:
"Standardin tai sen painoksen vaihtuessa sähköturvallisuusviranomainen päivittää standardiluettelon. Luettelon päivityshetkellä rakenteilla oleva sähkölaitteisto voidaan rakentaa valmiiksi ja ottaa käyttöön edellisen standardin mukaisena kolmen vuoden kuluessa päivityksestä"

Lain ns. perustelumuiotiossa (HE 116/2016) on asiasta seuraava täydentävä selitys:
"Rakenteilla olevaksi sähkölaitteistoksi katsotaan tilanne, jossa konkreettinen rakentaminen on jo aloitettu tai sähkösuunnitelman perusteella on jo ryhdytty konkreettisiin toimenpiteisiin, kuten urakkatarjouskierrokseen. Sen sijaan pelkkää sähkösuunnitelman olemassaoloa ei lasketa tällaiseksi, koska suunnitelmia voi olla hyvinkin vanhoja ja hyvin eritasoisia varalle tehtyinä."

Luetteloitujen standardien suhde määräyksiin

Ohjeessa luetteloituja standardeja noudattamalla katsotaan sähköturvallisuuslain 1135/2016 31§ ja 82§ nojalla annettujen olennaisten turvallisuusvaatimusten täyttyvän. Tämä koskee niitä standardeissa esitettyjä vaatimuksia, jotka kuuluvat sähköturvallisuuslain kyseisten pykälien soveltamisalaan. Luetteloiduissa standardeissa saattaa olla myös yksittäisiä vaatimuksia, jotka eivät liity näihin lain kohtiin tai jotka liittyvät jonkin toisen lain soveltamisalan määräyksiin.

Luettelon muutokset Tukes-ohjeeseen S10-2018 nähden:

Luetteloon on lisätty seuraavat standardien uudet painokset tai muutokset:

- SFS 6001 (2018) Suurjännitesähköasennukset
- SFS-EN 50122-1 A2 (2016), A3 (2016), A4 (2017) Railway applications ...
- SFS-EN 50124-1 (2017) Railway applications ...

Lisäksi luetteloon on lisätty standardi SFS-EN IEC 62485-2 (2018) sekä muutos SFS 6002 A1 (2018), jotka eivät varsinaisesti muuta edeltäjiensä asiasisältöä.