



Huoltoraportoinnin ohjeistus ATEX-tiloissa

Paavo Penttinen

Opinnäytetyö, AMK

Tammikuu 2024

Sähkö- ja automaatiotekniikka, insinööri (AMK)

Penttinen, Paavo

Huoltoraportoinnin ohjeistus ATEX-tiloissa

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Tammikuu 2024, 42 sivua.

Tekniikan ala. Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Työn tavoitteena oli kehittää yritykselle huoltoraportointipohja ATEX-tiloihin ja huoltoraportoinnin tarkastuksille tukimateriaali. Yritys halusi saada nykyisen ja olemassa olevan pohjan päivitettyä vaatimusten ja säännösten mukaiseksi.

Tutkimus toteutettiin laadullisena tutkimuksena ja tarkemmin kehitystutkimuksena. Materiaalina hyödynnettiin lakipykälää, säännöksiä, vaatimuksia, kohteissa toimivan työnjohtajan haastattelua ja kohteissa käymistä.

Tehdyn työn tuloksena muodostui kattava huoltoraportointipohja ATEX-kohteiden silmä-, lähi- ja yksityiskohtaisille tarkastuksille. Lisäksi tukimateriaali tuki vahvasti eri tarkastuksia taulukoiden, kuvien ja tekstien avulla. Huoltoraportointipohja ja tukimateriaali koskee laiteryhmiä 2 ja 3.

Toimeksiantaja oli tyytyväinen kehitettyyn huoltoraportointipohjaan ja tukimateriaaliin. Yritys halusi ottaa tämän käyttöön seuraavissa huolloissa. Huomioitavaa oli, että toteutettu huoltoraportointipohja ja tukimateriaali olivat yrityksen linjauksesta salaisia.

Avainsanat (asiasanat)

Räjähdyksenvaarallinen tila, ATEX, huoltoraportointi, tukimateriaali

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

-

Penttinen Paavo

Maintenance Reporting Guidelines in ATEX Environments

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, January 2024, 42 pages.

Field of Technology. Degree Programme in Electrical and Automation Engineering. Bachelor's Thesis.

Permission for open access publication: yes

Language of publication: Finnish

Abstract

The aim of the project was to develop a maintenance reporting template for ATEX environments and support material for maintenance inspections for the company. The company wanted to update the current template to comply with requirements and regulations.

The research was conducted as a qualitative study, specifically as a development study. Legal provisions, regulations, requirements, interviews with site supervisors, and site visits were utilized as materials.

As a result of the work, a comprehensive maintenance reporting template was created for eye, proximity, and individual inspections of ATEX sites. Additionally, the support material strongly aided various inspections through tables, images, and texts. The maintenance reporting template and support material apply to equipment groups 2 and 3.

The client was satisfied with the developed maintenance reporting template and support material. The company intended to implement these in future maintenance activities. It should be noted that the implemented maintenance reporting template and support material were confidential as per the company's policy.

Keywords/tags (subjects)

Hazardous Area, ATEX, Maintenance Reporting, Support Material

Miscellaneous (Confidential information)

-

Sisältö

1	Johdanto	9
2	Toimeksiantajan esittely	10
3	Räjähdyksvaarallisen tila	10
3.1	Tilaluokitus	11
3.2	Palavat aineet.....	13
3.3	Syttymislähteet	14
4	Laitteet	15
4.1	Lämpötilaluokat.....	16
4.2	Laitteiden räjähdysuojaustaso.....	17
4.3	Laitteiden räjähdysuojaurakenteet.....	19
4.4	Luonnostaan vaaraton laite	24
4.5	Laitteiden merkintätunnusten tulkitseminen	25
5	Sähkölaitteiston ja kalusteiden asentaminen	28
5.1	Kaapeloinnin vaatimukset	28
5.2	Kaapelijohtoteiden vaatimukset	31
5.3	Kaapeloinnin läpiviennit.....	33
6	ATEX-kohteen suojaus	34
6.1	Potentiaalitasaus	34
6.2	Tilapäinen potentiaalitasaus	35
7	Tarkastukset ja dokumentit	36
8	Toteutus	37
8.1	Työnkuvaus.....	38
8.2	Toteutus ja tulokset	38
9	Pohdinta	39
	Lähteet	41

Kuviot

Kuvio 1. Räjähdyksvaarallisen tilan - suositellut tilaluokkien merkinnät. (SFS-EN IEC 60079-10-1:2021.)	12
Kuvio 2. Suositellut piirrosmerkinnät tilaluokkien kuvaamiseksi (SFS-EN-10-2:2015.)	13
Kuvio 3. Laiteryhmät alaryhmineen ja laitteiden käyttökohteet.....	15
Kuvio 4. Alaryhmien avaaminen.	15

Kuvio 5. Tilan lämpötilaluokat, syttymislämpötila ja laitteiden lämpötilaluokat (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016.).....	17
Kuvio 6. Tilaluokan ja laitteen räjähdysuojaustaso (EPL) yhteen sopivuus. (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016.).....	19
Kuvio 7. Yleisimpien suojausrakenteiden tunnus ja tunnuksen avaaminen.	20
Kuvio 8. Olemassa olevan ATEX-kytkimen laitekilpi.	26
Kuvio 9. Olemassa olevan ATEX-valaisimen laitekilpi.	27
Kuvio 10. Ideaalinen laitemerkintä (Tukes Räjähdysvaarallisten tilojen sähköasennukset - ATEX, n.d.)	28
Kuvio 11. Pinta-alan rajoittaminen (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.).....	32
Kuvio 12. Maksimihalkaisija tai -leveys. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)	32
Kuvio 13. Ei-metallisten kerrosten paksuuden rajoittaminen. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)	33

Termit ja määritelmät

Räjähdyksenvaarallinen tila, ATEX

Tila, jossa räjähdyskelpoista kaasuseosta on, tai saattaa olla siinä määrin, että laitteiden rakenteille, asennukselle ja käytölle on asetettava erityisvaatimuksia. (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016, 23.)

Kotelointiluokka, IP

Standardin IEC 60529 mukainen numeerinen luokitus, jota edeltää tunnus IP ja jota sovelletaan laitteiden kotelointiin ilmaisemaan: henkilöiden kosketus-/lähestymissuojaustasoa kotelon sisällä oleviin jännitteisiin tai liikkuviin (lukuun ottamatta sileitä pyöriviä akseleita tms.) osiin nähden, laitteiden suojaustasoa vieraiden, kiinteiden esineiden sisään tunkeutumista vastaan, ja luokituksen mukaisesti laitteiden suojaustasoa veden haitallista sisään tunkeutumista vastaan. (SFS-EN IEC 60079-0:2019, 24.)

Räjähdyssuojaustaso, EPL

Laitteelle ilmoitettu räjähdysuojaustaso, joka perustuu laitteen todennäköisyyteen muodostua syttymislähteeksi ja joka käsittelee erikseen räjähdyskelpoiset kaasuilmasokset, räjähdyskelpoiset pölyilmaseokset ja kaivoskaasulle alttiiden kaivosten räjähdyskelpoiset ilmaseokset. (SFS-EN IEC 60079-0:2019, 25.)

Laitteen räjähdysuojausrakenne

Laitteen rakenteen sisältämät erityisratkaisut, joiden tavoitteena on estää laitetta ympäröivän räjähdyskelpoisen ilmaseoksen syttyminen. (SFS-EN IEC 60079-0:2019, 34.)

Räjähdyksipaineen kestävä rakenne (Exd)

Suojausrakenne, jossa potentiaalisia sytytyslähteitä edustavat osat on sijoitettu rakenteen sisään, joka kestää rakenteen sisäpuolisen, räjähdyskelpoisen ilmaseoksen räjähdyspaineen, ja joka estää räjähdysten etenemisen rakenteen ulkopuoliseen räjähdyskelpoiseen ilmaseokseen. (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016, 25.)

Varmennettu rakenne (Exe)

sähkölaitteen suojausrakenne, jossa lisätoimenpitein on vähennetty liiallisen lämpenemisen sekä

valokaarien ja kipinöinnin esiintymisen riskiä normaalissa käytössä tai määritellyissä epänormaalissa olosuhteissa. (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016, 25.)

Luonnostaan vaaraton rakenne (Exi)

Suojausrakenne, joka perustuu räjähdyskelpoiselle ilmaseokselle altistuvien laitteiden ja johtojen sähköenergian rajoittamiseen sellaiselle tasolle, ettei syttymistä voi tapahtua kipinöinnin eikä lämpenemisen seurauksena. (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016, 26.)

Öljytäytteinen rakenne (Exo)

Räjähdyssuojausrakenne, jossa sähkölaite tai sen osa on upotettu suojaavaan nesteeseen niin, että nestepinnan yläpuolella tai laitteen ulkopuolella oleva räjähdyskelpoinen ilmaseos ei voi syttyä. (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016, 28.)

Suojatuuletinrakenne (Exp)

Tekniikka, jolla estetään kotelon ulkopuolisen ilman pääsy kotelon sisään ylläpitämällä kotelon sisällä ylipaineista suojakaasua. (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016, 27.)

Hiekkatäytteinen rakenne (Exq)

Räjähdyssuojausrakenne, jossa räjähdyskelpoisen kaasuilmaseoksen sytyttämiseen pystyvät osat on kiinnitetty paikalleen ja ympäröity täysin täyteaineella, joka estää ulkopuolisen räjähdyskelpoisen ilmaseoksen syttymisen. (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016, 28.)

Massavalurakenne (Exm)

Räjähdyssuojausrakenne, jossa räjähdyskelpoisen kaasuilmaseoksen sytyttämiseen pystyvät kipinöivät tai kuumat osat on suljettu massan sisään niin, että räjähdyskelpoinen ilmaseos ei voi syttyä laitteen käyttö- tai asennustilanteissa. (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016, 28.)

Suojausrakenne "n" (Exn)

Räjähdyssuojausrakenne, jonka mukainen sähkölaite normaalissa käytössä sekä tietyissä, normaalista poikkeavissa olosuhteissa ei kykene sytyttämään sitä ympäröivää räjähdyskelpoista ilmaseosta. (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016, 27.)

Erikoisrakenne (Exs)

Erikoisrakennetta käytetään silloin, kun laitteen kokonaisuus tai osa siitä poikkeaa standardivaatimusten mukaisista laitteista. (Tiainen 2022, 427.)

Pölyräjähdysvaarallisen tilan tiiviskotelo ("tD")

Räjähdysuojaurakenne, jossa kaikki sähkölaitteet on suojattu koteloinnilla niin, että pölypilvien tai kerrosten syttyminen vältetään. (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016,28.)

TN-järjestelmät

TN-järjestelmissä asennuksen maadoituksen eheys riippuu PE- ja PEN-johtimien luotettavasta ja tehokkaasta yhdistyksestä maahan. Jos maadoitus saadaan yleisestä jakeluverkosta tai muusta syöttöjärjestelmästä, mahdollisista asennuksen ulkopuolisten ehtojen toteutumisesta vastaa syöttävän verkon haltija. (SFS-EN 6000-4-41:2022, 10.)

TT-järjestelmät

Kaikki jännitteelle alttiit osat, joilla on sama suojalaite, on kytkettävä suojajohtimella niille kaikille yhteiseen maadoituselektrodiin. Jos käytetään sarjassa useita suojalaitteita, tämä vaatimus koskee erikseen kaikkia jännitteelle alttiita osia, jotka on suojattu kullakin laitteella. (SFS-EN 6000-4-41:2022, 11.)

IT-järjestelmät

IT-järjestelmässä jännitteisten osien on oltava erotettuja maasta tai kytketty maahan riittävän suuren impedanssin kautta. Tämä kytkentä voidaan tehdä joko järjestelmän nollapisteessä tai keskipisteessä tai keinotekoisessa nollapisteessä. Keinotekoinen nollapiste voi olla kytketty suoraan maahan, jos kokonaisnollaimpedanssi on riittävän suuri. Jos tähtipistettä ei ole, äärijohdin voidaan kytkeä suuren impedanssin kautta maahan. (SFS-EN 6000-4-41:2022, 12.)

1 Johdanto

ATEX-tiloja on laajasti arjessamme, joita emme edes ajattele olevan ATEX luokiteltuja alueita. Tämänkaltaisia on esimerkiksi huoltoasemien polttoaineletkut, kaasupullovarastot ja puukäsiluokien puruvarastot. ATEX-tilojen, eli räjähdysvaarallisten tilojen, huolto raportointi on tärkeä tehdä tietyn ajan välein jokaiselle olemassa olevalle ATEX-tilalle. Tällä tavoin kohteen omistaja ja käyttäjät saavat varmuuden siitä, että tila on turvallinen käyttäjille ja muillekin tilassa olevilla. Saatamme olla lähelläkin ATEX-luokiteltuja alueita ja jopa koskea sellaiseen tietämättä, että kyseessä on ATEX-luokiteltu alue. Tästä syystä on hyvä pitää huolta, että jokainen ATEX-luokiteltu tila tarkastetaan tietyn ajan välein ja huolletaan tarvittaessa. Tämän kaltaiset alueet ovat lisääntyneet nykyään. Tähän liittyviä onnettomuuksia ja tapaturmia sattuu kuitenkin todella harvoin arjessamme. ATEX-tiloihin liittyvät onnettomuudet ja tapaturmat tutkitaan tarkasti usean eri henkilön ja yrityksen toimesta, jotta saadaan selvyys siitä, kuinka kyseinen onnettomuus on syntynyt.

ATEX-tilojen lisääntyessä ja direktiivien muutosten myötä yritysten on hyvä päivittää ja kehittää nykyaikaisemmaksi ATEX-tilojen huolto raportointiaan. Tämän työn tavoitteena on kehittää ja päivittää ARE Oy:lle nykyaikainen huolto raportointipohja, jota voidaan käyttää laajasti huoltotarkastuksissa erilaisissa ATEX-tiloissa. Pohjan tärkeimpinä asioina on olla työnsuorittajalle parempi tukea työn tekemistä eri tilanteissa, täyttämään kuitenkin direktiivien ja standardien asettamat vaatimukset. Lisäksi raportointipohjan tavoitteena on kehittää ja muistuttaa yrityksen ATEX-tiloissa työskenteleviä henkilöitä luokituksista, vaatimuksista ja toimintatavoista.

Kehittämistyö pohjautuu vahvasti standardeihin ja direktiiveihin, joita on annettu räjähdysvaarallille tiloille ja asennuksille. Työ sisältää myös esimerkkejä oikeista kohteista ja laitteistoista, sekä minkälaisia merkintöjä on olemassa ja kuinka niitä tulkitaan. Lisäksi työssä on käytetty ATEX-tiloissa työskentelevän työnjohtajan haastattelun tuloksia.

2 Toimeksiantajan esittely

ARE Oy on suomalainen perheyritys, joka on perustettu vuonna 1913. Yrityksellä on laaja osaaminen eri osa-alueista, joiden ansioista yritys pystyy tarjoamaan ratkaisuja ja palveluita kiinteistöjen koko elinkaarelle. Tällaisia ratkaisuja ja palveluja ovat uudisrakentaminen, ylläpito, huolto ja modernisointi, sekä saneeraus. Yrityksellä on kykyä toimia erilaisissa kohteissa, joita ovat esimerkiksi teollisuus, kauppakeskukset, sairaalat, hotellit, toimistorakennukset, asuinkiinteistöt ja koulut. ARE Oy:n nykyinen toimitusjohtaja on tällä hetkellä Jarno Hacklin. (Tietoa-aresta, n.d; Are-vuosikertomus-2021–1, n.d.)

ARE:lla on Suomessa 21 toimipistettä ympäri Suomea, jotka ulottuvat Pääkaupunkiseudusta pohjoiseen Rovaniemelle. Lisäksi toimintaa löytyy Ruotsissa kymmenellä eri paikkakunnalla. Yrityksellä työntekijöitä on noin 3300, joista 2600 toimii Suomessa ja 700 henkilöä Ruotsissa vuonna 2020. (Are vuosikatsaus ja kestävän kehityksen raportti, 2021.)

ARE Oy:n liikevaihto on ollut laskussa vuodesta 2019, jolloin se kävi ennätysellisen korkealla huipulla 440,5 miljoonaa, kun 2018 sen liikevaihto oli n. 393 miljoonaa. Koronapandemian myötä sen liikevaihto on ollut laskussa viimeisen kahden vuoden ajan tasaisesti. Vuonna 2021 ARE:n liikevaihto oli n. 330 miljoonaa euroa. Liikevoitto (-tappio) oli suurimmillaan 2020 7,6 miljoonaa euroa ja 2021 se oli 1,5 miljoonaa euroa. Yrityksen omavaraisuus % oli tyydyttävällä tasolla vuonna 2021 31 %, omavaraisuus ohjetaulukon mukaisesti katsottuna. Henkilöstön määrä oli 2019 huippuvuonna 2928 Suomessa ja 2021 henkilöstön määrä oli 2650. (Are Oy taloustiedot, n.d; Omavaraisuusaste-%, n.d.)

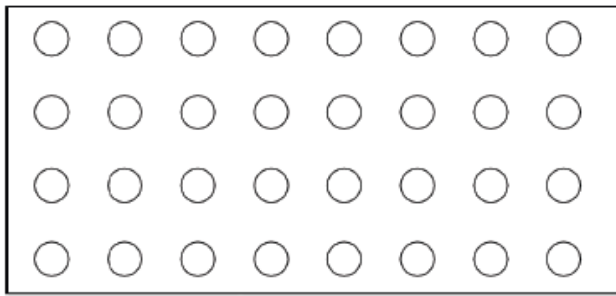
3 Räjähdyksivaarallisen tila

Räjähdyksivaarallinen tila eli ATEX-tila on sellainen tila, jossa esiintyy räjähdysvaarallinen ilmaseos. Tällainen ilmaseos esiintyy, kun palavaa kaasua, sumua, höyryä tai pölyä on normaalissa ilmanpaineessa. Esimerkiksi polttoaineiden jakelualueet ja puukäsityöluokkien purujärjestelmät ovat tällaisia tiloja. (Räjähdyksivaarallisten tilojen laitteet – ATEX, n.d) Räjähdyksivaaralliset tilat on määritelty tarkasti EU-direktiivissä 94/9/EY. Tässä luvussa käsitellään tarkemmin ATEX-tilaa ja siihen liittyviä määräytyksiä.

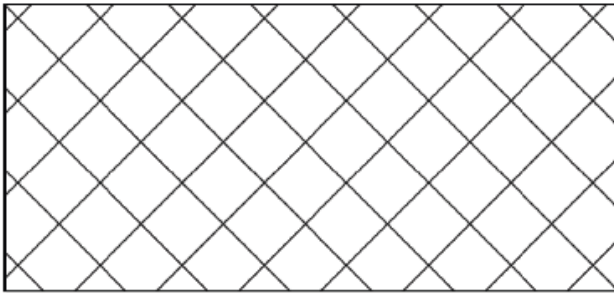
3.1 Tilaluokitus

Tilaluokituksen tarkoitus on kartoittaa, mitä aineita tilassa esiintyy, kuinka suuressa määrissä ja tilan suojausluokka. Tilat määritellään aina, vaikkei erillisiä syttymislähteitä olisikaan tilassa. ATEX-tiloille on annettu kolme erilaista tilaluokitusta: pölyräjähdysvaarallisille tiloille luokat 20, 21, 22 ja kaasulle, sumulle ja höyrylle luokat 0, 1 ja 2. Mitä pienempi luku on, sitä vaativampi tila on kyseessä. Näiden tilaluokitusten avulla pystytään kartoittamaan, minkälaisia laitteita voidaan asentaa tilaan. (Räjähdysvaaralliset tilat, n.d.)

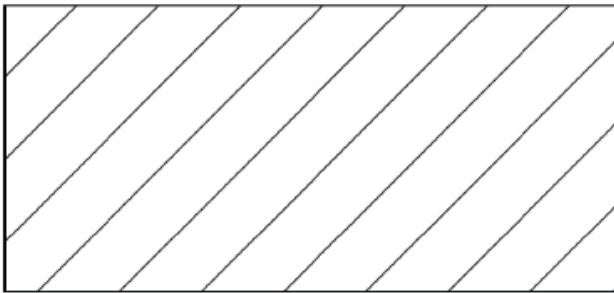
Tilaluokkiin 0, 1 ja 2 kuuluvat seuraavat määritykset. 0-luokan tila on sellainen, jossa esiintyy räjähtävää kaasua, sumua tai höyryä normaalissa ilmanpaineessa jatkuvasti tai toistuvasti. Huomioitavaa on, ettei 0-luokan tila voi olla sellaisella alueella, jossa työskennellään jatkuvasti. 1-luokan tila on sellainen, jossa esiintyy räjähtävää kaasua, sumua tai höyryä normaalissa ilmanpaineessa satunnaisesti normaalin toiminnan aikana. 2-luokan tila on sellainen, jossa esiintyy räjähtävää kaasua, sumua tai höyryä normaalissa ilmanpaineessa epätodennäköisesti normaalin toiminnan aikana ja mikäli esiintyy, sen aikajakso on lyhyt. Tämän luokan tiloja esiintyy esimerkiksi polttoaineiden jakeluasemilla ja teollisuudessa tiettyjen prosessien vaiheissa. Kuviossa 1 on esitetty piirrosmerkit, joilla ilmaistaan eri tilaluokat. (ATEX Räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus, 2015.; Räjähdysvaarallisten tilojen tunnistaminen ja sähkölaitteistojen tarkastukset polttoaineen jakeluasemilla, 2018.)



Luokka 0



Luokka 1

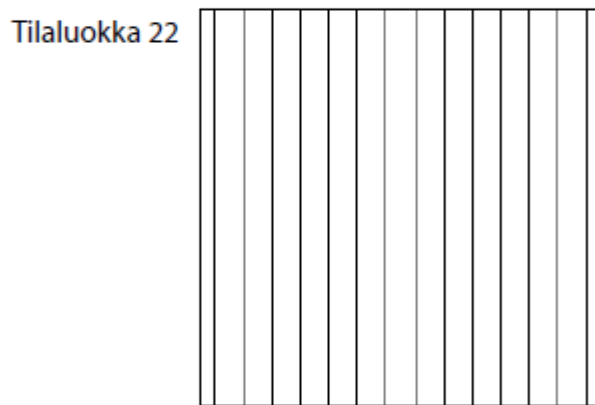
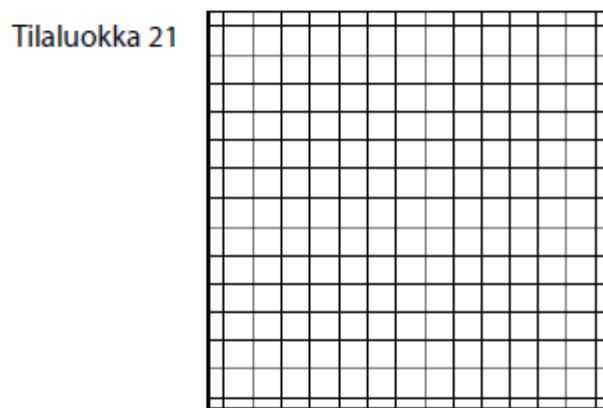
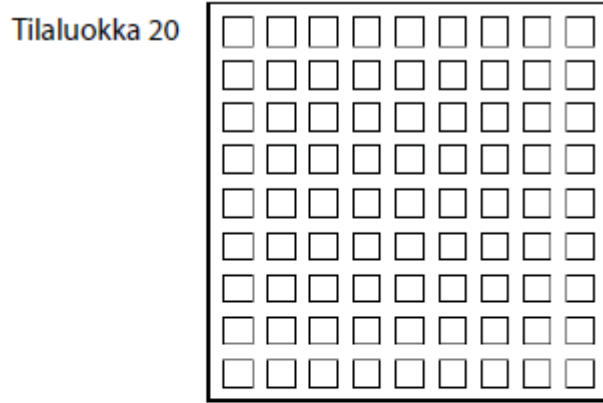


Luokka 2

IEC

Kuvio 1. Räjähdyksvaarallisen tilan - suositellut tilaluokkien merkinnät. (SFS-EN IEC 60079-10-1:2021.)

Tilaluokkiin 20, 21 ja 22 kuuluvat seuraavat määrätykset. 20-luokan tila on sellainen, jossa esiintyy räjähtävää pölyä normaalissa ilmanpaineessa jatkuvasti tai toistuvasti. 21-luokan tila on sellainen, jossa esiintyy räjähtävää pölyä normaalissa ilmanpaineessa satunnaisesti normaalin toiminnan aikana. 22-luokan tila on sellainen, jossa esiintyy räjähtävää pölyä normaalissa ilmanpaineessa epätodennäköisesti normaalin toiminnan aikana ja mikäli esiintyy, sen aikajakso on lyhyt. Tämän tilaluokan alueita esiintyy esimerkiksi puunkäsittelylaitoksissa tai laitteiden järjestelmissä, kuten puuhöylissä. Kuviossa 2 on esitetty piirrosmerkit, joilla ilmaistaan eri tilaluokat näissä tapauksissa. (ATEX Räjähdyksvaarallisten tilojen turvallisuus, 2015; Räjähdyksvaarallisten tilojen tunnistaminen ja sähkölaitteistojen tarkastukset puutyötiloissa, 2018.)



Kuvio 2. Suositellut piirrosmerkinnät tilaluokkien kuvaamiseksi (SFS-EN-10-2:2015.)

3.2 Palavat aineet

Palavalla aineella tarkoitetaan ainetta, joka syttyy, sekä muodostaa räjähdyskelpoisen ilmaseoksen ja se kykenee ylläpitämään laajenevaa vaikutusta. Palavat aineet voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään: palava neste, palava kaasu ja palava pöly. Palavalla nesteellä tarkoitetaan nestemäistä

ainetta tai kemikaalia, jonka leimahduspiste on alle sata celsiusastetta. Palavalla kaasulla tarkoitetaan, joka kykenee syttymään kahdessakymmenessä celsiusasteessa normaalissa olosuhteessa. Palavalla pölyllä tarkoitetaan ainetta, jonka alkuperäinen lähde on ollut kiinteästä aineesta ja siitä muodostunutta pölyä. Pölyn koostumus vaikuttaa sen räjähtävyyteen. Mitä hienompaa pöly on, sitä suurempi räjähtävä vaikutus. (ATEX Räjähdyksivaarallisten tilojen turvallisuus, 2015; Räjähdyksivaarallisten tilojen tunnistaminen ja sähkölaitteistojen tarkastukset polttoaineen jakeluasemilla, 2018.)

Räjähdyksivaarallisissa tiloissa olevista aineista on oltava saatavilla ainetietokortti, jossa esiintyy aineen varoitusmerkki, leimahduspiste, itsesyttymislämpötila, sekä alempi- ja ylempi syttymisraja-arvo. Mikäli tilassa on kaasua, on silloin myös tiedettävä aineen syttymis- ja räjähdysryhmä. Ainetietokortin avulla käyttäjät tietävät, mitä ainetta tilassa käytetään ja täyttääkö se sille asetetut vaatimukset. (Räjähdyksivaarallisten tilojen tunnistaminen ja sähkölaitteistojen tarkastukset polttoaineen jakeluasemilla, 2018.)

3.3 Syttymislähteet

Syttymislähteinä tarkoitetaan asiaa, joka edesauttaa palavien aineiden syttymistä. Syttymislähteet on huomioitava ATEX-tiloissa. Syttymislähteitä voi olla esimerkiksi staattinen sähkö, laitteista muodostunut lämpö tai kipinöinti, ultraääni, ionisoiva säteily, erilaiset kemialliset reaktiot ja paine. Lisäksi tupakointi on huomaamaton syttymislähde. Riittävän maadoittamisen avulla saadaan staattisen sähkömuodostumista vähennettyä. Laitteiden määräaikainen huoltaminen ja lämpökuvauksien avulla saadaan selvitettyä laitteiden kunto, joka pienentää niiden syttymisriskiä. Aluekohtaisia tupakointikieltomerkkejä lisäämällä parannetaan turvallisuutta ja pienennetään riskiä siitä, ettei tupakoinnin takia syttyisi tulipaloja. (ATEX Räjähdyksivaarallisten tilojen turvallisuus, 2015; Räjähdyksivaarallisten tilojen tunnistaminen ja sähkölaitteistojen tarkastukset polttoaineen jakeluasemilla, 2018.)

Syttymislähteiden tunnistaminen on tärkeä asia ja huolellisuuden avulla varmistetaan turvallinen toiminta. Lisäksi alueiden siisteys on tärkeää, esimerkiksi siivoamattomilla alueilla voi olla suuri määrä pölyä tai muita syttymislähteitä. Tilojen riittävällä ilmanvaihdoilla saadaan pienennettyä

kaasujen kertymistä. Lisäksi kohteessa toimivien henkilöiden riittävä perehdytys auttaa havaitsemaan syttymislähteitä ja sitä kautta ehkäistä mahdollisia tulipaloja. (ATEX Räjähdyksivaarallisten tilojen turvallisuus, 2015.)

4 Laitteet

ATEX-kohteissa laitteistoille on annettu erilaisia vaatimuksia, joiden tulee täytyä. Tietynlaiset laitteet sopivat tietynlaisiin tiloihin ja näiden vaatimukset on ilmoitettu säännöksissä ja standardeissa. Jokaisessa laitteessa, joka on sijoitettu ATEX-tilaan, täytyy löytyä ATEX-leima. Kyseisessä leimassa tulee olla kerrottuna seuraavat asiat: CE-merkintä ja ilmoitetun laitoksen tunnusnumero, räjähdys-suojaustunnus, laiteryhmä, laiteluokka, palava-aine (G = kaasu tai D = pöly), Ex-rakenne, räjähdysryhmä ja lämpötilaluokka. Kuviossa 3 on esitetty eri laiteryhmät, näiden sijoituspaikat ja alaryhmät. Kuviossa 4 on avattu alaryhmien merkinnät ja näiden merkitykset. (Räjähdyksivaarallisten tilojen laitteet – ATEX, n.d.)

Laiteryhmä	Tyyppi/sijainti	Alaryhmät
Ryhmä 1	Kaasut / kaivokset	Ei ole
Ryhmä 2	Kaasut / yleinen (ei kaivokset)	II, IIA, IIB, IIC
Ryhmä 3	Pölyräjähdysvaaralliset tilat	III, IIIA, IIIB, IIC

Kuvio 3. Laiteryhmät alaryhmineen ja laitteiden käyttökohteet.

Alaryhmä	Selitys
I	Metaaninkaltaiset kaasut
IIA	Propaninkaltaiset kaasut
IIB	Etyleeninkaltaiset kaasut
IIC	Vaaralliset kaasut kuten vety
IIIA	Palavat hahtuvat
IIIB	Eristävät pölyt
IIIC	Johtavat pölyt

Kuvio 4. Alaryhmien avaaminen.

Jokaisen laitevalmistajan tulee määritellä laitteet käyttöolosuhteiden mukaan. On olemassa kolme eri laiteryhmää. Ryhmän 1 laitteet on tarkoitettu kaivoksiin ja niiden maanpäällisiin osiin, joissa räjähdysvaarana on kaivoskaasut tai kaivospölyt. Ryhmä 2 on suunniteltu muihin kaasua sisältäviin ATEX-tiloihin. Näistä kahdesta pääsääntöisesti käytetään ryhmää 2. Lisäksi nämä ryhmät ovat luokiteltu erikseen suojaustasoihin erittäin korkea, korkea ja tavanomainen. Ryhmän 1 suojaustasot ilmoitetaan joko M1 = erittäin korkea, tai M2 = korkea. Ryhmän 2 suojaustasot on ilmoitettu 1 = erittäin korkea, 2 = korkea ja 3 = tavanomainen. Näiden luokkien suojaustehot eroavat keskenään ja lisäksi käyttöolosuhteetkin ovat erilaiset. Mitä korkeampi suojaustaso, sitä vaativimmissa tiloissa laitteita voidaan käyttää. Ryhmän 2 erittäin korkean luokittelun laitteita voidaan käyttää tilaluokitukseltaan 0, 1, 2 tiloissa ja 20, 21 ja 22 tiloissa. Ryhmän 2 tavanomaisen suojaustason saaneita laitteita voidaan käyttää ainoastaan tilaluokassa 2 ja 22. Heikomman suojausluokan laitteita ei saa viedä vaativimpiin tiloihin. Tästä syystä laitevalmistajien täytyy määritellä laitteiden suojausluokka. Lähtökohtaisesti ATEX-tilaan asennetaan vain sinne välttämättömät laitteet ja muut laitteet pyritään sijoittaa tilojen ulkopuolelle. Ryhmän 3 laitteet on suunniteltu pölyräjähdysvaarallisiin tiloihin, jotka ei sovellu kaivoksiin. (Räjähdysvaarallisten tilojen laitteet – ATEX, n.d.)

Lisäksi ryhmille 2 ja 3 on määritelty omat alaluokat, joiden avulla pystytään suunnittelemaan laitteiden sijoituspaikkaa tarkemmin. Ryhmän 2 laitteille on seuraavat alaluokat: IIA = tyypillinen kaasu on propaani, IIB = tyypillinen kaasu on eteeni ja IIC = tyypillinen kaasu on vety ja asetyleeni. Alaluokkien tarkoituksena on, että mitä myöhäisempi kirjain aakkosista on ryhmän perässä, sitä kattavampi luokitus on kyseessä. Ryhmän IIC sisältää siis alaluokat IIA ja IIB. IIB alaluokka täyttää IIA, muttei alaluokkaa IIC. (SFS-EN IEC 60079-0:2019, 36.)

Ryhmän 3 pölyräjähdysalaluokat on jaettu kolmeen alaluokkaan. IIIA = palavat hahtuvat, IIIB = eristävät pölyt, IIIC = johtavat pölyt. Alaluokkaryhmittelyn tarkoituksena on, että mitä myöhäisempi kirjain aakkosista on ryhmän perässä, sitä kattavampi luokitus on kyseessä. Ryhmän IIIC sisältää alaluokat IIIA ja IIIB myös. IIIB alaluokka täyttää IIIA, muttei alaluokkaa IIIC. (SFS-EN IEC 60079-0:2019, 36.)

4.1 Lämpötilaluokat

Kun suunnitellaan eri ryhmän laitteita räjähdysvaarallisiin tiloihin, on erittäin tärkeää huomioida laitteen maksimaallinen pintalämpötilataso. Lämpötilatason vaikutus korostuu siinä vaiheessa, kun

tiedetään minkälaisia aineita tilassa käytetään ja mikä niiden syttymispiste on. Laiteluokituksen puolesta tulee myös erityisvaatimuksia tähän valintaan. (SFS-EN IEC 60079-0:2019.)

Ryhmän 1 laitteille on asetettu kaksi eri lämpötila-arvoa, joita ei saa ylittää: Pintalämpötila 150°C kaivoksissa, jossa voi esiintyä kivihiltä ja toinen lämpötila arvo on: 450°C kaivoksissa, jossa ei esiinny kerrostuvaa hiilipölyä. (SFS-EN IEC 60079-0:2019.)

Ryhmän 2 lämpötilaluokituksia on kuusi (T1 - T6). Näissä luokissa on määritelty eri kaasujen tai höyryjen syttymislämpötilat ja mitä laitteita voidaan sijoittaa tilaan. T1 on suurin lämpötilaluokka ja sen tiloissa voidaan käyttää kaikkia T1 - T6 lämpötilaluokan laitteita. T6 on matalin lämpötilaluokituksilta, tällä on vain aineen syttymislämpötila >85°C ja sen tiloissa voidaan käyttää ainoastaan T6 lämpötilaluokan laitteita. Näitä maksimaallisia lämpötilaluokitus arvoja ei saa ylittää, tällöin voi tapahtua onnettomuus. T1 = >450°C, sähkölaitteet T1 - T6 voidaan sijoittaa tilaan, T2 = >300°C sähkölaitteet T2-T6 voidaan sijoittaa tilaan, T3 = >200°C sähkölaitteet T3-T6 voidaan sijoittaa tilaan, T4 = >135°C sähkölaitteet T4-T6 voidaan sijoittaa tilaan, T5 = >100°C sähkölaitteet T5-T6 voidaan sijoittaa tilaan, T6 = >85°C sähkölaitteet T6 voidaan sijoittaa tilaan. Kuviossa on 5 on esitetty lämpötilaluokat, näiden syttymislämpötila raja-arvot ja lämpötila raja-arvojen soveltuvuus keskenään. (SFS-EN IEC 60079-0:2019.)

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

Kuvio 5. Tilan lämpötilaluokat, syttymislämpötila ja laitteiden lämpötilaluokat (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016.)

4.2 Laitteiden räjähdysuojaustaso

Jokaisessa laitteesta, joka sijoitetaan ATEX-tilaan, täytyy löytyä EPL-luokitus eli laitteen suojausluokka. EPL-luokitus määrittelee laitteen syttymisen todennäköisyyden ja laitteen materiaalin

koostumusrajat. EPL-luokituksen merkitys korostuu, kun aletaan tutkimaan tilaluokituksia ja niihin asennettavia laitteita. EPL-luokituksissa ilmoitetaan, kuinka paljon eri ryhmässä saa olla alumiinia, magnesiumia, titaania tai zirkoniumia. Näiden yhteinen tekijä on lämmönjohtavuus. Mikäli laitteen EPL-arvo ylittää raja-arvot, tulee näihin merkitä X ja kirjoittaa erillinen viitearvo. Tämän avulla suunnittelija voi arvioida laitteen soveltumisen suunniteltuun paikkaan. (SFS-EN IEC 60079-0:2019.)

Ryhmälle 1 on oikeastaan yksi EPL-luokitus olemassa, koska tämän ryhmän laitteita käytettiin kaivoksissa. Ryhmän 1 EPL-luokka kertoo, että laitteen massaosuudesta korkeintaan 15 % sisältää alumiinia magnesiumia, titaania, sekä zirkoniumia. Tärkeää on kuitenkin huomioida, ettei magnesiumin, titaanin ja zirkoniumin yhteisarvo ylitä 7,5 % kokonaisuudesta. (SFS-EN IEC 60079-0:2019.)

Ryhmälle 2 on annettu kolme eri EPL-alaluokitusta: Ga, Gb ja Gc. Ga - luokan laitteet sisältävät korkeintaan 10 % alumiinia, magnesiumia, titaania, sekä zirkoniumia laitteen massasta. Tässäkin on huomioitava, ettei magnesiumin, titaanin ja zirkoniumin yhteisarvo ylitä 7,5 % kokonaismassasta. Gb-luokka laitteet sisältävät korkeintaan 7,5 % magnesiumia, titaania, sekä zirkoniumia laitteen massasta. Gc-luokan laitteille ei ole annettu erillisiä raja-arvoja, pois lukien puhaltimiin liittyvät osat kuten siipipyörät, tuuletussuojat, sekä ritilät, joiden täytyy täyttää Gb- luokitus. Tilaluokkaan 0 soveltuu ainoastaan Ga-luokan laitteet, tilaluokkaan 1 soveltuu Ga- ja Gb -laitteet ja tilaluokkaan 2 soveltuu laitteet Ga, Gb ja Gc. (SFS-EN IEC 60079-0:2019.)

Ryhmälle 3 on annettu kolme eri EPL alaluokitusta: Da, Db ja Dc. Da-luokan laitteet sisältävät korkeintaan 7,5 % magnesiumia, titaania, sekä zirkoniumia laitteen kokonaismassasta. Db-luokka saa sisältää korkeintaan 7,5 % magnesiumia, titaania, sekä zirkoniumia laitteen kokonaismassasta. Dc-luokan laitteille ei ole annettu erillisiä raja-arvoja, pois lukien puhaltimiin liittyvät osat kuten siipipyörät, tuuletussuojat, sekä ritilät, joiden täytyy täyttää Db-luokitus. Tilaluokkaan 20 soveltuu ainoastaan Da-luokan laitteet, tilaluokkaan 21 soveltuu Da- ja Db -laitteet ja tilaluokkaan 22 soveltuu

laitteet Da, Db ja Dc. Kuviossa 6 on esitetty eri laitteiden räjähdysuojatasot eri tilaluokissa. (SFS-EN IEC 60079-0:2019.)

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

Kuvio 6. Tilaluokan ja laitteen räjähdysuojaustaso (EPL) yhteen sopivuus. (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016.)

4.3 Laitteiden räjähdysuojarakenteet

Yleisimpiä laitteen suojausrakenteita on olemassa yhteensä kymmenen erilaista, jotka määritellään erilaisilla menetelmillä. Sähkölaitteiden suojaukseen käytetään kahta erilaista menetelmää ja niiden avulla estetään kipinöintiä ja lämpöä. Ensimmäisessä menetelmässä pyritään estämään kipinöinnin tai vaarallisen lämmön syntyminen varmennetun rakenteen (Exe) ja luonnostaan vaarattoman rakenteen (Exi) avulla. Toinen menetelmä on, että eristetään sähkölaitteet siten, ettei sähkölaitteista muodostuisi kipinöintiä tai suurta lämpötilaa, joka pystyisi sytyttämään laitteen ulkopuolisen räjähtävän seoksen. Seuraavat suojausrakenteet perustuvat tähän menetelmään: räjähdyspaineen kestävät laitteet (Exd), hiekkatäytteiset (Exq) ja öljytäytteiset (Exo), suojatuuletteiset

(Exp) ja massaan valettu (Exm). Viimeinen suojausrakenne eli erikoisrakenne (Exs) voidaan toteuttaa jommallakummalla menetelmällä. Kuviossa 7 on esitetty yleisimmät laitesuojausrakenteet ja selitykset. (Tiainen 2022, 422.)

Tunnus	Selitys
Exd	Räjähdyspaineen kestävä
Exe	Varmennettu
Exi	Luonnostaan vaaraton
Exo	Öljytäytteinen
Exp	Suojatuuletteinen
Exq	Hiekkatäytteinen
Exm	Massaan valettu
Exn	"Yhdistelmä"
Exs	Erikoisrakenne
t/tD	Suojaus koteloinnilla

Kuvio 7. Yleisimpien suojausrakenteiden tunnus ja tunnuksen avaaminen.

Räjähdyspaineen kestävä rakenne (Exd)

Exd eli räjähdyspaineen kestävä rakenne on yleisin suojausrakenne sähkölaitteille. Tähän ryhmään kuuluvat esimerkiksi kytkimet, valaisimet, lämmityslaitteet ja moottorit. Poikkeustilanteessa voidaan käyttää muutakin suojausmenetelmää. Exd:n ominaisuuksiin kuuluu, että laitteen sisällä voi tapahtua normaalia kipinöintiä ja korkeita lämpötiloja, koska laitteen tiiveys ei ole paras mahdollinen. Tällaisen laitteen sisälle on mahdollista päästä kaasuja, joiden syttyessä laite ei saa päästää räjähdystä laitteen ulkopuolelle. Näin ollen Exd merkinnän omaavalta laitteelta vaaditaan, että se kestää useita tällaisia sisäisiä räjähdyksiä ilman, että se menettää suojausominaisuuksiaan. (Tiainen 2022, 423.)

Exd-laitteiden suojausmenetelmä perustuu siihen, että laitteen sisälle rakennetaan pitkiä ja ahtaita saumoja, joiden kautta räjähtävä paine purkautuu hallitusti. Saumojen tarkoituksena on aiheuttaa palavan kaasun sammuminen tai jäähdyttää sitä niin paljon, ettei laitteen ulkopuoliset aineet syttyisi. Tämän vuoksi saumat ja näiden muotoilut ovat suunniteltu mitoituksiltaan tarkasti. Tämän

vuoksi saumojen välit on jaoteltu omiin luokkiinsa A, B tai C. A-ryhmässä saumojen välirako on suurin ja C-luokassa ne ovat pienimmät. (Tiainen 2022, 423.)

Exd-laitteiden valmistukselle on annettu lisävaatimus, että jokaisesta tämän suojausrakeenteen laitteesta on löydyttävä lämpötilaluokitus. Tämän avulla on mahdollistaa tietää sähkölaitteen soveltuvuus määriteltyyn tilaan. Samoin pystytään näkemään, minkä lämpötilaluokan laite on kyseessä. (Tiainen 2022, 423.)

Varmennettu rakenne (Exe)

Exe eli varmennettu rakenne. Tämä laiterakenne esiintyy esimerkiksi oikosulkumoottoreissa, valaisimissa, erilaisissa jakorasioissa ja kytkentäkoteloidissa. Exe-suojaustoiminta perustuu estämiseen. Tämä on toteutettu muotoilulla ja sillä, että laitteen rakenne pyrkii estämään erinäiset vuotovirrat, ylilyönnit ja löysät liitokset. Näiden toimien avulla on saavutettu, ettei laitteen sisällä syntyisi minikäänlaista kipinöintiä tai valokaarta, eikä kuumia pintoja. Muussa tapauksessa laitteen sisälle päässeet aineet voisivat syttyä ja mahdollisesti purkautua ulkopuolelle sytyttäen ulkopuoliset aineet. Laite ei ole kuitenkaan täysin tiivis eli laitteen sisälle on mahdollista päästä ainetta, mutta se eroaa Exd-laitteista erilaisen suojausmenetelmän vuoksi. Näihinkin laitteisiin täytyy merkitä lämpötilaluokka. (Tiainen 2022, 424.)

Luonnostaan vaaraton rakenne (Exi)

Exi eli luonnostaan vaarattomalla rakenteella tarkoitetaan laitetta, jonka virtapiiriä rajoitetaan vaarattomalle tasolle, jolloin tällä ei ole mahdollista sytyttää ulkoista ainetta. Laitteen täytyä toimia jatkuvasti rajoitetussa tilassa, myös vikatilanteessa. Kaikki virtapiirin osat täytyy olla rajoitettuna siten, ettei missään vaiheessa virta pääse nousemaan yli vaaditun arvon, esimerkiksi laitteen komponenteissa ja kaapeleissa. Vaatimuksena vaarattomille laitteille on, ettei teho nouse yli 2 W ja jännitetaso ei saa nousta yli 30 Voltin. Mitoituksessa täytyy huomioida muiden kaapeleiden tuottamat magneettiset vuodot ja indusoimiset siten, ettei näiden kanssa vaaditut arvot ylity. Tällöin voidaan puhua vaarattomasta laitteesta. (Tiainen 2022, 425.)

Luonnostaan vaarattoman rakenteen omaavat laitteet jaotellaan eri ryhmiin A-, B- ja C-luokkaan. Tällä merkinnällä kerrotaan, kuinka pieneksi sallitun kipinän energia on rajoitettu. A-luokan laitteella kipinäenergia on suurin ja taas C-luokalla tämä on pienin. Vaikka puhutaan luonnostaan vaarattomasta rakenteesta, niin tälle laitteelle on määriteltävä oma lämpötilaluokka ja se on ilmoitettava laitteen tiedoissa. Liitännälaitte voi olla sellainen, jossa ei ole ilmoitettu tätä arvoa, mutta muuten laitteesta täytyy se löytyä. (Tiainen 2022, 425.)

Luonnostaan vaarattoman rakenteen omaavalle laitteelle on annettu omat alaluokat. Nämä on määritelty vikatilanteiden mukaan ja ovat seuraavanlaiset: Exia, Exib ja Exic. Exia merkinnän omaava laite ei aiheuta vaaraa kahden vian esiintyessä. Exib merkinnän omaava laite testataan yhdelle vialle ja Exic on toteutettu siten, ettei se aiheuta vaaraa normaalikäytössä. (Tiainen 2022, 425.)

Öljytäytteinen rakenne (Exo)

Exo eli öljytäytteinen rakenne on nimensä mukainen eli laitteen sisäiset komponentit on upotettu öljyyn, joka on määritelty laitestandardissa. Huomioitavaa on, että laitteen sisäinen suojaus voi olla Exo, mutta kytkentäkoteloidilla ja liitännäkohdilla voi olla muu luokitus, kuten Exe. Tähän kategoriaan kuuluu esimerkiksi tietyt muuntajat ja kytkentälaitteissa voi esiintyä tätä rakennetta. Tämä suojausmenetelmä on vähenevään päin, johtuen öljyn ominaisuuksista ja nykyisin on kehitetty kuivamuuntajia. (Tiainen 2022, 425.)

Suojausmenetelmän mukaisille laitteille on annettu lisävaatimuksia, kuten ettei öljyn lämpötila saa milloinkaan nousta yli 105°C - 115°C riippuen öljyn laadusta. Muuten laitteelle ei ole määritelty omaa lämpötilaluokitusta, mutta laitteille ilmoitetaan lämpötilaluokka, joka tulee laitteen muiden suojausrakenteiden perusteella. (Tiainen 2022, 425.)

Suojatuuletteen rakenne (Exp)

Exp eli suojatuuletteen rakenne. Tämän rakenteen avulla laitteessa suojaus tapahtuu siten, että räjähdyskelpoinen aine ei pääse järjestelmän sisään. Suojaus tapahtuu pitämällä laitteessa jatku-

vaa ylipainetta suojavaan tai ilman avulla. Laitteen sisällä normaalissa käytössä osat voivat kipi-
noidä tai kuumentua sen verran, etteivät ne sytytä ulkopuolisia seoksia. Ennen sähkökytkentöjä
täytyy järjestelmä puhdistaa jäämistä ja seoksista. Tämän jälkeen järjestelmä voidaan suojata yli-
paineistetulla ilmalla ja puhdistaa järjestelmä. Tätä toimintaa kutsutaan dynaamiseksi suojavaule-
tukseksi, kun taas ulosvuotavan ilman korvausta kutsutaan staattinen suojavaulettukseksi. Laitteen
toiminnassa on huomioitava, että järjestelmässä täytyy olla jatkuva ylipaine tai kaasun virtausval-
voja. (Tiainen 2022, 426.)

Suojaletteille laitteelle lämpötilaluokitus muodostuu laitteen normaalikäyttöaikaisesta ulko-
lämpötilasta tai laitteen sisällä olevien komponenttien maksimi lämpenemisestä, vaikka ylipaineis-
tus katoaisi järjestelmästä. Suojaletteista rakennetta esiintyy esimerkiksi moottoreissa, ohjau-
skaapeleissa, näyttölaiteissa ja laitteissa, jossa esiintyy päästöjä. Huomioitavaa on kuitenkin
näyttölaiteissa ja muissakin laitteissa, joissa päästöjä muodostuu, laitteen sisällä päästöt ei-
vät ylitä 25 prosenttia aineen alemmasta räjähdysrajasta. Tämän suojausrakenteen ominaisuuksia
noudattamalla voidaan myös toteuttaa huoneita ja rakennuksia. Esimerkiksi valvomotiloja tai eri-
laisia rakennuksia, jotka vaativat suojausmenetelmiä. (Tiainen 2022, 426.)

Hiekkatäyteinen rakenne (Exq)

Hiekkatäytteiset ja öljytäytteiset suojausrakenteet ovat samanlaisia, mutta täyteaine vaihtuu öljy-
stä hiekkaan. Hiekan laatu on määritelty standardissa. Tällöistä suojausrakennetta esiintyy
tulppa- ja kahvasulakkeissa. (Tiainen 2022, 427.)

Massavalurakenne (Exm)

Massavalurakennetta toteutetaan silloin, kun laitteen osat voivat sytyttää räjähtävän aineen ki-
pinöimällä tai lämmön avulla. Massavalun laatu, paksuus ja muut vaatimukset kerrotaan standar-
dissa tarkemmin. Massavalusuojarakenteelle on annettava lämpötilaluokitus, joka on normaalin-
käytön aikainen pintalämpötila tai vikatapauksessa esiintyvä lämpötila. Tätä suojausmenetelmää
käytetään esimerkiksi elektroniikkakomponenttien suojauksessa. (Tiainen 2022, 427.)

Suojausrakenne "n" (Exn)

Räjähdyssuojaurakenne "n" on sähkölaite, joka ei kykene sytyttämään ympäröivää räjähdyskel-poista ilmaseosta normaalissa käytössä ja poikkeavissa olosuhteissa. Tällaisia suojausrakenteita esiintyy esimerkiksi valaisimissa, joissa viallinen polttimo ei aiheuta vaaraa. Valaisimien tarkistus täytyy suorittaa kunnossapitotarkistuksen yhteydessä. (Tiainen 2022, 427.)

Erikoisrakenne (Exs)

Erikoisrakennetta käytetään silloin, kun laitteen kokonaisuus tai osa siitä poikkeaa standardivaati-musten mukaisista laitteista. Erikoisrakenne voi olla täysin poikkeava standardilaitteista, mutta sen täytyy olla täysin turvallinen ja sillä täytyy olla tunnetun koestuslaitoksen todistus toimivuudesta. Erikoisrakenne laitteille on kaksi merkintää olemassa Exs ja Exds. Exs-leima merkitään silloin, kun laite poikkeaa kokonaan muista. Exds-leima merkitään silloin, kun laite poikkeaa osittain standardi-vaatimuksista. Koestuslaitos merkitsee laitteeseen sen pintalämpötila luokituksen. (Tiainen 2022, 427.)

Pölyräjähdysvaarallisen tilan tiiviskotelo ("tD")

Pölyräjähdysvaarallisen tilan kotelot voidaan ilmoittaa "tD". Kotelon ominaisuuksiin kuuluu, että se on täysin pölytiivis. Kotelot täytyy pitää erillään syttymislähteistä ja koteloiden pintalämpötila on rajoitettu tilan asettamien vaatimusten mukaan. (Tiainen 2022, 427.)

4.4 Luonnostaan vaaraton laite

Aikaisemmin on käsitelty erilaiset suojausrakenteet ja hieman vaaratonta suojausrakennetta. Luonnostaan vaarattoman laitteen suojatavan tarkoituksena on, ettei häiriötilanteissakaan laite ylitäisi raja-arvoja, esimerkiksi virtapiirin katketessa, oikosulun aikana, maasulkujen aikana, mag-neettikenttien voimilta tai erilaisissa häiriöissä. Tätä suojausrakennetta voidaan käyttää ryhmän II ja III Exi-laitteiden piireissä, mikäli muuta toteutusta ei ole. Lähtökohtaisesti ATEX-tilaan sijoitetaan vain tarvittavat laitteet ja pyritään sijoittamaan komponentteja tilan ulkopuolelle. Tällöin saadaan laitteet erotettua muista piireistä. Tätä menetelmää käytetään kaikissa Exi-piireissä eli Exia, Exib ja Exic, ellei toisin ole mainittu. Kun kyseessä on "nL" energiarajoitettu piiri, on sen myös täytettävä "ic" luokan vaatimukset. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

Mikäli edellä mainittuja häiriötiloja havaitaan, voidaan tehdä seuraavia toimenpiteitä: käytetään häiriösuojattua kaapelia, liittimiä ja koteloita. Näin saadaan ehkäistyä vahvavirran muodostamia häiriötekijöitä. Mikäli Exi-suojaus heikentyy pölyn tai veden vuoksi, on suositeltavaa lisätä liitäntälaitteille ja erotuslaitteille erilliset kotelot, jo avulla saavutetaan riittävä tiiveysluokka. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

4.5 Laitteiden merkintätunnusten tulkitseminen

Työympäristöissä jokaisesta laitteesta täytyy löytyä laiteluokituskilpi, josta selviää, soveltuuko kyseinen tuote juuri siihen tilaan. Jokaisella laitevalmistajalla on omanlainen merkitsemistyyli eli tunnuksissa voi olla eroavaisuuksia. Lisäksi ajan myötä direktiivit ja säännökset ovat muuttuneet, joka aiheuttaa hankaluuksia vanhojen komponenttien kanssa. Aikaisemmin tuote on voinut soveltua tilaan, mutta tämän päivän säännösten perusteella se ei välttämättä sovellu enää samaan tehtävään. Lisäksi monesti kulumista saattaa esiintyä. Alla esitetyissä kuviossa 8 ja 9 on kuvattu olemassa olevia komponentteja, jotka ovat toiminnassa tällä hetkellä. Lisäksi kuviossa 10 on esitetty esimerkkinä kilpi, jossa on kaikki tarvittavat tiedot. Kyseisessä kilvessä kaikki asiat on esitetty loogisessa järjestyksessä ja kerrottu selkeästi, mitä mikäkin tarkoittaa.

Kuviossa 8 on 1-kytkin, jonka tehtävänä on ohjata tilan valaistusta. Tuotteen laitekilpi on vanhalla tyyllillä merkitty. Ensimmäisenä on esitetty laitteen malli GHG 273 2000 R0020. Tämän avulla saadaan selvyys laitteen mallista, joskus suunnittelijat voivat vaatia tiettyä laitemallia. Seuraavaksi on esitetty nimellisjännite 250V ja nimellisvirta 16A. Tuote on normaali verkkojännitteellä toimiva laite, tarkoittaen ettei kyseessä ole heikkovirta -järjestelmälle tarkoitettu laite. Vasemmalla kilvessä nähdään CE-merkintä. Tämä tarkoittaa, että laite täyttää EU:n direktiivit ja asetusten vaatimukset. CE-merkinnän vieressä on Ex-merkintä, eli räjähdysuojaustunnus. Tästä merkinnästä näkee, että kyseessä on räjähdysvaarallisiin tiloihin tarkoitettu laite. Alleviivatun osion tarkoituksena on kertoa laitteen tyypistä tarkemmin, eli miten tämä on suojattu, soveltuuko laite kaasulle vai pölylle, laiteryhmä ja lämpötilaluokka. Ex on räjähdysuojaustunnus, de kertoo, että kyseessä on räjähdysuojausrakenteelta Ex" d", eli räjähdyspaineen kestävä ja Ex" e", eli varmennettu, mutta valmistaja on lyhentänyt tämän de. Seuraavaksi kilvessä on esitetty räjähdysryhmä. Kilven kulumisen vuoksi kuvassa näkyy heikosti IIC, joka kertoo, että kyseessä on laiteryhmä 2 alaryhmästä IIC, eli se kestää vaarallisia kaasuja kuten vetyä. Laitekilvestä selviää, onko kyseinen laite tarkoitettu kaasulle vai ainoastaan pölylle, uudemmissa laitekilvissä voi esiintyä G (Gas) eli kaasu ja D (Dust) eli pöly

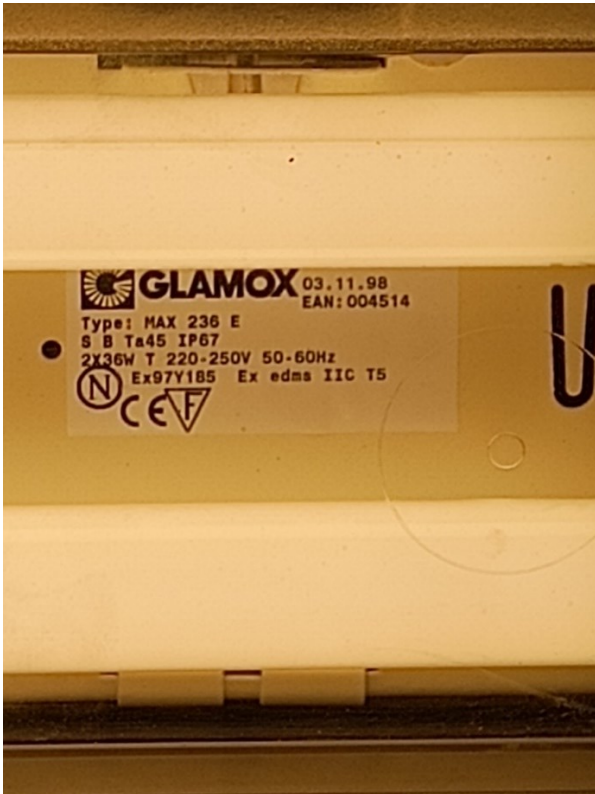
merkintä. Seuraavaksi kilvessä on esitetty merkintä T6. Tämä vuorostaan kertoo laitteen lämpötilaluokan. Lämpötilataulukosta katsottuna laitteen lämpötila ei nouse missään vaiheessa 85 celsiusasteen yläpuolelle. Seuraavaksi on merkitty PTB Nr. EX-91.C.1017. Tämä kertoo, että laitteella on tyyppitarkastustodistus.



Kuvio 8. Olemassa olevan ATEX-kytkimen laitekilpi.

Kuviossa 9 on valaisin, jota aikaisempi kytkin ohjaa. Samalla on mahdollista huomata, kuinka toinen valmistaja ilmoittaa laitekilvessä merkinnät. Kuvasta voi huomata, että kyseessä on vanha Glaxoxin valaisin vuodelta 1998. Valaisimen tyyppi on kerrottu: MAX 236 E. Valaisimesta kerrotaan, että sen toimintalämpötila on 45 celsiusastetta ja se on IP-luokitukseltaan IP67. Lisäksi kilpi kertoo, että valaisimen voi varustaa 2x36W loisteputkilla. Kilvessä on esitetty, että kyseessä on normaalille verkkojännitteelle tarkoitettu valaisin. Kuviossa 8 on esitetty Ex97Y185, joka kertoo tyyppitarkastustodistuksen ja tämän kaltaisia merkintöjä on useimmissa laitekilvissä. Ex kertoo, että kyseessä ATEX-valaisin, jonka jälkeen on merkitty edms. Jokainen näistä viittaa räjähdysuojusrakenteseen. Valaisimessa on käytetty seuraavia räjähdysuojusrakenteita: Ex"e" eli varmennettu, Ex"d" eli räjähdyspaineen kestävä, Ex"m" eli massaan valettu ja Ex"s" eli erikoisrakenne. Selvyden

vuoksi laiteissa ilmoitetaan käytetyt suojausrakenteet viimeisen kirjaimen mukaan. Seuraavaksi jonossa tulee merkintä IIC, joka kertoo räjähdysryhmän. Tässä tapauksessa kyseessä on laiteryhmä 2 alaryhmästä IIC, joka kestää vaarallisia kaasuja kuten vetyä. Viimeinen merkintä, joka jonosta löytyy, on T5. Tämä kertoo laitteen lämpötilaluokan. T5-lämpötilaluokitus tarkoittaa, ettei lämpötila saa olla yli 100 celsiusastetta. Lisäksi laitteesta löytyy CE merkintä, joka kertoo, että laite täyttää EU:n direktiivit ja asetusten vaatimukset.



Kuvio 9. Olemassa olevan ATEX-valaisimen laitekilpi.



Kuvio 10. Ideaalinen laitemerkintä (Tukes Räjähdyksvaarallisten tilojen sähköasennukset - ATEX, n.d.)

5 Sähkölaitteiston ja kalusteiden asentaminen

ATEX-kohteen koko elinkaaren tärkeimpiä asioita on sen turvallinen toiminta. Tästä syystä vain välttämättömät laitteet, kuten tilan pakolliset valaisimet, moottorit ja muut tärkeät laitteet on asennettu tilaan. Kaikki muut ylimääräiset laitteet suositellaan sijoittamaan räjähdysvaarattomaan tilaan. Tämänkaltaisia laitteita ovat esimerkiksi kytkimet, ohjauspaneelit ja poistopuhallinmoottorit. Mikäli tilaan tehdään muutostöitä, kuten puretaan, siirretään tai vaihdetaan laitteita uusiin, ylimääräiset komponentit ja kaapelit täytyy purkaa kokonaan vaaratekijöiden välttämiseksi. Toisena vaihtoehtona on päättää kaapelit asianmukaisesti kotelon sisällä oleviin liittimiin ja maadoittaa ne toisesta päästä. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

5.1 Kaapeloinnin vaatimukset

ATEX-kohteissa on asetettu kaapeleille tietynlaisia vaatimuksia. Kiinteille asennuksille, kiinteille asennuksille taipuisilla kaapeleilla, sekä kannettaville ja siirrettäville laitekaapeloinnille on asetettu omat vaatimuksensa. Näille kaikille on määritetty yksi yhteinen vaatimus ja jokaiselle alaryhmälle on omia lisävaatimuksia. Kaapeleita, joiden vedonkestävyys on pienempi kuin 8,5 MPa sisä- ja ulkovaipalla ei saa käyttää missään asennuksessa. Mikäli kohteessa käytetään alumiinikaapeleita, näiden poikkipinta-ala on oltava vähintään 16 mm². Tämä vaatimus ei koske Exi- ja energiarajoitettuja asennuksia. Alumiinisissa kaapeliasennuksissa on huomioitava, että asennuksissa käytetään alumiinille tarkoitettuja liittimiä, komponentteja ja ettei näiden poikkipinta-ala ja ilmaväli pienenny liikaa. Poikkipinta-alan ja ilmaväljen määrittely tulee kohteen jännitetasosta ja räjähdysvaararakenteiden perusteella. Alumiinikaapeleissa täytyy huomioida myös sähkökemiallisen korroosion estäminen. Lisäksi keskuksien, koteloiden ja putkiasennusjärjestelmien sisällä voidaan käyttää ainoastaan peruseristettyjä kaapeleita. (Räjähdyksvaaralliset tilat. Osa 14: sähköasennusten suunnittelu, laitevalinta ja asentaminen. 2016.)

Kiinteissä asennuskaapeleissa on huomioitava käyttökohteen ympäristö. Näille kaapeliasennuksille on määritetty kolme erilaista vaatimusta, joita tulee noudattaa. Mikäli kaapeli on materiaaliltaan

kestomuovivaippainen, kertamuovivaippainen tai elastomeerivaippainen, kaapelien on oltava pyöreitä, tiiviitä ja näiden suulake puristettu täytekerros ja siinä oleva täyteaine on oltava vettä imevätöntä materiaalia. Yksi vaihtoehtoinen kaapeliversio on mineraalieristetty metallivaippainen kaapeli. Lisäksi vaihtoehtona on erityisrakenteinen kaapeli, jotka voivat olla litteitä kaapeleita. Tällöin on kuitenkin kiinnitettävä huomiota yhteensopiviin kaapeliläpivienteihin. Litteiden kaapeleiden koostumuksen täytyy olla samankaltainen kuin kestomuovikaapeleilla, eli niiden on oltava tiiviitä, niissä on oltava suulakepuristettu täytekerros ja siinä olevan täyteaineen on oltava vettä imevätöntä materiaalia. Jokaisessa kaapelityypissä on kiinnitettävä erityistä huomiota muihinkin asioihin. Mikäli palotila muodostuu, niin silloin liekit eivät saa edetä kaapelijohtimien välissä tai niiden avulla. Jos kaapeleita pitkin pystyy kulkemaan erilaisia kaasuja, tai nesteitä, eri tiloihin kuten luokittelemattomiin tiloihin, täytyy kehittää varotoimia onnettomuuksien välttämiseksi. Mineraalikaapeleihin on lisäksi lisätty vaatimus, jonka mukaan mineraalieristeiset kaapelit on tiivistettävä aina. Edellä mainitut vaatimukset eivät kuitenkaan täytä prosessitiivistämiseen tarvittavien laitteiden valintoja. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

Kiinteälle asennukselle taipuisia kaapeleita käyttäen on annettu viisi erilaista vaihtoehtoa, joista on valittava sopivin kaapelityyppi. Tämä ei kuitenkaan koske Exi virtapiirejä. Ensimmäisenä vaihtoehtona on taipuisat kumivaippaiset kaapelit tavalliseen raskaaseen käyttöön. Toisena vaihtoehtona on tavalliset polykloropeenivaippaiset taipuisat kumikaapelit. Kolmantena vaihtoehtona on vahvat taipuisat kumivaippaiset kaapelit raskaaseen käyttöön. Neljäntenä vaihtoehtona on vahvat polykloropeenivaippaiset taipuisat kumikaapelit. Viidentenä vaihtoehtona on muovieristeiset kaapelit, jotka ovat rakenteeltaan yhtä vahvoja, kuin raskaaseen käyttöön tarkoitettavat taipuisat kaapelit. Edellä mainittuja kaapeleita voidaan käyttää sellaisissa tilanteissa, joissa moottori on asennettu liikuteltavalle alustalle, kuten kiskoille. Mikäli kaapeleiden ympärillä käytetään metallisia suojaputkia tai muita metallisia suoja, kaapelit ja metalliset suojat on maadoitettava. Metallinen putki itsessään ei ole riittävä maadoituskappale. Lisäksi, jos kohteessa käytetään taipuisaa suojaputkea kaapeleiden suojaukseen, suojaputkien on oltava pölysuojattuja ja lisäksi ne eivät saa heikentää laitteen omaa kotelotiiveyttä. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

Kannettavien ja siirrettävien laitteiden kaapelointiin on annettu tietynlaisia vaatimuksia. Kannettavien ja siirrettävien laitteiden kaapeleiden on oltava vahvaa polykloropeenia, synteettistä elastomeeriä tai vahvaa kumiseosta. Myös muunlainen kaapeli käy, kunhan se on rakenteellisesti yhtä

vahvaa. Lisäksi johtimien poikkipinta-alan on oltava vähintään 1,0 mm² ja muodoltaan hienosäikeistä. Jos laitteisto vaatii suojajohtimen käyttöä, niin silloin on käytettävä päällystettyä johdinta, joka kulkee kaapelivaipan sisällä. Huomioitavaa on sekin, että maadoituksen yhteydessä kaapelissa on oma armeeraus tai suojapunos. Nämä eivät kuitenkaan ole riittäviä suojajohtimia, vaan tällöin on oltava erillinen suojajohdin, tai erillinen maadoituskaapeli yhdistettynä. Kaapelit suositellaan varustettavaksi erillisellä suojausjärjestelmällä, kuten maadoitusvalvonnalla. Tällöin on huomioitava erilliset lisäjohtimet. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

Kannettavien ja siirrettävien laitteiden, joiden nimellisjännite ei ole yli 250 volttia, eikä nimellistavirta yli 6 ampeeria, syöttökaapelin vaippa voidaan tehdä kahdesta materiaalista: polykloropreenista tai vastaavasta synteettisestä elastomeeristä. Näiden lisäksi voidaan käyttää vaihtoehtoisia kaapelityyppejä, kuten tavalliseen raskaaseen käyttöön tarkoitettua kumikaapelia. Kolmantena vaihtoehtona voidaan käyttää rakenteellisesti yhtä lujaa kaapelia. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

Ilmajohdoissa tärkeimpiä huomioita ja säännöksiä on, ettei eristämättömiä ilmajohtoja asenneta räjähdysvaarallisten tilojen yläpuolelle. Lisäksi, mikäli kohteeseen tarvitaan ilmajohtokaapeli-järjestelmä, pitää se ensin tuoda luokittelemattomaan tilaan ja siitä siirtyä kaapelin avulla räjähdysvaaralliseen tilaan. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

Erilaisten kaapeleiden ominaisuuksiin ja näihin käytettäviin tarvikkeisiin tulee myös kiinnittää huomioita. Kun ATEX-tiloissa toimitaan, turvallisuus on erittäin tärkeää ja silloin tulee huomioida kohteen ympäristötekijät. Kaapelien ja tarvikkeiden valitsemisissa täytyy ottaa huomioon mekaaninen rasitus, korroosio, kemialliset rasitukset, lämpövaikutukset, sekä UV-säteilyn vaikutukset. Kaapelin joutuessa edellä mainittujen rasitusten kohteeksi, on ne syytä suojata esimerkiksi asennusputkilla, armeeratuilla kaapeleilla, tai käyttää eri vaippa materiaalilla varustettuja kaapeleita tai jäykempiä kaapeleita. Mikäli kaapelin joutuu asentamaan kylmiin tiloihin, kuten alle 5 pakkasasteen, silloin on syytä ryhtyä lisätoimiin eristyksen tai mekaanisen vaurioitumisen välttämiseksi. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

Kaapelin taivuttamisessa on tärkeää huomioida, että taivutus on kaapelivalmistajan ohjeiden mukainen tai vähintään 8-kertainen verrattuna kaapelin halkaisijaan kaapelin vaurioitumisen välttämiseksi. Kaapelin taivutus saa alkaa vasta 25 mm jälkeen läpiviennin reunasta. Asennettujen kaapeleiden pintalämpötila ei saa nousta yli asennuslämpötilaluokan. Mikäli kaapelin kuormitettavuus nousee liian suureksi, silloin täytyy alkaa miettimään suuremman poikkipinta-alan omaavaa kaapelia. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

Onnettomuuden sattuessa ja tulipalon syttyessä kaapeleiden täytyy olla ominaisuuksiltaan sellaiset, etteivät ne edesauta palon leviämistä. Kaapeleille, joita käytetään kiinteissä asennuksissa, on asetettu kolme erilaista vaatimusta palon leviämisen estämiseksi. Kaapeleilla tulee olla sellaiset palo-ominaisuudet, että ne täyttävät standardien IEC 60332-1-2 tai IEC 60332-3-22 mukaiset testi-vaatimukset. Toinen vaihtoehto on, että kaapelit on suojattu jollain muulla tavoin liekkien leviämiseltä. Tästä esimerkkinä kaapelit voidaan sijoittaa maan alle tai täyttää hiekalla kaivanto. Kolmantena vaihtoehtona on, että palotilat erotellaan läpivientien avulla omiin paloluokkiin. Esimerkiksi luokitellun ja luokittelemattoman alueen välille asennetaan läpivienti, joka katkaisee liekkien leviämisen palotilanteessa. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

5.2 Kaapelijohtoteiden vaatimukset

Vaikka kaapelijohtoteitä käytetään nimensä mukaisesti kaapeleiden kannatukseen, on näillekin annettu ATEX-kohteissa lisävaatimuksia. Erilaisina kaapelijohtoteinä voidaan käyttää esimerkiksi tikashyllyjä, levyhyllyjä, valaisinkiskoja tai pienahyllyjä. Jokaista kevytmetallijärjestelmää koskee laitteiden suojarakennevaatimukset, eli laiteryhmän 2 EPL luokista, joita käsiteltiin aikaisemmin kappaleessa 4.2. Lisäksi tähän liittyy laiteryhmän 3 EPL luokat, sillä nämä luokitukset liittyvät vaarallisen kipinöinnin suojaukseen. Jokainen kaapelijohtotie täytyy maadoittaa riittäväällä suojauskaapelilla. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

Staattisen sähkön varautumisen estäminen on tärkeä osa turvallisuutta. Tämän avulla pyritään estämään huomaamattomien sähkövaarojen syntymistä. Rakenne- ja suojausosat on suunniteltava siten, ettei normaalin toiminnan, huollon tai puhdistuksen aikana syntyisi staattisen sähkön purkautumista. Staattisen sähkön muodostumisen estämisestä on annettu erillisiä vaatimuksia. Ensiksi materiaalit on valittava niin, että pintaresistanssi on standardin IEC 60079-0 mukainen. Raja-

arvoina on $10^9\Omega$ mitattuna 45–55 %:n suhteellisessa kosteudessa, tai $10^{11}\Omega$ mitattuna 25–35 %:n suhteellisessa kosteudessa. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

Toisena vaatimuksena on, että ei-metallisten osien pinta-alaa rajoitetaan tiettyyn määrään alla olevan taulukon mukaisesti. Tähän liittyen huomioitavaa on, kuinka pinta-ala määritellään, koska erilaisille kohteille lasketaan pinta-ala eritavoin. Esimerkiksi paljaille levyille ja kaareville kohteille lasketaan pinta-alat eri tavalla. Jos ei-metallisen materiaalin pinta on maadoitetun rakenteen ympäröivänä, voidaan pinta-alojen arvot kertoa neljällä. Tässä on huomioitava, ettei kuvioiden 11 ja 12 mukaiset raja-arvot ylity. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

Rakenne- ja suojausosat (mm ²)			
Vaadittu räjähdyssuojaus-taso	Ryhmä IIA	Ryhmä IIB	Ryhmä IIC
EPL Ga	5 000	2 500	400
EPL Gb	10 000	10 000	2 000
EPL Gc	10 000	10 000	2 000

Kuvio 11. Pinta-alan rajoittaminen (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

Rakenne- tai suojausosa (mm)			
Vaadittu räjähdyssuojaustaso	Ryhmä IIA	Ryhmä IIB	Ryhmä IIC
EPL Ga	3	3	1
EPL Gb	30	30	20
EPL Gc	30	30	20

Kuvio 12. Maksimihalkaisija tai -leveys. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

Kolmantena vaatimuksena on, että rajoitetaan ei-metallista kerrosta, kuten esimerkiksi maalikerroksen paksuutta. Tämän tarkoituksena on, ettei liian paksua suojakerrosta saa olla esimerkiksi tikashyllyn ympärille tehtynä. Alla olevan taulukon mukaisesti missään ryhmässä ei saa olla enempää maalia kuin 2 mm ja ryhmän IIC kohdalla saa olla korkeintaan 0,2 mm, tai sitten läpilyöntijännitteen täytyy olla yhtä suuri tai suurempi kuin 4 kV mitattuna eristeen läpi. Kuviossa 13 on esitetty eri räjähdyssuojaustasojen suojauskerroksien paksuudet. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

Rakenne- tai suojausosa (mm)			
Vaadittu räjähdysuojaustaso	Ryhmä IIA	Ryhmä IIB	Ryhmä IIC
EPL Ga	2	2	0,2
EPL Gb	2	2	0,2
EPL Gc	2	2	0,2

Nämä paksuusrajoitukset eivät päde ei-metallisille kerroksille, joilla on pintaresistanssi pienempi kuin $10^9 \Omega$ tai $10^{11} \Omega$ olosuhteista riippuen. Ks. IEC 60079-0.

Yksi paksuusrajoituksen pääsyistä on, että maksimipaksuisen, ei-metallisen kerroksen tarkoituksena on sallia varauksen häviäminen eristeen läpi maapotentiaaliin. Tällä tavalla staattista varausta ei pysty muodostumaan sytyttävälle tasolle saakka.

Kuvio 13. Ei-metallisten kerrosten paksuuden rajoittaminen. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

Edellä mainittujen vaatimusten lisäksi on erittäin tärkeää merkitä, mikäli rakenne- ja suojausosia on käytetty asennuksien yhteydessä sähköstaattisten varautumisien pienentämiseen. Silloin laitteen yhteyteen on merkittävä seuraava teksti: VAROITUS – SÄHKÖSTAATTISEN VARAUTUMISEN VAARA. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

5.3 Kaapeloinnin läpiviennit

Läpiviennit ovat yksi tärkeimpiä osa-alueita ATEX-kohteissa. Näiden avulla saadaan rajattua tiloja pienempiin osioihin, joiden avulla voidaan tehdä kaapelointeja tiloihin. Kaapeliläpivienteihin on asetettu säännöksiä, kuinka asianmukaiset kaapeloinnit saa tehdä. Läpivienti on tärkeää suunnitella oikein jokaisen tilaan ja etukäteen kunnolliseksi. Läpiviennin avulla pystytään rajaamaan tai hidastamaan palon leviämistä, sekä estettyä kaasujen ja aineiden leviämisen tilasta toiseen. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

Läpivientejä toteuttaessa täytyy huomioida riittoisuus, kuinka paljon kaapeleita tulee, minkä kokoisia kaapeleita ja minkä tyyppisiä kaapeleita halutaan viedä läpiviennistä. Mikäli kaapelin halkaisija jää läpiviennistä liian pieneksi, kaapelin halkaisijaa ei saa mennä suurentamaan esimerkiksi teipin tai kutisteiden avulla, vaan silloin täytyy lisätä läpivientiainetta, tai vaihdettava kaapelin paikkaa. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

Kaapeliläpivientejä ja kaapeleita miettiessä täytyy myös huomioida kaapeleiden ”kylmämyödoistä” johtuvat vaikutukset. Tietyissä kaapeleissa on materiaaleja, joilla on selkeästi havaittuja ”kyl-

mämyötö” -ominaisuuksia. Tämän kaltaisia kaapeleita ovat esimerkiksi sellaiset, jotka ovat vähäsavuisia tai palonkestäviä. ”kylmämyödöt” tarkoittaa sitä, että kaapelin vaippa liikkuu puristusvoiman takia ja aiheuttaa läpiviennin sauman siirtymisen. Tällöin tiivisteiden aikaansaama puristusvoima on suurempi, kuin kaapelin muodossa pysymisen voima. Tästä syystä kaapelin eristysresistanssi saattaa pienentyä. Tämän vuoksi on tärkeää valita oikeanlainen läpivienti. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

6 ATEX-kohteen suojaus

ATEX-kohteissa maadoittaminen on tärkeässä roolissa, jotta välttyttäisiin sähköisiltä vaaroilta. ATEX-kohteissa käytetään yleensä suojamaadoitusta, potentiaalitasausjärjestelmiä ja tilapäisiä potentiaalitasauksia. Tarkoituksena on pyrkiä siihen, ettei missään vaiheessa muodostuisi kipinäntiä. Tästä syystä ATEX-tilojen suojausvaatimukset ovat tiukemmat ja erilaisten mittausten merkitykset korostuvat. Mikäli ATEX-kohteessa käytetään TN-järjestelmää, on silloin käytettävä TN-S järjestelmää. Tässä järjestelmässä suojajohdin ja nolla ovat erilliset. (Tiainen 2022, 421.)

6.1 Potentiaalitasaus

Räjähdyksvaarallisissa tiloissa toimiessa potentiaalitasaus on tärkeää huomioida ja sitä on hyödynnettävä kohteissa. TN-, TT- ja IT- järjestelmien osat ja komponentit, jotka ovat alttiille jännitteelle, täytyy yhdistää potentiaalitasausjärjestelmään. Potentiaalitasausjärjestelmään saa liittää komponentteja ainoastaan maadoitustarkoituksessa. Näin ollen tähän ei saa esimerkiksi liittää nolajohdinta missään vaiheessa. Potentiaalitasausjärjestelmään voi kuulua esimerkiksi rakennuksen metallirakenteet, kaapelihyllyt, putkistot, suojajohtimet, moottorirungot ja armeeraukset. Aina kun potentiaalitasausjärjestelmään liitetään komponentteja, on löystymisen ja korroosion mahdollisuudet täytyy minimoitava käyttämällä oikeita tarvikkeita. Liitokset on myös asetettava momenttiin. Tämä tulisi merkitä, jolloin tarkastaja näkee myöhemmin liitoksen löystymisen silmämääräisesti. Huomioitavaa on kuitenkin se, että mikäli laitteen jokainen osa pitää erikseen yhdistää potentiaalitasausjärjestelmään, on tällöin liittäminen laitteeseen tehtävä luotettavasti. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

Armeerauksen ja suojavaippon toteuttamisessa on omat huomionsa. Jos maadoitus on toteutettu vain räjähdystilan ulkopuolella, maadoitus ei ole riittävä, vaan ulkopuolinen maadoitus on

yhdistettävä vielä räjähdystilan potentiaalitasausjärjestelmään. Mikäli käytössä on TN-järjestelmä, maadoitus on toteutettava räjähdysvaarallisen tilan ulkopuolella, eikä se saa olla yhdistettynä millään tavoin räjähdysvaarallisen tilan potentiaalitasausjärjestelmään. Muuten kaapelin toisessa päässä, eli räjähdysvaarallisessa tilassa, saattaa syntyä pian vaarallista kipinöintiä ja aiheuttaa ylimääräistä vahinkoa. Tästä syystä TN-järjestelmän kaapeleita täytyy käsitellä kuin käyttämättömiä johtimia. Käyttämättömän johtimen käsittely tarkoittaa, että jokainen päättyvä kaapelin pää tai johdin on maadoitettava luotettavasti tai eristettävä soveltuvalla päätteellä. Esimerkiksi pelkkä teippaus ei ole luotettava päättämistapa, vaan oikea päättämistapa kaapelille on asettaa kaapelin pää esimerkiksi luokiteltuun jakorasiaan. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

Pääpotentiaalitasausjärjestelmissä johtimen poikkipinta-alan on oltava vähintään 6 mm^2 paksuinen ja materiaaliltaan kuparia. Tämä yhdistetään suojakiskoon, ja mikäli toteutetaan lisäkytkentöjä, niin silloin minimi poikkipinta-alan on oltava 4 mm^2 . Huomioitavaa on, että 4 mm^2 ja 6 mm^2 ovat minimi poikkipinta-aloja. Mikäli tarvitaan esimerkiksi mekaanisen kestävyuden vuoksi suurempaa poikkipinta-alaa, voidaan niin tehdä. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

On olemassa asioita, joita ei tarvitse, tai ei saa yhdistää potentiaalitasausjärjestelmään. Tällaisia ovat esimerkiksi Exi-laitteiden, tai energiaa rajoittavien laitteiden metalliset kotelot, joita ei tarvitse yhdistää. Ainoastaan, jos laitevalmistaja vaatii näiden yhdistämistä, tai staattisten sähköpurkauksien vuoksi joudutaan ne yhdistämään, voidaan ne liittää potentiaalitasausjärjestelmään. Jos kohteessa käytetään katodisuojausasennuksia, näitä ei saa yhdistää potentiaalitasausjärjestelmään, ellei tätä ole suoranaisesti suunniteltu siihen. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

6.2 Tilapäinen potentiaalitasaus

On olemassa myös tilapäisiä potentiaalitasauksia, joita käytetään esimerkiksi tynnyreissä, ajoneuvoissa, tai siirrettävissä laitteissa kuten valoissa ja työpöydissä. Tämän avulla saadaan vähennettyä staattisen sähköön muodostumista ja potentiaalierot tasattua laitteiden ja tilan väliltä. On kuitenkin suositeltavaa, että lopullisen potentiaalituksen liitännät tehtäisiin joissain muualla, kuin itse räjähdysvaarallisessa tilassa. Käytettävien liittimien on täytettävä tilan EPL-vaatimukset, tai sitten on käytettävä menetelmiä, jotka tiedettävästi pienentävät kipinöintivaaran hyväksyttävän rajan alapuolelle. Tilapäiselle potentiaalitasaukselle on annettu vaatimuksia. Metalliosien välinen resis-

tanssi ei saa nousta yli 1 M Ω ja tämä voidaan toteuttaa mittaamalla tai valvomalla resistanssia. Lisäksi johtimien mekaanisen lujuuden on vastattava vähintään 4 mm² kuparinjohdinta. Mikäli kyseessä on taipuisa kaapelointijärjestelmä, on suositeltavaa käyttää jatkuvaa valvontajärjestelmää, ettei resistanssi nouse liian suureksi. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

7 Tarkastukset ja dokumentit

Aina kun tehdään uuteen, tai vanhaan, tilaan laajennus, täytyy tehdä räjähdysasiakirja. ATEX-tiloja käsittelevässä direktiivissä määritellään, mitä tämän räjähdysasiakirjan tulee sisältää. Tilan vaatimukset voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään: asennuspaikka, laitteet ja asennus. (Tiainen 2022, 421.)

Asennuspaikan osalta täytyy esittää seuraavat asiat: tilaluokitusasiakirjat, vaihtoehtoisesti syttymisen seurauksen arviointitulokset, tarvittaessa kaasujen tai höyryjen luokittelu sähkölaitteiden räjähdysryhmien tai alaryhmien mukaisesti, kaasujen tai höyryjen lämpötilaluokat tai syttymislämpötilat, tarvittavat materiaaliomaisuudet, ulkoiset olosuhteet ja ympäristön lämpötilat. (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.). Laitteiden osalta täytyy esittää seuraavat asiat: valmistajan laitevalinta-, asennus- ja tarkastusohjeet, sähkölaitteisiin liittyvät erityistiedot, Exi-suojauksen järjestelmäkuvaus, asiaankuuluvat laskentatiedot ja valmistajan/valtuutetun asiantuntijan vakuutus. (Tiainen 2022, 421.) Asennuksen osalta puolestaan täytyy esittää seuraavat asiat: Laitteen oikeanlaisuus tietoineen, dokumentit laitteen soveltuvuudesta, piirustukset, tiedot eri räjähdysuojusrakenteiden vaatimukset täyttävien kaapeliläpivientien valintakriteereistä, virtapiirien tunnistamiseen liittyvät kaaviot tai piirustukset, käyttöönottopöytäkirjat ja asentajan tai valtuutetun vakuutus. Asennusten piirustuksista on käytävä ilmi johdotusjärjestelmän tyypit ja yksityiskohdat (SFS-EN 60079-14:2015 +AC:2016.)

Tiloille ja laitteille on olemassa kolme erilaista tarkastusmuotoa: silmämääräinen-, lähi- ja yksityiskohtainen tarkastus. Silmämääräistä tarkastusta käytetään silloin, kun tehdään pistokoetyyppinen tarkastus. Tarkastuksen aikana tilan laitteet voivat olla jännitteellisiä ja toiminnassa. Silmämääräinen tarkastus on muodoltaan sellainen, jossa tarkastus tehdään ilman työkaluja tai apuvälineitä. Silmämääräistä vaativampi tarkastus on lähitarkastus. Lähitarkastuksen aikana voidaan käyttää esimerkiksi tikkaita tai työkaluja laitteen luokse pääsemiseksi. Lähitarkastus ei kuitenkaan edellytä

koteloiden avaamista tai laitteen kytkemistä jännitteettömäksi. Lähitarkastuksen aikaväli liikutelta-ville laitteille on enintään 12 kuukautta ja kiinteille laitteille enintään 3 vuotta. Kaikkein vaativin tarkastus on yksityiskohtainen tarkastus. Yksityiskohtaisen tarkastuksen tehtävänä on toteuttaa kaikki sellaiset tarkastukset, joita ei voida suorittaa lähitarkastuksen yhteydessä. Yksityiskohtaiseen tarkastukseen voi sisältyä esimerkiksi löysien liitosten tarkistaminen, johtimien kunnon tarkastaminen ja pulttien kireyden tarkistaminen. Yksityiskohtainen tarkastus toteutetaan, kun havaitaan lähitarkastuksen yhteydessä puutteita, tai laitteisto on sellaisessa iässä tai kunnossa, että se vaatii tarkastuksen. (SFS-EN 60079-17:2014.)

8 Toteutus

Työn tarkoituksena oli kehittää Are Oy:n huoltoraportointia ATEX-tiloissa. Tutkimusmenetelmänä kehittämistutkimus sopii tehtyyn työhön parhaiten, sillä työssä pyrittiin parantamaan yrityksen jo olemassa olevaa huoltoraportointipohjaa, eli löytämään käytännönratkaisua olemassa olevaan ongelmaan. Kehittämistutkimus koostuu kehittämisprosessista, joka voidaan yleisesti jakaa kuuteen osa-alueeseen: kehittämiskohteen tunnistaminen, kehittämiskohteeseen perehtyminen, kehittämistyön määrittäminen ja rajaaminen, tietoperustan laatiminen, kehittämishankkeen toteuttaminen ja kehittämisprosessin tulosten arviointi. Kehittämistutkimuksessa on tärkeää myös valita oikeat tutkimusmenetelmät, jolla aihetta lähestyy. Nykyisen huoltoraportoinnin kehittämistä varten parhaaksi menetelmiksi valikoitui havainnointi ja haastattelut, jotka ovat laadullisia tutkimusmenetelmiä. (Kehittämistyön menetelmät tukena opinnäytetyössä 2018.)

Kehittämisprosessin näkökulmasta ensimmäinen vaihe työstä tuli suoraan yritykseltä, joka havaitsi puutteita omassa huoltoraportoinnissaan ja siihen liittyvässä tukimateriaalissaan. Tehtävänannon jälkeen perehdyttiin aiheeseen liittyvään teoriaan ja käytiin kohteissa. Työn rajausta puolestaan auttoi yrityksen tarve toteuttaa huoltoraportointi laiteryhmille 2 ja 3, eli kaasulle ja pölylle. Rajauksen jälkeen itse tietoperusta oli helppo kirjoittaa. Tietoperustan rinnalla kehitettiin uusi huoltoraportointipohja ja siihen liittyvä tukimateriaali. Tämä tehtiin havainnoinnin ja ATEX-tiloissa toimivan työnjohtajan haastattelun perusteella. Tämän jälkeen työ esiteltiin toimeksiantajalle, joka arvioi laaditun pohjan soveltuvaksi työkäyttöön. Tämän perusteella voidaankin todeta, että tehty tutkimus noudatti kehittämisprosessin eri vaiheita sulavasti.

8.1 Työnkuvaus

Toimeksiantaja oli huomannut, että haluaisivat kehittää heidän omaa ATEX-huoltokohteiden raportointipohjaa nykyaikaisemmaksi ja rakenteellisesti paremmaksi. Lisäksi toimeksiantaja halusi tukimateriaalia huoltokäynnin yhteyteen, josta asentajat pystyvät tarkistamaan yleisimpiä asioita.

Kehitystyön alussa määriteltiin tavoitteet, joita raportointipohjan ja tukimateriaalin täytyy sisältää. Tavoitteena tukimateriaalille oli sen selkeys ja yksinkertaisuus, jotta työnsuorittaja voi tarkastella asioita tarpeen vaatiessa helposti. Itse raportointipohjan tavoitteena oli luoda kattavampi ja laajempi pohja, jota pystyttäisiin hyödyntämään erilaisissa kohteissa ja tarkastuslaajuus olisi kattavampi. Huoltoraportointipohjan tarkoitus oli kohdistua laiteryhmillä 2 ja 3 eli kaasuille ja pölyille. Laiteryhmälle 1, eli kaivoslaitteille, ei ollut tarvetta kehittää nykyaikaisempaa raportointipohjaa. Lisäksi tukimateriaali kohdistuu laiteryhmillä 2 ja 3.

Projektin toteutumisajaksi oli määritetty tiivis valmistumistavoite. Toiveena tälle oli, että kehitetty pohja olisi mahdollisimman nopeasti nykyisessä käytössä ja saataisiin mahdolliset jatkokehitykset selville. Lisäksi mahdollinen tukimateriaali saataisiin työnsuorittajille käyttöön ja saataisiin heiltä kokemuksia kerättyä.

8.2 Toteutus ja tulokset

Ensimmäinen vaihe oli perehtyä räjähdysvaarallisten tilojen teoriaan, standartteihin, lakipykäliin, säännöksiin ja mitä vaatimuksia on annettu kohteille, laitteille, asennuksille ja dokumenteille. Kohteissa käyminen antoi vahvaa käytännön näkemystä siitä, mitä olisi hyvä lisätä materiaaleihin. Projektin edetessä tukimateriaali alkoi muodostumaan ja tämän merkitys korostui raportointipohjan laatimisessa.

Projektin edetessä toimeksiantajalta oli mahdollista saada aikaisempia raportteja, joista pystyi tarkastelemaan, mitä olisi hyvä kehittää ja mitä pystyisi hyödyntämään aikaisemmista raporteista. Raportteihin tutustuessa sain neuvoa työnjohtajalta, joka oli toiminut ATEX-kohteissa. Hänen kertomuksiansa perusteella sain näkemystä siitä, minkälaisia puutteita kohteissa on ollut yleisesti.

Kehitystyön seurauksena muodostui päivitetty ja uudenlainen raportointipohja toimeksiantajalle, jota voidaan käyttää laajasti erilaisissa kohteissa ja tarkastusmuodoissa, kuten silmämääräisissä-, lähi- ja yksityiskohtaisissa tarkastuksissa. Raportointipohjan lisäksi muodostui raportointipohjalle tukimateriaalia, jota työntekijä voi käyttää raportointipohjaa täyttäessä. Uuden raportointipohjan myötä työn suorittaja näkee, mitä hänen täytyy tehdä ja mitä asioita vaaditaan kohteissa ja mitä eri tarkastuksilta vaaditaan. Raportointipohjan luovutettaessa tilan haltijalle, tilan haltija näkee, mitä kohteessa on tehty, ja samalla minkälaisessa kunnossa kohde on. Tukimateriaali on tarkoitettu ainoastaan työntekijälle, johon hän pystyy tukeutumaan tarpeen vaatiessa. Raportointipohja on siis hyödyllinen sekä asiakkaalle että työntekijälle.

9 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda yritykselle päivitetty versio ATEX-huoltokohteiden raportointipohja ja luoda kokonaan uusi tukimateriaali raportointipohjalle. Kehitetyn raportointipohjan avulla yrityksen työntekijä, pystyy suoriutumaan ATEX-kohteiden vaatimista tarkastuksesta eri vaatimus asteella. Ongelmatilanteissa työntekijä pystyisi tukeutumaan tukimateriaalin.

Opinnäytetyönä tuloksensa syntyi kattava raportointipohja, joka mahdollistaa tarkastukset erilaisissa kohteissa. Raportointipohjan ominaisuutena on, että sen avulla voidaan tehdä kolme erilaista tarkastusversiota, joka mahdollistaa monipuolisen käytön. Tukimateriaalin osalta muodostui tiivis ja olennaisia asioita sisältävä paketti. Tukimateriaalin tarkoituksena on olla ainoastaan työn suorituvaiheessa saatavilla ja tämän avulla työntekijä kykenee suoriutumaan raportointipohjassa esiintyvistä kohdista. Henkilöt, jotka ovat toimineet ATEX-kohteissa, olivat raportointipohjaan ja tukimateriaaliin erittäin tyytyväisiä ja halusivat ottaa ne käyttöön uusissa tarkastuksissa.

Työn aikana haastattelin ATEX-kohteissa toimivaa työnjohtajaa. Haastattelussa hän kertoi, minkälaisia haasteita kohteissa voi olla. Yleisimmiksi haasteiksi nousi haastattelun perusteella, että kohteiden iät voivat vaihdella tai tilaluokitukset ovat muuttuneet. Tämän seurauksena ei voida olla varmoja, onko kaikki nykyaikaiset vaatimukset täytetty. Usein vanhoissa kohteissa toimiessa säännökset ovat olleet erilaisia verrattuna tämämpäiväisiin säännöksiin. Aikaisempien haasteiden lisäksi hän mainitsi, ettei tilan haltijat ja käyttäjät välttämättä itse tiedosta tilojen huoltotarvetta tarpeeksi hyvin. Tämän takia monesti dokumenttien saanti on haastavaa ja näiden täyttäminen on

ollut puutteellista. Hän mainitsi myös siitä, että tiloihin mentäessä olisi hyvä etukäteen tietää, minkälaisia kaasuja tai pölyä tilassa on, sekä mikä näiden aineiden kemikaalikortit ovat. Tämän haastattelun myötä sain näkemystä siihen, että minkälainen raportointipohjan täytyy olla ja mitä tukimateriaaliin täytyy sisältää.

Kehitysehdotuksena yritykselle oli, että raportointipohjaa ja tukimateriaalia olisi hyvä käyttää aktiivisesti, jotta yritys saisi mahdollisimman paljon kokemuksia ja palautetta työntekijältä. Näiden perusteella yritys voi muokata raportointipohjaa tai tukimateriaalia sopivammaksi heidän kohteilensa. Opinnäytetyön kehitystutkimuksen eettisyyden ja luotettavuuden vuoksi työssä on jouduttu tukeutumaan vahvasti säännöksiin ja standardeihin, jonka vuoksi työ sisältää vahvasti standardeissa ja säännöksissä esittämiä tietoja. Lisäksi luotettavien tuloksien saaminen pohjautuu vahvasti työntekijän huolellisuuteen. ATEX-huoltokohteiden raportointipohja ja tukimateriaali, joka on muodostunut halutaan pitää salassa toimeksiantajan toimesta.

Lähteet

ARE Oy. N.d. Asiakastiedot. Viitattu 4.12.2023 <https://www.asiakastieto.fi/yriytykset/fi/are-oy/09894936/taloustiedot>

ARE. 2021. Vuosikatsaus ja kestävän kehityksen raportti 2021–1. Viitattu 4.12.2023 <https://www.are.fi/meista/vuosikatsaus/>

Direktiivi 94/9/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäväksi tarkoitettuja laitteita ja suojajärjestelmiä koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä. Viitattu 14.1.2024 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/ALL/?uri=CELEX%3A31994L0009>

Kehittämistyön menetelmät tukena opinnäytetyötä. 2018. Viitattu 27.1.2024 <https://essee-pankki.proakatemia.fi/kehittamistyon-menetelmat-tukena-opinnaytetyossa/>

Omavarasuusaste-%. N.d. Almatalent. Viitattu 4.12.2023 <https://www.almatalent.fi/tunnuslu-kuopas/vakavaraisuus/omavaraisuusaste-prosentti/>

SFS 6000-4-41:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4–41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Julkaistu 12.8.2022. Viitattu 27.1.2024 <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016. Räjähdysvaaralliset tilat. Osa 14: Sähköasennusten suunnittelu, laitevalinta ja asentaminen. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Julkaistu 27.4.2015. Viitattu 4.12.2023 <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

SFS-EN IEC 60079-0:2019. Räjähdysvaaralliset tilat. Osa 0: Laitteet Yleiset Vaatimukset. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Julkaistu 26.4.2019. Viitattu 10.12.2023 <https://jane.finna.fi>, SFS Online.

SFS-EN IEC 60079-10-1:2021. Räjähdysvaaralliset tilat. Osa 10–1: Tilaluokitus. Kaasuräjähdysvaaralliset tilat. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Julkaistu 9.4.2021. Viitattu 14.1.2024 <https://jane.finna.fi>, SFS Online.

SFS-EN IEC 60079-10-2:2015. Räjähdysvaaralliset tilat. Osa 10–2: Tilaluokitus. Pölyräjähdysvaaralliset tilat. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Julkaistu 10.8.2015. Viitattu 14.1.2024 <https://jane.finna.fi>, SFS Online.

ST 51.58. RÄJÄHDYSVAARALLISTEN TILOJEN TUNNISTAMINEN JA SÄHKÖLAITTEISTOJEN TARKASTUKSET POLTTOAINEEN JAKELUASEMILLA. Espoo: Sähkötieto. Julkaistu 28.8.2018. Viitattu 4.12.2023 <https://severi.sahkoinfo.fi>.

Tiainen, E. 2022. D1 2022 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo: Sähköinfo. Viitattu 6.1.2024.

Tietoa-aresta. N.d. Are. Viitattu 4.12.2023 <https://www.are.fi/meista/>

Tukes. 2015. ATEX Räjähdyksvaarallisten tilojen turvallisuus. Viitattu 14.1.2023 <https://tukes.fi/documents/5470659/8293726/ATEX-opas.pdf/73c4dc8f-edbd-4c25-8ef9-6cfdef86717d/ATEX-opas.pdf?t=1526981160000>

Tukes. N.d. Räjähdyksvaarallisten tilojen laitteet – ATEX. Viitattu 4.12.2023 <https://tukes.fi/teollisuus/rajahdysvaaralliset-tilat/rajahdysvaarallisten-tilojen-laitteet-atex>.

Tukes. N.d. Räjähdyksvaarallisten tilojen sähköasennukset – ATEX. Viitattu 4.12.2013 <https://tukes.fi/teollisuus/rajahdysvaaralliset-tilat>