



# ATEX-maadoitusten selvitys

Sampo Mykkänen

OPINNÄYTETYÖ  
Helmikuu 2023

Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Automaatiotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Automaatiotekniikka

Mykkänen, Sampo  
ATEX-maadoitusten selvitys

Opinnäytetyö 48 sivua, joista liitteitä 11 sivua  
Helmikuu 2023

---

Selvityksessä tutkittiin räjähdysvaarallisten tilojen mahdollisia maadoituspuutteita UPM Kaukaan tehtaalla. Tarkastelua tehtiin standardien, laitevalmistajien ja tehtaan omien suunnitteluohjeiden perusteella. Myös tilojen muut huomiot kuten kilpi-, nippa- ja laitehuomiot selvitettiin.

Maadoitukset ovat tärkeässä osassa sähköjärjestelmässä ja henkilösuojauksessa. Erilaisia maadoitusjärjestelmiä on monia ja jokaiselle on oma käyttötarkoituksensa. Standardeissa on ohjeistukset ja määräykset niiden vaatimuksille. Räjähdysvaarallisissa tiloissa maadoituksilla on omat lisäykset ohjeistuksissa ja standardeissa, joten suunnittelijan on tutkittava asiaa monesta eri lähteestä. Lisäksi laitevalmistajan vaatimukset saattavat tuoda lisätarpeita maadoituksiin.

Opinnäytetyössä tehtiin selvitys UPM Kaukaan biojalostamon mahdollisiin räjähdysvaarallisten tilojen maadoitus-, kilpi-, nippa- ja laitepuutteisiin. Työssä selostetaan erilaiset maadoitusjärjestelmät, räjähdysvaarallisten tilojen laitevalintojen edellytykset sekä tilaluokitukset. Puutteet ja huomiot oli kirjattu määräaikaistarkastuksissa ATEX-ennakkohuolto-ohjelman perusteella. Aiheeseen perehdyttiin selvittämällä viimeisimmät standardit ja tutustumalla koulutusmateriaaleihin. Laitevalmistajiin oltiin yhteydessä, jotta kaikki turvallisuuteen liittyvät seikat saataisiin selville.

Opinnäytetyön lopputuloksena syntyi selvitys, jossa todetaan, ettei maadoituksia tarvitse lisätä yhtä paljon kuin ennako-oletuksena oli. Nipat olivat EXi-hyväksytyjä. Puutteelliset kilpien tiedot toimitetaan UPM Kaukaan tehtaalle kuten myös muovisten koteloiden asennusaineisto. Opinnäytetyö tehtiin AFRY Finland oy:n toimeksiannosta, ja opinnäytetyön tekijä jatkaa aiheen parissa tutkimalla tehtaan muita alueita läpi samojen huomioiden ja puuttekirjausten pohjalta.

Opinnäytetyö on luottamuksellinen. Kuvat 16,18, 19, 21 ja 22 sekä liitteet on rajattu pois julkaistavasta työstä.

---

Asiasanat: selvitys, maadoitus, räjähdysvaarallinen tila

## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Electrical Engineering  
Automation Engineering

Mykkänen, Sampo  
Report of ATEX Earthings

Bachelor's thesis 48 pages, appendices 11 pages  
February 2023

---

The report investigated potential grounding deficiencies in the potentially explosive areas at the UPM Kaukaa factory. The inspection was carried out based on standards, equipment manufacturers and the factory's own instructions. Other considerations of the faculties, such as shield, cable sealing clamps and device considerations, were also clarified.

In the thesis, an investigation was made into possible grounding, shielding, clamps and equipment deficiencies in the premises of the UPM Kaukaa biorefinery. The work explains the different grounding systems, the requirements for equipment selection in potentially explosive atmospheres, and the space classifications. Deficiencies and observations were recorded in the scheduled inspections based on the ATEX advance maintenance program. The subject was familiarized by finding out the latest standards and studying the training materials. The device manufacturers were contacted to find out all the safety aspects.

The result of the thesis was a report stating that there is no need to increase grounding as much as was previously assumed. The clamps were EXi approved. Incomplete information on the plates will be corrected, as well as the installation material for the plastic enclosures. The thesis was commissioned by AFRY Finland oy, and the author of the thesis continues to work on the subject by examining other areas of the factory based on the same observations and deficiency entries.

The thesis is confidential. Pictures 16,18, 19, 21 and 22 and the appendices have been hidden from the work to be published.

---

Key words: report, grounding, potentially explosive atmosphere

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	MAADOITUS.....	7
2.1	Maadoitusjärjestelmät .....	7
2.2	Potentiaalintaus ATEX-tiloissa .....	12
3	ATEX .....	14
3.1	EX-tilat.....	14
3.2	Tilaluokat.....	15
3.2.1	Kaasuräjähdyksvaaralliset tilat .....	16
3.2.2	Pölyräjähdysvaaralliset tilat .....	17
3.3	Räjähdyssuojusrakenteet.....	18
3.4	Sähkölaitteet EX-tiloissa.....	21
3.5	Räjähdyssuojasasiakirja.....	25
4	LÄHTÖTIEDOT.....	26
4.1	Tehtaan alueet .....	26
4.2	ATEX-määräaikaistarkastukset.....	27
4.3	Puutetyypit .....	27
5	SELVITYS.....	30
5.1	Kilvet, nipat ja ATEX-laitteet.....	30
5.2	Maadoitukset.....	31
6	YHTEENVETO.....	35
	LÄHTEET .....	36
	LIITTEET.....	38
	Liite 1. Ohjeistus nimikilpi kenttälaitteelle.....	38
	Liite 2. Kilpiluetelo .....	39
	Liite 3. Asennusaineisto .....	40

## LYHENTEET JA TERMIT

EX	Explosive, räjähtävä
EX-tila	Räjähdysvaarallinen tila
EX-laite	Räjähdysvaarallisen tilan laite
PEN	Yhdistetyt nolla- ja suojajohdintoiminnot
FE	Toiminnallinen maadoitus
SFS	Suomessa vahvistetun standardin tunnus
SFS-EN	Suomessa ja Euroopassa vahvistetun standardin tunnus
Suojajohdin	Johdin, jota käytetään suojauksen takia, esimerkiksi sähköiskulta suojaamiseen. Voidaan käyttää jännitteelle alttiiden osien suojamaadoittamiseen
Maadoitusjohdin	Johdin, joka muodostaa asennuksen, järjestelmän tai laitteen määrätyn osan ja maan välille johtavan yhteyden tai osan tästä yhteydessä
Päämaadoituskisko	Kisko tai liitin, joka on osa maadoitusjärjestelmää ja johon voidaan liittää maadoittamista varten useita johtimia
Maadoituselektrodi	Johtava osa, joka on sähköisessä yhteydessä maahan ja voi olla upotettu erityiseen johtavaan väliaineeseen esim. betoni
Potentiaalintasaus	Johtavien osien välinen sähköinen liitântä, jonka tarkoituksena on saavuttaa tasapotentiaali
Suojamaadoitus	Järjestelmän tai asennuksen pisteen maadoittaminen suojauksen takia
Toiminnallinen maadoitus	Järjestelmän, asennuksen tai laitteen pisteen maadoittaminen muun syyn kuin sähköiskulta suojaamisen takia

## 1 JOHDANTO

Turvallisuus on suunnittelutyön perusta. Nykypäivän nopeasti muuttuvat lait ja ohjeistukset yhdistettynä laitevalmistajien kehitystyöhön tuovat suunnittelutyöhön haasteita. Maadoitukset ovat turvallisuuden kannalta tärkeitä. ATEX-tiloissa maadoitukset ovat kuitenkin normaalista poikkeavia ja tapauskohtaisia. Erilaiset laitteet, tilaluokitukset ja suojausrakenteet vaikuttavat maadoituksien suunnitteluun. Väärin suunniteltu maadoitus saattaa aiheuttaa kipinöintivaaraa, joka on suuri riski räjähdysvaarallisessa tilassa.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tehdä UPM Kaukaan tehtaan biojalostamolle selvitys maadoituksiin liittyen ATEX-tiloissa. Selvityksien tarkoitus on tutkia, tarkastella ja miettiä jo tehtyjä ratkaisuja sekä pohtia niiden toimivuutta erilaisista näkökulmista. EX-tiloissa suoritetuissa määräaikaistarkastuksista on kertynyt huomioita vuosien 2019–2022 välillä, jotka oli merkitty listaan. Tarkastukset on suoritettu tehtaan ohjeistuksien mukaan. Ohjeistuksissa on määritetty selkeät ohjeet ja dokumentit tarkastuksien tekemiseksi.

Selvityksen päätarkoitus on tutkia EX-tilojen maadoituksia, laitteita sekä nippoja, jotka oli määräaikaistarkastuksissa merkitty puutteellisiksi. Mahdollisten puutteiden korjaamiseksi tehdään korjaussuunnitelma. Työn alue on rajattu tehtaan tiettyyn osaan, mutta opinnäytetyössä saatavia tuloksia hyödynnetään tehtaan muihin osiin.

## 2 MAADOITUS

Sähköturvallisuuden kannalta maadoitukset ovat hyvin tärkeässä roolissa vikatilanteissa. Maadoituksien tehtävänä on suojata ihmistä kosketusjännitteeltä, suojata toisia järjestelmiä jännitteen siirtymiseltä sekä estää erilaisten kipinöiden ja valokaarien syntyminen. Maadoitus mahdollistaa myös maasulku- ja vikavirtasuojauksen. (Tiainen 2017, 285)

### 2.1 Maadoitusjärjestelmät

IEC 60364 -standardi määrittelee kolme erityyppistä maadoitusjärjestelmää, jotka ovat TN, TT ja IT. Standardin mukaan on määritetty tunnuksissa käytetyt kirjaimet, jotka kertovat järjestelmän maadoitustavasta tarkemmin ja ne näkyvät taulukosta 1. Ensimmäinen kirjain viittaa tehonlähteen maadoitustapaan ja toinen kirjain laitteisiin tai sen osien maadoitus tapaan. (AXIS 2020)

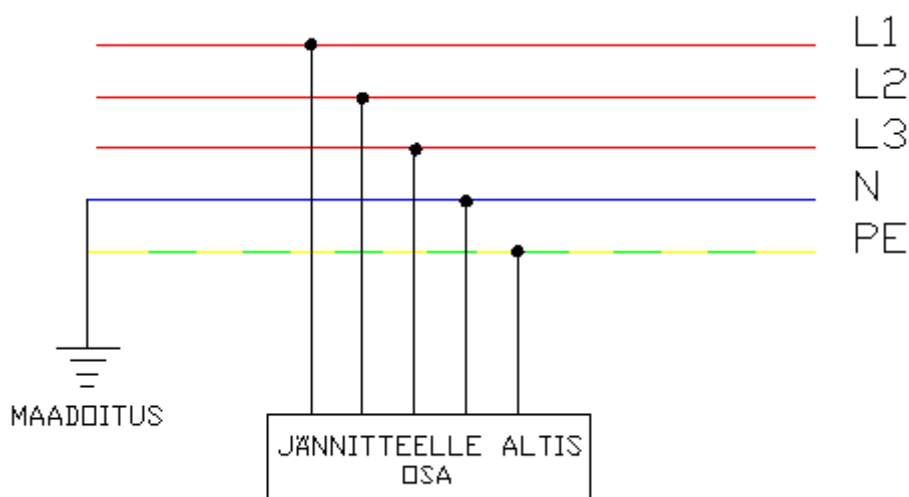
TAULUKKO 1. Maadoitusjärjestelmien tunnuksien kirjainten selitys (AXIS 2020)

Kirjain	1. kirjain	2. kirjain	Lisäkirjaimet
T	Yksi piste maassa	Yhdistetty galvaanisesti suoraan maahan	
I	Eristetty maasta		
N		Yhdistetty maadoitettuun pisteeseen	
S			N- ja PE-johdin
C			PEN-johdin

TN-järjestelmissä virtapiiri on suoraan maadoitettu yhdestä pisteestä sekä sähkölaitteiston jännitteelle alttiit osat ovat yhdistetty samaan pisteeseen suojajohtimella. TT-järjestelmissä virtapiiri on suoraan maadoitettu yhdestä pisteestä, mutta sähkölaitteisto on maadoitettu erillisen maadoituselektrodin avulla. IT-järjestelmissä virtapiirin osia ei ole kytketty maahan ja sähkölaitteisto on yhdistetty maahan maadoituselektrodin avulla. (Tiainen 2017, 63–66)

### TN-S-järjestelmä

TN-S-järjestelmissä on nollajohtimesta erillinen suojajohdin eli PE-johdin kuten kuvan 1 esimerkissä. Nollajohdin ei ole aina tarpeellinen kolmivaihejärjestelmässä, esimerkiksi moottorikäytöissä tai symmetrisissä ja yliaallottomissa kuormissa (Tiainen 2017, 63).



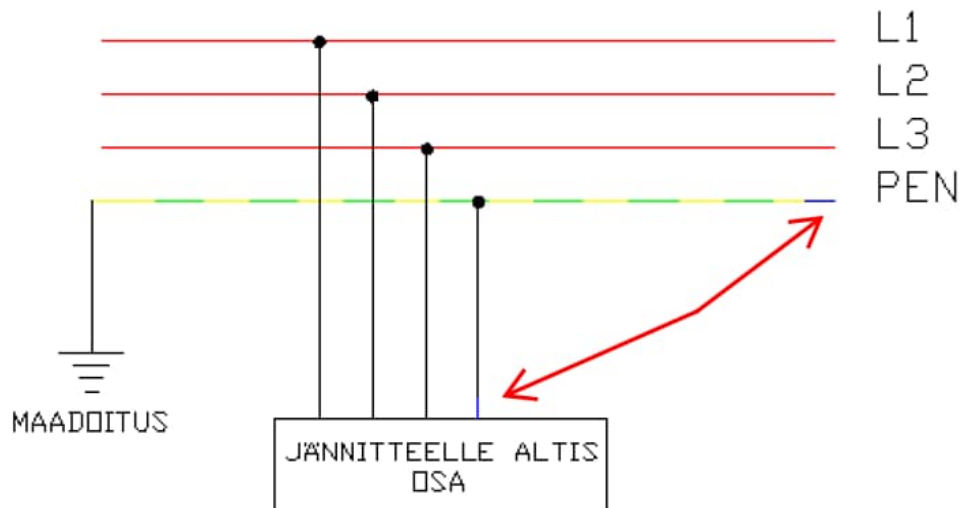
KUVA 1. Esimerkki TN-S-järjestelmästä (Tiainen 2017, 63)

TN-S-järjestelmää on käytettävä räjähdysvaarallisissa tiloissa. Siirryttäessä TN-C-järjestelmästä TN-S-järjestelmään suojajohdin täytyy liittää potentiaalintasauskiskoon räjähdysvaarattomassa tilassa. (Räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus.)

### TN-C-järjestelmä

TN-C-järjestelmissä on yhteinen nolla- ja suojajohdin (PEN-johdin), kuten kuvan 2 esimerkissä. TN-C-järjestelmän käyttö vaatii, että johtimien poikkipinta on vähintään 10 mm<sup>2</sup> kuparia tai 16 mm<sup>2</sup> alumiinia eikä sitä saa käyttää uudiskohteissa liittymiskohdan jälkeen (SFS 6000). TN-C-järjestelmä oli ennen yleisempi, joten vanhoissa asennuksissa poikkipinta-alat eivät välttämättä täytä nykyaikaisia säädöksiä. (Tiainen 2017, 63)



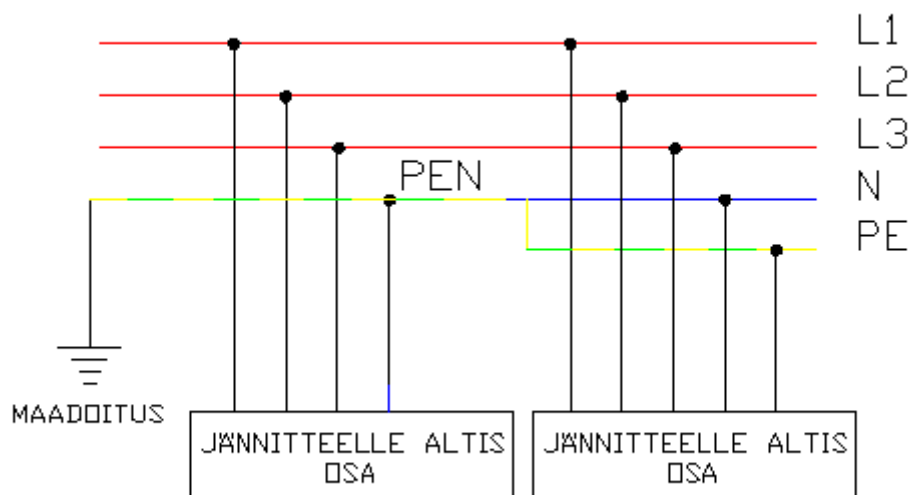


KUVA 2. Esimerkki TN-C-järjestelmästä (Tiainen 2017, 64)

Kuvasta 2 huomataan nykyinen PEN-johtimen merkintä keltavihreällä-maadoitusjohtimella, jossa on siniset merkinnät molemmissa asennuspäissä. PEN-johtimia ei ole merkitty vanhoissa asennuksissa. (Tiainen 2017, 63)

### TN-C-S-järjestelmä

TN-C-S-järjestelmä on yhdistelmä TN-C- ja TN-S-järjestelmistä. Kuvan 3 esimerkissä TN-C-järjestelmä on syöttävän verkon puolella, sillä erotettua nolla- ja suojajohtinta ei saa yhdistää uudelleen PEN-johtimeksi. (Tiainen 2017, 64)

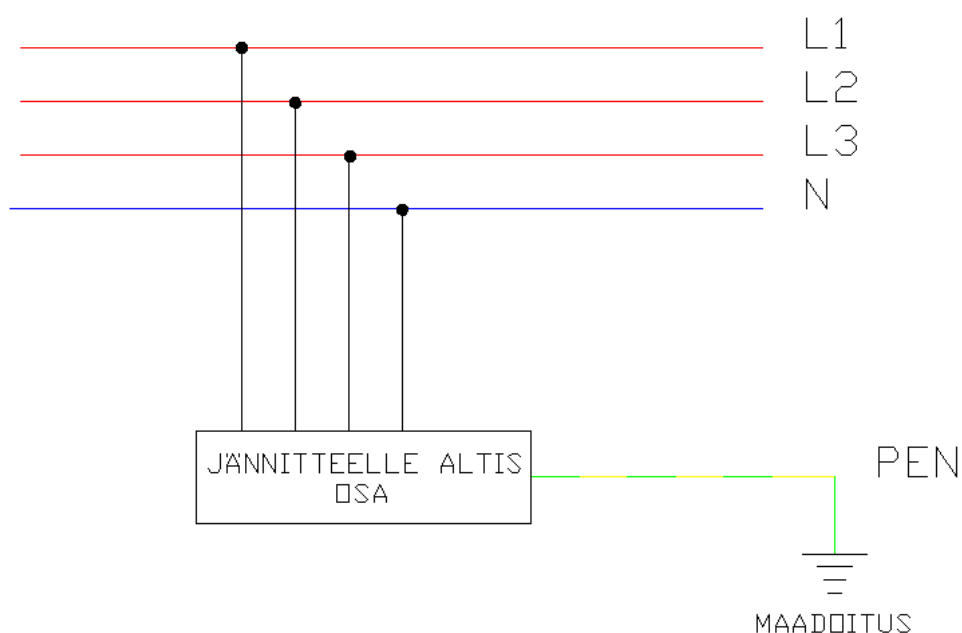


KUVA 3. Esimerkki TN-C-S-järjestelmästä (Tiainen 2017, 64)

TN-C-S-järjestelmässä saattaa aiheutua välitöntä vaaraa, jos PEN-johdin katkeaa. Vaihejännite kulkee nolla- ja suojamaayhdistyksen kautta laitteen runkoon. (SÄHKÖENERGIA TEKNIikka.)

### TT-järjestelmä

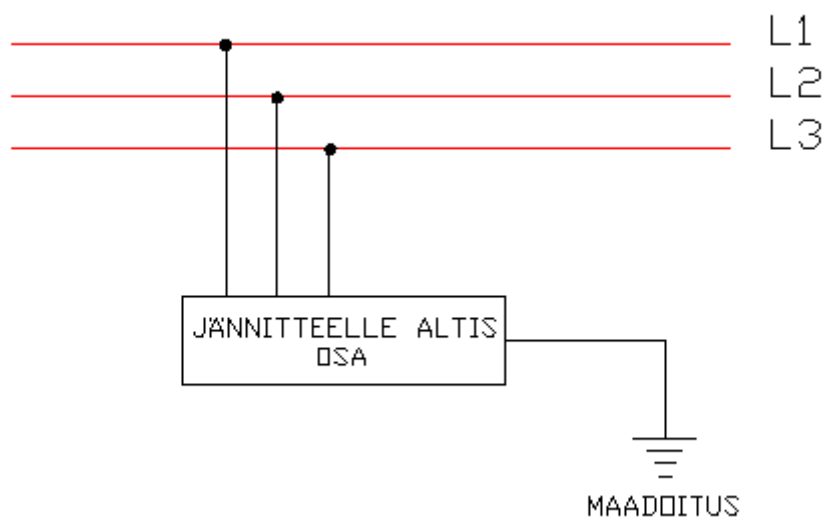
TT-järjestelmä on yksinkertainen, ja se on helppo toteuttaa ja suunnitella. Kuvan 4 esimerkki TT-järjestelmää käytetään maadoitustilanteissa, joissa pienjännitejalkeluverkosta ei saada helposti samaan pisteeseen maadoitusta. Maadoitustapaa ei käytetä paljon Suomessa. (AXIS 2020)



KUVA 4. Esimerkki TT-järjestelmästä (Tiainen 2017, 66)

### IT-järjestelmä

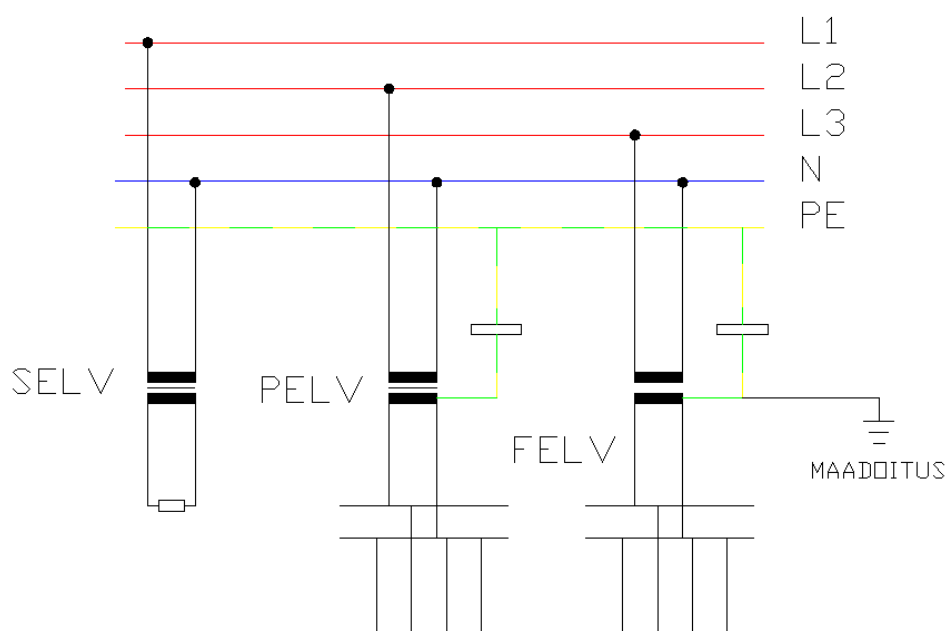
IT-järjestelmää ei ole kytketty maahan eli se on maasta erotettu järjestelmä. Vaikka IT-järjestelmä on maasta erotettu, on mahdollista kytkeä virtapiiriin soveltuva piste maahan impedanssin välityksellä kuten kuvan 5 esimerkissä. IT-järjestelmää käytetään esimerkiksi sairaaloiden leikkaussaleissa. (Tiainen 2017, 66)



KUVA 5. Esimerkki IT-järjestelmästä (Tiainen 2017, 67)

### ELV-järjestelmä

Pienoisjännite (ELV) on suuruudeltaan vaihtosähköä enintään 50 V ja tasasähköä enintään 120 V. Pienoisjännitteet jaetaan kolmeen tyyppiin: SELV-, PELV- ja FELV-järjestelmiin (kuva 6). (Tiainen 2017, 115)



KUVA 6. Esimerkit SELV, PELV ja FELV-piirien maadoittaminen (Tiainen 2017, 115).

SELV-piirin jännitteisiä osia ei maadoiteta eikä liitetä muiden piirien jännitteisiin osiin tai suojajohtimiin. Jännitteelle alttiit osat on mahdollista maadoittaa tai jättää maadoittamatta. PELV-järjestelmässä piirit maadoitetaan ja jännitteelle alttiit osat liitetään samaan maadoitukseen ja potentiaalintasaukseen. (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016.)

Toiminnallinen pienoislämpö (FELV) vaatii perussuojauksen ja vikasuojauksen. Eräs syy FELV-järjestelmän käyttöön on esimerkiksi, kun piirissä on laitteita, jotka eivät ole tarpeeksi suojattuja suurista jännitteistä. ”FELV-järjestelmää joudutaan käyttämään esimerkiksi silloin, kun piirissä on laitteita, jotka eivät ole riittävän eristettyjä suurista jännitteistä.” Tällaisia laitteita ovat muuntajat, releet, kauko-ohjauskytkimet ja kontaktorit. (Tiainen 2017, 123)

## **2.2 Potentiaalintasaus ATEX-tiloissa**

### **Jännitteelle alttiit ja muut johtavat osat**

Potentiaalintasauasta on käytettävä räjähdysvaarallisen tilan asennuksissa. Eri maadoitusjärjestelmien kaikki jännitteelle alttiit ja muut johtavat osat on yhdistettävä potentiaalintasausjärjestelmään. Suojajohtimet, metalliset suojaputket, metalliset kaapelivaipat, teräslankaiset armeeraukset ja metallirakenteiden osat on kytkettävä potentiaalintasausjärjestelmään, mutta nollajohtimia ei saa kytkeä siihen. Jännitteelle alttiita osia ei tarvitse yhdistää erikseen potentiaalintasausjärjestelmään, jos ne ovat yhteydessä tai johtavasti yhdistettynä metallirakenteeseen tai putkistoon, joka on yhdistetty potentiaalintasausjärjestelmään. (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016.)

### **Metallikoteloiden ja runkojen maadoitus**

EX-tilassa sähkölaitteiden metallikotelot ja -rungot on yhdistettävä erillisellä johtimella potentiaalintasausjärjestelmään. Jännitteelle alttiiden osien suojamaadoitus ei tee muutosta asiaan. (Tiainen. Ylinen. Nurmi. Koivisto. Kauppila 2019, s.167)

”Exi-laitteiden tai energiaa rajoittavien laitteiden metallikoteloita ei tarvitse yhdistää potentiaalintasausjärjestelmään, elleivät laiteohjeet tai staattisen sähkövarauksen purkaminen sitä edellytä.” (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016.)

### **Kytkemättömät johtimet, armeeraukset ja häiriösuojat**

Kaapeleiden armeerauksen tai suojavaipan ollessa maadoitettu vain räjähdysvaarallisen tilan ulkopuolella (esim. sähkökeskushuoneessa) täytyy maadoituspaikka yhdistää räjähdysvaarallisen tilan potentiaalintasausjärjestelmään. TN-järjestelmässä on vaarana kipinöinnin syntymistä armeerauksen räjähdysvaarallisen puolen päässä, mikäli yhdistämistä ei ole tehty. (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016.)

### 3 ATEX

Räjähdysvaarallisessa tilassa käytettävät laitteet määritellään ATEX-laitedirektiivin 2014/34/EU ja ATEX-työolosuhdedirektiivin 1999/92/EY perusteella. ATEX-laitedirektiivissä 2014/34/EU on kerrottu terveyst- ja turvallisuusvaatimukset. Laitedirektiivi myös spesifioi vaatimusten mukaiset arviointimenettelyt, joita on noudatettava ennen tuotteiden tuomista Euroopan markkinoille. ATEX-työolosuhdedirektiivi 1999/92/EY määrittelee vähimmäisvaatimuksia työntekijöiden terveyden ja turvallisuuden suojelun tason parantamiseksi räjähdysvaarallisissa tiloissa. (European Commission)

#### 3.1 EX-tilat

EX-tilassa eli räjähdysvaarallisessa tilassa voi esiintyä räjähdysvaarallisia ilmakeoksia. Kaasu, sumu, höyry tai pöly palavina aineina yhdessä normaalipaineisen ilman kanssa voivat aiheuttaa räjähdysvaarallisen ilmaseoksen. Räjähdysvaarallinen tila voi olla huone, huoneen merkitty rajallinen osa tai ulkotila. EX-tilat merkitään kuvan 7 mukaisilla varoituskylteillä. (Räjähdysvaaralliset tilat n.d.)

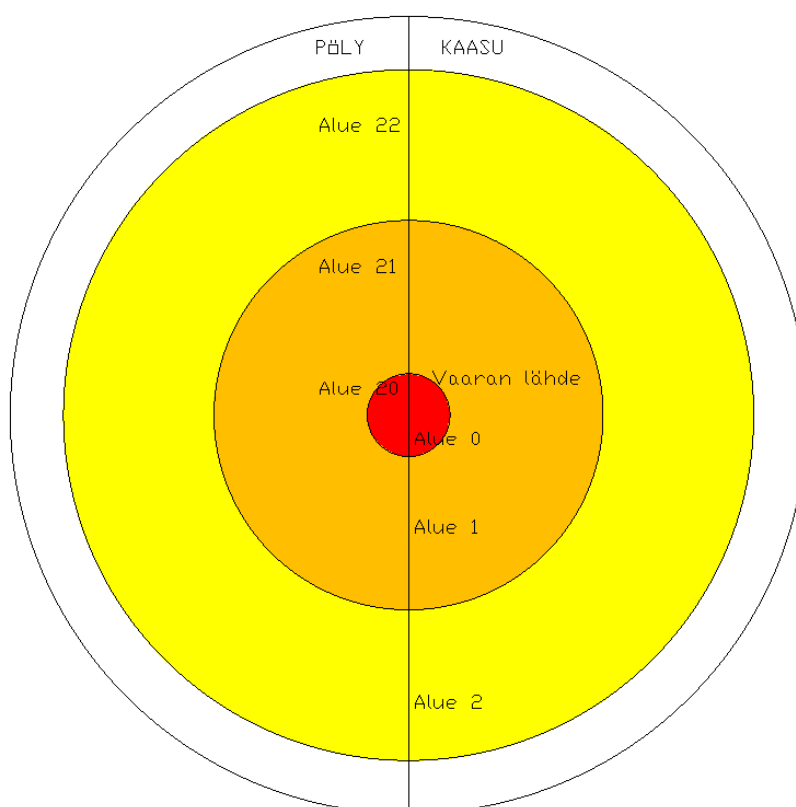


KUVA 7. Räjähdysvaarallisen tilan ja EX-laitteen laitteen merkinnät. (ATEX. 11.2020.)

EX-tilat jaetaan kaasu- ja pölyvaarallisiin tiloihin. Molemmilla tiloilla on omat tilaluokitukset ja laitevaatimukset.

### 3.2 Tilaluokat

Räjähdysvaarallisista tiloista on tehtävä tilaluokitus. EX-tilat luokitellaan kaasu- ja pölyräjähdysvaarallisiin tiloihin. Kuvassa 8 on perusajatus, miten tilaluokitus tehdään. Työnantajan on aina arvioitava kaikki työ- ja tuotantoprosessit erikseen. Selvityksen aluksi arvioidaan normaalitilanteissa esiintyvät palavat aineet. Normaleihin olosuhteisiin tulee aina huomioida myös esimerkiksi huolto- ja kunnossapitotyöt, näytteenotto, seisokki, toimintahäiriöt ja ennakoitavat vikatilanteet. Seuraavaksi arvioidaan missä ja miten pitkiä aikoja räjähdysvaarallista ainetta voi esiintyä. Arvioinnissa on otettava huomioon ilmanvaihto, räjähtävän aineen leviäminen sekä räjähdysvaaralliseen aineen yhteydessä olevat tilat. (Räjähdysvaaralliset tilat n.d.)



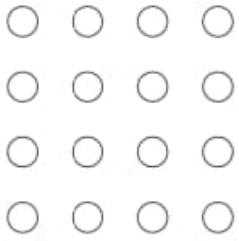
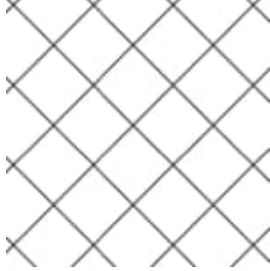

KUVA 8. Tilaluokittelun periaate. (Explosive Atmosphere Zone Classifications.)

Kaasu- ja pölyvaaralliset jaetaan tilaluokkiin, jotka määritetään standardeissa SFS-EN 60079-10-1 sekä SFS-EN 60079-10-2. Tilaluokitus merkitään räjähdys-suojausasiakirjaan. (Räjähdysvaaralliset tilat n.d.)

### 3.2.1 Kaasuräjähdyksvaaralliset tilat

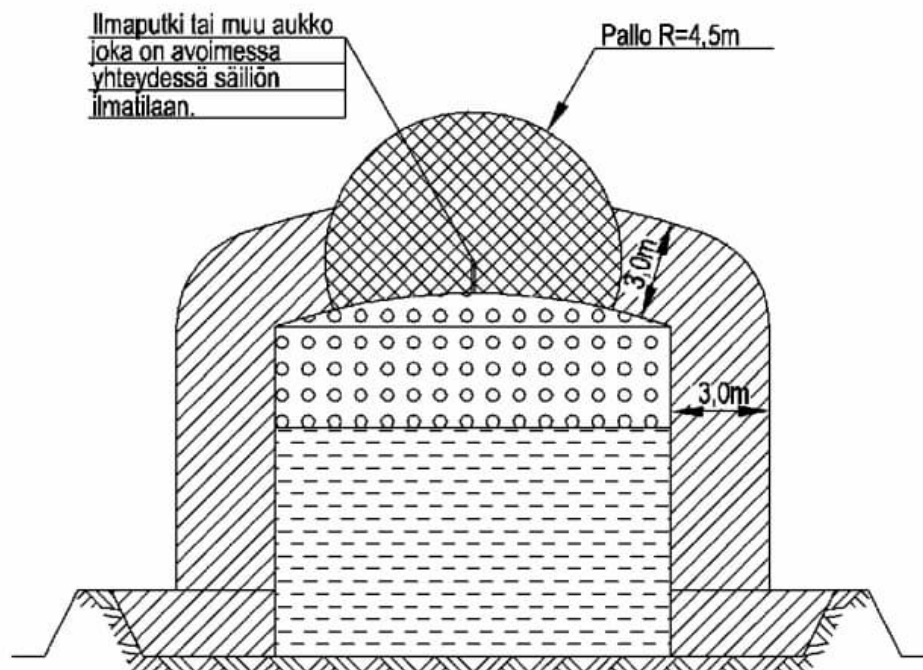
Räjähdykskelpoinen kaasuilmaseos on kaasuna tai höyrynä olevan palavan aineen ja normaalipaineisen ilman seos, joka syttymisensä jälkeen jatkaa palamista omavoimaisesti. Kaasuräjähdyksvaaralliset tilat jaetaan kolmeen eri tilaluokkaan. Taulukosta 2 esitetään kaasuräjähdyksvaarallisten tilojen luokitukset sekä merkintätapa. Tilaluokassa 0 räjähdyksvaarallinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti. Tilaluokassa 1 räjähdykskelpoinen ilmaseosta saattaa esiintyä normaaleissa olosuhteissa. Tilaluokassa 2 on mahdollista esiintyä poikkeustilanteissa räjähdyksvaarallista ilmaseosta lyhyen ajan. (SFS-EN 60079-10-1:2021.)

TAULUKKO 2. Kaasuräjähdyksvaarallisten tilojen tilaluokat (SFS-EN 60079-10-1:2021.)

Tilaluokka	Esiintyvyys räjähdykskelpoinen kaasuil- maseos	Esittämistapa piirustus- tuksissa
Luokka 0	Tila, jossa räjähdykskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai toistuvasti	
Luokka 1	Tila, jossa räjähdykskelpoinen kaasuilma- seos todennäköisesti esiintyy normaali- käytössä ajoittain	
Luokka 2	Tila, jossa räjähdykskelpoinen kaasuilma- seos ei todennäköisesti esiinny normaali- käytössä, mutta mikäli sellainen kuiten- kin esiintyy, sen esiintymisaika on lyhyt	



Tilaluokituspiirustuksissa voidaan nähdä tarkasti alue, joka on räjähdysvaarallinen kuten kuvassa 9. Suunnittelijan on otettava huomioon tilaluokituspiirustuksen avulla laitteiden suojaustaso ja sijainti. (SFS-käsikirja 59, 2012.)



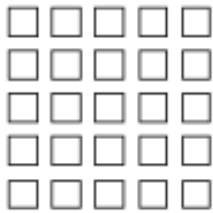
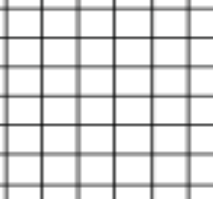
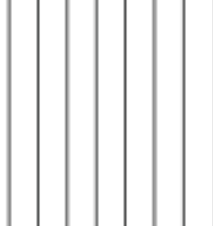
KUVA 9. Esimerkki tilaluokituskuvasta (SFS-käsikirja 59, 2012)

Tilaluokat merkitään myös väreillä. Lähtökohtaisesti luokka 0 merkitään sinisellä, luokka 1 violetilla ja luokka 2 oranssilla tai vaihtoehtoisesti vihreällä. (SFS-käsikirja 59, 2012)

### 3.2.2 Pölyräjähdysvaaralliset tilat

Räjähdyskelpoinen pölyilmaseos on palavan aineen ja normaaliolosuhteisen ilman seos, joka syttymisen tapahduttua ylläpitää itsestään palamista. Pölyräjähdysvaaralliset tilat jaetaan kolmeen eri tilaluokkaan. Taulukosta 3 esitetään pölyräjähdysvaarallisten tilojen luokitukset sekä merkintätapa. Tilaluokassa 20 räjähdysvaarallinen pölyilmaseos esiintyy jatkuvasti. Tilaluokassa 21 räjähdyskelpoinen pölyilmaseosta saattaa esiintyä normaaleissa olosuhteissa. Tilaluokassa 22 on mahdollista esiintyä poikkeustilanteissa räjähdysvaarallista pölyilmaseosta lyhyen ajan. (SFS-EN 60079-10-2:2015.)

TAULUKKO 3. Pölyräjähdysvaarallisten tilojen tilaluokat (SFS-EN 60079-10-2:2015.)

Tilaluokka	Esiintyvyys räjähdyskelpoinen pölyilmaseos	Esittämistapa piirustuksissa
Luokka 20	Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen pölyilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein	
Luokka 21	Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen pölyilmaseos todennäköisesti esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti	
Luokka 22	Tilaa, jossa ilman ja palavan pölyn muodostaman räjähdyskelpoisen pölyilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja se kestää vain lyhyen ajan	

### 3.3 Räjähdysuojaurakenteet

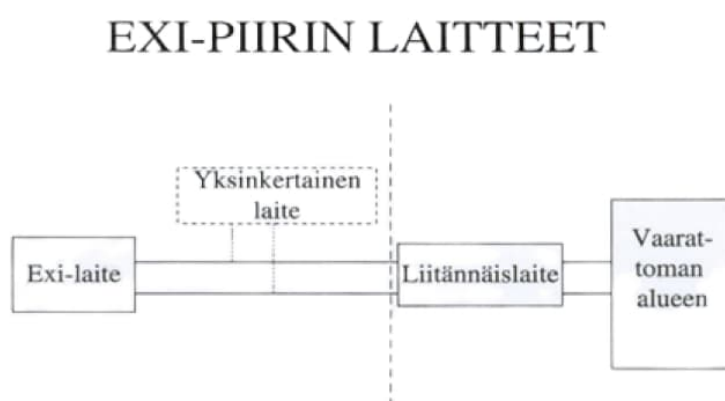
Räjähdysvaarallisissa tiloissa käytetään erilaisia suojausrakenteita olosuhteissa, paikasta ja mahdollisen kustannusrajoitteinen mukaan. Erilaisia rakenteita ovat Exe, Exi, Exn, Exs, Exd, Exp, Exq, Exo, Exm, Exn, Exs ja Exop. Räjähdysuojaurakenteet ovat esimerkiksi erilaisia kotelointi ratkaisua, sähköisiä rajoituksia, valuja tai erikoisrakenteita mitkä eivät ole suoraan standardeista. (Palovaarallinen tila, Räjähdysvaarallisten tilojen laitteet sekä niiden valinta, Sähkölaitteistojen tarkastukset 9/2018)

#### EXi Luonnostaan vaaraton

Räjähdysuojarakenne EXi on luonnostaan vaaraton suojausrakenne, jossa energia on rajattu arvoon, mikä ei aiheuta räjähdysvaarallisen aineen syttymistä ja sitä merkitään i-kirjaimella. Se perustuu sähköisten suureiden kuten jännitteen, virran, tehon, induktanssin ja kapasitanssin rajoittamiseen. (Palovaarallinen tila,

Räjähdysvaarallisten tilojen laitteet sekä niiden valinta, Sähkölaitteistojen tarkastukset 9/2018)

Kuvan 10 EXi-piirissä vain EXi-laitteet sijaitsevat räjähdysvaarallisessa tilassa. Poikkeuksena yksinkertaisia laitteita esimerkiksi termoparien ei tarvitse olla EX-merkittyjä, jos niiden jännite ja virta ovat riittävän alhaiset. Ei-räjähdysvaarallisella alueella sijaitsevat muut järjestelmän laitteet kuten EX-erotin. (Ex-tilojen sähköasennukset. 1/2021.)



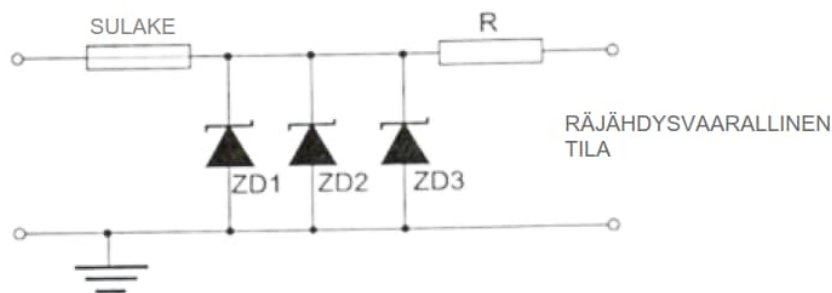
KUVA 10. Esimerkki EXi-piirin rakenteesta (Ex-tilojen sähköasennukset. 1/2021.)

EXI-suojusrakenteessa on kolme luokkaa EX ia, EX ib ja EX ic. Kirjaimet a, b ja c merkinnässä kertoo sallittujen vikatilanteiden määrän ja suojatason (taulukko 4). EX ia suojusrakenteessa voi olla yhtä aikaa kaksi vikaa ja se soveltuu tilaluokkiin 0 ja 20. EX ib suojusrakenteessa saa olla vain yksi vika ja se soveltuu tilaluokkiin 1 ja 21. EX ic suojusrakenne on normaalitilanteessa turvallinen ja sitä saa käyttää tilaluokissa 2 ja 22. (Ex-tilojen sähköasennukset. 01.2021.)

TAULUKKO 4. EXI-suojusrakenteen luokat (Ex-tilojen sähköasennukset. 01.2021.)

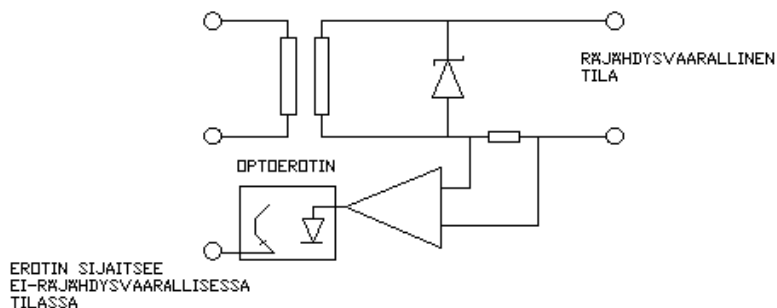
Tunnus	Vikojen sallittu määrä	Tilaluokka
EX ia	Kaksi	0 ja 20
EX ib	Yksi	1 ja 21
EX ic	Ei vikoja	2 ja 22

Liitännäislaite eli EX-erotin on laite, jolla rajoitetaan liian suuren jännitteen ja virran pääsy EXi-laitteelle räjähdysvaaralliselle alueelle. Liitännäislaitteita on olemassa kahden tyyppisiä, jotka eroavat hieman toiminnaltaan. Zenerbarrierin liitännäislaitteissa jännite rajoitetaan zenerdiodeilla (kuva 11). Vikatilanteissa sähköenergia ohjataan maahan. Se vaatii hyvän maadoitusyhteyden, mutta zenerbarriella saadaan pidettyä kustannuksia alhaalla. (Zener and galvanic isolators: pros and cons for each choice. 4/2019.)



KUVA 11. Zenerbarrieri liitännäislaitteen rakenne (Ex-tilojen sähköasennukset. 1/2021.)

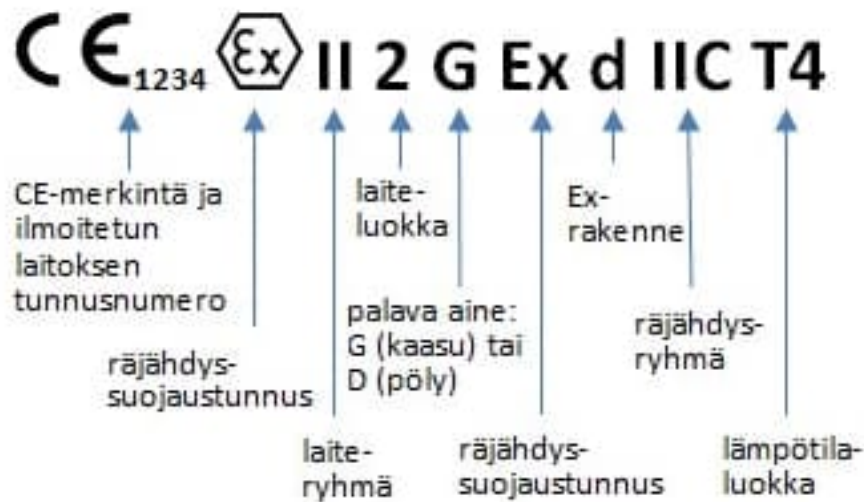
Galvaanisella liitännäislaitteella estetään vaarallisen energian siirtyminen. Sitä kutsutaan myös aktiiviseksi rajoittimeksi (kuva 12). Siinä ei tarvita maadoitusta, mutta se on kalliimpi kuin zenerbarrieri. (Zener and galvanic isolators: pros and cons for each choice. 4/2019.)



KUVA 12. Galvaanisen liitännäislaitteen rakenne (Ex-tilojen sähköasennukset. 1/2021.)

### 3.4 Sähkölaitteet EX-tiloissa

EX-tiloissa käytettävät laitteet ovat suunniteltu säädöksen mukaan, jotta ne eivät aiheuta syttymisvaaraa. Suunnittelua tehdessä on tärkeää noudattaa yhdenmukaistettuja standardeja ja rakenneperiaatteita. Laitteiden valinnassa on otettava huomioon erilaiset laiteryhmittä sekä CE-merkintä ja erityinen Ex-merkintä, joka näkyy kuvassa 13. (ATEX Räjähdyssvaarallisten tilojen turvallisuus n.d.)



KUVA 13. ATEX-laitteen CE-merkintä ja räjähdysuojauksen merkintä (ATEX Räjähdyssvaarallisten tilojen turvallisuus n.d.)

CE-merkinnässä selviää EX-merkintä, laiteryhmä, laiteluokka, palava aine, räjähdys-suojastunus, EX-rakenne, räjähdysryhmä sekä lämpötilaluokka. CE-merkintä on kiinnitettynä laitteeseen. (ATEX Räjähdyssvaarallisten tilojen turvallisuus n.d.)

#### Laiteryhmät

EX-tiloissa käytetyt laitteet jaetaan kolmeen eri ryhmään sekä niiden alaryhmiin. Ryhmä kertoo minkälaisessa ympäristössä laitetta voidaan käyttää ja alaryhmä ilmaisee käyttöpaikassaan altistavan räjähdyskelpoisen ilmaseoksen. Ryhmän 1 laitteet on tarkoitettu kaivoskaasuille alttiissa kaivoksissa, ryhmän 2 kaasuräjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäville ja ryhmän 3 käytettäväksi pölyräjähdysvaarallisissa tiloissa. (ATEX Räjähdyssvaarallisten tilojen turvallisuus n.d.)

### Kaasuräjähdyksvaarallisten tilojen laitteet

Räjähdyksvaarallisissa tiloissa esiintyvät kaasut jaetaan kolmeen eri alaryhmään: A, B ja C. Lajittelu tehdään kaasutyypin mukaan ja oikea laiteryhmä määräytyy sen perusteella (taulukko 4). (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016.)

TAULUKKO 4. Räjähdyksvaarallisten kaasujen luokittelu (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016.)

Räjähdyksryhmä ja esimerkkikaasu	Hyväksytty laiteryhmä
IIA: propaani	II, IIA, IIB tai IIC
IIB: eteeni	II, IIB, tai IIC
IIC: vety ja asetyleeni	II tai IIC

Räjähdyksvaarallisten tilojen laitteiden valintaan vaikuttavat myös räjähdys-suojastaso eli EPL taulukon 5 mukaisesti. Räjähdyssuojusrakenne määräytyy myös EPL mukaan. Esimerkiksi EXi-räjähdyssuojusrakenne on EPL-taulukon mukaan Ga, Gb tai Gc riippuen EXi-suojusrakenteen luokituksesta. (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016.)

TAULUKKO 5. Kaasuräjähdyksvaarallisten tila- ja laiteluokittelu (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016.)

Tila	Tilaluokka	Laiteluokka	EPL
Kaasuräjähdyks- vaarallinen	0	1G	Ga
	1	1G, 2G	Ga, Gd
	2	1G, 2G, 3G	Ga, Gd, Gc

Räjähdyksvaarallisten tilojen laitteissa on myös otettava huomioon syttymisryhmät- ja pintalämpötilat. EX-laitteille on annettu suurin sallittu pintalämpötila, jonka perusteella sen syttymisryhmä on valikoitunut. Syttymisryhmät on jaettu kuuteen eri ryhmään kaasun- ja höyryn syttymislämpötilan perusteella. Taulukossa 6 on esitetty syttymisryhmät, kaasun tai höyryn syttymislämpötila ja sähkölaitteen pintalämpötila. (SFS-käsikirja 59, 2012.)

TAULUKKO 6. Syttymisryhmät -ja lämpötilat (SFS-käsikirja 59, 2012.)

Syttymisryhmä	Kaasun tai höyryn syttymislämpötila °C	Sähkölaitteen suurin sallittu pintalämpötila
T1	>450°C	450°C
T2	>300°C	300°C
T3	>200°C	200°C
T4	>135°C	135°C
T5	>100°C	100°C
T6	>85°C	85°C

**Pölyräjähdysvaarallisten tilojen laitteet**

Räjähdysvaarallisissa tiloissa esiintyvät pölyt jaetaan kolmeen eri alaryhmään: A, B, C. Lajittelu tehdään pölytyypin mukaan ja oikea laiteryhmä määräytyy sen perusteella (taulukko 7). (SFS-EN 60079-10-2:2015.)

TAULUKKO 7. Pölyvaarallisten kaasujen luokittelu (SFS-EN 60079-10-2:2015.)

Pölyt	Hyväksytty laiteryhmä
IIIA: palavat haihtuvat	III, IIIA, IIIB tai IIIC
IIIB: eristävät pölyt	III, IIIB, tai IIIC
IIIC: johtavat pölyt	III tai IIIC

Kuten kaasuräjähdysvaarallisissa tiloissa räjähdys suojausrakenne määräytyy EPL mukaan ja vaikuttaa laitevalintaan taulukon 8 mukaan. Esimerkiksi EXi-räjähdys suojausrakenne on EPL mukaan Da, Db tai Dc riippuen EXi-suojausrakenteen luokituksesta. (SFS-EN 60079-10-2:2015.)

TAULUKKO 8. Pölyvaarallisten tila- ja laiteluokittelu (SFS-EN 60079-10-2:2015.)

Tila	Tilaluokka	Laiteluokka	EPL
Pölyräjähdysvaarallinen	20	1D	Da
	21	1D, 2D	Da, Dd
	22	1D, 2D, 3D	Da, Dd, Dc

Pölyräjähdysvaarallisissa tiloissa on huomioitava pölyn kerrospaksuus. Paksumpi kerros pölyä alentaa syttymislämpötilaa ja parantaa lämpöeristystä. Laitteen pintalämpötila ei saa olla suurimmillaan yli 2/3-osaa tilassa olevan pöly-il-maseoksen syttymislämpötilasta Celsius-asteina (kaava 1): (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016.)

$$T_{max} \leq \frac{2}{3} T_{CL} \quad 1$$

, missä  $T_{CL}$  on pöly-il-maseoksen minimisyttymislämpötila (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016.).

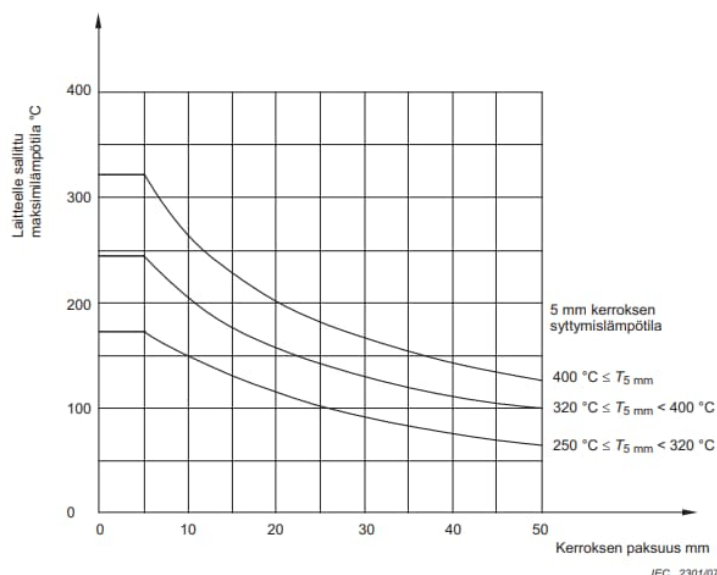
Laitteilla, joilla ei ole merkintää pölykerroksen paksuudesta on sovellettava T-merkinnän yhteydessä turvakerronta pölykerroksen paksuudesta riippuen. Enintään 5 mm pölykerroksien tapauksessa käytetään standardia IEC 60079-0, jonka mukaan pölyttömänä määritetty laitteen pintalämpötila ei saa ylittää arvoa, joka on 75 °C pienempi, kuin kyseessä olevan pölyn 5 mm kerroksen minimisyttymislämpötila (kaava 2): (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016.)

$$T_{max} \leq T_{5\text{ mm}} - 75\text{ °C} \quad 2$$

, missä  $T_{5\text{ mm}}$  on 5 mm pölykerroksen syttymislämpötila (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016.).

Tapauksissa, joissa on mahdollisuus muodostua yli 5 mm paksuja pölykerroksia, mutta enintään 50 mm pölykerroksia käytännön laitteille, on suurinta sallittua pintalämpötilaa alennettava kuvan 14 kuvaajan mukaisesti. Ennen kuvaajan katsomista tulee tutustua standardiin IEC 61241-2-1, jotta mahdolliset tarkennukset ja poikkeukset on otettu huomioon. (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016.)





KUVA 14. Suurimmat sallitut pintalämpötilat pölyräjähdysvaarallisissa tiloissa (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016.)

### 3.5 Räjähdysuojausasiakirja

Räjähdysuojausasiakirja on jokaisen työntäjän laatima dokumentti työpaikoille, joissa voi esiintyä räjähdysvaarallisia tiloja. Dokumentti on laadittava ennen tilojen käyttöönottoa. Räjähdysuojausasiakirjaa on päivitettävä olosuhteiden tai tilanjärjestyksen tai -välineistön muuttuessa merkittävästi. (Räjähdysvaaralliset tilat n.d.)

Räjähdysuojausasiakirjassa esitetään EX-tilojen vastuussa olevat henkilöt sekä selostus vastaavasta henkilöstä, joka huolehtii turvallisuustoimenpiteiden vastaamisesta, toteuttamisesta ja räjähdysuojausasiakirjan päivittämisestä. Asiakirjassa on räjähdysvaaran osalta tärkeät toimintakuvaukset, tiedot tilojen siivouksesta, ilmanvaihdosta sekä selostus teknisistä ja organisatorisista räjähdysuojatoimenpiteistä. Räjähdyskelpoisen ilmaseoksen aikaan saavat aineet ja olosuhteet sekä riskin arviontien tulokset sekä menettelytapa esitetään räjähdysuojausasiakirjassa. Myös luettelot laitteista ja työvälineistä, jotka saattavat aiheuttaa syttymisvaaraa sekä jotka on hyväksytty käytettäväksi useissa räjähdysvaarallisissa tiloissa, mainitaan asiakirjassa. Piirustuksina räjähdysuojausasiakirjasta löytyy pohjapiirustus, jossa näkyy poistumistiet ja tilaluokituskuva. (Räjähdysvaaralliset tilat n.d.)

## 4 LÄHTÖTIEDOT

Lähtötietona opinnäytetyölle ja projektille oli ennakkohuolto-ohjelman perusteella tehty ATEX-tarkastuksen huomiolistaus. Lista koostui laitteen positiosta, sen tarkemmasta nimestä, milloin huomio oli kirjattu, tarkastajasta sekä selityksestä. Huomiot oli kirjattu vuosien 2019–2022 välisenä aikana. Tehdyn huomion selitys ei ollut kaikissa yhtenäinen, joten listauksen perusteella ne jaettiin yksitellen eri puutetyyppeihin. Puutetyyppejä olivat kilpipuute, maadoituspuute, nippa ja ATEX-laite.

Lähtötietojen perusteella tehtiin kenttäkierros tehtaalla. Kenttäkierroksen aikana jokainen listan merkintä käytiin läpi ja tarkastettiin mahdolliset lisätiedot kohteesta. Haastavat huomiot myös valokuvattiin, jotta niiden korjaussuunnitelman tekeminen onnistuisi helpommin.

### 4.1 Tehtaan alueet

Opinnäytetyö tehtiin UPM Kaukaan tehtaan biojalostamolle. Tehtaassa alueet ovat rajattu 14 eri alueeseen lähtökohtaisesti eri rakennuksien perusteella. Opinnäytetyö tehtiin yhdelle alueelle ja siitä syntyviä tuloksia sekä asennusaineistoa on tarkoitus hyödyntää myös kaikille muille tehtaan alueille. Opinnäytetyön alueen valinta periaate oli sen sopivan monipuolinen tarjonta eri puutteista, yhtenäinen tila sekä EX-tilana selkeä rajausta laitteiden ollessa samalla tasolla.

Opinnäytetyön alue oli kompressiolaitos. EX-alueella oli vain tilaluokan 2 rajattuja alueita. UPM Kaukaan tehtaan suunnitteluohjeessa kuitenkin mainitaan, että prosessialueella pyritään suunnittelemaan kaikki tilaluokan 2 mukaan vaikka se ei ole suoraan tarpeen. (PROJEKTIOHJE INSTRUMENTOINNIN YLEISOHJE. 2012.)

## 4.2 ATEX-määräaikaistarkastukset

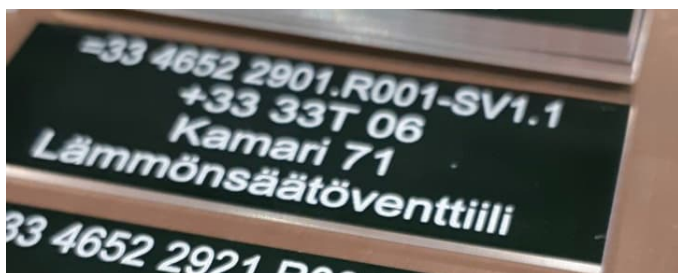
UPM Kaukaan tehtaalla on EX-tilojen kunnossapito-ohjelmassa kaksi tarkastusajankohtaa. Tehtaalla tehdään pintapuoleinen tarkastus vuosittain sekä yksityiskohtaisempi tarkastus joka kolmas vuosi. Tehtaalla myös suoritetaan käytönai-kaista jatkuvaa valvontaa.

UPM Kaukaan tehtaalla on tehty osastokohtainen tarkastuspaketti, jonka tarkoitus on selventää maadoitusresistanssimittauksen, eristystilamittauksen ja silmuk- kaimpedanssimittauksen suorittamista erilaisissa tilanteissa. Se sisältää erilai- sista tarkastuslistoja, mittausohjeen sekä ATEX-laitteita sisältäviä piirikaavioita.

## 4.3 Puutetyypit

### Kilpi

Kilpipuute merkinnät koskivat laite- ja kaapelikilpiä. Jokaisessa laitteessa ja kaa- pelissa täytyy olla kilpi kuten kuvassa 15, jossa selviää sen tietoja. Tunnuksen avulla laitteen tai kaapelin tietojen selvittäminen on helppoa, ja se nopeuttaa kor- jaus- ja huoltotoimenpiteitä.



KUVA 15. Esimerkki laitekilvestä (KONE- JA LAITEKILVET.)

UPM Kaukaan tehtaalla on tehty määrittelyt kilpien suhteen suunnitteluohjeessa. Jokaiselle kilvelle on määritetty sen koko, väri, materiaali, kiinnitystapa sekä mitä kilven tekstin tulee sisältää. (PROJEKTIOHJE INSTRUMENTTI- JA SÄHKÖ- TUNNUSJÄRJESTELMÄ. 2018.)



**ATEX-laite**

Huomioita oli tehty myös laitteista, joiden epäiltiin olevan ei-hyväksyttyjä EX-tiloihin. Epäilty tulivat lähtökohtaisesti muovikoteloista kyseisten laitteiden kyljestä (kuva 18). Tapaukset olivat yksittäisiä.

*RAJATTU POIS JULKAISTAVASTA OPINNÄYTETYÖSTÄ  
LIIKESALAISUUKSIEN TAKIA*

KUVA 18. Ei-hyväksytty muovinen ATEX-kotelo.

## 5 SELVITYS

Selvityksen tarkoitus oli löytää ratkaisut huomio- ja puutekirjauksiin kompresiolaitoksella. Asiaa lähestyttiin standardien, ohjeistuksien ja tehtaan oman suunnitteluohjeiden kautta sekä myös valmistajiin oltiin yhteydessä. Mahdollisista puutteista tehdään korjaussuunnitelma sekä asennusaineisto. Osa korjauksista pystytään tekemään tehtaan ollessa käynnissä ja osa korjauksista tehdään seisokin aikana.

### 5.1 Kilvet, nipat ja ATEX-laitteet

**Puuttuvien kilpien** tilaaminen tehdään UPM suunnitteluohjeen mukaan, joka näkyy liitteessä 1. Suunnitteluohje määrittelee jokaiselle erilaiselle kentälaitteelle sen tyyppin. Tyyppi määräytyy sen perusteella onko kyseessä esimerkiksi laite, kaapeli, kotelo, liitin tai kyltti. Pohjan väri ja teksti määräytyvät tyyppin mukaan. Kiinnitys tehdään joko teipillä, ruuvilla, langalla tai valmiilla taskulla.

Kilvet tilataan kilpiluettelon avulla, joka näkyy liitteessä 2. Kilpien tilausta varten on tehty Excel-luettelo, joka toimitetaan suunnittelijan toimesta UPM:lle. UPM tilaa luettelon pohjalta kilvet itse. Luetteloon merkitään kilven tyyppi, sen materiaali sekä tarkemmat tiedot aina tapauskohtaisesti.

**Nipoista** huomiot oli kirjattu, koska niiden materiaali oli muovia. Nipat olivat EXi-nippoja, jotka ovat materiaalialtaan muovia ja väriltään vaaleansinisiä (kuva 16). Ne ovat ATEX-hyväksyttäjä nippoja, joten niitä ei tarvitse korvata uusilla sillä kyseiset piirit olivat EXi-piirejä.

**ATEX-laitteiden** huomiot oli kirjattu muovisista kytkentärasioista ATEX-laitteiden kyljessä (kuva 18). Kyseiset laitteet olivat pinnankorkeuden uimurillisia mittauksia ja varustettu galvaanisella EXi-erottimella. Muovisten kytkentärasioiden kyljessä ei ollut ATEX-merkintöjä ja ne olivat normaalien kytkentärasioiden näköisiä. Tehtaan samassa tilassa galvaanisella EXi-erottimella varustettuja pinnankorkeuden

mittauksissa lähettimen kanssa oli käytetty alumiinisia ATEX-hyväksyttäjä rasioita, jotka olivat KFG Level AG valmistamia (kuva 19).

*RAJATTU POIS JULKAISTAVASTA OPINNÄYTETYÖSTÄ  
LIIKESALAISUUKSIEN TAKIA*

KUVA 19. Alumiinen ATEX-hyväksytty kotelo.

Muoviset kytkentärasiat tulisi korvata ATEX-hyväksytyillä rasioilla. Kyseessä on hyvin samantyyppinen laiterakenne kuin pinnakorkeudenmittauksissa lähettimen kanssa, joten uudet rasiat voisivat olla vastaavanlaiset eli KFG Level AG valmistamia alumiinisia-rasioita. Uuden rasian tilaamisessa on myös otettava huomioon sen koko ja kiinnitystapa. Rasian vaihtaminen tulisi tapahtua seisakin aikana ja siitä tehtiin asennusaineisto, joka on liitteessä 3.

## 5.2 Maadoitukset

### EXi-piirit

Maadoituksien puuttumiset EXi-piireissä olivat lämpötilanmittauksia (kuva 20) sekä EXi-koteloiden maadoituksia (kuva 19). EXi-piirit oli varustettu galvaanisella EX-erottimella. Galvaanisella erottimella varustettujen piirien laitteiden maadoittaminen kaapelin vaippojen osalta tapahtuu vain järjestelmän päässä, koska muuten voi syntyä maadoituspisteiden potentiaalierojen johdosta häiriövirtapiirejä. Asia varmistettiin EX-erotin valmistajalta Pepperl+Fuchs teknisestä tuesta.



KUVA 20. Tehtaalla käytetty lämpötilalähetin ABB TSP131.

Lämpötilanlähettimen maadoitus sen rungosta ja suojataskusta lähdettiin selvittämään laitetoimittajan kautta. Lämpötilalähettimenä oli ABB TTH300 ja ABB TSP131. EXi-piirin saa lähtökohtaisesti vain maadoittaa yhdestä kohtaa, mutta toiminnallisissa syissä esimerkiksi staattisen sähkön takia lisämaadoitus voi olla tarpeellinen.

Lämpötilalähettimen suojataskua ei tarvitse maadoittaa standardin SFS-EN 60079-14 mukaan, koska se on yhteydessä maadoitettuun putkiston tai pumpun kanssa: ”Jännitteelle alttiita osia ei kutakin erikseen tarvitse yhdistää potentiaalintasausjärjestelmään, jos ne ovat suoraan yhteydessä tai johtavasti yhdistettynä metallirakenteeseen tai putkistoon, joka puolestaan on yhdistetty potentiaalintasausjärjestelmään.” On myös mahdollista, että ruuvikiinnikeisissä suojataskuissa on käytetty tiivistysmateriaalia mikä estää suoran yhteyden jännitteelle alttiisiin osiin (Suojataskut. n.d.).

Suojataskun ja EXi-kotelon maadoittamiseen otetaan myös UPM omassa suunnitteluohjeessa kantaa, jonka mukaan laitteet, joissa ei ole maadoitusta varten asennettua maadoitusruuvia, voidaan jättää maadoittamatta. (PROJEKTIOHJE INSTRUMENTOINNIN YLEISOHJE. 2012.). Lisäksi standardissa SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016 sanotaan ”Exi-laitteiden tai energiaa rajoittavien laitteiden metallikoteloita ei tarvitse yhdistää potentiaalintasausjärjestelmään, elleivät laiteohjeet tai staattisen sähkövarauksen purkaminen sitä edellytä.”

Staattisesta sähköstä puhutaan usein hankaussähköinä. Sitä voi syntyä esimerkiksi hankauksen tai tärinän seurauksena yleensä kahden eristävän materiaalin välillä. (Staattisen sähkön aiheuttamat ongelmat ja niiden poistaminen 2.2004). Suojataskut olivat ruuvikiinnikeisiä, joten hankauksen tai tärinän ei tässä tapauksessa pitäisi synnyttää staattista sähköä metallirakenteissa. Standardi SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016 käsitellään staattisen sähkön osalta vain ei-metalli rakenteita kohdassa 6.5: ”Tämän kohdan vaatimuksia sovelletaan ulkoisiin ei-metallisiin materiaaleihin, joita käytetään rakenteissa tai suojaustarkoituksiin, mutta jotka eivät ole osana sertifioitua laitetta (esim. muovipääällysteiset kaapelihyllyt, muoviset asennuslevyt, muoviset sääsuojat ja kotelot).”



Lämpötilälähettimen suojataskun tai EXI-koteloiden potentiaalintasauksen lisäykselle ei ole perusteita standardien, valmistajien tai UPM oman suunnitteluohjeen mukaan. Tehtaan samassa tilassa ja samoilla komponenteilla varustettuja lämpötilälähtimiä on myös potentiaalitasattu. Lisäpotentiaalintasauksista ei lähtökohtaisesti pitäisi olla haittaa, vaikka niille ei ole suoranaista perustetta.

### **Muut maadoitukset**

Maadoitus huomioita oli myös kirjattu lämmitin lubrikaattorista sekä magneettiventtiileistä. Lämmitys lubrikaattorin tapauksessa sen runkoa ei ole maadoitettu (kuva 21). Samassa tilassa olevassa toisessa vastaavassa lämmitin lubrikaattorissa oli maadoitus (kuva 22).

*RAJATTU            POIS            JULKAISTAVASTA            OPINNÄYTETYÖSTÄ  
LIIKESALAISUUKSIEN TAKIA*

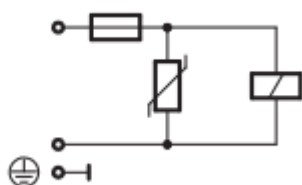
KUVA 21. Lämmitin lubrikaattori, jota ei ole maadoitettu

*RAJATTU            POIS            JULKAISTAVASTA            OPINNÄYTETYÖSTÄ  
LIIKESALAISUUKSIEN TAKIA*

KUVA 22. Maadoitettu lämmitin lubrikaattori

Puuttuva maadoitus lisätään lämmitys lubrikaattoriin vastaavalla tavalla, kun kuvassa 22. Maadoituksen lisäys toteutetaan kevään seisakissa ja siitä toimitetaan asennusaineisto (liite 3).

Magneettiventtiileissä maadoituksen tarvetta alettiin tutkia sen ohjekirjan avulla (kuva 23). Magneettiventtiilille tuli häiriösuojattu parikaapeli.



KUVA 23. Kytentäohje magneettiventtiilille (Direct solenoid actuated poppet valve.)

Kytkenässä nähdään, että häiriösuojaus yhdistetään maadoituspaikkaan. Magneettiventtiilin runkoa ei tarvitse maadoittaa, koska se oli valmistettu muovista. Myöskään erillistä maadoitusruuvia ei ollut, joten UPM instrumentoinnin ohjeituksen mukaan maadoitusta ei ole tarpeen. Lisäksi se oli yhdistetty maadoitettuun putkistoon, joten maadoitusta ei tarvitse lisätä (SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016.).

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aihe valikoitui UPM Kaukaan tehtaan tarpeiden mukaan. ATEX-ennakkohuolto-ohjelman ja määräaikaistarkastuksien pohjalta syntynyt huomio ja puutelistaus vaati selvitystä erityisesti maadoituksien osalta. Työn tuloksia oli tarkoitus hyödyntää kevään 2023 seisokissa myös tehtaan muissa osissa.

Opinnäytetyöstä oli tarkoitus saada selvitys, jonka pohjalta mahdolliset puutteet maadoituksissa, kilvissä, nipoissa ja laitteissa voitaisiin korjata. Selvityksessä kuitenkin lopulta todettiin maadoituksien olevan ohjeistuksien ja standardien mukaiset ja nipat olivat EXi-hyväksyttävä. Poikkeuksena lämmitys lubrikaattorin maadoitus, jonka suhteen toimitetaan asennusaineisto sen korjaamiseksi. Puutteellisten kilpien osalta UPM Kaukaan tehtaalle toimitetaan kilpilista. Muovisten koteloiden vaihtamiseen ATEX-hyväksytyihin koteloihin toimitetaan asennusaineisto seisokkia varten.

Työssä tutustuttiin standardeihin, ohjeistuksiin ja tehtaan omiin ohjeisiin sekä olttiin yhteydessä valmistajiin. Myös kommunikointi asiakkaan ja muiden suunnittelijoiden välillä oli tärkeää, jotta viimeisin tieto, toimintatavat ja perustelut saatiin selville. Lopulta saatujen tietojen perusteella oli helppo tehdä perustellut ratkaisut maadoituksien, nippojen ja koteloiden suhteen.

ATEX-säädöksiin ja erilaisiin maadoitusjärjestelmiin ja -tapoihin tutustuminen oli kehittävää sekä haasteellista. Työn kuva oli kokonaisvaltainen. Alusta asti kokonaa uuden tiedon sisäistäminen ja sen toteutus käytännön tasolla antoi suuntaa viivoja tuleviin selvityksiin. Asiakkaan toimintatapoihin ja tehdasympäristöön tutustuminen oli mielenkiintoista ja tulevaisuuden kannalta palkitsevaa, kun suunnitelmat ja toteutukset on mahdollista huomata käytännössä. EX-tilojen ja maadoituksien kannalta opinnäytetyön aihe tulee jatkumaan tehtaan muihin osiin kevään aikana.

## LÄHTEET

AXIS. 21.7.2020. Types of Earthing Systems – What does TT, IT & TN Earthing mean? Viitattu 13.11.2022. WWW-sivu. Luettu 12.11.2023

<https://axis-india.com/tt-it-tn-earthing-systems/>

ESR. 02.02.2004. Staattisen sähköön aiheuttamat ongelmat ja niiden poistaminen. Luettu 24.1.2023.

[https://peda.net/ksao/oppimisymp%C3%A4rist%C3%B6/koulutus-alat/tjla/alv/lentokoneasentaja/lph/m5djej/m5sshl/5sshl2/5eme:file/download/1f93366f179b19abe9b474052d9d8a3d650d735e/ESD\\_MOD%205.12\\_%2014.1.04.pdf](https://peda.net/ksao/oppimisymp%C3%A4rist%C3%B6/koulutus-alat/tjla/alv/lentokoneasentaja/lph/m5djej/m5sshl/5sshl2/5eme:file/download/1f93366f179b19abe9b474052d9d8a3d650d735e/ESD_MOD%205.12_%2014.1.04.pdf)

European Commission. n. d. Equipment for potentially explosive atmospheres (ATEX). WWW-sivu. Luettu 14.11.2022. [https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/mechanical-engineering/equipment-potentially-explosive-atmospheres-atex\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/mechanical-engineering/equipment-potentially-explosive-atmospheres-atex_en)

Extesting. n.d. Explosive Atmosphere Zone Classifications. WWW-sivu. Luettu 11.1.2023.

<https://www.extesting.com.au/ex-zones/>

GM International. 4/2019. Zener and galvanic isolators: pros and cons for each choice. Luettu 10.1.2023.

<https://news.gminternational.com/zener-and-galvanic-isolators-pros-and-cons-for-each-choice>

Kilpi Koskinen. n.d. KONE- JA LAITEKILVET. WWW-sivu. Luettu 12.1.2023

<https://www.kilpi-koskinen.fi/teollisuusopasteet/kone-ja-laitekilvet/>

KIWA. 2020. Luonnostaan vaarattomat virtapiirit. Sisäinen asiakirja. Luettu 12.1.2023.

KIWA. 09/2018. Palovaarallinen tila, Räjähdyksivaarallisten tilojen laitteet sekä niiden valinta, Sähkölaitteistojen tarkastukset. Luettu 10.1.2023.

<https://tukes.fi/documents/5470659/8293726/Atex-koulutus+Kurvinen/24879efc-cc87-0a5e-59c2-9d6fe8ae6a53/Atex-koulutus+Kurvinen.pdf>

KIWA. n.d. Räjähdyksivaarallisten tilojen turvallisuus. Sisäinen asiakirja. Luettu 17.1.2023.

Matti Lehtonen. n.d. SÄHKÖENERGIATEKNIikka. Luettu 18.1.2023

[https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/879451/mod\\_resource/content/1/Luento%20luku%209%20%5BCompatibility%20Mode%5D.pdf](https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/879451/mod_resource/content/1/Luento%20luku%209%20%5BCompatibility%20Mode%5D.pdf)

NORGREN. 08/2022. 24011 series, 3/2 Direct solenoid actuated poppet valve. Luettu 3.2.2023

[http://cdn.norgren.com/pdf/en\\_5\\_4\\_306\\_24011.pdf](http://cdn.norgren.com/pdf/en_5_4_306_24011.pdf)

SESKO. 01/2021. Ex-tilojen sähköasennukset. Luettu 10.1.2023.

[https://sesko.fi/wp-content/uploads/2021/11/Ex-tilojen\\_sahkoasennukset.pdf](https://sesko.fi/wp-content/uploads/2021/11/Ex-tilojen_sahkoasennukset.pdf)

SFS-EN 60079-10-1:2021. 2021. Räjähdyksvaaralliset tilat. Osa 10–1. Tilaluokitus. Kaasuräjähdyksvaaralliset tilat. 3 painos. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry. Luettu 12.1.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 60079-10-2:2015. 2015. Räjähdyksvaaralliset tilat. Osa 10–2: Tilaluokitus. Pölyräjähdyksvaaralliset tilat. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry. Luettu 13.1.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 60079-14:2015 + AC:2016. 2015. Räjähdyksvaaralliset tilat. Osa 14: Sähköasennusten suunnittelu, laitevalinta ja asentaminen. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry. Luettu 13.1.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-käsikirja 59. 2012. Räjähdyksvaarallisten tilojen luokittelu. Palavat nesteet ja kaasut. 5. painos. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS ry. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

Tiainen, Esa. 2017. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 24.painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Tiainen, Esa. Ylinen Timo. Nurmi Tapani. Koivisto Pekka. Kauppila Jenna. 2019. Maadoituskirja. 7.painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. n. d. ATEX Räjähdyksvaarallisten tilojen turvallisuus. Luettu 14.11.2023.  
<https://tukes.fi/documents/5470659/6406815/ATEX+r%C3%A4j%C3%A4hdysvaarallisten+tilojen+turvallisuus/310d29f5-57bc-431a-90e5-27bf0b6e0f8d?version=1.0>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. n. d. Räjähdyksvaaralliset tilat. WWW-sivu. Luettu 14.11.2023. <https://tukes.fi/teollisuus/rajahdysvaaralliset-tilat>

Työsuojelu. 11/2020. ATEX. [WWW.sivu](http://WWW.sivu). Luettu. 11.1.2023  
<https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/kemialliset-tekijat/atex>

UPM. 09/2018. PROJEKTIOHJE INSTRUMENTTI- JA SÄHKÖTUNNUSJÄRJESTELMÄ. Sisäinen asiakirja. Luettu 19.1.2023

UPM. 12/2012. PROJEKTIOHJE INSTRUMENTOINNIN YLEISOHJE. Sisäinen asiakirja. Luettu 19.1.2023

WIKÄ. n.d. Suojataskut. Luettu 24.1.2023  
[https://www.wika.fi/upload/OI\\_Thermowells\\_fi\\_107203.pdf](https://www.wika.fi/upload/OI_Thermowells_fi_107203.pdf)

**LIITTEET**

Liite 1. Ohjeistus nimikilpi kenttälaitteelle

*RAJATTU       POIS       JULKAISTAVASTA       OPINNÄYTETYÖSTÄ*  
*LIIKESALAISUUKSIEN TAKIA*

## Liite 2. Kilpiluettelo

*RAJATTU            POIS            JULKAISTAVASTA            OPINNÄYTETYÖSTÄ*  
*LIIKESALAISUUKSIEN TAKIA*

## Liite 3. Asennusaineisto

1(9)  
*RAJATTU POIS JULKAISTAVASTA OPINNÄYTETYÖSTÄ*  
*LIIKESALAISUUKSIEN TAKIA*



2(9)

*RAJATTU POIS JULKAISTAVASTA OPINNÄYTETYÖSTÄ*  
*LIIKESALAISUUKSIEN TAKIA*

3(9)

*RAJATTU POIS JULKAISTAVASTA OPINNÄYTETYÖSTÄ*  
*LIIKESALAISUUKSIEN TAKIA*

4(9)

RAJATTU POIS JULKAISTAVASTA  
LIIKESALAISUUKSIEN TAKIA

OPINNÄYTETYÖSTÄ

5(9)

RAJATTU POIS JULKAISTAVASTA  
LIIKESALAISUUKSIEN TAKIA

OPINNÄYTETYÖSTÄ

6(9)

*RAJATTU POIS JULKAISTAVASTA  
LIIKESALAISUUKSIEN TAKIA*

*OPINNÄYTETYÖSTÄ*

7(9)

RAJATTU POIS JULKAISTAVASTA  
LIIKESALAISUUKSIEN TAKIA

OPINNÄYTETYÖSTÄ

8(9)

RAJATTU POIS JULKAISTAVASTA  
LIIKESALAISUUKSIEN TAKIA

OPINNÄYTETYÖSTÄ

9(9)

RAJATTU POIS JULKAISTAVASTA  
LIIKESALAISUUKSIEN TAKIA

OPINNÄYTETYÖSTÄ