

Janne Pihlava

RÄJÄHDYSVAARALLISTEN TILOJEN  
MAADOITTAMINEN JA MITTAUKSET

Sähkötekniikan koulutusohjelma  
2016

# RÄJÄHDYSVAARALLISTEN TILOJEN MAADOITTAMINEN JA MITTAUKSET

Pihlava, Janne

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Joulukuu 2016

Ohjaaja: Tuomela, Jorma

Sivumäärä: 41

Liitteitä: 3

Asiasanat: maadoitus, potentiaalintasaus, räjähdysvaarallinen tila, maadoituselektrodi

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Pori Energia Oy:n Aittaluodon voimalaitoksen räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuutta. Suunnitelman tarkoituksena oli ennalta ehkäistä mahdollisten staattisten varausten ja kipinöiden synty räjähdysvaarallisella alueella, näin ollen liittää jännitteelle alttiit osat potentiaalintasaukseen. Työn teoriaosuudessa käydään läpi Aittaluodon polttoaineenkäsittelyn tilaluokitukset, tilaluokitusten vaikutukset laitteiden hankintaan, potentiaalintasauksen toteuttaminen voimalaitoksen polttoaineen käsittelyssä, sekä maadoituksen kunnon tarkastusmittauksin. Opinnäytetyön lopussa puututtiin silmämääräisellä tarkastuksella tehtyihin poikkeavuuksiin ja turvallisuushavaintoihin.

# GROUNDING OF ENVIRONMENTS WITH EXPLOSIVE ATMOSPHERES AND MEASURING

Pihlava, Janne

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in electrical engineering

December 2016

Supervisor: Tuomela, Jorma

Number of pages: 41

Appendices: 3

Keywords: grounding, main equipotential bonding, explosive atmosphere, earth conductor

---

The purpose of this thesis was to improve the safety of environments with explosive atmospheres within Pori Energia Oy's power plant in Aittaluoto. The project's goal was to prevent the formation of static charges and sparks in such spaces, thus connecting components vulnerable to voltage to a common potential. Area classifications of fuel processing and their impact on procuring equipment, the execution of potential equalization regarding the power plant's fuel processing, and inspection of the condition of grounding using measuring are reviewed in the theoretical portion of this thesis. In the end of the thesis anomalies and observations regarding safety were superficially examined.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
2	PORI ENERGIA OY.....	9
2.1	Yhtiön rakenne.....	9
2.1.1	Emoyhtiö .....	10
2.1.2	Pori Energia Sähköverkot Oy.....	10
2.1.3	Suomen Teollisuuden Energiapalvelut Oy.....	10
2.2	Aittaluodon voimalaitos.....	11
2.2.1	Aittaluodon voimalaitoksen kattilat .....	11
	12	
3	RÄJÄHDYSVAARALLINEN TILA .....	13
3.1	Tilaluokka .....	13
3.2	Ilmanvaihdon vaikutus tilaluokkaan .....	14
4	RÄJÄHDYSSUOJAUSASIAKIRJA.....	15
5	AITTALUODON VOIMALAITOKSEN POLTTOAINEEN KÄSITTELY.....	15
5.1	Käytetyt palavat aineet Aittaluodossa.....	15
5.1.1	Jyrsinturve .....	15
5.1.2	Puupolttoaineet.....	16
5.1.3	Raskas polttoöljy .....	16
6	ATEX-TILAAAN SIJOITETTAVAN LAITTEEN VALITSEMINEN JA ASENTAMINEN .....	17
6.1	Pölyräjähdysvaallisen tilan laitteen pintalämpötilan valitseminen .....	17
6.2	Pölypilvet .....	17
6.3	Pölykerrokset .....	18
7	VAATIMUKSET PIENJÄNNITEJAKELUJÄRJESTELMILLE.....	18
7.1	TN-S-järjestelmä.....	18
7.2	TT-järjestelmä.....	18
7.3	IT-järjestelmä.....	19
7.4	Pienoisjännitteiset ELV-järjestelmät .....	19
7.5	Sähköinen erotus.....	19
8	SUOJAUS VAARALLISELTA KIPINÖINNILTÄ.....	20
8.1	Staattisen sähkön poistaminen .....	20
8.2	Kevytmetallin rajoitukset.....	20
8.2.1	Kevytmetallien rajoitukset pölyräjähdysvaarallisessa tilassa.....	20
8.3	Asennustarvikkeet.....	21



8.4	Kiertovirrat.....	21
8.5	Ukkossuojaus .....	22
8.5.1	Ukkossuojaus pölyräjähdysvaarallisissa tiloissa .....	22
9	ATEX-TILAN POTENTIAALINTASAAUS .....	23
9.1	Jännitteelle alttiit ja muut johtavat osat .....	23
9.2	Metallikoteloiden ja runkojen maadoitus.....	24
9.3	Liikkuvat ja pyörivät koneenosat.....	24
9.4	Kytkemättömät johtimet, armeeraukset ja häiriösuojat .....	24
9.5	Putkistojen eristyspalat .....	25
9.6	Tilapäinen potentiaalintasaus.....	25
9.7	Ei yhdistetä potentiaalintasausjärjestelmään.....	26
9.8	Maadoituskiskot ja mittauspisteet.....	27
9.9	Potentiaalintasausjohdin ja –liitokset.....	27
9.10	Valaistus- ja lämmitysryhmien potentiaalintasaus.....	29
10	POTENTIAALINTASAUKSEN TOTEUTUS AITTALUODON VOIMALAITOKSESSA.....	30
10.1	Potentiaalintasaus.....	30
10.1.1	Päämaadoituskisko .....	30
10.1.2	Potentiaalintasauskisko EB01 .....	31
10.1.3	Potentiaalintasauskisko EB02 .....	32
10.1.4	Potentiaalintasauskisko EB03 .....	33
10.2	Räjähdysvaarallisella alueella sijaitsevat potentiaalintasauskiskot .....	34
10.3	Johtavat rakenteet.....	35
10.4	Imurilinjaston maadoittaminen .....	35
10.5	Polttoaineen vastaanotto ja autojen purku .....	36
10.6	Pyörivien laitteiden maadoittaminen .....	36
10.7	Kuljettimien rakenteet.....	36
11	POTENTIAALITASAUKSEN TODENTAMINEN MITTAUKSILLA .....	37
11.1	Suojajohtimien jatkuvuus.....	37
11.1.1	Mittaustulokset .....	37
11.2	Maadoitusresistanssi mittaukset.....	37
11.2.1	Mittaustavat .....	38
11.2.2	Maadoitusvastuspihtimittari .....	39
11.3	Maasulkumittausmenetelmä .....	39
12	YHTEENVETO .....	41
	LÄHTEET.....	42
	LIITTEET	

## Lyhenteet

ATEX	Atmosphere Explosible; räjähdysvaaralliset ilmaseokset
DTC	Direct Torque Control; suora momenttisäätö
ELV	Pienoisjännitejärjestelmä; nimellisjännite saa olla vaihtojännitteen tehollisarvosta korkeintaan 50 V ja sykkeettömällä tasajännitteellä korkeintaan 120 V
EPL	Equipment Protection Level; räjähdysuojaustaso
Exd	Räjähdyspaineen kestävä rakenne
Exe	Varmennettu rakenne
Exi	Luonnostaan vaaraton rakenne
Exm	Massavalurakenne
Exn	Suojausrakenne n
Exo	Öljytäytteinen rakenne
Exp	Paineistettu rakenne
Exq	Hiekkatäytteinen rakenne
Exs	Erikoisrakenne
ExtD	Pölyräjähdysvaarallisen tilan tiivis kotelointi

Ex-tila	Räjähdyksivaarallinen tila
PEN	Yhdistetyt nolla- ja suojajohdintoiminnot
SFS	Suomessa vahvistetun standardin tunnus
SFS-EN	Suomessa ja Euroopassa vahvistetun standardin tunnus
TN	Yksi piste on maadoitettu suoraan, ja sähkölaitteiston jännitteelle alttiit osat on yhdistetty tähän pisteeseen suojamaadoitusjohtimella tai PEN-johtimella
TN-C	Nolla ja suojamaadoitusjohdintoiminnot on yhdistetty yhteen johtimeen
TN-S	Nolla- ja suojamaadoitusjohdintoiminnot ovat erillisissä johtimissa
TT	Yksi piste on maadoitettu suoraan ja sähkölaitteiston jännitteelle alttiit osat on yhdistetty jakelujärjestelmän maadoituselektrodeista sähköisesti riippumattomiin erillisiin maadoituselektrodeihin

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aihe on peräisin Pori Energia Oy:ltä. Uusien standardien myötä vanhojen laitosten määräysten täyttämässä on poikkeavuuksia.

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli suunnitella räjähdysvaarallisten tilojen maadoittaminen ja niiden todentaminen mittauksin. Aluksi käydään läpi räjähdysvaarallisten tilojen tilaluokitukset, sekä tarkastellaan ympäristön ja ilmanvaihdon vaikutuksia tilaluokkiin. Seuraavaksi perehdytään Aittaluodon polttoaineen käsittelyyn ja räjähdysvaarallisten ilmaseosten aiheuttajiin. Lopuksi työ kohdistuu räjähdysvaarallisten tilojen potentiaalintasaukseen, vaatimuksiin laitehankinnoissa, suojaukseen vaaralliselta kipinöinniltä, sekä maadoitusmittauksiin. Työn tavoitteena on tehostaa voimalaitoksen polttoainekäsittelyn turvallisuutta poistamalla räjähdysvaaralliselta alueelta mahdollinen varaus johtavissa rakenteissa.

## 2 PORI ENERGIA OY

Pori Energian tuotanto koostuu energian tuottamisesta ja energia-alan palveluista. Pääasiallinen tuotanto ja toiminta kohdistuvat Porin kaupungin lähikuntiin. Kuitenkin sähkön myynti, energiapalvelut, sekä tuulivoimapalvelut toimivat valtakunnallisesti. (Pori Energia Oy:n www-sivut 2016)

Vuonna 1898 yrityksen alkuaikainen toiminta koostui pääasiallisesti kaupungin valaistuksesta. Tämän hetkiseen tilanteeseen päästiin vasta vuonna 2006, jolloin Porin Lämpövoima Oy ja Pori Energia yhdistyivät Pori Energia Oy:ksi. (Pori Energia Oy:n www-sivut 2016)

Pori Energia on kaupungin energiapalveluiden merkittävin työnantaja, jossa vuonna 2014 työskenteli yhteensä 267 vakinaista työntekijää. Vuosittain Pori Energia tarjoaa useille kymmenille kesätyömahdollisuuden. Tällä hetkellä yrityksen sähköverkolla on yli 50 000 käyttäjää. Pori Energia konsernin liikevaihto oli vuonna 2015 134,4 M€. (Pori Energia Oy:n www-sivut 2016)

### 2.1 Yhtiön rakenne

Pori Energian konserni koostuu emoyhtiöstä Pori Energia Oy, sekä tytäryhtiö Pori Energia Sähköverkot Oy (PESV). Korninyhtiönä toimii Suomen Teollisuuden Energiapalvelu (STEP), joka on Pori Energian ja Veolian omistama yhteisyritys. Omistaja prosentti Pori Energialla on 49 %. Yhtiöllä on myös paljon osakkuuksia ja tuotantosuuksia energia-alalla. (Pori Energia Oy:n www-sivut 2016.)

### 2.1.1 Emoyhtiö

Pori Energia Oy:n myynti koostuu sähköstä, kaukolämpö ja –jäädystä ja teknisistä palveluista. Teknisiin palveluihin sisältyy sähköverkon käyttöpalvelut sekä suunnittelu-, rakennus- ja kunnossapitopalvelut, voimalaitosten käynnissäpito- ja kunnossapitopalvelut, katuvalaistuksen ja tietoliikenneverkkojen palvelut, sekä tuulivoimapalvelut. Yhtiön lämpöenergia sekä suurin osa sähköstä on lähes kaikki peräisin yhtiön omista tuotantolaitoksista ja tuotanto-osuuksista. Yhtiön energia tuotetaan Aittaluodon ja Kaanaan voimalaitoksissa. Voimalaitokset tuottavat pääasiassa lämmön ja sähkön yhteistuotantona. Pori Energian sähkön myynti oli vuonna 2015 1526 GWh ja lämmön myynti 593,82 GWh. Kaukolämmön tuotannon osuus oli samaisena vuonna 584 GWh, sekä Prosessienergian tuotanto 287 GWh. (Pori Energia Oy:n www-sivut 2016.)

### 2.1.2 Pori Energia Sähköverkot Oy

Vuonna 2006 sähkömarkkinalain eriyttämisvaatimuksen mukaan verkkoliiketoiminta tuli eriyttää sähkön myynnistä omaksi osakeyhtiökseen. Näin syntyi Pori Energian tytäryhtiö Pori Energia Sähköverkot Oy (PESV). Yhtiö perustuu sähkön siirrosta ja jakelusta, verkon hallinnasta ja sähköverkkojen rakennuttamisesta omalla alueellaan. Sähköverkko kattaa kaikkiaan 3100 km sähkölinjastosta, 13 sähköasemasta ja 980 muuntamosta. (Pori Energia Oy:n www-sivut 2016.)

### 2.1.3 Suomen Teollisuuden Energiapalvelut Oy

Suomen Teollisuuden Energiapalvelut Oy on Veolian ja Pori Energian omistama yhteisyritys. Pori Energian omistaja-osuus yrityksestä on 49 %. Päätuotteina ovat höyry, lämpö, jäähdytysenergia, paineilma, sekä prosessivesien valmistus. Tuotantolaitokset sijaitsevat mm. Harjavallassa ja Koskenkorpessa. (Pori Energia Oy:n www-sivut 2016.)

## 2.2 Aittaluodon voimalaitos

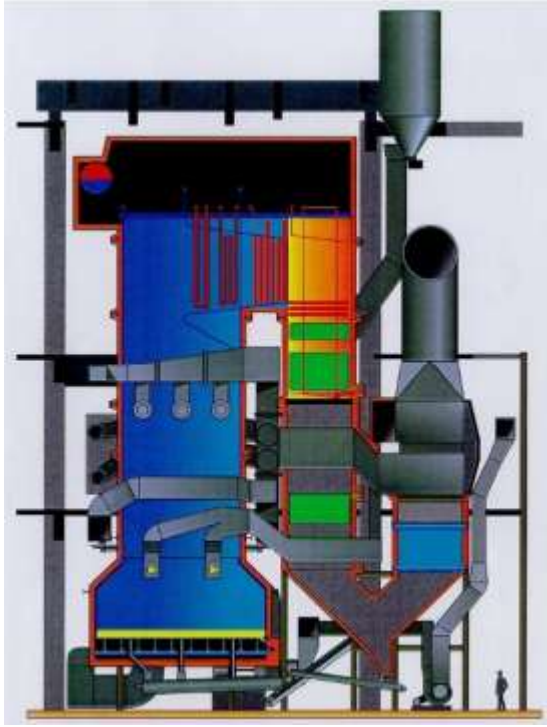
Aittaluodon voimalaitos sijaitsee keskellä Porin kaupunkia Aittaluodon teollisuusalueella. Voimalaitos tuottaa lähes 600 GWh energiaa vuodessa. Tuotanto koostuu lähes puolet kaukolämmöstä, joka toimitetaan Porin ja Ulvilan kaukolämpöverkkoihin. Voimalaitoksella tuotetaan lisäksi prosessihöyryä Aittaluodon ja Kupariteollisuuspuiston teollisuuden tarpeisiin. Kaukolämmön tuotannon yhteistuotantona tuotetaan myös sähköä Pori Energian asiakkaille. Voimalaitos muodostuu kahdesta leijukattilasta, jonka lämpöteho on yhteensä 206 MW. Voimalaitoksessa on myös kaksi generaattoria, joiden sähköteho on 55 MW. Voimalaitokselta ohjataan Porin koko kaukolämpöverkkoa sekä huippulämpökattiloita. (Pori Energia Oy:n www-sivut 2016.)

Aittaluodon voimalaitokseen on tällä hetkellä suunnitteilla mittava investointi, jossa on suunnitteilla rakennettavaksi uusi biopolttoainekattila 2020 mennessä. Uusi kattila tulisi tekemään tuotannosta ekologisempaa vähentämällä savukaasupäästöjä. Arvioitu investoinnin suurus on noin 50 miljoonaa euroa. (Pori Energia Oy:n www-sivut 2016.)

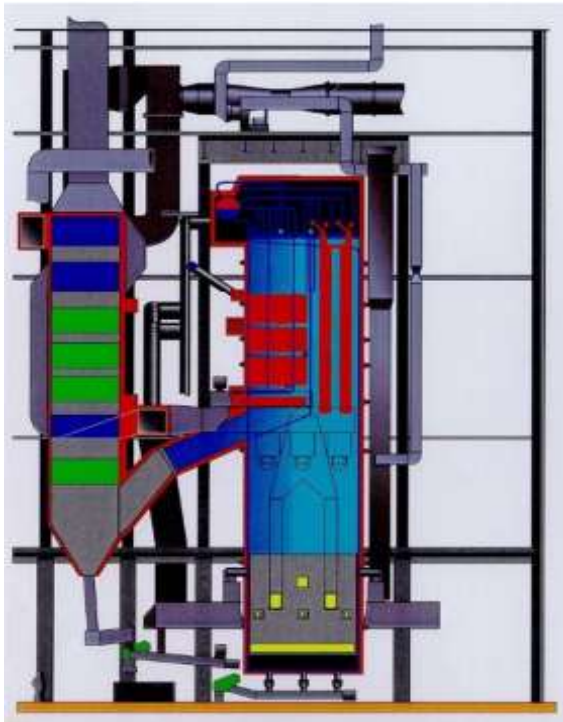
### 2.2.1 Aittaluodon voimalaitoksen kattilat

Voimalaitoksen vanhin kattila R-kattila on Oy Rosenlew AB:n valmistaja. Se otettiin käyttöön vuonna 1968. Vuonna 1994 kattila saneerattiin ja arinakattilana toiminut kattila muutettiin leijupetikattilaksi. R-kattilan pääasiallinen ajo tapahtuu kesäisin, mutta talviaikoina kattila toimii kuorman tasaajana.

Voimalaitoksen suurin kattila RT-kattila otettiin käyttöön vuonna 1981. Niin kuin R-kattila, voimalaitoksen uusin RT-kattila koki saneerausmuutoksen arinakattilasta leijupetikattilaksi vuonna 1996. Kattilan ajokausi on syksystä kevääseen. Suuren tuotavuutensa vuoksi kattilaa ei ajeta kesäisin, koska minimiteho on liian suuri energiatarpeisiin nähden. Molempien kattiloiden polttoaineen käytetään puuhaketta, jyrsin turvetta, sekä pienenä määränä raskasta polttoöljyä. Kattiloiden poikkileikkaukset on esitetty kuvissa 1 ja 2.



*Kuva 1. R-kattilan poikkileikkaus (Kuva Kvaerner Pulping)*



*Kuva 2. RT-kattilan poikkileikkaus (Kuva Kvaerner Pulping)*



### 3 RÄJÄHDYSVAARALLINEN TILA

Räjähdyksvaarallinen tila on tila, jossa voi esiintyä sellainen määrä räjähdysvaarallista ilmaseosta, että suojautuminen räjähdysvaaralta on tarpeen. Räjähdyksvaarallinen tila voi olla kokonainen huone tai merkinnöillä rajoitettu huoneen osa tai ulkotila. Räjähdyksvaaran lähteitä ovat palava kaasu, palavan nesteen höyry tai sumu, palava pöly ilmaan sekoittuneena tai varsinainen räjähdysaine. (ATEX Räjähdyksvaarallisten tilojen turvallisuus, Tukes 2015.)

Tilaluokituksen suunnittelusta vastaa laitoksen omistaja tai haltija, jonka velvoitteena on huolehtia räjähdysvaaralliselle alueelle laadittavasta tilaluokituksesta. Tilaluokituksen voi laatia yrityksen oma henkilökunta tai ulkopuolinen asiantuntija. Tilaluokitus on osa räjähdysuoja-asiakirjaa, ja se tulee säilyttää laitoksessa. Tilaluokituksessa tulee esiintyä vähintään tilojen jako eri tilaluokkiin ja näiden mitat sekä vaaka- että pystysuunnassa sekä aineomaisuudet, jotka vaikuttavat laitevalintaan. Esitystapana voidaan käyttää taso- ja poikkileikkauspiirustuksia tai taulukkoa. (ATEX Räjähdyksvaarallisten tilojen turvallisuus, Tukes 2015.)

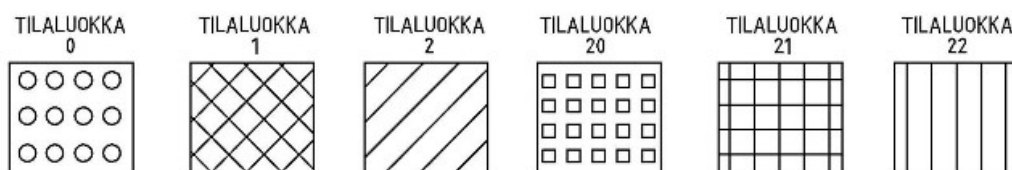
#### 3.1 Tilaluokka

Räjähdyksvaaralliset tilat eri tilaluokissa:

- Luokka 0 on tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein.
- Luokka 1 on tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa oleva palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti
- Luokka 2 on tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostaman räjähdyskelpoinen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan.
- Luokka 20 on tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein.

- Luokka 21 on tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti.
- Luokka 22 on tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan

(ATEX Räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus, Tukes 2015.)



Kuva 3. Standardin SFS-EN 60079-14 suosittelemat tilaluokkien merkitsemistavat

### 3.2 Ilmanvaihdon vaikutus tilaluokkaan

Ilmanvaihdolla on suuri vaikutus tilaluokitukseen. Laitteiden vikaantumiseen tulee varautua, jolloin varotoimenpiteillä rikkoutuneen tuulettimen tilalle käynnistyy varatuu-letin. Varotoimenpiteenä voidaan myös käyttää automaattista sähkönsyötön katkaisemista silloin, kun tuulettimen vikaantuminen ilmenee tai kaasupitoisuuden mittalaite hälyttää.

## 4 RÄJÄHDYSSUOJAUSASIAKIRJA

Toiminnan harjoittajan tai työnantajan on laadittava räjähdyssuoja-asiakirja ennen laitoksen käyttöönottoa ja työn aloittamista, ja se voi olla osana muuta turvallisuusasiakirjaa. Räjähdyssuojausasiakirja tulee tarkistaa, jos työskentelytilaa, työvälineitä tai työjärjestelyjä muutetaan olennaisesti.

Räjähdyssuojausasiakirjassa on esitettävä erityisesti seuraavat asiat:

- räjähdysvaaran määrittely ja merkitys
- asianmukaiset toimenpiteet suojauksen toteuttamiseksi
- asetuksen liitteiden 1 ja 2 mukaisesti luokitellut tilat
- työpaikan turvallisuuteen liittyvät suunnitelmat
- toimenpiteet työvälineiden turvallisista käyttötavoista

(SFS-käsikirja 604-1, 11.)

## 5 AITTALUODON VOIMALAITOKSEN POLTTOAINEEN KÄSITTELY

### 5.1 Käytetyt palavat aineet Aittaluodossa

Aittaluodossa käytetään kolmea erilaista palavaa ainetta. Näitä ovat jysinturve, puupolttoaine, raskas polttoöljy. Ohessa kerron näistä palavista aineista.

#### 5.1.1 Jysinturve

Voimalaitoksen pääpolttoaineena käytetään jysinturvetta, joka tuodaan kuorma-autoilla voimalaitokselle. Kuorma-autojen purku tapahtuu polttoaineen vastaanottoasemalla, kippaus ominaisuuksia on kolmenlaisia, peräpurkain, sivukippaus, sekä peräkippaus. Peräpurkamisessa kuorma-autojen jysinturve puretaan kuljettimelle PJ10, tästä kuljettimesta jysinturve siirtyy kuljettimelle PJ12, johon kuorma-autojen sivukippaus ja peräkippaus tapahtuu. Kuorma-autojen purun jälkeen jysinturve siirtyy

kuljettimelta PJ12 seulomoon, sieltä murskaimeen ja raudanerotuskuljettimelle ja lopuksi turvesäilöön.

Toimitussopimusten mukainen turve on laitokselle tullessa kosteaa. Kosteus on vähimmilläänkin n. 35 %. Kosteaa turvepölyä ei ole räjähtävää. Turpeen tullessa jostain syystä kuivana, on räjähdyskelpoisten seosten muodostuminen mahdollista.

Ongelmana muodostuu tasoille ja pinnoille kertyvä turvepöly, joka saattaa ilmaan sekoittuessaan muodostaa räjähdyskelpoisia seoksia. Näiden pölykerrosten poistaminen on ensisijaisen tärkeää ja tehokkain keino estää pölyräjähdysriskiä. Tilaluokitukset on esitetty liitteessä 1. (Liite 1)

### 5.1.2 Puupolttoaineet

Voimalaitoksella käytetään puuperäisiä polttoaineita ja Seikun sahalta kuljettimella tuotavaa sahanpurua. Seikun sahalta tuleva kuljetin kuljettaa puupolttoaineen joko puupolttoainesäiliöön tai pihalla sijaitsevalle puu pankalle, kun puupolttoainesäiliö on täysi. Tämä hienojakoinen ja kuiva puupöly saattaa ilmaan sekoittuessaan aiheuttaa räjähdyskelpoisia ilmaseoksia. Etenkin Seikun sahalta tulevan hihnakuljettimen loppupäähän ennen pudotuskohtaa kerääntyy paljon puupölyä. Tilaluokitus on esitetty liitteessä 1. (Liite 1)

### 5.1.3 Raskas polttoöljy

Raskas polttoöljy saattaa muodostaa ilman kanssa räjähtäviä seoksia, kun öljyn lämpötila nostetaan leimahduspisteen yläpuolelle. Raskaiden polttoöljyjen leimahduspiste on laadusta riippuen alimmillaan noin 65 °C. Talvella laitokselle tuotava öljy on lähellä leimahduspistettä. Lisäksi säiliön lämmittäminen erottaa öljyn kevyitä jakeita.

Laitoksella öljy esilämmitetään yli 100 ° lämpötilaan ennen johtamista polttimille. Polttimilta osa kuumasta öljystä palautetaan takaisin säiliöön. Öljysäiliön, purkupaikan ja pumppaamon tilaluokitukset on esitetty liitteessä 2. (Liite 2)

## 6 ATEX-TILAAN SIJOITETTAVAN LAITTEEN VALITSEMINEN JA ASENTAMINEN

Kaikkien räjähdysvaaralliseen tilaan sijoitettavien laitteiden sekä räjähdysuojusrakenteeseen vaikuttavien laitteiden tulee olla ATEX-tyyppihyväksytyjä. Laitteelle tulee määrittää laiteluokka, räjähdysuojastaso, räjähdysuojusrakenne, laiteryhmä ja lämpötilaluokka. Valitessa laitetta on otettava huomioon sijoitettavan laitteen olosuhteet ja sen vaikutus ympäristöön. (SFS-EN 60079–14, 25.)

### 6.1 Pölyräjähdysvaarallisen tilan laitteen pintalämpötilan valitseminen

Pölyräjähdysvaarallisten tilojen laitteilla ja kaasuräjähdysvaarallisten tilojen laitteilla on eri lämpötilaluokat. Pölyräjähdysvaarallisessa tilassa pölyn määrä vaikuttaa laitteen suurimpaan sallittuun pintalämpötilaan. Pölykerrosten kasvaessa pölyn minimisyttymislämpötila alenee, ja tällöin laitteen jäähtyminen heikkenee. Laitteen suurin sallittu pintalämpötila saadaan vähentämällä varmuusmarginaali kyseessä olevan pölyn minimisyttymislämpötilasta. (SFS-EN 60079–14, 25.)

### 6.2 Pölypilvet

Pölypilvestä aiheutuvan lämpötilarajoituksen takia laitteen maksimi sallittu pintalämpötila saadaan laskettua kaavalla

$$T_{\max} = \frac{2}{3} * T_{\text{CL}}$$

$T_{\text{CL}}$  on pölyilmaseoksen minimisyttymislämpötila.

(SFS-EN 60079–14, 25.)

### 6.3 Pölykerrokset

Tilassa, jossa laite altistuu enintään 5 mm:n paksuiselle pölykerrokselle, tulee laitteen suurin sallittu pintalämpötila laskea kaavalla

$$T_{\max} = T_{5 \text{ mm}} - 75 \text{ °C}$$

$T_{5 \text{ mm}}$  on 5 mm pölykerroksen syttymislämpötila

(SFS-EN 60079–14, 25.)

## 7 VAATIMUKSET PIENJÄNNITEJAKELUJÄRJESTELMILLE

Pienjännitejakelujärjestelmän vaihtojännite on enintään 1000 V (tehollisarvo) tai tasajännitteellä 1500 V. Räjähdyksvaarallisessa tilassa, jakelujärjestelmiä koskevat määräykset ja valvontavaatimukset ovat tiukemmat kuin räjähdysvaarattomissa tiloissa. Tämä tulee huomioida sähköasennuksia suunniteltaessa. (SFS-EN 60079–14, 36.)

### 7.1 TN-S-järjestelmä

Kun käytetään TN- järjestelmää räjähdysvaarallisessa tilassa, tulee käyttää TN-S-järjestelmää. TN-C- järjestelmää ei saa käyttää räjähdysvaarallisessa tilassa. Siirryttäessä TN-C-järjestelmästä TN-S-järjestelmään, erottamalla nolla- ja suojajohdin, tulee suojajohdin kytkeä PEN-kiskoon räjähdysvaarallisen tilan ulkopuolella.

(SFS-EN 60079–14, 36.)

### 7.2 TT-järjestelmä

TT-järjestelmä tulee aina suojata vikavirtasuojalla. Käyttäessä TT-järjestelmää räjähdysvaarallisessa tilassa, tulee tällöin harkita maadoitusresistanssi. Kun maadoitusresistanssin on suuri TT-järjestelmä ei välttämättä ole hyväksyttävä.

(SFS-EN 60079–14, 36.)

### 7.3 IT-järjestelmä

Käytettäessä räjähdysvaarallisessa tilassa IT-järjestelmää on käytettävä vähintään hälyttävää maasulun valvontalaitetta, joka hälyttää ensimmäisestä maasulusta. Kun esiintyy kaksi samanaikaista maasulkua, tulee automaattisen poiskytkennän toimia, koska kaksi samanaikaista maasulkua nostaa kosketusjännitteen vaaralliselle tasolle. (SFS-EN 60079–14, 36.)

IT-järjestelmässä sijaitsee jännitteelle alttiit osat. Nämä on liitettävä potentiaalintasaukseen. Maasulun valvontalaite sijoitetaan yleensä keskuksen syöttökenttään, jolloin se valvoo koko keskusta. (SFS-EN 60079–14, 36.)

### 7.4 Pienoisjännitteiset ELV-järjestelmät

SELV-piirin jännitteisiä osia, kuten piirin nolla, ei maadoiteta tai kytketä mihinkään muun piirin jännitteisiin osiin tai suojajohtimiin. Jännitteelle alttiit osat voidaan jättää maadoittamatta tai maadoittaa. PELV-piirin rakenne eroaa SELV-piiristä. PELV-piirin jännitteiset osat, kuten piirin nolla, maadoitetaan ja kaikki jännitteelle alttiit osat liitetään yhteiseen maadoitukseen ja potentiaalintasaukseen. (SFS-EN 60079–14, 36.)

### 7.5 Sähköinen erotus

Sähköisessä erotuksessa käytetään syöttömuuntajaa erottamaan sähkölaitetta syöttävä sähköverkon osa maasta, jolloin vikapiirin syntyminen käyttömaadoituksen kautta estyy. Sähköinen erotus on toteutettava standardin IEC 60364-4-41 kohdan 413 mukaisesti, kun sitä käytetään räjähdysvaarallisessa tilassa olevan laitteen syöttämiseen. (SFS-EN 60079 -14, 37.)

## 8 SUOJAUS VAARALLISELTA KIPINÖINNILTÄ

### 8.1 Staattisen sähkön poistaminen

Staattisen sähkön varautuminen estetään käyttämällä johtavia ja ATEX-tyyppihyväksytyjä materiaaleja, oikein tehdyllä potentiaalintasauksella, sekä oikeilla työskentelymenetelmillä. Maayhteyden resistanssi, joka on alle  $1\text{M}\Omega$ , on riittävä poistamaan staattista sähköä, mutta poikkeuksena suurempiakin resistansseja voidaan hyväksyä tekemällä riskiarviointi. Ukkossuojauksen tai sähkönjakelujärjestelmän maadoitusvaatimusten täyttämiseksi tarvitaan normaalisti alhaisempia maadoitusresistanssiarvoja. Tarkemmin staattisen sähkön poistamista ja ehkäisyä on käsitelty SFS-käsikirjan 604-1 luvussa 4. (SFS-käsikirja 604-1, 346 - 347.)

### 8.2 Kevytmetallin rajoitukset

Kevytmetallit aiheuttavat herkästi kitkasta johtuvaa kipinöintiä. Tämän johdosta joten niiden käyttöä on rajoitettu. Kaasuja ja höyryjä sisältävässä tilassa rajoitukset eivät sähköasennuksiin vaikuta, mutta pölyräjähdysvaarallisessa tilassa rajoitukset vaikuttavat sähköasennusten materiaalivalintoihin. (SFS-EN 60079- 14, 33.)

#### 8.2.1 Kevytmetallien rajoitukset pölyräjähdysvaarallisessa tilassa

Pölyräjähdysvaarallisessa tilassa 22 ei tarvitse ottaa huomioon kitkakiipinöintiriskiä kiinteästi asennetuilla alumiinikoteloiduilla sähkölaitteilla eikä alumiini-armeeratuilla tai suojatuilla kaapeleilla. Kitkakiipinöintiriski tulee kuitenkin huomioida, jos voimakkaan iskun seurauksena voi vapautua palavia aineita. Samaa sovelletaan myös tilaluokassa 21. Jos iskujen esiintymisriski on suuri, niin tilaluokassa 21 on vältettävä kevytmetallisia koteluita ja alumiinilla suojattuja kaapeleita. Näitä kaapeleita ja laitteita ei saa käyttää tilaluokassa 20. Pölyräjähdysvaarallisessa tilassa siirrettäviä kevytmetallitai kevytmetalliseoskoteluita tulee välttää, koska niiden käyttäminen vaatii erikoistointimenpiteitä. (SFS-EN 60079- 14, 89.)



### 8.3 Asennustarvikkeet

Asennustarvikkeita ovat komponentit, joilta ei vaadita ATEX-tyyppihyväksyntää ja jotka eivät sisällä jännitteisiä osia tai vaikuta minkään laitteen räjähdysuojusrakenteeseen. Tällaisia komponentteja ovat muun muassa kaapelihyllyt, niiden lisätarvikkeet, asennusputket sekä muut asennustarvikkeet. Asennustarvikkeisiin on sovellettava tämän kappaleen rajoituksia vaarallisen kipinöinnin riskin minimoimiseksi. (SFS-käsikirja 604-1, 298.)

Kaasu- tai pölyräjähdysvaarallisessa tilassa tulisi ensisijaisesti käyttää vain johtavia materiaaleja, kuten metallia. Huomioitavaa on myös se, että kevytmetalleja koskevat rajoitukset täyttyvät. Kun käytetään eristäviä asennustarvikkeita, joilta ei vaadita ATEX-tyyppihyväksyntää, kuten esimerkiksi muovipäällysteisiä kaapelitikkaita, muovisia asennuslevyjä tai muovisia sääsuoja, tulee noudattaa materiaalin pinta-alaa, eristysresistanssia ja läpilyöntijännitettä rajoittavia standardin SFS-EN 60079 -14 kohdan 6.4 vaatimuksia. Näiden vaatimuksien toteutumista on hyvin vaikeaa todentaa, joten ainoa varma tapa on käyttää johtavia asennusmateriaaleja. (SFS-käsikirja 604-1, 298.)

### 8.4 Kiertovirrat

Pyörivien sähkökoneiden kotelarakenteissa, varsinkin moottoreiden käynnistyksen aikana, voi syntyä huomattavia kiertovirtoja, joita kutsutaan myös laakerivirroiksi. Kiertovirtojen haittoina voidaan pitää lämpenemistä ja katkeamisesta syntyviä valokaaria ja kipinöintiä. (SFS-käsikirja 604-1, 217.)

Moottoreiden suunnittelutavat ja valmistustavat ovat miltei poistaneet moottorin epäsymmetrian aiheuttamat pientaajuiset laakerivirrat. Uudet vaihtovirtakäytöt saattavat aiheuttaa laakereiden kautta purkautuvia suurtaajuisia virtapulseja. Jotta hajavirrat palaisivat vaihtosuuntaajan runkoon muuta tietä, kuin moottorin laakereiden kautta, on varmistettava kunnollinen maadoitus. Moottoreiden kiertovirtojen vähentäminen tulee toteuttaa aina moottori- ja taajuusmuuntajavalmistajan ohjeiden mukaisesti. (SFS-käsikirja 604-1, 217.)

## 8.5 Ukkossuojaus

Atex-tilojen ukkossuojauksen tulee olla standardin IEC 62305-3 liitteen D mukainen ja Atex-tilojen ukkossuojausta käsitellään myös SFS-käsikirjassa 609, joka perustuu kyseiseen IEC-standardiin. (SFS-käsikirja 609, 139.)

### 8.5.1 Ukkossuojaus pölyräjähdysvaarallisissa tiloissa

Pölyräjähdysvaarallisten tilojen ukkossuojaukselle ei ole asetettu Suomessa lainsäädännöllisiä vaatimuksia, mutta SFS-käsikirjassa 609 kuitenkin annetaan ohjeita pölyräjähdysvaarallisen tilan ukkossuojauksen toteuttamiseksi. (SFS-käsikirja 609, 139.)

Ukkossuojauksen peruseriaatteet ovat seuraavat:

- ”Räjähdykelpoisia seoksia sisältävät rakennuksen maadoitusresistanssin tulee olla enintään  $10\Omega$ ”
- ”Salama pyritään ohjaamaan vähemmän vaaralliseen kohtaan, mieluiten vaara-alueen ulkopuolelle. Vastaanottorakenne on sijoitettava siten, etteivät suorassa salamaniskussa kipinöivät roiskeet ja sulaminen aiheuta räjähdysvaaraa.”
- ”Alastulojohtimet pyritään sijoittamaan ensisijaisesti räjähdysvaarallisen alueen ulkopuolelle. Johtimissa kulkeva salamavirta ei saa aiheuttaa räjähdysvaarallisessa tilassa kipinöintiä, eikä johtimien ja liittimien lämpötila saa nousta yli alueen lämpötilaluokituksen.”
- ”Potentiaalitasaus tehdään laiteosien ja ukkossuojauksen välillä ja laiteosien ja maan välillä niin, että ylilyönti estetään räjähdysvaarallisella alueella.”

- ”Mitä useampia alatulojohtimia on, sitä pienemmät ovat rakennuksen sisälle indusoituvat jännitteet.”
- ”Palavia nesteitä sisältävä säiliö ei tarvitse erillisiä vastaanottorakenteita, jos sen seinämän paksuus on yli 5 mm terästä tai 77 mm alumiinia.”

(SFS-käsikirja 609, 139–140.)

## 9 ATEX-TILAN POTENTIAALINTASAAUS

Suojamaadoitukset ja potentiaalintasaukset estävät sähkölaitteiden eristysviat, staattisen sähkön, kiertovirtojen ja ilmastollisten ylijännitteiden aiheuttamat sähköiskut ja vaarallisen kipinöinnin vaarat. Energiat pyritään johtamaa hallitusti ja vaaraa aiheuttamatta maahan. (VTT verkkojulkaisu.)

### 9.1 Jännitteelle alttiit ja muut johtavat osat

Käytettäessä TN-, TT- tai IT-jakelujärjestelmää räjähdysvaarallisessa tilassa, on kaikki jännitteelle alttiit ja muut johtavat osat, kuten metalliset säiliöt, putkistot ja koneiden rungot tai vastaavat laajat metallirakenteet, yhdistettävä potentiaalintasausjärjestelmään. Myös pienet metallinkappaleet, kuten muoviputkissa olevat laipat ja venttiilit on yhdistettävä potentiaalintasausjärjestelmään. (SFS-EN 60079-14, 37)

Jännitteelle alttiita osia ei tarvitse erikseen yhdistää potentiaalintasausjärjestelmään, jos ne ovat suoraan yhteydessä tai johtavasti yhdistettynä metallirakenteeseen tai putkistoon, joka on yhdistetty potentiaalintasausjärjestelmään. Metallirakenteiden johtaviksi liitokseksi katsotaan hitsatut, niitatut, pultein tai samalla tavalla tehdyt liitokset. Jos putkistossa on eristäviä liitoksia tai potentiaalintasausjärjestelmän johtava yhteys katoaa poistettaessa jonkin putkiston osa, on tällaiset kohdat ylitettävä johtimella tai

yhdistettävä eri putkiston osat erikseen potentiaalintasausjärjestelmään. Yhtenäiset metallirakenteet yhdistetään potentiaalintasausjärjestelmään vähintään yhdestä pisteestä tai suuret rakenteet useammista pisteistä. (SFS-EN 60079-14, 37)

## 9.2 Metallikoteloiden ja runkojen maadoitus

Vaikka jännitteelle alttiit osat on suojamaadoitettu, on sähkölaitteiden metallikotelot ja rungot yhdistettävä erillisellä johtimella potentiaalintasausjärjestelmään, ellei kyseessä ole sähkölaitte, jonka runko on luotettavasti johtavassa yhteydessä potentiaalintasattuihin rakenneosiin. Metallikoteloiduissa sähkölaitteissa on sisäisen suojamaadoitusliittimen lisäksi ulkoinen potentiaalintasausliitin. (Maadoituskirja 2007, 167.)

## 9.3 Liikkuvat ja pyörivät koneenosat

Liikkuvien ja pyörivien koneenosien staattinen varaus pitää aina purkaa turvallisesti. Resistanssi laakerien voitelukalvon yli on harvoin suurempi kuin  $1\text{k}\Omega$ . Tämä riittää purkamaan staattisen varauksen ilman erityisiä maadoitusvälineitä, koska staattinen varaus purkautuu alle  $1\text{M}\Omega$  resistanssilla. Tarvittaessa on mitattava, että potentiaalintasauksen resistanssi on alle  $1\text{M}\Omega$ . Jos resistanssia on yli  $1\text{M}\Omega$ , voidaan potentiaalintasausjärjestelmää voimistaa käyttämällä johtavaa voiteluainetta tai yhdistämällä osat potentiaalintasauksen liukuharjojen tai vastaavien avulla. Tätä voidaan soveltaa myös muihin liikkuviin osiin. (SFS-käsikirja 604-1, 167)

## 9.4 Kytkemättömät johtimet, armeeraukset ja häiriösuojat

Kytkemättömät johtimet, joiksi katsotaan myös armeeraukset, johtavat suojavaipat ja instrumenttikaapeleiden häiriösuojien maadoitusjohtimet, on kytkettävä ATEX-tilan potentiaalintasaukseen tai eristettävä potentiaalintasauksesta. Sähkötilassa armeeraus suojamaadoitetaan ja häiriösuojat kytketään toiminnalliseen potentiaalintasaukseen. Armeeraus voidaan suojamaadoittaa käyttämällä soveltuvaa holkkitiivistettä, tinajuotosta tai puristusliitintä. (SFS-EN 60079-14, 37, 46, 58.)

Standardissa SFS-EN 60079 sanotaan, että jos armeeraus tai johtava suojavaippa maadoitetaan vain räjähdysvaarallisen tilan ulkopuolella, niin tämä maadoituspaikka tulee yhdistää räjähdysvaarallisen tilan potentiaalintasausjärjestelmään. Yleensä yhdistys tapahtuu viimeistään päämaadoituskiskossa, jossa yhdistetään potentiaalintasausjärjestelmä ja suojamaadoitusjärjestelmä. (SFS-EN 60079–14, 37, 46, 58.)

### 9.5 Putkistojen eristyspalat

Putkistoissa voidaan käyttää eristäviä liitoksia eli eristyspaloja harhavirtojen ja kipinävaaran estämiseksi. Tällaisia harhavirtoja yleensä aiheuttavat katodisuojatut säiliöajoneuvot, -laivat, maanalaiset putkistot tai säiliöt, koska katodisuojatun rakenteen potentiaali on pienempi kuin raudan. Eristettyä putkea ei saa liittää ATEX-tilan potentiaalintasaukseen, ellei järjestelmä ole erityisesti suunniteltu sitä varten. Ukkossuojauksena voidaan eristettyjen putkien väliin asentaa kipinäväli, joka poistaa putkien väliin syntyvän jännite-eron salaman iskiessä. Eristyspalat tulisi mahdollisuuksien mukaan sijoittaa räjähdysvaarallisen tilan ulkopuolelle, mutta aina tämä ei ole mahdollista, jolloin kipinävälin on oltava ATEX-tyyppihyväksytty. (SFS-käsikirja 118, 27.)

### 9.6 Tilapäinen potentiaalintasaus

Tilapäinen potentiaalintasaus tehdään räjähdysvaaralliselle alueelle siirrettäviin kohteisiin, kuten ajoneuvoihin, tynnyreihin ja siirrettäviin laitteisiin. Tilapäinen potentiaalintasauksen lopullinen liitanta tehdään räjähdysvaarattomalla alueella tai liittimillä, jotka täyttävät tilan räjähdysuojausvaatimukset. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää ennalta suunniteltuja ja dokumentoituja menetelmiä, joilla ehkäistään kipinöintivaara. (SFS-EN 60079–14, 38.)

Tilapäistä potentiaalintasauasta suunniteltaessa tulee huomioida räjähdysvaarallisen tilan räjähdysuojausvaatimukset. Tilapäinen potentiaalintasauksen johtimien ja liitosten tulee olla materiaalina kestäviä, taipuisia ja mekaanisesti riittävä lujarakenteisia

kestääkseen käytön aikaiset liikkeet ja ympäristön olosuhteen. Potentiaalintasauspihdin tulee olla nimenomaan potentiaalintaukseen tarkoitettu. Kaasuräjähdyksivaarallisessa tilassa tilapäinen potentiaalintauksen metalliosien välinen resistanssin on oltava alle  $1\text{M}\Omega$ . Pölyräjähdysvaarallisessa tilassa metalliosien välinen resistanssi voi olla suurempi kuin  $10\text{mm}^2$ :n kuparijohdinta vastaava resistanssi. (SFS-EN 60079–14, 38.)

Tilapäisen potentiaalintausauksen suorittamiseen on laitevalmistajilla valmiita laitekonkaisuuksia, jotka esimerkiksi sisältävät mittalaitteita ja käyttäjää ohjeistavia reaaliaikaisia toimintoja. (SFS-EN 60079–14, 38.)

### 9.7 Ei yhdistetä potentiaalintasausjärjestelmään

Metallisten kappaleiden kapasitanssin, fyysisen koon ja voimakkaan varausmekanismin toteaminen suunniteltaessa on erittäin hankalaa. Varmin tapa on yhdistää kaikki johtavat osat potentiaalintausaukseen, mutta SFS-käsikirjan 604-1 kappaleen 4 ja SFS-käsikirjan 118 mukaan voidaan seuraavia ohjeita noudattaa, jos pystytään todistamaan vaadittavien ehtojen toteutuminen. (SFS-käsikirja 604-1, 298.)

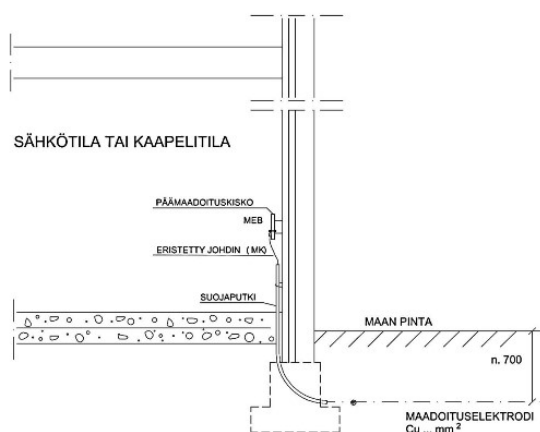
- ”Kapasitanssiltaan alle 3 pF esineitä (esim. ruuvit ja mutterit), ei tarvitse maadoittaa staattisen varauksen poistamiseksi missään tilaluokassa, edellyttäen että ei esiinny voimakkaita varausmekanismeja.”
- ”Tilaluokissa 1 ja 2 räjähdysryhmien IIA ja IIB palavilla kaasuilla ja nesteillä, kapasitanssiltaan alle 10 pF esineitä (esim. saranat, ovenkahvat, laipat, joiden halkaisija  $< 50\text{ mm}$ ), ei tarvitse maadoittaa staattisen varauksen poistamiseksi, edellyttäen, että ei esiinny voimakkaita varausmekanismeja.”
- ”Pölyräjähdysvaarallisissa tiloissa, kapasitanssiltaan alle 10 pF esineitä (esim. saranat, ovenkahvat, laipat, joiden halkaisija  $< 50\text{ mm}$ ), ei tarvitse maadoittaa staattisen varauksen poistamiseksi edellyttäen, että ei esiinny voimakkaita varausmekanismeja, tai että käsitellään pölyjä, joiden minimisyttymisenergia on yli 10 mJ.”

(SFS-käsikirja 604-1, 298.)

Exi-laitteiden metallikoteloita ei tarvitse yhdistää potentiaalintasausjärjestelmään, elleivät laiteohjeet tai staattisen sähkönvarauksen purkautuminen sitä edellytä. Sähköisesti erotettujen virtapiirien jännitteelle alttiita osia ei saa kytkeä muihin piirien suoja-johtimiin tai jännitteelle alttiisiin osiin tai maahan. (SFS-käsikirja 604-1, 298.)

## 9.8 Maadoituskiskot ja mittauspisteet

Potentiaalintasauskiskoja voidaan käyttää muun muassa mittauspisteinä. Ne tulee sijoittaa ensisijaisesti räjähdysvaarallisen tilan ulkopuolelle. Potentiaalintasauskiskot nimitään tunnusjärjestelmän mukaisesti ja varustetaan tunnuskilvillä. Jotta maadoitusresistanssi ja elektrodin jatkuvuus voidaan mitata, maadoituselektrodiin tai rengasjohtimeen liitetyt maadoitusjohtimet ovat erotettava toisistaan ja muista maadoitusjohtimista tai muista maahan yhdistetyistä sähköä johtavista esineistä ennen päämaadoituskiskoon liittämistä. Maadoituselektrodiin liitettävät maadoitusjohtimet on eristettävä 2 m:n matkalta tai ainakin varsinaiseen maadoituselektrodiin saakka kuvan 3 mukaisesti. Prosessitilassa sijaitsevat potentiaalintasauskiskot tulee suojata ympäristön haitoilta (SFS-käsikirja 118, 52.)



*Kuva 3. Esimerkki-piirustus maadoituselektrodin liittamisestä päämaadoituskiskoon.*

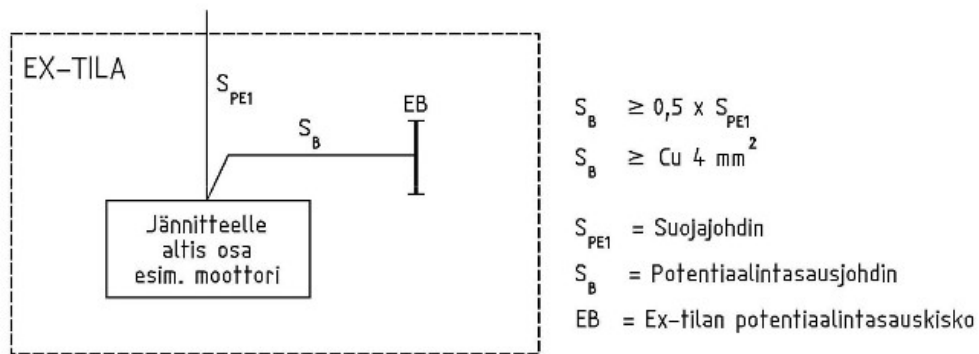
## 9.9 Potentiaalintasausjohdin ja –liitokset

Ex-tilassa potentiaalintasausjohdin voidaan mitoittaa yleisten asennusvaatimusten mukaisesti. Yleiset asennusvaatimukset vaativat, että pääpotentiaalintasausjohtimen on

9.9 Po-

oltava poikkipinnaltaan vähintään puolet asennuksen suurimmasta suojamaadoitusjohtimesta, mutta vähintään 6 mm<sup>2</sup>:n ja enintään 25 mm<sup>2</sup>:n kuparijohdin. Teollisuudessa on kuitenkin mekaanisen kestävyuden, suurten oikosulkuvirtojen ja pitkien etäisyyksien kannalta syytä käyttää poikkipinnaltaan suurempaa johdinta. Esimerkiksi kaapelihyllyjen ja johtavien rakenteiden potentiaalintasaukseen käytetään yleensä 50 mm<sup>2</sup>:n kuparijohdinta. Eristetyn johtimen päällysteen on oltava kelta-vihreäraitainen. Potentiaalintasauskiskolta lähtevä johdin tulee nimetä ja varustaa kaapelikilvellä, johon on merkitty kyseisen johtimen tiedot. (SFS-EN 60079-14, 37.)

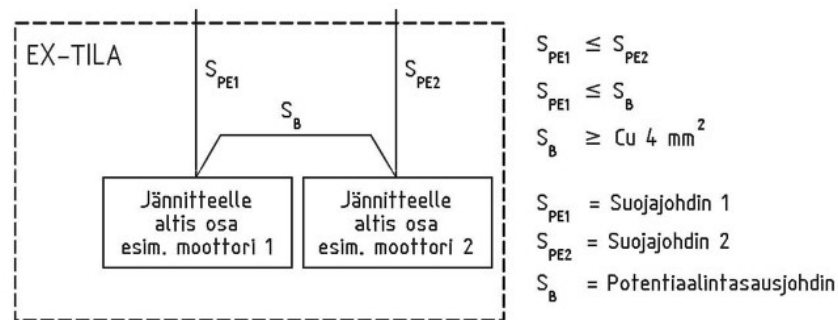
Ex-tilassa sähkölaitteiden suojamaadoitetut metallikotelot ja -rungot on yhdistettävä erillisellä johtimella potentiaalintasausjärjestelmään. Standardissa SFS-EN 60079-14 ei ole mainintaa lisäpotentiaalintasauksesta mutta, koska sähkölaitteen runko on suojamaadoitettu, voidaan erillistä yhdistystä potentiaalintasausjärjestelmään pitää lisäpotentiaalintasauksena. Lisäpotentiaalintasausjohtimen tulee olla mekaanisesti suojamattomana vähintään 4 mm<sup>2</sup>:n kuparijohdin. Suojamaadoitetun laitteen potentiaalintasausjärjestelmään yhdistävä johdin voidaan mitoittaa kuvan 4 mukaisesti:



Kuva 4. Suojaavan potentiaalintasausjohtimen mitoitus jännitteelle alttiin osan ja potentiaalintasauskiskon välissä.



Kaksi suojamaadoitettua laitetta toisiinsa yhdistettävä potentiaalintasausjohdin voidaan mitoittaa kuvan 5 mukaisesti:



Kuva 5. Suojaavat potentiaalintasausjohtimen mitoitus kahden jännitteelle alttiin osan välillä.

Potentiaalintasausliitosta tehdessä tulee ottaa huomioon sääolosuhteiden ja eri metallien väliset korroosiovaikutukset. Potentiaalintasausjohtimen liitokset ovat tehtävä käyttäen hitsausta, juotosta tai sopivaa löystymistä vastaan varmistettua liitintä. Haaroituksilla ja jatkoksilla on oltava riittävä johtokyky ottaen huomioon esiintyvät kiertovirrat ja ukkosvirrat. Ruuviliitintä ei suositeta asennettavaksi maahan tai betonivaaluun. Suojapalmikointiin tai armeeraukseen puristuvaa kaapeliläpivientä voidaan käyttää potentiaalintasaukseen. (SFS-EN 60079–14, 37.)

## 9.10 Valaistus- ja lämmitysryhmien potentiaalintasaus

Vaikka laitteiden johtavat rungot suojamaadoitetaan, ne on kytkettävä myös alueen potentiaalintasausjärjestelmään erillisellä potentiaalintasausjohtimella. Valaisimien potentiaalintasauksen yksinkertaisin toteutustapa on asentaa potentiaalintasauskiskolta paljas kupariköysi ns. runkomaaksi, josta haaroitetaan jokaiselle valaisimelle potentiaalintasausjohdin puristus- tai thermoweld-liittimillä. (SFS-EN 60079–14, 37.)

## 10 POTENTIAALINTASAUKSEN TOTEUTUS AITTALUODON VOIMALAITOKSESSA

Opinnäytetyön tavoitteena on turvata turvallinen työskentely, sekä turvallinen polttoaineen käsittely Aittaluodon voimalaitoksella. Tarkoituksena on estää sähkölaitteen eristysvian, staattisen sähkön, kiertovirtojen ja ilmastollisten ylijännitteiden aiheuttama sähköiskun ja vaarallisen kipinöinnin vaara. Näiden synnyttämät energiat pyritään johtamaan hallitusti ja vaaraa aiheuttamatta maahan.

### 10.1 Potentiaalintasaus

Potentiaalintasauksen suunnitelma on esitetty maadoituskaaviossa, liite 3. (Liite 3)

#### 10.1.1 Päämaadoituskisko

Potentiaalitasauksessa on hyödynnetty CT10:n päämaadoituskiskoa. Päämaadoituskiskoon on liitetty kolme potentiaalintasauskiskoa EB01, EB02, sekä EB03. Lisäpotentiaalintasausta käytetään potentiaalintasauskiskossa EB01, joka on yhteydessä laitoksen CT65 muuntamon päämaadoituskiskoon. Muuntamotilassa oleva maadoituskisko on vaihdettava riittävän maadoitusliittimien takaamiseen. Tämän työn aikana kisko tulee nimetä ja johtimiin liittää kaapelitiedot. Pääpotentiaalintasauskisko on esitetty kuvassa 6, sekä liitettävät maadoitusjohtimet maadoituskaaviossa liite 3.

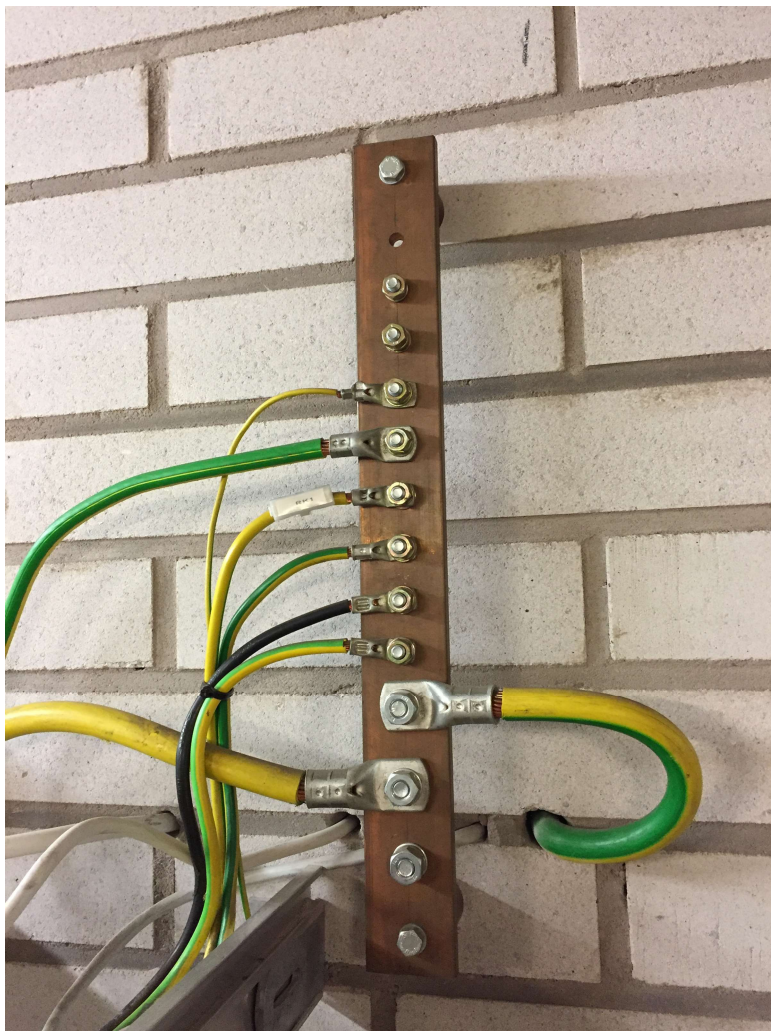


Kuva 6. Muuntamon CT10 päämaadoituskisko MEB01.

### 10.1.2 Potentiaalintasauskisko EB01

Potentiaalintasauskisko EB01 sijaitsee pienjännitesähkökeskus CD10 rakennuksessa. Tämän hetkisessä tilanteessa potentiaalintasauskiskolle tulevissa maadoitusjohtimien merkitsemisessä on virheitä. Potentiaalintasauskoon tulevista maadoitusjohtimista on esitetty liitteessä 3. (Liite 3)

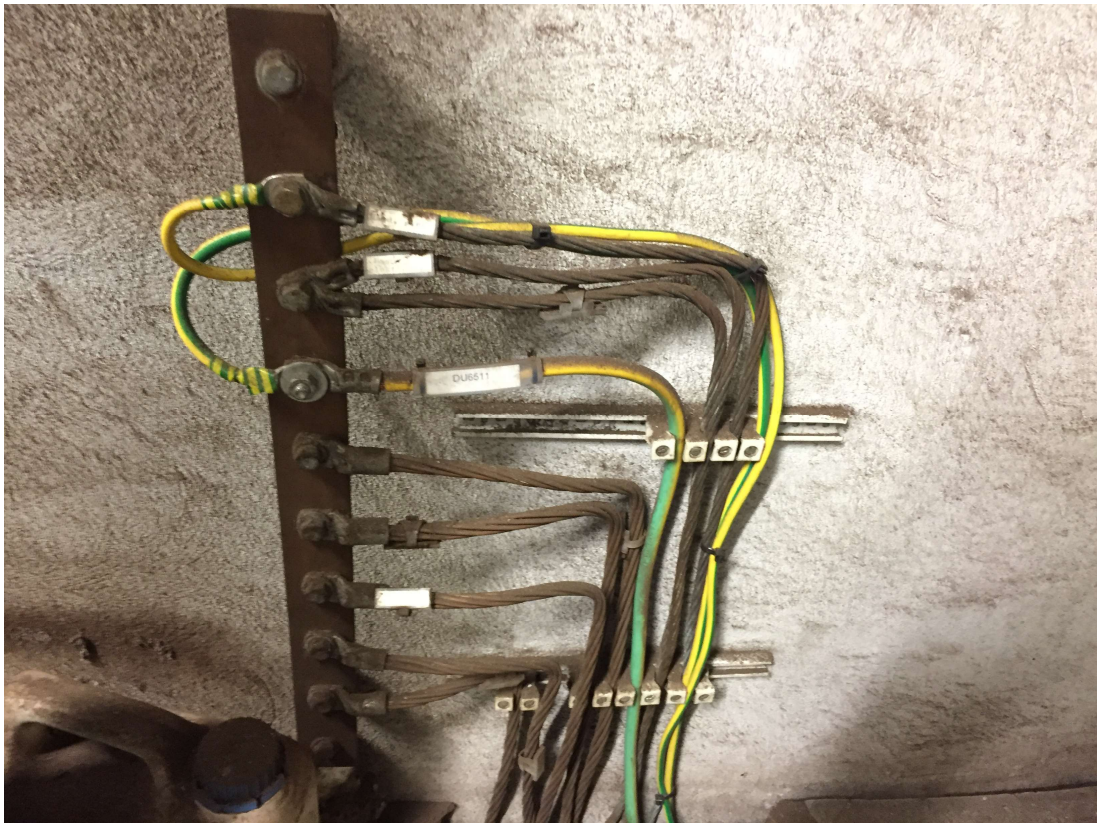
Tilaan sijoitetaan telejärjestelmille oma maadoituskiskonsa TE. Potentiaalintasauskisko, sekä telejärjestelmien maadoituskisko TE tulee yhdistää MK 25 MU johtimella. Kuvassa 7 on esitetty tämän hetkinen tilanne potentiaalintasauskiskosta EB01.



*Kuva 7. Potentiaalintasauskisko EB01*

### 10.1.3 Potentiaalintasauskisko EB02

Potentiaalintasauskisko EB02 sijaitsee turveaseman sähkötilassa. Potentiaalintasauskiskon tämänhetkinen tilanne on heikko ja sen vaihto on suositeltavaa. Kuten potentiaalintasauskisko EB01, potentiaalintasauskisko EB02 tulevissa maadoitusjohtimien merkitsemisessä on virheitä. Potentiaalintasauskoon tulevista maadoitusjohtimista on esitetty liitteessä 3. (Liite 3)

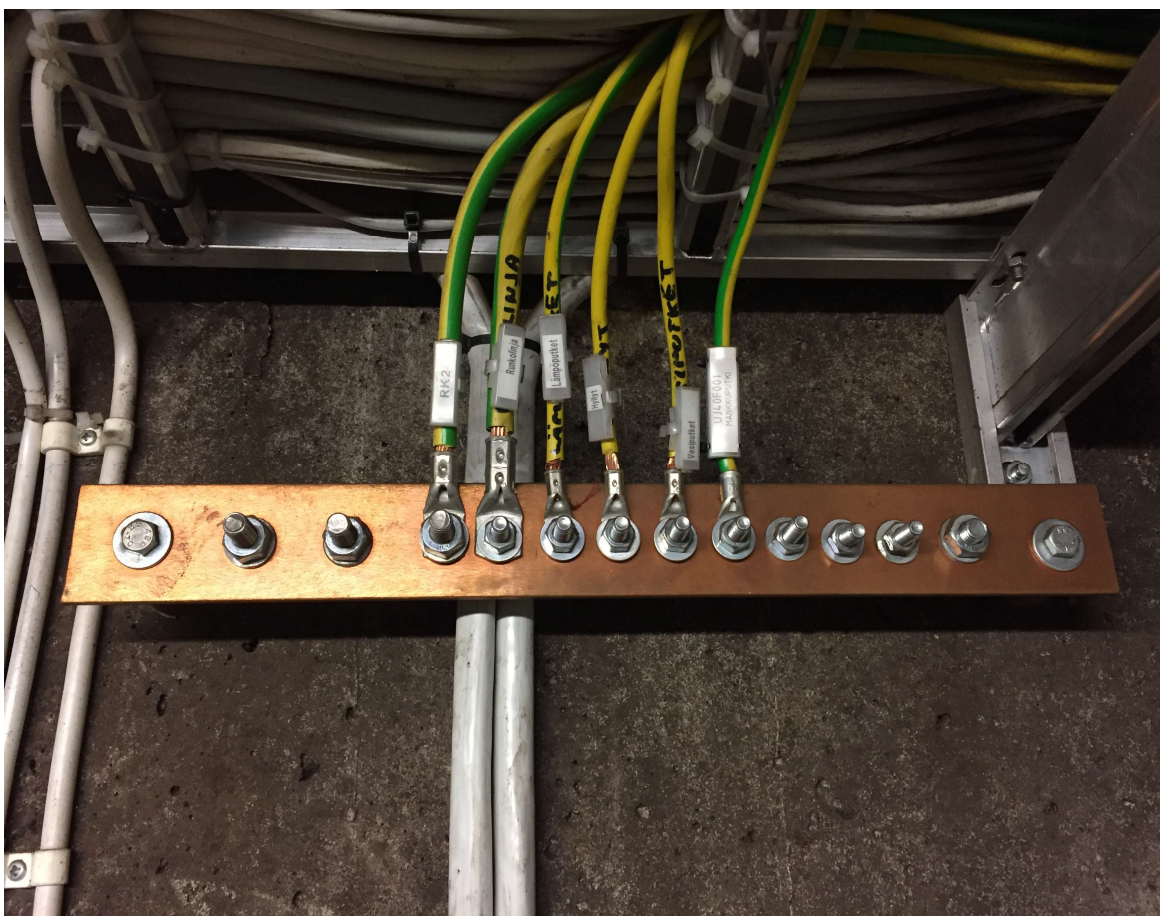


Kuva 8. Potentiaalintasauskisko EB02.



#### 10.1.4 Potentiaalintasauskisko EB03

Potentiaalintasauskisko EB03 sijaitsee seulomorakennuksen kompressorihuoneessa. Potentiaalintasauskiskon tämänhetkinen kunto on hyvä ja kaapeleiden merkitseminen on suoritettu mallikkaasti. Potentiaalintasauskisko tulee korvaamaan murskainrakennuksessa sijaitsevan potentiaalintasauskiskon. (katso kohta 10.2) Potentiaalintasauskoon tulevista maadoitusjohtimista on esitetty liitteessä 3. (Liite 3)



*Kuva 9. Potentiaalintasauskisko EB03.*

## 10.2 Räjähdyksvaarallisella alueella sijaitsevat potentiaalintasauskiskot

Räjähdyksvaarallisella alueella sijaitsevat potentiaalintasauskiskot tulisi siirtää tai liittää, jo sähkökeskuksen läheisyydessä olevaan potentiaalintasauskiskoon. Nämä siirrettävät potentiaalintasauskiskot sijaitsevat murskainrakennuksessa, sekä raskaspolttoöljysäiliörakennuksessa.

Murskainrakennuksen tilaluokkaa on vaikeata määritellä, sillä pölykerrosten muodostuminen tiloihin vaikuttaa tilaluokkaan. Jo 5 mm pölykerros tiloissa nostaa räjähdysvaaran riskin tilaluokasta 22 tilaluokkaan 21. Pääsääntöisesti tilan siisteyden merkityksellä on väliä, mutta tilan luokitus ei pienene polttoaine-ajon aikana alle tilaluokan 22. Murskain rakennuksessa sijaitseva potentiaalintasauskisko tullaan korvaamaan Seulomorakennuksen kompressorihuoneessa sijaitsevalla potentiaalintasauskiskolla EB03.

Raskaspolttoöljysäiliön rakennuksessa sijaitseva päämaadoituskisko tulisi siirtää räjähdysvaarallisen alueen ulkopuolelle. Esimerkkipaikkoina toimisi ulkotila (katos) tai turveaseman sähkötila.

### 10.3 Johtavat rakenteet

Teräsrakenteet, kaapelihyllyt, sekä putkistolinjastot tulisi liittää potentiaalintasaukseen lujilla liitoksilla. Nämä liitokset tulee tehdä siten, että varmistutaan maadoituksen jatkuvuus koko linjastossa. Esimerkkinä putkistolinja laippakohdat, jossa liitos ei täytä maadoituksen tarpeita. Nämä liitokset tulisi yhdistää erillisellä maadoitusjohtimella kuvan 10 tapaisesti.



*Kuva 10. Putkistolinjan maadoittaminen.*

### 10.4 Imurilinjaston maadoittaminen

Maadoittaminen tapahtuu samalla tavalla kuin johtavien rakenteiden maadoittaminen. Maadoituksen jatkuvuus tulee taata imurille asti. Näin vältetään mahdollinen potentiaalitasusero putkiston ja imurin välillä. Imuautojen liitoskohtiin on sijoitettava autoihin liitettävä maadoitusköysi. Tähän maadoitukseen riittää johdin MK 16 Kevi.

### 10.5 Polttoaineen vastaanotto ja autojen purku

Toimitussopimusten mukainen turve, on laitokselle tullessa kosteaa. Kosteus on noin 35 %. Kosteaa turvepölyä ei ole räjähtävää. Turpeen tullessa jostain syytä kuivana, on räjähdyskelpoisten seosten muodostuminen mahdollista. Varatoimenpiteenä autojen maadoittaminen olisi suotavaa. Maadoittaminen tapahtuisi polttoaineen vastaanottoon sijoitettavalla maadoituspallolla, johon autojen metallirakenteet liitetään. Toimittajaa tulisi näin ollen ohjeistaa kuorma-autojen maadoituksesta ja räjähdysvaaran tasosta alueella.

### 10.6 Pyörivien laitteiden maadoittaminen

Pyörivät laitteet, kuten moottorit tulisivat runkomaadoittaa erillisellä maadoitusjohtimella. Standardissa SFS-EN 60079-14 ei ole mainintaa lisäpotentiaalintasauksesta mutta, koska sähkölaitteen runko on suojamaadoitettu, voidaan erillistä yhdistystä potentiaalintasausjärjestelmään pitää lisäpotentiaalintasauksena. Maadoituksen toteutus toteutuu helpoiten liittämällä moottorien runko läheiseen maadoitettuun teräsrakenteeseen. Tämä liitos ei kuitenkaan ole pakollinen, jos mittaukset todistavat rungon maadoituksen olevan riittävä.

### 10.7 Kuljettimien rakenteet

Kuljettimien pudotuskohtien tilaluokka on 21. Jotta tiputuskohtien potentiaalitasauseroja ei syntyisi, tulee kuljettimien maadoitus toteuttaa siten, että tiputuskohtien potentiaalitasaus on sama molemmilla kuljettimilla. Suurten rakenteiden takia maadoitukseen käytetään poikkipinnaltaan suurta maadoitusjohdinta MK 50 Kevi tai MK 120 Kevi.



## 11 POTENTIAALITASAUKSEN TODENTAMINEN MITTAUKSILLA

Maadoituksen takaamiseksi maadoitetut kohteet tulee aika ajoin tarkistaa mahdollisista poikkeavuuksista. Rikkoutuneet maadoitusjohtimet ja löysät liitokset heikentävät potentiaalitasauksista ja voivat aiheuttaa staattisen varauksen synnyn räjähdysvaarallisissa kohteissa.

### 11.1 Suojajohtimien jatkuvuus

Suojajohtimien jatkuvuusmittauksilla on tarkoitus selvittää, että kosketusjännitesuojauksen edellyttämät suojajohdinpiirit ovat koko matkaltaan jatkuvia ja maadoitusliitokset on tehty kunnolla. Mittauksen periaatteena on mitata jännitteelle alttiit osat, sekä näitä lähinnä olevan pääpotentiaalitasaukseen liitetyn pisteen välinen suojajohtimien resistanssi. Mittaus tulee suorittaa ainoastaan jännitteettömässä laitteistossa. Mittaukset tullaan suorittamaan silloin, kun on varmistettu, että räjähdyskelpoisia kaasuja ei ole läsnä tai pölytiloissa pöly poistettu ja tila kasteltu.

#### 11.1.1 Mittaustulokset

Suojajohtimien jatkuvuusmittauksien tuloksille ei ole annettu mitään tarkkaa raja-arvoa. Mittaustulosta tulee verrata mitattavan johtimien poikkipinnan ja pituuden perusteella arvioitavissa olevaan arvoon. Tulokset ovat yleensä enintään n. 1  $\Omega$  luokkaa. Pitkillä suojajohtimilla kuitenkin arvo voi olla suurempikin. Suojajohtimien jatkuvuusmittauksien taulukko löytyy liitteessä 4.

### 11.2 Maadoitusresistanssi mittaukset

Standardin SFS 6001:n mukaan maadoituksen arvo tulisi todentaa mittaamalla 6 vuoden välein, mikäli maadoitus on yhden maadoituselektrodin varassa ja 12 vuoden välein maadoituksen ollessa useamman kuin yhden elektrodin varassa. Maadoitusresistanssi on mitattava uusista laitteistoista käyttöönoton yhteydessä. Mittausten ajankohta

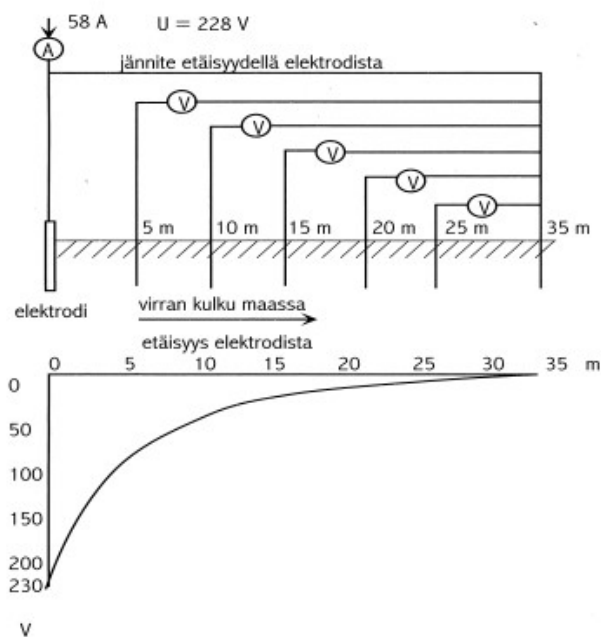
tulee suorittaa silloin, kun maa ei ole roudassa. Parhain aikaväli mitoittamiseen on kesän ja syksyn aikana. Suurin sallittu maadoitusresistanssi arvo määräytyy maasulkuvirrasta ja maadoitusjännitteestä. Maadoituselektrodimittauksien toteuttajana tulee toimia mittaukseen erikoistunut henkilö. CT10 muuntajanhuoneen maadoituselektrodin mittauksen suoritus tulisi yhdistää Pori Energian muuntamoiden maadoituselektroditarkastusten piiriin.

### 11.2.1 Mittaustavat

Mittaustapoja on käytettävissä useita eri menetelmiä. Yleisin käytetty tapa on syöttää samansuuruista virtaa mitattavan maadoituselektrodin kautta ja tämän jälkeen mitata maadoituselektrodin yli vaikuttava jännite. Maadoitusresistanssi saadaan laskettua ohmin lailla.

$$R = \frac{U}{I} .$$

Virran tiheys on suurin maadoituselektrodin välittömässä läheisyydessä. Virran kulkeutuessa maahan se aiheuttaa jännite-eroja maadoituselektrodin läheisyydessä. Jännitteen jakautumista esitetään kuvassa 11.



Kuva 11 Jännitteen jakautuminen maaperässä

Maadoitusresistanssimittauksessa virta-apuelektrodi sijoitetaan  $x$  matkan päähän elektrodista ja jänniteapuelektrodilla mitataan arvo 50 %:n kohdalta virtaelektrodin etäisyydestä. Mittaustulosten arvo on teoriassa kuitenkin n. 10 % liian pieni. Tämä vääristymä johtuu mittaussvirran ahtautumisesta virta-apuelektrodin läheisyydessä. Poikkeavuuden voidaan korvata jännite-apuelektrodin ollessa 62 % virta-apuelektrodista. (Turvallisuusmääräykset käytännössä 5)

### 11.2.2 Maadoitusvastuspihtimittari

Maadoitusvastuksen mittaaminen on teollisuudessa vaikeasti suunniteltavissa. Laitteiden poiskytkentä prosessista aiheuttaa taloudellisia tappioita ja laitteiden jännitteettömyys on välillä mahdotonta toteuttaa tiettyä aikana vuodessa. Maadoitusvastuspihtimittari helpottaa silmukkamittausten tekemistä. Pihtimittari mahdollistaa vuotovirtamittaukset ilman, että mittauksen kohteena olevan laitteen virtaa tarvitsee katkaista.

Ahtaat tilat ja ankarat olosuhteet eivät aina ole otollisia jännite-apuelektrodien asentamiselle. Maadoitusvastuspihtimittarilla jännite-apuelektrodeja ei tarvita ja sen käyttö teollisuuden kunnossapidossa on helppoa. Mittari mahdollistaa maadoitusvastusten mittaamisen laitoksen sisätiloissa.

Toiminta perustuu siihen, että virtapihdin toinen puolisko indusoi tunnetun jännitteen ja toinen mittaa virran. Testeri määrittää näin automaattisesti maadoitusjärjestelmän silmukkaresistanssin (Fluken [www-sivut](http://www.fluke.com).)

### 11.3 Maasulkumittausmenetelmä

Mittauksen perusteena on mitata maasulkuvirta ja maadoituselektrodin yli vaikuttava maadoitusjännite. Mittaus suoritetaan ainoastaan sellaisessa verkossa, jossa on laukaiseva maasulkusuojaus. Resistanssi saadaan yhtälöstä:

$$R = \frac{U}{I}$$

Mittauksessa käytettävä jännite-apuelektrodi tulee viedä kauaksi mitattavasta maadoituselektrodista. Mittaus suoritetaan kahdella jännite-apuelektrodin etäisyyden arvolla. Nämä mittatulokset eivät saa muuttua. Mittaus tullaan tekemään jännitteellisenä, joten mittauksen aikana on noudatettava jännitetöistä annettuja määräyksiä.

## 12 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Pori Energia Oy:n Aittaluodon voimalaitoksen räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuutta. Suunnitelman tarkoituksena oli ennalta-ehkäistä mahdollisten staattisten varausten ja kipinöiden synty räjähdysvaarallisella alueella, näin ollen liittää jännitteelle alttiit osat potentiaalitasaukseen. Työn toteutus onnistuu seuraavalla polttoainerevisiona jolloin tiloista on poistettu räjähdysvaarallinen ainesos.

Opinnäytetyön maadoituskaavion piirtämistä vaikeutti maakaapelikarttojen puuttuminen. Taloudellisen suunnittelun myötä mahdollisilta uusilta maadoituselektrodeilta vältyttiin. Maadoittaminen on erinomainen tapa välttää räjähdysmäinen tulipalo räjähdysvaarallisilla alueilla, Nykypäivänä staattisen sähkön aiheuttamat tulipalot ovat lisääntyneet ja maadoituksen kuntoon ja toteutukseen tulisi panostaa paremmin.

Työn tekeminen edisti omaa ammattilista kehittymistäni, sillä tietotaitoni räjähdysvaarallisista tiloista, maadoittamisesta ja standardeista kehittyivät työn edetessä. Mielestäni työ oli aiheena erittäin mielenkiintoinen ja ajankohtainen.

## LÄHTEET

ATEX Räjähdyksvaarallisten tilojen turvallisuus, 2003, Tukes

Pori Energia Oy:n www-sivut. Viitattu 15.12.2016. <https://www.porienergia.fi/tietoa/>

SFS-käsikirja 604-1. Räjähdyksvaaralliset tilat. Osa 1: Määräykset, tilaluokitus ja sähkölaitteiden rakenteet. 2010. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 60079-14. Räjähdyksvaaralliset tilat. Osa 14: Sähköasennusten suunnittelu, laitevalinta ja asentaminen. 2009. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS ry.

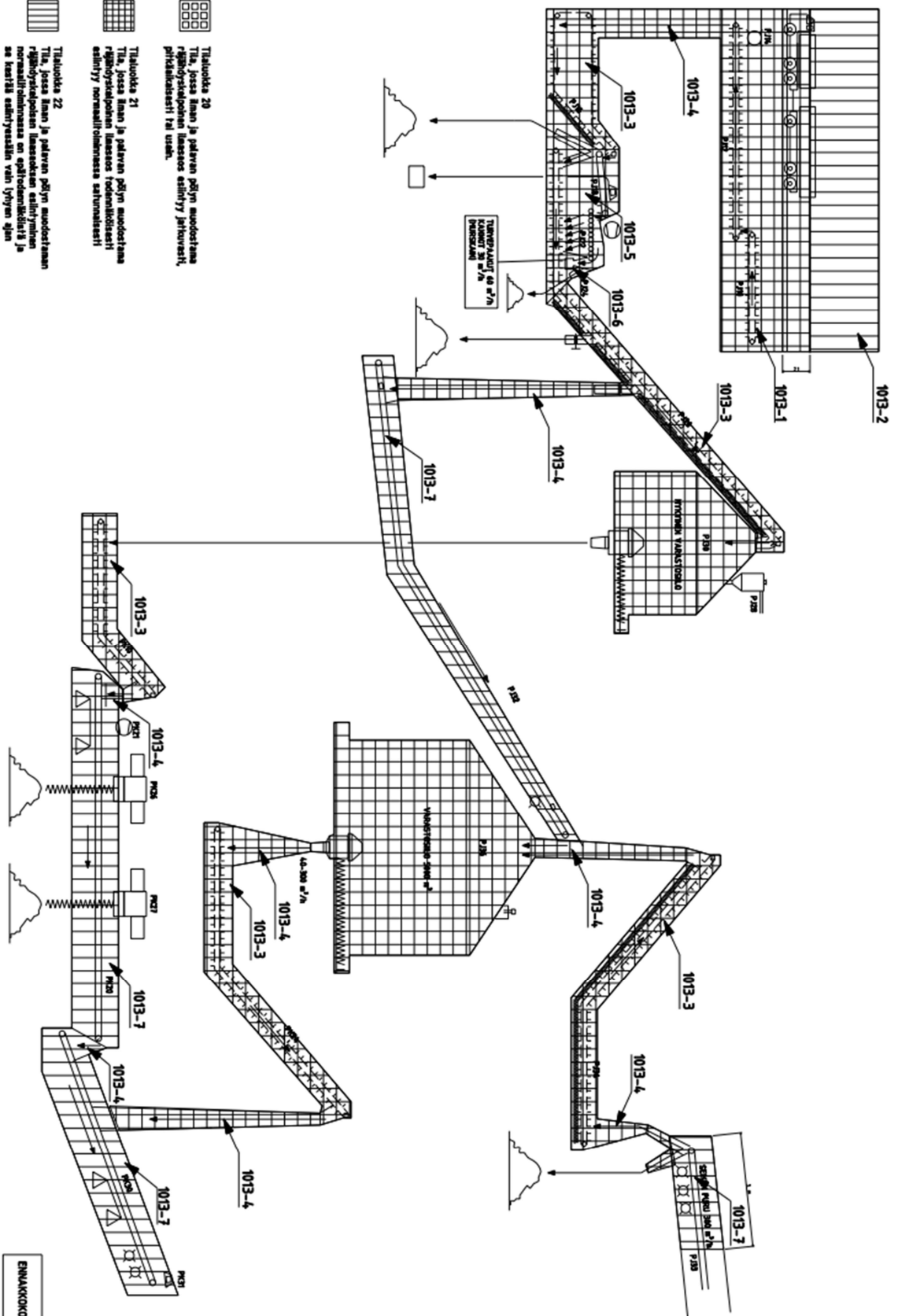
SFS-käsikirja 609. Rakennusten ja rakenteiden salamasuojaus. 2009. Suomen standardoimisliitto SFS ry.

SFS-käsikirja 118. Palavat nesteet ja kaasut. Potentiaalintasaus ja maadoitus. 1990. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS ry.


Sähköturvallisuusmääräykset käytännössä 5, Artikkelit- ja tulkintakokoelma, Henkilö- ja Yritysarviointi Seti Oy


Tukes Oy:n www-sivut. Viitattu 15.12.2016, <http://www.fluke.com/fluke/fifi/maadoitusvastustesterit/fluke-1630.htm?pid=56021>


VTT. Verkkojulkaisu, Viitattu 15.12.2016, <http://virtual.vtt.fi/virtual/staha/stahayhdistys/atex%20tr/liite3.pdf>



1010-1 Viittäus räjähdyssuojasuojakirjan liitteeseen 2: päästöliitteet

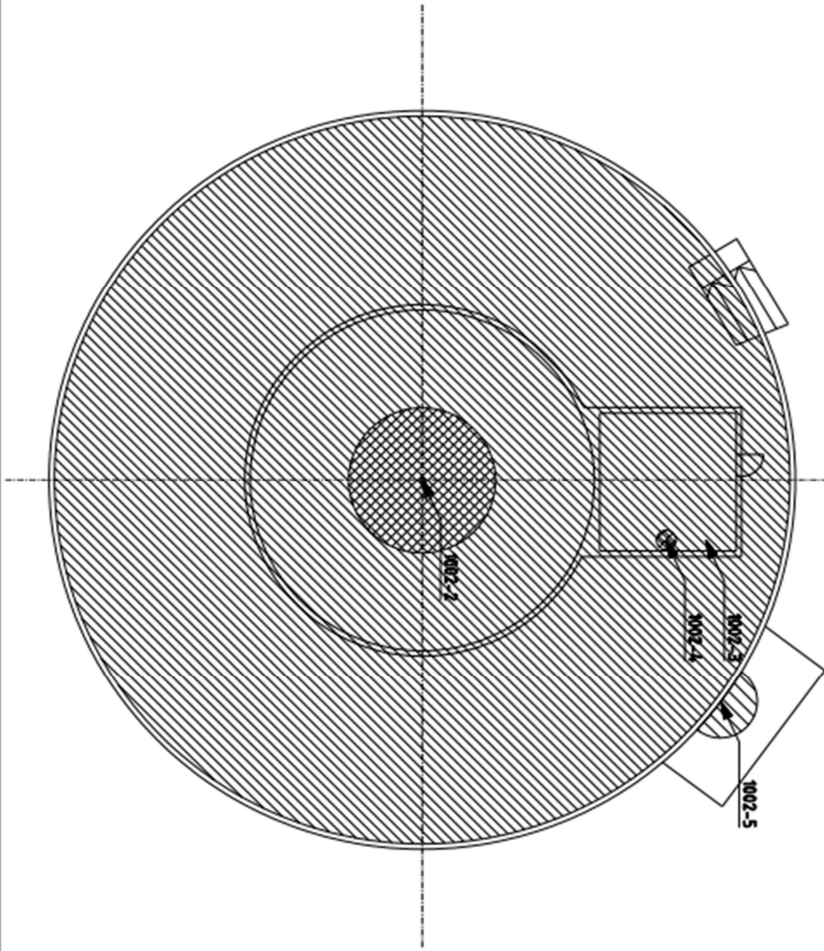
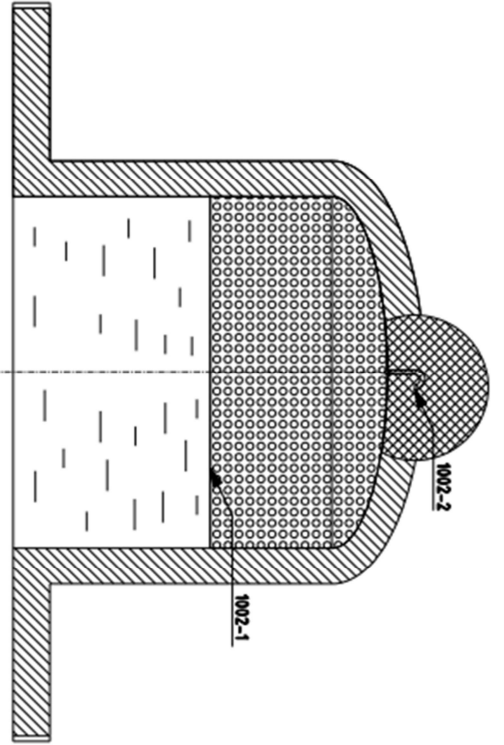
- 

Talouksk 20  
Tila, jossa ihmän ja palavan polyn muodostama räjähdysolosuhteen ilmeinen esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein.
- 

Talouksk 21  
Tila, jossa ihmän ja palavan polyn muodostama räjähdysolosuhteen ilmeinen todennäköisesti esiintyy normaaliolosuhteissa satunnaisesti.
- 

Talouksk 22  
Tila, jossa ihmän ja palavan polyn muodostaman räjähdysolosuhteen ilmeisen esiintymisen normaaliolosuhteissa on epätodennäköistä ja se kestää esiintymään vain lyhyen ajan.

ENNAKKOKOPIO		MÄÄRÄT	
1	1	1	1
TILANVASTAUKSEN KANTAJAN NÄKÖPÖINTI			
TILANVASTAUKSEN KANTAJAN NÄKÖPÖINTI			



**Tilausluokka 0**  
Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyksellöinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein.



**Tilausluokka 1**  
Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyksellöinen ilmaseos todennäköisesti esiintyy normaaliolosuhteissa satunnaisesti.



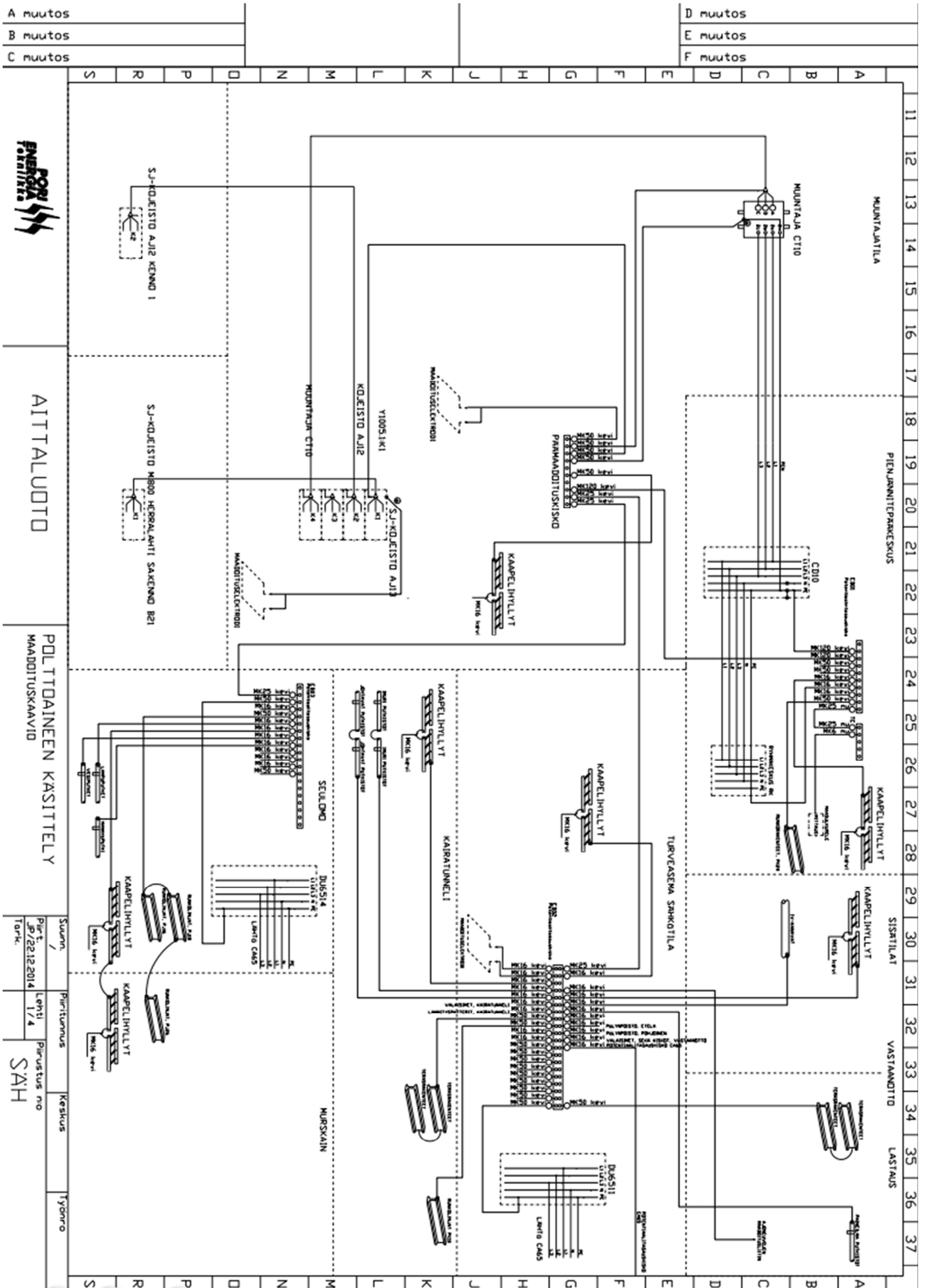
**Tilausluokka 2**  
Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyksellöinen ilmaseos esiintyy normaaliolosuhteissa on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan.

**1005-1** Viittaus räjähdyssuojusasiainryhmän liitteeseen 2: pääkäyttötavat



NÄKYMÄ / DRAWING / VIEW Pääsuojuslaitteen suunnittelu / Design of main protective equipment	
POHJAN SUUNNITTELU / PLAN / LAYOUT POHJAN SUUNNITTELU / PLAN / LAYOUT	TILAUSLUOKITUS / CLASSIFICATION / CLASSIFICATION KÄYTTÖTAVAT / USAGE / USAGE
Suunnittelija / Designer / Designer Jarmo Pyykkö / Jarmo Pyykkö / Jarmo Pyykkö	Suunnittelun numero / Drawing number / Drawing number 608044131
Suunnittelun päiväys / Date of design / Date of design 15.12.2011	Suunnittelun versio / Drawing version / Drawing version -V500 -1002





AITTALUOTO

POLTTODINEEN KASITTELY MAADOITUSKAAVIO



## Silmämääräinen tarkastus

Potentiaalinsuojusyksikö E801			Ryhmäkeskus CD10			Ryhmäkeskus			Kaapelilyt				
Sijotus	Rakenne	Materiaalit	Asemus	Sijotus	Rakenne	Materiaalit	Sijotus	Rakenne	Materiaalit	Asemus	Asemus	Sijotus	Rakenne

Runkorakenteet PK24		
Sijotus	Rakenne	Asemus

Mittauskohde  
Suojajohtimen jatkuvuus

Ryhmä	Ryhmäkeskus CD10	Ryhmäkeskus	Kaapelilyt	Runkorakenteet PK24	
Todettu mittamaisa					
(12)					



Silmämääräinen tarkastus

Potentiaalinvasauskisko EB03				Kujettimien runkorakenteet				Kaapelilyhyt				Lämpöputket			
Sijoitus	Rakenne	Merkinnät	Asennus	Sijoitus	Rakenne	Merkinnät	Asennus	Sijoitus	Rakenne	Asennus	Sijoitus	Rakenne	Asennus	Sijoitus	Rakenne
<b>Vesiputket</b>															
Asennus				Sijoitus				Rakenne							

Ryhmä	Kujettimien runkorakenteet	Kaapelilyhyt	Lämpöputket	Vesiputket
Todettu mitaamalla				
(2)				

Mittauskohde

Suojajohdinten jatkuvuus