



Räjähdyksvaaran arviointi

Räjähdyssuojausasiakirjan laadintaprosessi

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Sähkö- ja automaatiotekniikka, insinööri (AMK)

Syksy 2025

Kristian Kallionpää

Koulutus Sähkö- ja automaatiotekniikka, insinööri (AMK)
Tekijä Kristian Kallionpää
Työn nimi Räjähdyssvaaran arviointi
Ohjaaja Katariina Penttilä

Vuosi 2025

Tämä opinnäytetyö käsittelee räjähdysvaaran arviointia ja räjähdysuojausasiakirjan laadintaprosessia. Työn toimeksiantajana toimii Caverion Suomi Oy. Opinnäytetyön esimerkkikohteena on sisätiloissa sijaitseva sähköakustotila, jossa voi esiintyä akuista purkautuvan vedyn päästöistä johtuva kaasuräjähdyssvaara. Työn tavoitteena on selvittää, millaiset tekniset ja toiminnalliset edellytykset tulee täyttyä, jotta kyseiseen kohteeseen voidaan laatia räjähdysuojausasiakirja.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa tarkastellaan räjähdysvaarallisten tilojen luokittelua sekä siihen vaikuttavia tekijöitä, kuten palavien aineiden ominaisuuksia ja ilmanvaihtoa. Lisäksi työssä käsitellään suojaratkaisuja ja laitteiden luokitusvaatimuksia. Sisältö pohjautuu ajankohtaiseen kirjallisuuteen, lainsäädäntöön sekä asiantuntijatietoon.

Toiminnallisessa osuudessa arvioidaan akustotilan olosuhteita ja selvitetään räjähdysuojausasiakirjan laatimisen kannalta olennaiset lähtötiedot. Työssä määritetään muun muassa minimivaatimukset ilmanvaihdolle, turvaetäisyys akustosta ja ilmanvaihtoaukon vähimmäispinta-ala. Lisäksi laaditaan esimerkin omainen tilaluokituskaavio, joka perustuu olemassa oleviin akkuihin. Lopputuloksena saadaan kokonaiskuva siitä, millä edellytyksillä kohteessa voidaan toteuttaa räjähdysuojausasiakirjan laadinta.

Työn aikana havaittiin, että räjähdysuojausasiakirjan laatiminen edellyttää tapauskohtaista tarkastelua ja teknistä erityisosaamista. Akustotiloille ei ole olemassa suoraan sovellettavaa standardiesimerkkiä, mikä asettaa lisävaatimuksia suunnittelulle. Työssä kehitettiin yksi mahdollinen lähestymistapa, jonka avulla voidaan arvioida vastaavien kohteiden vaatimuksia. Laskennalliset ratkaisut osoittautuivat perustelluiksi ja johdonmukaisiksi. Tulosten perusteella voidaan todeta, että Ex-tilojen suunnittelu vaatii kokonaisvaltaista otetta ja useiden tietolähteiden yhdistämistä.

Avainsanat Räjähdyssuojaus, Ex-tilat, Tilaluokitus
Sivut 46 sivua ja liitteitä 1 sivu

DP Electrical and Automation Engineering
Author Kristian Kallionpää
Subject Explosion Hazard Assessment
Supervisor Katariina Penttilä

Year 2025

This thesis examines the assessment of explosion hazards and the process of preparing an explosion protection document. This thesis was commissioned by Caverion Suomi Oy. The example case in the thesis is an indoor battery room where hydrogen emissions from the batteries may create an explosion risk. The goal has been to define what technical and operational factors must be in place to allow the preparation of an explosion protection document.

The theoretical part of this thesis explores the classification of hazardous areas and the key influencing factors, such as the properties of flammable substances and the role of ventilation. The thesis also discusses protection solutions and equipment classification requirements. The contents are based on current literature, legislation and expert knowledge.

The practical part involves assessing the conditions of the battery room and identifying the essential background data needed for the explosion protection document. This includes defining minimum ventilation requirements, a safe distance from the battery system, and the minimum surface area of the ventilation opening. In addition, an example area classification diagram has been created based on the existing batteries. As a result, a comprehensive understanding is formed of the conditions under which the document can be prepared.

During the project, it became evident that preparing an explosion protection document requires case-specific evaluation and technical expertise. There is no directly applicable standard example for battery rooms, which adds complexity to the planning. One possible approach was developed in the thesis to assess similar environments. The calculation-based solutions proved to be reasonable and consistent. Based on the results, it can be concluded that the design of Ex-Areas requires a comprehensive approach and the integration of multiple sources of information.

Keywords Explosion protection, hazardous areas, area classification
Pages 46 pages and appendices 1 page

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Räjähdyksvaaralliset tilat.....	2
3	ATEX	3
3.1	ATEX-laitedirektiivi	4
3.2	ATEX-olosuhdedirektiivi	4
3.3	Standardit	5
4	Räjähdyksvaaran arviointi	5
4.1	Palavat aineet ja räjähdyskelpoinen ilmaseos	6
4.2	Päästölähteet.....	7
4.2.1	Päästölähteiden tunnistaminen	8
4.2.2	Päästömäärän arviointi	10
4.2.3	Ilmaseoksen laimeneminen ja turvaetäisyys	10
4.3	Riskinarviointi ja pienentäminen	15
4.4	Suojaustoimenpiteet.....	15
5	Syttymislähteet.....	16
5.1	Laiteryhmä I	17
5.2	Laiteryhmä II	17
5.3	Laiteryhmä III	18
6	Laitteiden suojaustaso (EPL)	19
6.1	Laiteryhmä I suojaustasot	19
6.2	Laiteryhmä II suojaustasot	20
6.3	Laiteryhmä III suojaustasot	20
7	Lämpötilaluokat.....	21
8	Tilaluokat	22
8.1	Palavat kaasut ja nesteet	23
8.1.1	Tilaluokka 0	24
8.1.2	Tilaluokka 1	24
8.1.3	Tilaluokka 2	24
8.2	Räjähdyksvaaralliset pölytilat	24
8.2.1	Tilaluokka 20	24
8.2.2	Tilaluokka 21	25
8.2.3	Tilaluokka 22	25

9	Dokumentointi	25
9.1	Dokumenttityypit räjähdysuojausta varten	26
9.2	Laitteiden dokumentointi	27
9.3	Tilojen dokumentointi	28
10	Räjähdysuojausasiakirjan koonti	29
10.1	Kohteen kuvaus	30
10.2	Palavat aineet ja ilmaseos.....	30
10.2.1	Vety	30
10.2.2	Päästöjen laimeneminen	31
10.3	Tilaluokitus	33
10.3.1	Turva-alueen määrittely	33
10.3.2	Tilaluokan valinta	34
10.3.3	Tilaluokituskaavio	36
10.4	Syttymislähteet.....	37
10.5	Riskinarviointi.....	38
10.6	Laiteluokitus	38
10.7	Tekniset räjähdysuojaustoimenpiteet	39
10.8	Organisatoriset toimenpiteet	40
10.9	Toimintakäytännöt ja ohjeistukset	40
10.10	Akustotilojen erityistyöt.....	41
10.11	Asiakirjojen ylläpito	42
11	Yhteenveto ja johtopäätökset	43
	Lähteet.....	44

Kuvat

Kuva 1.	Parametrit Ilmanvaihdon virtauksen laskentaan (SFS-EN IEC 62485-2:2018, s.22).....	13
Kuva 2.	Piirrosmerkit kaasuräjähdysvaarallisissa tiloissa (SFS käsikirja 59, s.18).....	29
Kuva 3.	Piirrosmerkit pölyräjähdysvaarallisissa tiloissa (SFS-EN 60079-10-2, 2015, s. 18).	29
Kuva 4.	Ilmavirtauksen minimi vaatimusten laskenta.	32
Kuva 5.	Ilmanvaihtoaukon minimipinta-ala laskenta.	32
Kuva 6.	Suoja-alueen laskenta.....	33

Kuva 7. Valintakaavio sekundääriselle päästöluokalle (SFS-EN IEC 60079-10-1:2021, s. 98).....	35
Kuva 8. Akustotilan tilaluokituskaavio tasokuva.	36
Kuva 9. Akustotilan tilaluokituskaavio sivuprofiili.	37

Taulukot

Taulukko 1. Tilaluokat suhteessa päästötyyppiin (SFS-käsikirja 59:2022, s. 9).....	9
Taulukko 2. Räjähdyssryhmissä sallitut laiteryhmät (SFS-käsikirja 59, 2022, s. 112).....	18
Taulukko 3. Lämpötilaluokat (SFS-käsikirja 59, 2022, s. 8).....	21
Taulukko 4. Tilaluokkiin hyväksyttävät laiteluokat (ATEX-foorumi, 2017, s. 19).....	23
Taulukko 5. Räjähdyssuojauksen dokumenttityyppejä (ATEX-foorumi, 2017, ss. 3–5).....	27
Taulukko 6. Esimerkki laiteluettelosta (ATEX-starttipaketti, 2017, s. 20).	28
Taulukko 7. Vedyn ominaisuudet (SFS-EN ISO 80079-20-1:2019. s. 78).	31

Kaavat

Kaava 1. Ilmanvaihdon pienin vaadittava virtaus (SFS-EN IEC 62485–2:2018, s.22)	12
Kaava 2. Akun turvaetäisyyden laskeminen (SFS-EN IEC 62485–2:2018, s.24).....	14
Kaava 3. Ilmanvaihtoaukon pienin vaadittava pinta-ala. (SFS-EN IEC 62485–2:2018, s.23).....	14

Liitteet

Liite 1. Tilaluokituskaavio esimerkki.

AIT	Itsesyttymislämpötila (Auto Ignition Temperature).
ATEX	Räjähdyksvaaralliset ilmaseokset (Atmosphere Explosible)
EPL	Laitteiden suojaustaso (Equipment Protection Level)
Ex-laite	Räjähdyksvaarallisessa tilassa käytettävä laite
Ex-tila	Räjähdyksvaarallinen tila
IEC	Kansainvälinen sähkötekniikan standardointijärjestö
LFL / LEL	Alempi syttymisraja (Lower Flammable/Explosive Limit)
RSA	Räjähdyssuojasasiakirja
SFS	Suomen Standardisoimisliitto
TUKES	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
UFL / UEL	Ylempi syttymisraja (Upper Flammable/Explosive Limit)

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö käsittelee räjähdysvaaran arviointia ja räjähdys suojausasiakirjan laadintaprosessia. Työn toimeksiantajana on talotekniikkayritys Caverion Suomi Oy ja toiminnallisena kohteena käytetään toimeksiantajan asiakkaan räjähdysvaaralliseksi luokiteltua sähköakusto tilaa. Toimeksiantajalla ovat olleet ongelmana muuttuvat tilat ja räjähdys suojausasiakirjojen ajanmukaisuuden varmistaminen.

Räjähdysvaaran arviointi ja sen perusteella laadittava räjähdys suojausasiakirja ovat välttämättömiä lain määräämiä toimia, joilla pyritään ennaltaehkäisemään onnettomuuksia ja varmistamaan työturvallisuus. Opinnäytetyön tavoitteena on luoda käytännöllinen apuväline räjähdys suojausasiakirjan laadintaan akusto tilaan. Toimivalla mallilla voidaan laatia ja tarkastaa räjähdys suojausasiakirja. Lähdemateriaalina käytetään alan kirjallisuutta, lain edellyttämiä direktiivejä ja standardeja, sekä toimeksiantajan asiantuntijoiden näkemyksiä.

Opinnäytetyön teoreettisessa osuudessa käsitellään ATEX-laite- ja olosuhdedirektiiviä, kansallisia standardeja, räjähdysvaarallisen ilmaseoksen muodostumista, Räjähdysvaarallisia tilaluokkia, sekä räjähdysvaaran arvioimista. Nämä muodostavat perustan räjähdys suojausasiakirjan laatimiselle ja ylläpidolle.

Toiminnallisessa osuudessa tehdään räjähdys suojausasiakirjan koontiesimerkki akustotilaan. Opinnäytetyön lopputuloksena syntyy käytännönläheinen dokumentti, jota voidaan käyttää ohjenuorana akustotilan räjähdys suojausasiakirjan laadintaan. Dokumenttia voidaan soveltaa myös muihin kohteisiin räjähdysvaaran arvioinnissa ja asiakirjojen ajantasaisuuden varmistamisessa.

2 Räjähdyksvaaralliset tilat

Räjähdyksvaarallisella tilalla tarkoitetaan ympäristöä, jossa voi esiintyä palavien aineiden ja ilman muodostamaa räjähdyskelpoista ilmaseosta sellaisissa olosuhteissa, joissa tämä seos voi syttyä ja aiheuttaa hallitsemattoman palamisen. Räjähdyksvaarallisia tiloja esiintyy erityisesti prosessiteollisuudessa, energiantuotannossa, varastoinnissa ja jakelussa, joissa käsitellään syttyviä kaasuja, nesteitä, höyryjä tai pölyjä. (SFS-EN IEC 60079-10-1:2021, s. 13)

Räjähdyksvaaralliset tilat luokitellaan ilmaseoksen olomuodon mukaan joko kaasuräjähdyksvaarallisiksi tiloiksi tai pölyräjähdysvaarallisiksi tiloiksi. Luokittelun tarkoituksena on arvioida, missä ja kuinka usein räjähdyskelpoinen ilmaseos voi esiintyä ja tämän perusteella määritellä tekniset, sekä organisatoriset toimenpiteet vaaran hallitsemiseksi. Räjähdyksvaarallisille tiloille tehtävä tilaluokitus vaikuttaa suoraan alueella käytettävien laitteiden valintaan, suojaustasovaatimuksiin sekä turvallisuustoimenpiteisiin. Räjähdyksvaarallisten tilojen tunnistaminen ja asianmukainen luokittelu ovat keskeinen osa turvallisuussuunnittelua ja lainsäädännön edellyttämä toimenpide osana räjähdys-suojausasiakirjan laadintaa. (SFS-käsikirja 59, 2022, s. 11)

Tilaluokkien määrittäminen esimerkkien, mittausten tai laskennan avulla edellyttää asiantuntijuutta prosessista, sekä palavien aineiden ominaisuuksista ja päästöjen käyttäytymisestä. On tärkeää kyetä arvioimaan kaasujen ja höyryjen hajaantumista, pölyjen fyysikaalista käyttäytymistä, prosessin mekaanisten laitteiden vaikutuksia sekä tilan ilmanvaihdon ja turvallisuusnäkökulmien yhteisvaikutusta. (SFS-EN 60079-10-2:2015, s. 13)

3 ATEX

Räjähdyksvaarallisten tilojen turvallisuuden varmistaminen perustuu Euroopan unionin sääntelyyn, jota sovelletaan Suomessa osana kansallista lainsäädäntöä. ATEX-nimityksellä, joka tulee ranskankielisistä sanoista **ATmosphères EXplosibles**, jolla viitataan kahteen direktiiviin. Nämä Direktiivit säätelevät räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäviä laitteita ja suojausjärjestelmiä sekä työnantajan vastuuta turvallisuustoimenpiteistä. (ATEX-starttipaketti, 2017, s. 3)

Ensimmäinen näistä on ATEX-laitedirektiivi 2014/34/EU, joka määrittelee vaatimukset laitteille ja suojausjärjestelmille, joita käytetään tai on tarkoitettu käytettäväksi räjähdysvaarallisissa tiloissa. Toinen on ATEX-olosuhdedirektiivi 1999/92/EY, joka kohdistuu työnantajan vastuisiin ja työympäristön turvallisuuteen tilanteissa, joissa räjähdyskelpoisia ilmaseoksia voi esiintyä. (Tukes, n.d.-a)

Näitä direktiivejä täydennetään kansallisilla säädöksillä, kuten valtioneuvoston asetuksella 576/2003 räjähdysvaarallisista tiloista sekä työ- ja elinkeinoministeriön määräyksillä. Suomessa direktiivien käytännön soveltamisesta ja valvonnasta vastaa Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. (Tukes, n.d.-b)

Direktiivien toimeenpanoa tukevat kansainväliset ja eurooppalaiset standardit, erityisesti SFS-EN IEC 60079- ja SFS-EN ISO 80079 -standardisarjat, jotka tarjoavat tekniset yksityiskohdat laitteiden suunnittelusta, suojaustavoista ja tilaluokituksesta. Näiden avulla varmistetaan, että sekä laitteet että käyttöolosuhteet täyttävät räjähdysuojauksen vaatimukset. (SFS-käsikirja 59, 2022, ss. 16–17)

3.1 ATEX-laitedirektiivi

ATEX-laitedirektiivi 2014/34/EU on Euroopan parlamentin säätämä säädös, joka koskee räjähdysvaarallisten tilojen laitteita ja suojausjärjestelmiä. Direktiivi asettaa vaatimuksia laitteiden suunnittelulle, valmistukselle ja markkinoille saattamiselle. Sen tavoitteena on varmistaa tuotteiden turvallisuus räjähdysvaarallisessa ympäristössä. Se kattaa sekä sähkölaitteet että sähköttömät laitteet ja sisältää vaatimukset CE-merkinnälle, vaatimustenmukaisuudelle sekä laitteiden luokittelulle käyttötarkoituksen mukaan. Valmistajien, maahantuojien ja jakelijoiden on huolehdittava siitä, että tuotteet täyttävät direktiivin vaatimukset ennen kuin ne voidaan ottaa käyttöön tai saattaa markkinoille Euroopan talousalueella. (Euroopan parlamentti ja neuvosto, 2014)

Direktiiviin sisältyy myös vaatimus EU-vaatimustenmukaisuusvakuutuksesta, jolla valmistaja osoittaa, että tuote täyttää olennaiset turvallisuusvaatimukset. Lisäksi direktiivi koskee turvalaitteita ja järjestelmiä, jotka voivat vaikuttaa räjähdysuojaukseen, vaikka niitä ei olisi sijoitettu suoraan räjähdysvaaralliseen tilaan. Yhdenmukaistettujen standardien, kuten SFS-EN IEC 60079 -sarjan, noudattaminen helpottaa vaatimusten täyttämistä, mutta ei ole pakollista. (SFS-käsikirja 59, 2022, s. 19)

3.2 ATEX-olosuhdedirektiivi

ATEX-työolosuhdedirektiivi 1999/92/EY on säädetty työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden varmistamiseksi työympäristöissä, joissa esiintyy tai voi esiintyä räjähdyskelpoista ilmaseosta. Direktiivi asettaa vähimmäisvaatimukset tilanteisiin, joissa ilmassa voi muodostua räjähdyskelpoisia seoksia esimerkiksi syttyvien kaasujen, höyryjen, nesteiden tai palavien pölyjen seurauksena.

Direktiivi velvoittaa työnantajan tunnistamaan ja arvioimaan räjähdysvaarat sekä toteuttamaan tarvittavat tekniset ja organisatoriset toimenpiteet vaarojen ehkäisemiseksi. Osana tätä prosessia työnantajan on laadittava räjähdysuojausasiakirja, jossa dokumentoidaan vaarojen arviointi, suojatoimet sekä räjähdysvaarallisten tilojen luokittelu.

Direktiivi koskee kaikkia toimialoja, joilla esiintyy räjähdysvaarallisia aineita. Se sisältää myös vaatimuksia henkilöstön koulutuksesta, työvälineiden ja laitteiden turvallisuudesta sekä selkeästä merkinnästä ja opastuksesta räjähdysvaarallisilla alueilla. (Euroopan parlamentti ja neuvosto, 1999)

3.3 Standardit

Standardien tavoitteena on varmistaa, että tuotteet ja järjestelmät ovat laadukkaita, turvallisia ja yhteensopivia. Ne tarjoavat yhdenmukaisia teknisiä vaatimuksia, jotka helpottavat suunnittelua, valmistusta ja viranomaisvalvontaa. Vaikka standardien käyttö on lähtökohtaisesti vapaaehtoista, niiden noudattaminen on usein käytännössä välttämätöntä esimerkiksi lainsäädännön, viranomaisohjeiden tai sopimusten perusteella. (SFS, n.d.-a)

Standardien kansallinen valmistelu ja julkaiseminen tapahtuu Suomessa Suomen Standardisoimisliiton, eli SFS:n kautta. SFS toimii linkkinä kansainvälisiin ja eurooppalaisiin standardointiorganisaatioihin, kuten kansainväliseen ISO-standardiin. (SFS, n.d.-b)

ATEX-sääntelyn yhteydessä standardit, kuten SFS-EN IEC 60079- ja SFS-EN ISO 80079 -sarjat, ohjaavat esimerkiksi laitteiden suojausmenetelmien ja räjähdysvaarallisten tilojen luokituksen käytännön toteutusta. Standardit tukevat sekä ATEX-laitedirektiivin että työolosuhdedirektiivin vaatimusten täyttämistä käytännön tasolla. (SFS-käsikirja 59, 2022, ss. 16–17)

4 Räjähdyksivaaran arviointi

Räjähdyksivaaran arvioinnilla pyritään tunnistamaan olosuhteet, joissa voi muodostua räjähdyskelpoinen ilmaseos ja määrittämään sen esiintymisen todennäköisyys, sekä mahdolliset seuraukset. Arvioinnin tavoitteena on ennaltaehkäistä räjähdysvaaraa ja varmistaa, että käytössä olevat laitteet ja suojaustoimenpiteet soveltuvat käyttöympäristöönsä.

Arviointi perustuu pääasiassa syttyvien aineiden ominaisuuksiin, mahdollisten syttymislähteiden tunnistamiseen sekä ilmaseoksen muodostumiseen vaikuttaviin olosuhteisiin. Menetelmien lähtökohtana ovat voimassa olevat standardit, kuten SFS-EN 1127-1:2019, SFS-EN ISO 80079-36:2016 ja SFS-EN 60079-10-1, sekä niihin liittyvät kansalliset soveltamisohjeet.

Räjähdyksivaaran arviointiin liittyvät myös kone- ja laiteturvallisuuden yleisstandardit, kuten EN-ISO-12100:2010 ja EN 15198:2007, joita käytetään erityisesti ei-sähkölaitteiden osalta. Arviointi dokumentoidaan räjähdysuojasasiakirjaan, jonka laatiminen on osa ATEX-direktiivin 1999/92/EY velvoitteita. (SFS-EN 1127-1:2019, s. 7)

Tässä luvussa tarkastellaan räjähdysvaaran arviointia palavien aineiden ja räjähdyskelpoisen ilmaseoksen muodostumisen, riskinarvioinnin ja riskien pienentämisen sekä suojaustoimenpiteiden näkökulmista.

4.1 Palavat aineet ja räjähdyskelpoinen ilmaseos

Räjähdyskelpoista ilmaseoksen määrää voidaan arvioida luotettavilla mittauksilla, laskennallisesti tai noudattamalla standardeja ja julkaistuja menetelmiä. Useita arvioita voidaan tehdä standardien SFS-EN IEC 60079-10-1:2021 ja SFS-EN 60079-10-2:2015 materiaalin mukaan. Ilmaseoksen määrään vaikuttaa päästölähteen tyyppi, päästöolosuhteet, sekä ilmanvaihto ja laimeneminen. Palavan aineen määrä on tärkein vaikuttava asia tilaluokituksen laajuuteen. (SFS-EN IEC 60079-10-1:2021, ss. 20–24)

Räjähdyskelpoinen ilmaseos on palavan aineen, kuten kaasun, höyryn, sumun, pölyn tai ilman muodostama seos, joka voi syttyessään jatkaa palamista itsenäisesti.

Räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen ja käyttäytyminen riippuvat aineen kemiallisista ominaisuuksista, pitoisuudesta, lämpötilasta ja paineesta. (SFS-EN IEC 60079-10-1:2021, s. 11)

Palavilla aineilla tarkoitetaan aineita, jotka voivat muodostaa räjähdyskelpoisen ilmaseoksen. Palavien kaasujen ja höyryjen osalta räjähdyskelpoisuuden arviointi perustuu syttymisrajoihin. Alempi syttymisraja eli LFL, joka kertoo alimman pitoisuuden, jolla aine voi muodostaa syttyvän seoksen ilman kanssa. Ylempi syttymisraja eli UFL puolestaan on korkein pitoisuus, jolla palaminen voi vielä tapahtua. Ilmaseos on räjähdyskelpoinen vain näiden raja-arvojen välisellä pitoisuusalueella. (ATEX-starttipaketti, 2017, s. 12)

Pölyjen kohdalla räjähdyskelpoinen ilmaseos voi syntyä, jos hienojakoista palavaa pölyä sekoittuu ilmaan riittävästi. Pölypilvet ovat usein rakenteeltaan vaihtelevia.

Tilaluokituksessa on otettava huomioon pitoisuuksien vaihtelut ja mahdolliset hetkelliset pitoisuushuiput, jotka voivat ylittää syttymisrajan. Lisäksi kiinteän pölyn kerrostumat voivat mekaanisen häiriön seurauksena muodostaa toissijaisia pölypilviä ja nämä tulee myös huomioida arvioinnissa. (ATEX-starttipaketti, 2017, s. 13)

Palavien aineiden fysikaaliset ominaisuudet ovat keskeisessä roolissa ilmaseoksen muodostumisherkkyiden arvioinnissa. Tällaisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi Leimahduspiste, joka kuvaa nesteen kykyä muodostaa syttyvä höyry–ilmaseos

normaalipaineessa. Kiehumispiste ja höyrynpaine, jotka vaikuttavat aineen haihtumisherkkyteen ja sen todennäköisyyteen muodostaa syttyvä ilmaseos.

Itsesyttymislämpötila on alin lämpötila, jossa aine syttyy itsestään ilman ulkoista syttymislähdettä. Palavat nesteet kategorisoidaan leimahduspisteen perusteella seuraavasti. (SFS-käsikirja 59, 2022, s. 9)

Kategoria 1 = Erittäin helposti syttyvä

Leimahduspiste < 23 °C ja kiehumisen alkamislämpötila ≤ 35 °C

Kategoria 2 = Helposti syttyvä

Leimahduspiste < 23 °C ja kiehumisen alkamislämpötila > 35 °C

Kategoria 3 = Syttyvä

Leimahduspiste ≥ 23 °C ja ≤ 60 °C

Palavien aineiden ominaisuudet voidaan tarkistaa julkaistuista tietokannoista, ainekortistoista tai standardeista kuten ISO/IEC 80079-20-1. Epätavallisten tai uusien aineiden kohdalla tarvittavat arvot voidaan määrittää laboratoriokokein. (ATEX-starttipaketti, 2017, s. 8)

Räjähdyksellisen ilmaseoksen esiintymisen on osa räjähdysvaaran arviointia ja tämän perusteella tehdään räjähdysvaarallisten tilojen luokittelu. Arvioinnissa otetaan huomioon aineiden mahdolliset päästötavat, päästölähteiden sijainti ja toimintatilanteet. Näitä voi olla esimerkiksi normaali käyttö, poikkeus- ja huoltotilanne. Luotettava arviointi edellyttää prosessin, aineiden ja teknisten järjestelmien tuntemusta sekä tiivistä yhteistyötä asiantuntijoiden kesken. (ATEX-starttipaketti, 2017, s. 14)

4.2 Päästölähteet

Kaikkia prosessilaitteita, kuten putkia, säiliötä ja muita vuotavia laitteita tulisi pitää mahdollisina päästölähteinä, ellei järjestelmä ole täysin suljettu. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi hitsaamalla putkijärjestelmät yhteen. Yleisiä päästölähteitä ovat muun muassa järjestelmän tekniset liitokset ja laitteet. Huoltotoimenpiteet on otettava myös huomioon, kuten suodattimien vaihdot tai laitteiston avaaminen, joka aiheuttaa mahdollisia päästöjä tilaan. (SFS-käsikirja 59, 2022, s. 11)

Päästölähteiden tunnistamisessa on otettava huomioon, että järjestelmässä voi esiintyä useita eri päästölähteitä. Tällöin voidaan soveltaa yhdistettyä tarkastelua kuten kuvataan standardin SFS-EN IEC 60079-10-1 liitteessä B. Päästölähteissä on otettava huomioon tilojen seuranta ja päästölähde on tarvittaessa nostettava korkeampaan päästölähdeluokkaan, esimerkiksi harvoin käytetty ja valvottu tila. Päästölähteet jaetaan kolmeen luokkaan. Jatkuvaan, Primääriseen ja sekundääriseen.

Jatkuva päästöluokka: päästöt ovat jatkuvia ja ne voivat kestää pitkiä ajanjaksoja.

Primäärinen päästöluokka: toistuva, mutta hallittavissa oleva päästölähde.

Sekundäärinen päästöluokka: ei esiinny normaalikäytössä ja esiintyy harvoin, sekä kestää vain lyhyen ajan. (SFS-käsikirja 59, 2022, s. 9)

4.2.1 Päästölähteiden tunnistaminen

Päästölähteiden tunnistaminen on ensisijaista räjähdysvaarallisten tilojen arvioinnissa ja tilaluokituksen määrittelyssä. Päästölähteellä tarkoitetaan paikkaa, josta kaasua, nestettä, höyryä tai sumua voi vapautua tai päästä ympäristöön muodostaen räjähdyskelpoisen ilmaseoksen. Päästöt voivat syntyä normaalin toiminnan aikana, mutta myös huoltotilanteissa tai häiriötilanteissa. (SFS-käsikirja 59, 2022, ss. 11–13)

SFS-käsikirjan 59 mukaan mahdollisina päästölähteinä on tarkasteltava käytännössä kaikkia prosessi- ja varastointilaitteiston osia, ellei järjestelmä ole täysin suljettu, kuten esimerkiksi hitsatuilla tai kovajuotetuilla putkilla toteutettu kokonaisuus. Tavallisimpia tunnistettavia päästölähteitä ovat:

Putkistoliitokset, venttiilit ja laipat: Kohdat, joissa voi esiintyä vuotoja mekaanisen rasituksen, kulumisen tai tiivisteiden heikkenemisen seurauksena.

Täyttö- ja tyhjennyspisteet: Esimerkiksi säiliöiden täyttö ja tyhjennys voivat aiheuttaa haihtuvien aineiden päästöjä, etenkin jos kyseessä on avoin täyttötapa.

Paineentasauslaitteet: Vapauttavat kaasua tai höyryä tasatakseen paine-eroja säiliöiden tai putkistojen välillä.

Varo- ja paineenpurkausventtiilit: Suunniteltu vapauttamaan painetta ylipainetilanteissa, jolloin vapautuva aine voi muodostaa räjähdyskelpoisen ilmaseoksen.

Avoimet nesteiden pinnat: Esimerkiksi säiliöt, joista haihtuu syttyviä nesteitä ilman kaasun tai höyryn talteenottoa.

Huolto- ja puhdistustoimenpiteet: Esimerkiksi suodattimen vaihto tai venttiilin avaus voi tuottaa päästöjä, joita ei normaalikäytössä esiinny.

SFS Käsikirjassa 59 korostetaan, että päästölähteen tunnistamisen jälkeen määritetään päästön suuruus ja otetaan huomioon muut tilaluokkaan ja sen laajuuteen vaikuttavat tekijät, kuten kemikaalien ominaisuudet, ilmanvaihto sekä ympäristöolosuhteet. Tämän vuoksi päästölähteet on suositeltavaa dokumentoida selkeästi esimerkiksi tilaluokituspiirustuksissa, joissa esitetään niiden sijainnit ja tunnistetiedot. Päästöjen määritelmät esitetään taulukossa 1. (SFS-käsikirja 59:2022, s. 9–13)

Taulukko 1. Tilaluokat suhteessa päästötyyppiin (SFS-käsikirja 59:2022, s. 9).

Päästölähteen tyyppi	Määritelmä
Jatkuva päästö	Päästö, jonka esiintyminen on jatkuvaa tai jonka arvioidaan toistuvan säännöllisesti tai pitkäkestoisesti.
Primäärinen päästö	Päästö, jonka esiintymistä voidaan odottaa tapahtuvan normaalikäytön aikana joko toistuvasti tai satunnaisesti.
Sekundäärinen päästö	Päästö, jota ei normaalisti esiinny, mutta mahdollinen esiintyminen on harvinaista ja lyhytaikaista.

4.2.2 Päästö määrän arviointi

Päästö määrän arvioinnissa selvitetään, kuinka paljon palavaa ainetta voi vapautua tilaan ja millaisissa tilanteissa vapautuminen voi johtaa räjähdyskelpoisen ilmaseoksen muodostumiseen. Tuloksia käytetään tilaluokituksen, ilmanvaihdon mitoituksen ja suojaustoimenpiteiden määrittämiseen. Arvioinnissa huomioidaan aineen ominaisuudet, vapautumisen syy ja olosuhteet sekä arvioitu vapautumisnopeus. Tarvittaessa käytetään standardien ja käsikirjojen laskentakaavoja ja esimerkkitaulukkoita. (SFS-EN IEC 60079-10-1:2021, ss. 40–43)

Opinnäytetyön toiminnallisen osuuden akustotilassa tarkasteltava aine on vety. Vedyn vapautumisnopeuden selvittämiseksi käytetään ensisijaisesti akkuvalmistajan ilmoittamia tietoja normaalikäytön ja mahdollisen ylivaraustilanteen aikana, sekä laskentakaavoja. Jos valmistajan tietoja ei ole saatavilla, voidaan käyttää standardin IEC 62485-2 mukaisia arvioita, joiden mukaan vedyn vapautusmäärä on noin 0,42 litraa ampeerituntia kohden. (SFS-EN IEC 62485-2:2018, s. 20)

Arviossa huomioidaan akkujen kokonaiskapasiteetti, latausolosuhteet ja latauksen kesto. Tämän perusteella lasketaan vapautumisnopeus. Näiden tietojen avulla määritetään ilmanvaihdon tarve siten, että vedyn pitoisuus pysyy alle alemman räjähdysrajan. Arvio kirjataan räjähdysuojasiasiakirjaan tilaluokituksen ja suojaustoimenpiteiden perusteluihin. (SFS-EN IEC 60079-10-1:2021, ss. 25–27)

4.2.3 Ilmaseoksen laimeneminen ja turvaetäisyys

Laimenemisella tarkoitetaan prosessia, jossa palava kaasu tai höyry sekoittuu ilmaan siten, että sen pitoisuus laskee räjähdyskelpoisen seoksen alarajan alapuolelle. Ilmaseoksen laimeneminen on keskeinen tekijä räjähdyskelpoisen ilmaseoksen muodostumisen ehkäisemisessä. Sen tehokkuus vaikuttaa suoraan tilaluokan määräytymiseen. Laimeneminen voi tapahtua joko luonnollisesti tai koneellisen ilmanvaihdon avulla.

Standardin SFS-EN IEC 60079-10-1:2021 mukaan laimeneminen voidaan luokitella kolmeen luokkaan:

Voimakas laimeneminen

Voimakas laimeneminen tarkoittaa tilannetta, jossa palavan aineen päästö sekoittuu tehokkaasti ilmaan, eikä räjähdyskelpoinen seos pääse muodostumaan.

Tyydyttävä laimeneminen

Tyydyttävä laimeneminen voi hetkellisesti johtaa räjähdyskelpoisen seoksen esiintymiseen, mutta pitoisuus laskee nopeasti turvalliselle tasolle.

Heikko laimeneminen

Heikossa laimenemisessa seos säilyy räjähdysvaarallisena pidempään ja riski on merkittävä. (SFS-EN IEC 60079-10-1:2021, ss. 53–54)

Laimenemisen tehokkuuteen vaikuttavat useat tekijät, kuten päästön suuruus ja kesto, tilan koko ja muoto, ilmanvaihdon määrä ja sen jakautuminen, sekä palavan aineen fysikaaliset ominaisuudet. Erityisesti kevyet kaasut, kuten vety nousevat ilmaa kevyempinä tilan yläosiin. Tällöin ilmanvaihto on suunniteltava siten, että yläosissa tapahtuva kaasun kerääntyminen estetään. Koneellinen ilmanvaihto on usein tarpeen suljetuissa sisätiloissa, joissa luonnollinen ilmankierto ei riitä turvallisen pitoisuuden ylläpitoon. Mikäli laimenemisen tehokkuutta ei voida luotettavasti todentaa tai jos ilmanvaihto ei toimi jatkuvasti, on tilaluokitus määritettävä varovaisesti korkeammalle tasolle (SFS-EN IEC 60079-10-1:2021, s. 24). Ilmanvaihdon riittävyyden arvioinnissa voidaan käyttää Ilmanvaihtovaatimusten laskentaan kaavaa 1.

Kaava 1. Ilmanvaihdon pienin vaadittava virtaus (SFS-EN IEC 62485–2:2018, s.22).

$$Q = v * q * s * n * I_{gas} * C_{rt} * 10^{-3}$$

Kaavassa:

Q = ilmanvaihdon pienin vaadittava virtaus (m³/h)

v = Vedyn tarvittava laimennus = 24

q = $(0,42 * 10^{-3}) * 1,095$ = Syntynyt vety 25 C° lämpötilassa

s = yleinen turvakerroin = 5

n = kennojen lukumäärä

C_{rt} = akkujen kapasiteetti Ah

Virta, joka tuottaa kaasua määritellään:

$$I_{gas} = I_{kestovarausvirta} * fg * fs$$

Kaavassa:

$I_{kestovaraus}$ = kesto tai pikavarausvirta lämpötilassa 20 C°

fg = Kaasuntuottokerroin (taulukosta)

fs = turvakerroin (taulukosta)

Kun avoimessa akussa käytetään katalyyttitulppia, voidaan kaasua tuottava virta I_{gas} arvioida 50 % pienemmäksi verrattuna akkuun ilman tulppia.

Kuva 1. Parametrit Ilmanvaihdon virtauksen laskentaan (SFS-EN IEC 62485-2:2018, s.22).

Parametri	Avoimet lyijyakut Sb < 3 % ^a	Suljetut lyijyakut	Avoimet nikkelikadmiumakut ^b
Kaasuntuottokerroin f_g	1	0,2	1
Kaasuntuoton turvakerroin f_s (10 % kennoista viallisia ja ikääntyneitä)	5	5	5
Kestovarausjännite U_{float} ^c V/cell	2,23	2,27	1,40
Tyypillinen kestoavausvirta I_{float} mA/Ah	1	1	1
Virta (kestoavaus) I_{gas} mA/ Ah (kestoavaus tilanteessa ilmanvaihdon laskukaavaa varten)	5	1	5
Pikavarausjännite U_{boost} ^c V/cell	2,40	2,40	1,55
Tyypillinen pikavarausvirta I_{boost} mA/Ah	4	8	10
Virta (pikavaraus) I_{gas} mA/Ah pikavaraus tilanteessa ilmanvaihdon laskukaavaa varten)	20	8	50

^a Kun antimoni pitoisuus (Sb) on suurempi kuin 3 %, on laskuissa käytettävä virran arvo kaksinkertaistettava.

^b Suljettujen nikkelikadmiumkennojen ja nikkelimetallihydridikennojen kysymyksessä ollessa on otettava yhteyttä valmistajaan.

^c Kestoavaus- ja pikavarausjännitteiden arvot voivat vaihdella erilaisen elektrolyytin tiheyden vuoksi lyijyhappokennoissa.

Akustotilan läheisyydessä voi muodostua vetykaasua erityisesti akkujen varausvaiheen aikana. Vety on helposti syttyvä kaasu, jonka räjähdyskelpoisen ilmaseoksen muodostuminen voi tapahtua hyvinkin pienissä pitoisuuksissa. Tämän vuoksi akkujen läheisyyteen määritellään suoja-alue, jonka sisäpuolella ei saa sijaita syttymislähteitä, kuten kipinäiviä tai kuumapintaisia laitteita, joiden maksimilämpötila on enintään 300 °C. (SFS-EN IEC 62485-2:2018, s. 23)

Turvaetäisyyden tarkoituksena on varmistaa, että mahdollisesti vapautuva vety ehtii laimentua riittävästi, ennen kuin se saavuttaa laitteita, jotka voisivat toimia syttymislähteenä. Laimenemisen tehokkuus riippuu ensisijaisesti kahdesta tekijästä: kaasun muodostumisnopeudesta ja ilmanvaihdon tehokkuudesta akun ympärillä. (SFS-EN IEC 62485-2:2018, s. 24)

Turvaetäisyys lasketaan vedyn vapautumiskohdasta standardin IEC 62485-2:2018 kohdan 7.7 mukaisella laskukaavalla. Tämä on esitetty kaavassa 2.

Kaava 2. Akun turvaetäisyyden laskeminen (SFS-EN IEC 62485–2:2018, s.24).

$$d = 28,8 * \sqrt[3]{I_{gas}} * \sqrt[3]{C_{rt}}$$

Kaavassa:

d = Turvaetäisyys mm

I_{gas} = Kaasua aiheuttava virta

C_{rt} = akkujen kapasiteetti Ah

Kun avoimessa akussa käytetään katalyyttitulppia, voidaan kaasua tuottava virta I_{gas} arvioida 50 % pienemmäksi verrattuna akkuun ilman katalyyttitulppia. (SFS-EN IEC 62485–2:2018, s.22)

Luonnollinen ilmanvaihto on ensisijainen tapa varmistaa kaasujen, kuten vedyn, riittävä laimeneminen akustotiloissa. Jos luonnollinen ilmanvaihto ei riitä ylläpitämään turvallisia pitoisuuksia, on turvauduttava koneelliseen ilmanvaihtoon. Ilman riittävää ilmanvaihtoa vetykaasu voi kertyä tilaan ja muodostaa räjähdyskelpoisen ilmaseoksen.

Standardin SFS-EN IEC 62485-2:2018 mukaan ilmanvaihdon suunnittelussa on tärkeää varmistaa riittävät aukot sekä tulo- että poistoilmalle. Ilma-aukkojen vapaan pinta-alan tulee olla vähintään kaavan 3 mukainen. (SFS-EN IEC 62485-2:2018, s. 23)

Kaava 3. Ilmanvaihtoaukon pienin vaadittava pinta-ala (SFS-EN IEC 62485–2:2018, s.23)

$$A = 28 * Q$$

Kaavassa:

A = ilmanvaihtoaukon vapaa pinta-ala cm^2

Q = ilmanvaihdon pienin vaadittava virtaus (m^3/h)

4.3 Riskinarviointi ja pienentäminen

Räjähdyksvaarallisten tilojen riskinarvioinnissa tunnistetaan mahdolliset vaaratekijät, kuten räjähdyskelpoisen ilmaseoksen muodostuminen ja syttymislähteiden esiintyminen. Arvioinnin tavoitteena on estää räjähdysten syntyminen ja rajoittaa sen vaikutuksia. Arviointi perustuu muun muassa laitteiston rakenteeseen, palaviin aineisiin, ilmanvaihtoon ja prosessin olosuhteisiin.

Räjähdyksvaaran syntyminen edellyttää kolmen tekijän samanaikaista esiintymistä: palavaa ainetta, ilman ja palavan aineen muodostamaa seosta sekä syttymislähdettä. Riskin hallinnassa pyritään ensisijaisesti estämään ilmaseoksen muodostuminen ja toissijaisesti poistamaan tai hallitsemaan mahdolliset syttymislähteet. (SFS-EN 1127-1:2019, ss. 7–8)

Syttymislähteiden tunnistaminen on riskinarvioinnin ydin. Näitä voivat olla esimerkiksi kuumat pinnat, kipinöinti, mekaaninen kitka tai staattinen sähkö. Ei-sähkölaitteille sovelletaan erityisiä arviointimenetelmiä, kuten SFS-EN ISO 80079-36 -standardissa esitetään. Suojausmenetelmistä, kuten rakenteellinen turvallisuus ja syttymislähteiden valvonta, on kuvattu standardissa SFS-EN ISO 80079-37.

Riskien pienentämisessä suositaan teknisiä ratkaisuja, kuten turvallinen laitesuunnittelu, riittävä ilmanvaihto ja syttymislähteiden eristäminen. Jos tekniset keinot eivät riitä, voidaan käyttää organisatorisia toimia, kuten ohjeistusta, koulutusta ja käyttörajoituksia. Suunniteltujen toimenpiteiden on oltava luotettavia ja suhteutettuja riskiin. (ATEX-starttipaketti, 2017, s. 14–15)

Riskinarvioinnin tulokset dokumentoidaan räjähdysuojasiasiakirjaan, jossa esitetään arvioidut vaaratekijät sekä niiden hallintatoimet. Tämä asiakirja on työnantajaa velvoittava osa ATEX-direktiivin toimeenpanoa. (SFS-EN IEC 60079-10-1:2021, s. 29)

4.4 Suojaustoimenpiteet

Räjähdyssuojastoimenpiteillä tarkoitetaan kaikkia niitä teknisiä ja organisatorisia keinoja, joiden avulla pyritään estämään räjähdysten syntyminen ja rajoittamaan niiden vaikutuksia. Suojaustoimet valitaan riskinarvioinnin perusteella ja ne esitetään osana räjähdysuojasiasiakirjaa. (ATEX-starttipaketti, 2017, s. 24)

Tekniset suojaustoimenpiteet keskittyvät ensisijaisesti vaarallisten räjähdyskelpoisten ilmaseosten muodostumisen estämiseen. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi varmistamalla prosessien tiiviys, käyttämällä tehokasta ilmanvaihtoa, inertointia tai kaasunilmaisimia. Jos ilmaseosta ei voida estää muodostumasta, seuraava toimenpide on syttymislähteiden poistaminen tai niiden todennäköisyyden pienentäminen. Näitä ovat muun muassa kuumat pinnat, staattinen sähkö, mekaaniset kipinät ja sähköiset komponentit. (SFS-EN 1127-1:2019, s. 11–15)

Mikäli räjähdystä ei voida ehkäistä riittävän luotettavasti, toteutetaan toimenpiteitä sen vaikutusten rajoittamiseksi. Tällaisia ovat esimerkiksi paineenkestävät rakenteet, räjähdyspaineen purkulaitteet, liekinrajoittimet ja rakenteelliset eristykset, joiden avulla voidaan estää vaikutusten leviäminen laajemmalle alueelle. (SFS-EN 1127-1:2019, s. 20)

Organisatoriset suojaustoimenpiteet liittyvät henkilöstön toimintaan ja turvallisuusjohtamiseen. Näihin kuuluvat esimerkiksi koulutus, perehdytys, ohjeistus, työlupakäytännöt sekä kunnossapidon ja huoltotöiden turvallinen suorittaminen. Erityisesti tulitöissä noudatetaan kirjallista lupakäytäntöä, paloturvallisuuden varmistamista sekä jälkivartiointia. Näillä toimenpiteillä varmistetaan, ettei vaarallinen ilmaseos pääse syttymään työn aikana tai sen jälkeen. (ATEX-starttipaketti, 2017, s. 24–26)

Tekniset ja organisatoriset toimet täydentävät toisiaan. Kaikki käytössä olevat suojaustoimenpiteet dokumentoidaan räjähdysuojausasiakirjaan. Näin voidaan osoittaa, että turvallisuus on huomioitu kattavasti ja vaatimusten mukaisesti. (ATEX-starttipaketti, 2017, s. 9)

5 Syttymislähteet

Syttymislähteiden tunnistaminen ja hallinta on keskeinen osa laitteiden turvallisuussuunnittelua räjähdysvaarallisissa tiloissa. Laitteet voivat olla sähköisiä tai ei-sähköisiä. Standardien SFS-EN IEC 60079-0:2019 ja SFS-EN ISO 80079-36:2016 mukaan laitteet on suunniteltava siten, etteivät ne muodosta syttymislähteitä käyttöolosuhteissaan normaalikäytöllä, ennakoitavissa tilanteissa tai harvinaisemmissa toimintahäiriöissä.

Syttymislähteiden arviointi perustuu laitteen käyttöympäristöön ja laiteryhmään. Laiteryhmään I kuuluvat laitteet on tarkoitettu kaivoksiin ja niiden pintarakenteisiin, joissa esiintyy kaivoskaasuja ja mahdollisesti myös pölyjä. Laiteryhmä II käsittää laitteet, joita

käytetään kaasuräjähdysvaarallisissa tiloissa, joissa esiintyy palavien kaasujen ja ilman muodostamia räjähdyskelpoisia seoksia. Laiteryhmään III kuuluvat laitteet on suunniteltu pölyräjähdysvaarallisiin tiloihin, joissa esiintyy räjähdyskelpoisia pölyilmaseoksia. Laiteryhmien alaryhmiä, joita kutsutaan myös räjähdysryhmiksi määrittävät tilassa sallitun laiteryhmän. (SFS-EN IEC 60079-0:2019, s. 26–27)

5.1 Laiteryhmä I

Laiteryhmään I kuuluvat laitteet on tarkoitettu käytettäväksi maanalaisissa kaivoksissa ja niiden pintarakenteissa, joissa esiintyy kaivoskaasuja. Näissä ympäristöissä on otettava huomioon sekä kaasujen että pölyjen aiheuttama räjähdysvaara. Luokan I räjähdys-suojusrakenteessa otetaan huomioon sekä kaivoskaasun että hiilipölyn syttymisherkkyys.

Kaivoksissa käytettävät laitteet voivat altistua myös muille palaville kaasuille kuin metaanille huomattavissa pitoisuuksissa. Tällöin laitteet on rakennettava ja testattava sekä laiteryhmän I vaatimusten mukaisesti ja että ryhmän II sen alaryhmän vaatimusten mukaisesti, johon kyseinen palava kaasu kuuluu. (SFS-EN IEC 60079-0:2019, s. 35)

5.2 Laiteryhmä II

Laiteryhmän II laitteet on tarkoitettu käytettäväksi kaasuräjähdysvaarallisissa tiloissa, joissa esiintyy palavien kaasujen ja ilman muodostamia räjähdyskelpoisia seoksia. Näihin tiloihin eivät kuulu kaivokset, seoksen ominaisuuksien mukaan.

Alaryhmään IIA kuuluville laitteille tyypillisiä kaasuja ovat propaani, metaani ja asetoni. IIB-alaryhmän laitteille ominainen kaasu on etyleeni. IIC-alaryhmään kuuluvat laitteet on suunniteltu käytettäväksi ympäristöissä, joissa esiintyy erityisen helposti syttyviä kaasuja, kuten vetyä, rikkivetyä, vesikaasua ja asetyleeniä. IIC-alaryhmän laitteet täyttävät samalla myös IIA- ja IIB-ryhmien vaatimukset, ja IIB-laitteet puolestaan täyttävät IIA-alaryhmän vaatimukset. (SFS-EN IEC 60079-0:2019, s. 35)

5.3 Laiteryhmä III

Laiteryhmän III laitteet on tarkoitettu käytettäväksi pölyräjähdysvaarallisissa tiloissa, joissa voi esiintyä räjähdyskelpoisia pölyilmaseoksia. Tähän ryhmään eivät kuulu kaivokset, joissa esiintyy kaivoskaasua. Laitteet suunnitellaan ja luokitellaan käyttöpaikassa esiintyvän pölyn ominaisuuksien mukaan alaryhmiin.

Ryhmän III alaryhmät perustuvat pölyn käyttäytymiseen ja ominaisuuksiin. Alaryhmään IIIA kuuluvat laitteet on suunniteltu palaville hahtuville. Alaryhmän IIIB-laitteet soveltuvat eristävälle pölylle. Ryhmän IIIC laitteet on tarkoitettu käytettäväksi tilanteissa, joissa pölyt ovat sähköä johtavia. Vaativin suojaustaso löytyy IIIC-alaryhmästä. Nämä laitteet täyttävät myös IIIA- ja IIIB-alaryhmien vaatimukset. IIIB-alaryhmän laitteet täyttävät myös IIIA-alaryhmän vaatimukset. Taulukosta X esitetään räjähdysryhmän suhde sallittuun laitoryhmään. (SFS-EN IEC 60079-0:2019, s. 35)

Taulukko 2. Räjähdysryhmissä sallitut laitoryhmät (SFS-käsikirja 59, 2022, s. 112).

Räjähdysryhmä	Sallittu laitoryhmä
IIA	II, IIA, IIB tai IIC
IIIB	II, IIB, tai IIC
IIIC	II tai IIC
IIIA	IIIA, IIIB tai IIIC
IIIB	IIIB tai IIIC
IIIC	IIIC

6 Laitteiden suojaustaso (EPL)

Laitteiden suojaustaso EPL kuvaa sähkölaitteen tai muun teknisen laitteen kykyä estää syttymislähteen muodostuminen räjähdysvaarallisessa ympäristössä. Suojaustaso määritetään sen mukaan, kuinka todennäköisesti laite voi muodostaa syttymislähteen erilaisissa käyttöolosuhteissa, kuten normaalissa käytössä tai toimintahäiriöiden aikana.

Suojaustasot on määritelty kansainvälisessä standardissa sähkölaitteille SFS-EN IEC 60079-0:2019 ja ei-sähköisille laitteille SFS-EN ISO 80079-36:2016. Ne jaotellaan laiteryhmittäin käyttöympäristön perusteella. Korkeampi suojaustaso tarkoittaa laitetta, joka säilyttää toimintaturvallisuuksensa vaativammissakin olosuhteissa. EPL-luokitus tukee alueiden vyöhykejakoja, mutta tarjoaa joustavamman ja riskiperusteisen tavan määrittellä laitteen soveltuvuus tiettyyn räjähdysvaaralliseen tilaan.

Suojaustasot esitellään seuraavissa alaluvuissa laiteryhmittäin. Laiteryhmä I kattaa kaivoskäyttöön tarkoitetut laitteet, Laiteryhmä II kaasuräjähdysvaarallisiin tiloihin tarkoitetut laitteet ja Laiteryhmä III pölyräjähdysvaarallisiin tiloihin tarkoitetut laitteet.

6.1 Laiteryhmä I suojaustasot

Laiteryhmän I laitteet on suunniteltu käytettäväksi kaivoksissa, joissa on räjähdysvaarallisia kaivoskaasuja läsnä. Näille laitteille määritellään kaksi suojaustasoa: EPL Ma ja EPL Mb. Tasot kuvaavat laitteen kykyä estää syttymislähteiden syntyminen eri käyttötilanteissa.

EPL ma-suojaustason omaavat laitteet tarjoavat **hyvin korkean** suojan. Tämä tarkoittaa, että laite ei muodosta syttymislähdettä normaalissa käytössä, odotettavissa olevissa toimintahäiriöissä eikä edes harvinaisissa toimintahäiriöissä. Laitteen on oltava turvallinen myös silloin, kun se jää jännitteiseksi kaasupäästölle altistuneena.

EPL Mb-suojaustason omaavat laitteet tarjoavat **korkean** suojan. Nämä laitteet eivät muodosta syttymislähdettä normaalissa käytössä eivätkä odotettavissa olevissa toimintahäiriöissä niin kauan kuin laite ehditään kytkeä jännitteettömäksi kaasupäästön havaitsemisen jälkeen (SFS-EN IEC 60079-0:2019 ss. 26–27)

6.2 Laiteryhmä II suojaustasot

Laiteryhmän II laitteet on tarkoitettu käytettäväksi kaasuräjähdyksivaarallisissa tiloissa. Suojaustaso on jaettu **hyvin korkeaan, korkeaan ja korotettuun** suojatasoon.

EPL Ga -suojaustason omaavat laitteet tarjoavat **hyvin korkean** suojatason. Tämä tarkoittaa, että laite ei muodosta syttymislähdettä normaalissa käytössä, odotettavissa olevissa toimintahäiriöissä tai harvinaisissa toimintahäiriöissä.

EPL Gb -suojaustason omaavat laitteet tarjoavat **korkean** suojatason. Ne eivät muodosta syttymislähdettä normaalissa käytössä eikä odotettavissa olevissa toimintahäiriöissä.

EPL Gc -suojaustason omaavat laitteet tarjoavat **korotetun** suojatason. Ne eivät muodosta syttymislähdettä normaalissa käytössä eikä odotettavissa olevissa toimintahäiriöissä (SFS-EN IEC 60079-0:2019, s.27)

6.3 Laiteryhmä III suojaustasot

Laiteryhmän III laitteet on tarkoitettu käytettäväksi pölyräjähdysvaarallisissa tiloissa. Suojaustasot on jaettu **hyvin korkeaan, korkeaan ja korotettuun** suojatasoon.

EPL Da -suojaustason omaavat laitteet tarjoavat **hyvin korkean** suojatason. Tämä tarkoittaa, että laite ei muodosta syttymislähdettä normaalissa käytössä, odotettavissa olevissa toimintahäiriöissä eikä harvinaisissa toimintahäiriöissä.

EPL Db -suojaustason omaavat laitteet tarjoavat **korkean** suojatason. Ne eivät muodosta syttymislähdettä normaalissa käytössä eikä odotettavissa olevissa toimintahäiriöissä.

EPL Dc -suojaustason omaavat laitteet tarjoavat **korotetun** suojatason. Ne eivät muodosta syttymislähdettä normaalissa käytössä eikä niistä aiheudu syttymisvaaraa säännöllisesti odotettavissa olevien tapahtumien yhteydessä lisäsuojauksen ansiosta. (SFS-EN IEC 60079-0:2019, s.27)

7 Lämpötilaluokat

Sähkölaitteen lämpötilaluokka määrittää sen soveltuvuuden räjähdysvaaralliseen tilaan. Lämpötilaluokka otetaan huomioon sähkölaitteita valittaessa, jotta varmistetaan, ettei laitteen pinnan lämpötila nouse niin korkeaksi, että se voisi sytyttää ympäristössä olevan räjähdyskelpoisen ilmaseoksen. Tarkoituksena on varmistaa, ettei laitteen pinnan lämpötila missään olosuhteissa nouse niin korkeaksi, että se voisi sytyttää ympäristössä olevan räjähdyskelpoisen ilmaseoksen. Tällainen syttyminen voi tapahtua, mikäli laitteen kuuma pinta ylittää ilmaseoksen pienimmän itsesyttymislämpötilan. (SFS-EN IEC 60079-0:2019, s. 37)

Laitteet jaotellaan kuuteen eri lämpötilaluokkaan, jotka ovat T1–T6. Nämä ilmaisevat suurimman sallitun pintalämpötilan celsius asteina. Lämpötilaluokat suhteessa laitteen suurimpaan sallittuun pintalämpötilaan esitetään taulukossa 3. Suurin lämpötilaluokka on T1 ja pienin luokka T6.

Taulukko 3. Lämpötilaluokat (SFS-käsikirja 59, 2022, s. 8).

Lämpötilaluokka	Laitteen suurin sallittu pintalämpötila °C
T1	450
T2	300
T3	200
T4	135
T5	100
T6	85

Mitä pienempi lämpötilaluokan numero on, sitä matalampi on laitteen suurin sallittu pintalämpötila. Tilassa voi esiintyä esimerkiksi kaasua, jonka itsesyttymislämpötila on 160 °C. Tällöin käytettävän laitteen pintalämpötila saa olla enintään 160 °C. Valittavan laitteen lämpötilaluokka pitää olla T3 tai tätä alempi. (SFS-EN IEC 60079-0:2019, s. 38)

Lämpötilaluokan valinta tehdään siis aina suhteessa vaarallisen aineen ominaisuuksiin, erityisesti sen itsesyttymislämpötilaan. On myös huomioitava, että laitteet on mitoitettava niin, etteivät ne ylitä määriteltyä lämpötilaluokkaa jatkuvassa käytössä tai vikatilanteessa. Standardi edellyttää, että suurin mahdollinen pintalämpötila määritetään testauksella, joka ottaa huomioon mm. mahdolliset pöykerrokset ja ympäristön lämpötilan vaikutukset. Useimpien aineiden itsesyttymislämpötilat löytyvät muun muassa standardista SFS-EN ISO/IEC 80079-20-1:2019 taulukosta B.1. (SFS-EN IEC 60079-0:2019, ss. 37–38)

8 Tilaluokat

Tilaluokat jaetaan palavien kaasujen ja nesteiden tilaluokkiin, jotka ovat tilaluokka 0, 1 ja 2. Räjähdyksenvaarallisiin pölytilat luokitellaan tilaluokkiin 20, 21 ja 22. Tilaluokituksen laatimisessa hyödynnetään aineen olomuodon mukaan eri standardeja. Palavien kaasujen, höyryjen ja höyrystyvien nesteiden osalta tilaluokitus tehdään standardin SFS-EN IEC 60079-10-1:2021 mukaan. Palavien pölytilojen luokittelu tehdään standardin SFS-EN 60079-10-2:2015 mukaan.

Tilaluokitus laaditaan suunnitteluvaiheessa ja se tulee päivittää käyttöönottovaiheessa. Tilaluokitus pitää ajantasaistaa aina muuttaessa laitteistoja, kemikaaleja tai käsittelyä tilassa. Tilaluokitusta laativien henkilöiden tulee ymmärtää palavien aineiden ominaisuudet, luokiteltava järjestelmä, sekä siihen kuuluvat laitteet. Tilaluokituksen voidaan laatia yhteistyössä turvallisuus, prosessi ja muun alan henkilöstön kanssa. (SFS-käsikirja 59, 2022, s. 11)

Tilaluokkien määrittämisessä hyödynnetään useimmiten alan yleisiä standardeja ja käsikirjoja, jotka sisältävät esimerkkejä ylemmistä räjähdysvaarallisista tiloista ja laitekoonpanoista. Tilaluokitusten dokumentoinnissa käytetään yleisesti SFS-standardeissa ja käsikirjoissa määriteltyjä vakiintuneita merkitsemistapoja, joihin kuuluvat muun muassa piirrosmerkit. Tilaluokat myös määrittelevät tiloissa sallitut laiteluokat. Tilaluokkiin hyväksytyt laiteluokat esitetään taulukossa 4. (ATEX-starttipaketti, 2017, s. 15)

Taulukko 4. Tilaluokkiin hyväksyttävät laiteluokat (ATEX-foorumi, 2017, s. 19).

Tilaluokka	Laiteluokka
0	II 1 G
1	II 1G, II 2 G
2	II 1 G, II 2 G, II 3 G
20	II 1 D
21	II 1 D, II 2 D
22	II 1 D, II 2 D, II 3 D

8.1 Palavat kaasut ja nesteet

Tilaluokat jaetaan palavien kaasujen ja nesteiden tilaluokkiin, jotka ovat tilaluokka 0, 1 ja 2. Palavien kaasujen ja nesteiden osalta tilaluokat jakautuvat mahdollisten päästömäärin mukaisesti. Tilaluokituksen mukaan tehdään asennettavien ja käytettävien laitteiden turvallisuusvaatimukset. (Tukes, n.d.-a)

Tilaluokitus laaditaan suunnitteluvaiheessa ja se tulee päivittää käyttöönottoaiheessa. Tilaluokitus pitää ajantasaistaa aina muuttaessa laitteistoja, kemikaaleja tai käsittelyä tilassa. Tilaluokitusta laativien henkilöiden tulee ymmärtää palavien aineiden ominaisuudet, luokiteltava järjestelmä, sekä siihen kuuluvat laitteet. Tilaluokituksen voidaan laatia yhteistyössä turvallisuus, prosessi ja muun alan henkilöstön kanssa. (SFS-käsikirja 59, 2022, s. 11)

8.1.1 Tilaluokka 0

Tilaluokka 0 tarkoittaa tilaa, jossa räjähdyskelpoinen ilmaseos on läsnä jatkuvasti, pitkäkestoisesti tai usein. Tämä voi liittyä esimerkiksi laitteiden sisäosiin, kuten säiliöihin, putkistoihin tai venttiileihin. Tällaisissa tiloissa vaaditaan korkeimman turvallisuustason laitteita ja ratkaisuja. (SFS Käsikirja 59:2022, ss. 8–10)

8.1.2 Tilaluokka 1

Tilaluokka 1 on tila, jossa räjähdyskelpoinen ilmaseos saattaa esiintyä normaalin toiminnan aikana. Tämä tarkoittaa esimerkiksi alueita, joissa tapahtuvaa täyttöä, tyhjennystä, näytteenottoa tai vuotoja on mahdollista tapahtua. Tilaluokka 1 edellyttää laitteiden ja järjestelmien erityistä suunnittelua ja suojauksia syttymislähteiden hallitsemiseksi. (SFS Käsikirja 59:2022, ss. 8–10)

8.1.3 Tilaluokka 2

Tilaluokka 2 kattaa tilat, joissa räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen on epätodennäköistä normaalitoiminnassa. Esiintyessään se kestää vain lyhyen ajan. Tämä voi olla esimerkiksi alue, joka ympäröi tilaluokkaa 1 ja jossa vuodon todennäköisyys on hyvin pieni. Tähän luokkaan voidaan hyväksyä vähemmän vaativia suojoitoimia, mutta turvallisuus on silti varmistettava. (SFS Käsikirja 59:2022, ss. 8–10)

8.2 Räjähdyksivaaralliset pölytilat

Räjähdyksivaaralliset pölytilat luokitellaan standardin SFS-EN IEC 60079-10-2 mukaisesti tilaluokkiin 20, 21 ja 22 sen perusteella, kuinka usein ja kuinka pitkäkestoisesti pölyräjähdysvaarallinen ilmaseos voi esiintyä. Luokittelu perustuu myös pölyn esiintymisen luonteeseen, kuten jatkuvaan, primääriseen tai sekundääriseen päästöön. Standardissa esitetään esimerkkejä eri tilaluokkien määrittämiseen ja käytännön soveltamiseen. (SFS-EN 60079-10-2:2015, s. 15)

8.2.1 Tilaluokka 20

Tilaluokka 20 sisältää putkien, kanavien ja tuotanto- ja käsittelylaitteiden sisäpuolisen tilan, jos se sisältää räjähdyskelpoista pölyilmaseosta jatkuvasti tai toistuvasti. Tilaluokka 20 on

niin sanottu jatkuva päästöluokka. Mikäli suljetun tilan ulkopuolella vallitsee jatkuvasti räjähdyskelpoinen ilmaseos, luokitellaan se tilaluokkaan 20. (SFS-EN 60079-10-2:2015, s. 15)

8.2.2 Tilaluokka 21

Tilaluokkaan 21 kuuluvat tilat, joissa räjähdyskelpoinen pölyilmakehä todennäköisesti esiintyy normaalitoiminnan aikana satunnaisesti, mutta ei jatkuvasti. Tilaluokka määritellään primääriseen päästöluokkaan. Näihin kuuluvat mahdollisesti jotkin pölyn käsittelylaitteistojen sisätilat ja laitteiston ulkopuoliset tilat, joissa voi todennäköisesti esiintyä räjähdyskelpoista ilmaseosta. Jos pölyn esiintymisen laajuutta rajataan mekaanisilla esteillä niin niiden pintakerrosta voidaan pitää alueen rajoina. (SFS-EN 60079-10-2:2015, s. 15)

8.2.3 Tilaluokka 22

Tilaluokka 22 kattaa alueet, joissa räjähdyskelpoisen pölyilmakehän esiintyminen on epätodennäköistä normaalitoiminnan aikana ja esiintyessään se kestää vain lyhyen ajan. Tilaluokka 22 vastaa sekundääristä päästöluokkaa. Mikäli pölyn esiintymisen laajuutta rajataan mekaanisin rakentein, voidaan niiden pintakerrosta pitää alueen rajoina. Jos tilaluokan 22 alueen rajaaminen on vaikeaa määrittää, voi olla käytännöllistä luokitella koko alue tilaluokkaan 21. (SFS-EN 60079-10-2:2015, s. 16)

9 Dokumentointi

Järjestelmällisessä turvallisuussuunnittelussa dokumentointi on osa räjähdysuojauksen kokonaisuutta. Dokumentointi kokoaa yhteen tekniset ratkaisut, luokitukset ja laitevalinnat. Tällöin räjähdysuojauksen kokonaisuus on ymmärrettävä, perusteltu ja jäljitettävissä. Dokumentoinnin tehtävänä ei ole ainoastaan täyttää viranomaisvaatimuksia, vaan ennen kaikkea tukea käytännön toteutusta, tarkastuksia ja kunnossapitoa räjähdysvaarallisissa tiloissa. Toimivalla dokumentoinnilla varmistetaan, että tilaluokitukset, laitteiden suojaustavat ja tekniset ratkaisut voidaan osoittaa oikeiksi ja yhteensopiviksi. Samalla se toimii työkaluna tiedonhallinnassa ja tukee turvallisuusjohtamista koko laitteen tai laitoksen elinkaaren ajan suunnittelusta käyttöönottoon ja aina muutostilanteisiin saakka. (SFS-käsikirja 59, 2022, ss. 14–15)

Tässä luvussa käsitellään räjähdysuojausta koskevan dokumentointia ja kuinka tiedot esitetään selkeästi, ja miten dokumentaation ylläpito sekä tiedonhallinta toteutetaan käytännössä.

9.1 Dokumenttityypit räjähdysuojausta varten

Räjähdysuojausta koskeva dokumentointi koostuu useista eri asiakirjatyypeistä, joiden avulla järjestelmän rakenne, tilaluokat, suojaukset ja laitteet voidaan esittää kattavasti. Dokumentoinnin muoto riippuu kohteesta, mutta tietyt asiakirjatyypit ovat pakollisia lähes kaikissa toteutuksissa. (SFS-käsikirja 59, 2022, ss. 14–15)

Yksi yleisimmistä dokumentointimuodoista on Ex-laiteluettelo, johon kootaan kaikki tilaluokitelluilla alueilla käytettävät sähkölaitteet ja niiden ominaisuudet. Laiteluettelo sisältää muun muassa laitteiden sijaintitiedot, Ex-merkinnät, suojausperiaatteet sekä mahdolliset käyttörajoitukset. Näiden tietojen avulla voidaan varmistaa, että jokainen laite täyttää tilaluokan mukaiset turvallisuusvaatimukset. (ATEX-foorumi, 2017, s. 20)

Lisäksi käytetään erilaisia kaavioita ja pohjakuvia, kuten prosessikaavioita, sähkökaavioita ja layout-kuvia, joihin tilaluokat ja Ex-laitteiden sijainnit merkitään. Visuaaliset esitykset helpottavat alueiden rajaamista ja suojaustason määrittelyä. Standardit SFS-EN IEC 60079-10-1 ja 60079-10-2 sisältävät suosituksia tilaluokkien esittämisestä kaavioissa ja pohjakartoissa. (SFS-EN IEC 60079-10-1, 2021, ss. 29–30)

Toimintakuvaukset ja tekniset selosteet täydentävät dokumentointia. Ne kuvaavat suojausratkaisujen periaatteet, kuten ilmanvaihdon hallinnan, valvontajärjestelmien toiminnan tai automaation ohjaamat turvatoimet. dokumentaatio toimii myös käyttöohjeena ja tukena kunnossapidolle, sekä mahdollisissa muutostilanteissa. (ATEX-foorumi, 2017, s. 20)

Hyvin laaditut ja yhtenäisesti esitetyt dokumentit mahdollistavat helpon- ja turvallisen laitevalinnan sekä helpottaa arviointia muutostilanteissa. Niiden merkitys korostuu etenkin tilanteissa, joissa tarvitaan tarkkaa tietoa laitteista, alueista ja suojaustavoista kuten esimerkiksi huoltojen, tarkastusten tai viranomaisarviointien yhteydessä. Taulukossa 5 on esitetty keskeisiä dokumenttityyppejä. (ATEX-foorumi, 2017, ss. 3–4)

Taulukko 5. Räjähdyssuojauksen dokumenttityyppejä (ATEX-foorumi, 2017, ss. 3–5).

Dokumentti	Tarkoitus	Sisältö
Aineluettelo	Kokoaa tiedot käytössä olevista räjähdysvaarallisista	Aineen nimi, tila (kaasu/pöly), räjähdysrajat, itsesyttymislämpötila, lähteet
Ex-laiteluettelo	Kokoaa tiedot kaikista Ex-laitteista tilaluokitelluissa tiloissa	Laitteen nimi, sijainti, Ex-merkintä, suojaustapa, käyttöolosuhteet
Tilaluokituskaavio	Esittää tilaluokat alueittain visuaalisesti	Pohjapiirros, väri- tai symbolimerkinnät tilaluokille (0/1/2, 20/21/22)
Toimintakuvaukset	Selittää järjestelmän turvallisuustoiminnot	Esimerkiksi ilmanvaihdon hallinta, kaasunvalvonta, hälytykset ja automaattiset toimet
Vaatimustenmukaisuusvakuutukset	Todentaa, että laitteet täyttävät niitä koskevat vaatimukset	CE-merkintä, Ex-hyväksyntä, standardiviitteet, valmistajan vakuutus. Sertifikaatit

9.2 Laitteiden dokumentointi

Räjähdyssuojauksen tilojen laitteiden dokumentoinnilla varmistetaan, että kaikki Ex-tiloissa käytettävät laitteet ovat vaatimustenmukaisia, turvallisia ja soveltuvat suunniteltuun käyttökohteeseensa. Dokumentaation tulee sisältää muun muassa laitteiden tyyppi- ja Ex-merkinnät, tilaluokat, vaaditut suojaustasot, lämpötilaluokat sekä räjähdysryhmät. Laadittu dokumentaatio toimii samalla keinona osoittaa viranomaisille ja tarkastuksissa, että Ex-tiloihin on valittu ja asennettu laitteita, jotka täyttävät niille asetetut vaatimukset. (SFS-EN 60079-17, 2014, s. 10)

Lisäksi suositellaan, että jokaisesta laitteesta esitetään myös sen sijainti, käyttötarkoitus sekä tiedot tarkastuksista ja mahdollisista huoltotarpeista (ATEX-foorumi, 2017, s. 19).

Sähkö- ja mekaanisten laitteiden tiedot tulee olla dokumentoituna siten, että ne tukevat tarkastuksia, kunnossapitoa ja mahdollisia muutostöitä. Esimerkki laiteluettelosta esitetään hypoteettisella laitteella taulukossa 6. (SFS-käsikirja 59, 2022, s. 21)

Taulukko 6. Esimerkki laiteluettelosta (ATEX-starttipaketti, 2017, s. 20).

Laite	Sijainti	Tila luokka	Valaisinmalli	Laitteen Ex-merkintä EPL	Sertifikaatti
Valaisin	Seinä	2	GLAMOX MIX 1500 G2	EX II 3G IIC T1 Gc	2002 DBL Ex

9.3 Tilojen dokumentointi

Räjähdyksvaarallisten tilojen dokumentointi tukee sekä turvallisuussuunnittelua että räjähdysuojasiasiakirjan laatimista. Tilaluokituskaavion avulla esitetään visuaalisesti ne alueet, joissa räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen on mahdollista.

Tilaluokituskaavio laaditaan kohteen pohjapiirroksen pohjalta ja siitä tulee käydä ilmi tilaluokkien rajaukset, päästölähteiden sijainnit sekä mahdollisten suojatoimenpiteiden vaikutusalueet esimerkiksi mittayksiköiden mukaan. (SFS-EN IEC 60079-10-1, 2021, ss. 29–31)

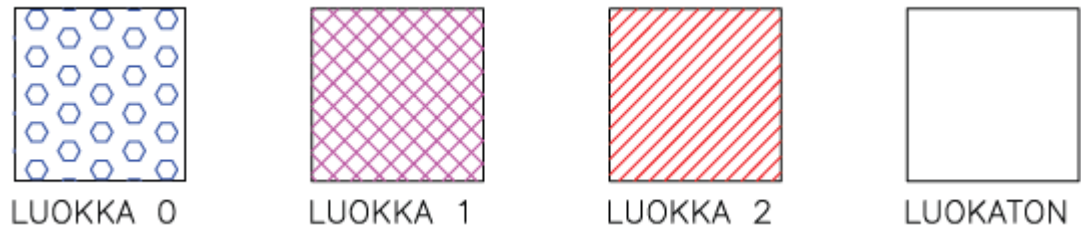
Tilaluokituskaaviossa voidaan lisäksi esittää ilmanvaihdon vaikutusalueet silloin kun ne olennaisesti muuttavat räjähdysvaaran laajuutta. Tilaluokituskartan tulee olla selkeästi nähtävillä kyseisessä tilassa. (SFS-käsikirja 59, 2022, s. 17)

Tilaluokituksessa käytetään vakiintuneita piirrosmerkkejä, joiden avulla ilmaistaan tilan eri alueiden tilaluokat. Kaasuräjähdyks- ja pölyräjähdysvaarallisia tiloja varten on omat vakiintuneet piirrosmerkit, jotka sijoitetaan karttaan kunkin tilaluokan mukaisesti. Merkit auttavat hahmottamaan missä räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen on todennäköistä ja millaisia teknisiä tai organisatorisia toimenpiteitä alueilla edellytetään. (SFS-käsikirja 59:2022, s. 20)

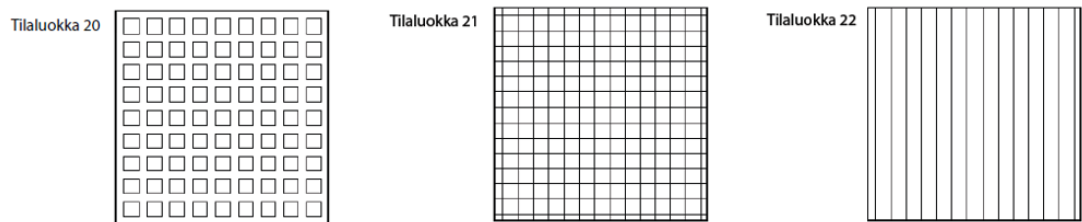
Piirrosmerkkien käyttö tukee tiedonkulkua erityisesti suunnittelun, kunnossapidon ja tarkastustoiminnan yhteydessä. Tilaluokituskartta tulee pitää ajan tasalla ja päivittää aina, kun tilan käytettävyydessä, prosesseissa tai laitteistoissa tapahtuu muutoksia. (SFS-käsikirja 59, 2022, ss. 14–18)

Yleisesti käytetyt standardien ja SFS-käsikirjojen esimerkki piirrosmerkit tilaluokista kaasuräjähdyksvaarallisille tiloille esitetään kuvassa 2 ja pölyräjähdysvaarallisille tiloille kuvassa 3.

Kuva 2. Piirrosmerkit kaasuräjähdyksvaarallisissa tiloissa (SFS käsikirja 59, s.18).



Kuva 3. Piirrosmerkit pölyräjähdysvaarallisissa tiloissa (SFS-EN 60079-10-2, 2015, s. 18).



10 Räjähdyssuojausasiakirjan koonti

Tässä luvussa esitetään räjähdysuojausasiakirjan koonti käyttäen esimerkkinä akustotilaa. Asiakirja on laadittu tunnistettujen räjähdysvaarojen perusteella ja perustuu voimassa olevaan lainsäädäntöön ja standardeihin.

Räjähdyssuojausasiakirjan laatimisen tavoitteena on tunnistaa tilassa esiintyvät palavat aineet, arvioida niiden aiheuttama räjähdysvaara sekä määrittää tarvittavat tekniset ja organisatoriset suojaustoimet. Luku etenee vaiheittain alkaen kohteen yleiskuvauksesta ja päättyen asiakirjan ylläpitoon liittyviin menettelyihin.

10.1 Kohteen kuvaus

Räjähdyssuojausasiakirjan koontiesimerkissä käsiteltävänä tilana on sisätiloihin sijoittuva akustotila, jossa voi syntyä räjähdysvaarallisia olosuhteita vedyn muodostumisen seurauksena. Tila on osa teknistä ympäristöä, ja sitä käytetään sähkökemiallisten akkujen lataukseen. Tilassa säilytetään verkkoon kytkettyjä akkuja 24 kappaletta ja yhden akun nimellisvirta on 1750 Ah.

Akustotilassa on jatkuva koneellinen ilmanvaihto, jonka tehtävänä on ehkäistä vedyn kerääntymistä katonrajaan tai tilan yläosiin, joissa se voisi muodostaa syttymisvaaran. Ilmanvaihdon toiminta on jatkuvan valvonnan alainen ja sen kriittisyys on huomioitu myös rakennusautomaation kautta.

Tila ei ole jatkuvassa käytössä ja tilaan pääsy on rajattu ainoastaan opastetulle- tai huoltotoimia suorittaville henkilöille. Toiminta perustuu ennakkoon laadittuihin ohjeistuksiin ja riskienhallintamenettelyihin. Tässä luvussa kuvataan akustotilan erityispiirteet ja niitä koskevat tekniset ja organisatoriset toimenpiteet.

10.2 Palavat aineet ja ilmaseos

Kohteen akustotilassa palavana aineena tarkastellaan akuista vapautuvaa vetyä, jota vapautuu sekundaarisesti akkujen kemiallisten reaktioiden seurauksena. Seuraavissa alaluvuissa esitetään vedyn olennaiset ominaisuudet räjähdysvaaran näkökulmasta sekä ilmanvaihdon merkitys vedyn pitoisuuden laimentamisessa turvalliselle tasolle.

10.2.1 Vety

Akustotilassa mahdollisesti muodostuva räjähdysvaarallinen aine on vety, jonka kemiallinen merkki on H. Vetyä voi syntyä akkujen varauksen aikana kemiallisten reaktioiden seurauksena. Vety on väritön, hajuton ja erittäin helposti syttyvä kaasu. Sen alempi räjähdysraja ilmassa on 4 % ja ylempi räjähdysraja 75 % ilman tilavuudesta, mikä tekee vedystä poikkeuksellisen riskialttiin kaasun sen laajan syttymisalueen vuoksi. Räjähdysvaaran kannalta kriittinen tilanne syntyy, jos vetyä vapautuu akustotilaan esimerkiksi akkujen varaamisessa tai vikatilanteessa. (SFS-EN IEC 60079-10-1, 2021, s. 102)

Jos vety sekoittuu ilman kanssa ja sen pitoisuus ylittää alemman räjähdysrajan, tällöin voi muodostua räjähdyskelpoinen ilmaseos. Räjähdysriskin hallinta edellyttää sekä rakenteellisia että organisatorisia suojaustoimenpiteitä. Vedyn hetkellinen muodostuminen voi tapahtua nopeasti ja ennalta varoittamatta, minkä vuoksi tilan rakenteet, ilmanvaihto ja käyttötavat on suunniteltava ja toteutettava niin, että vety ei pääse kertymään syttymisvaarallisiksi pitoisuuksiksi. Taulukossa 7 on koottuna oleellisimman taulukkoarvot vedylle räjähdysuojasasiakirjaa varten. (SFS-EN IEC 60079-10-1, 2021, ss. 102–103)

Taulukko 7. Vedyn ominaisuudet (SFS-EN ISO 80079-20-1:2019, s. 78).

Aine	LFL (Vol 4 %)	Itsesyttymislämpötila °C	Lämpötilaluokka	Räjähdysryhmä
Vety (H)	4,0	560	T1	IIC

10.2.2 Päästöjen laimeneminen

Tarkasteltavassa akustotilassa ilmanvaihto on toteutettu koneellisesti ja suunniteltu erityisesti vedyn poistamiseen tilan yläosista. Ilmanvaihto toimii jatkuvasti ja sen toimintaa valvotaan taloautomaatiojärjestelmän avulla. Tämä mahdollistaa kaasupitoisuuden hallinnan normaalikäytön aikana.

Laimenemisen minimitason laskentaan käytetään Standardin SFS-EN IEC 62485-2:2018 kohdan 7.2 ilmanvaihtovaatimuksia. Tämän perusteella lasketaan ilmanvaihdolle pienin vaadittava ilmanvaihdon virtaus, ilmanvaihdon tulo- ja poistoilma aukkojen pienin pinta-ala.

Laskennassa käytetty laitteistona Enersys Powersafe OPzS 1750 Ah akkua, joita laitteistossa on 24 kappaletta. Ilmanvaihdon minimivaihtumisen laskennassa on käytetty kaavaa 1. Muut laskennan parametrit on saatu standardin SFS-EN IEC 62485-2:2018 taulukosta 1. Ilmanvirtauksen minimivaatimusten laskenta esitetään kuvassa 4.

Tämän avulla osoitetaan ilmanvaihtovaatimuksien pienin vaadittava taso. Akut ovat varustettu katalyyttitulpilla, joten kaasua tuottavaa virtaa voidaan laskennassa pienentää 50 prosenttia. (SFS-EN IEC 62485-2:2018. s.22)

Kuva 4. Ilmavirtauksen minimi vaatimusten laskenta.

$q_{airflowmin}=v \cdot q \cdot s \cdot n \cdot igas \cdot crt \cdot 10^{-3}$	$q_{airflowmin}=\frac{n \cdot q \cdot crt \cdot igas \cdot s \cdot v}{1000}$
$q_{airlow_float}=24 \cdot 0.42 \cdot 10^{-3} \cdot 1.095 \cdot 5 \cdot 24 \cdot 2.5 \cdot 1750 \cdot 10^{-3}$	$q_{airlow_float}=5.79474$
$q_{airflow_boost}=24 \cdot 0.42 \cdot 10^{-3} \cdot 1.095 \cdot 5 \cdot 24 \cdot 10 \cdot 1750 \cdot 10^{-3}$	$q_{airflow_boost}=23.179$

Laskennallisesti vaadittava pienin ilman vaihtuminen kestovarauksessa = **5.8 m3/h**

Laskennallisesti vaadittava pienin ilman vaihtuminen pikavarauksessa = **23.2 m3/h**

Ilmanvaihtovaatimukseen liittyen tarvitaan myös ilmanvaihtokanavan suuaukon minimi pinta-ala. Pinta-ala lasketaan kaavalla 3. Laskennassa käytettiin ilmavirtauksen minimiarvoja sekä kesto että pikavaraukselle. Tulokset alla käännetty neliömetreiksi. Ilmanvaihtoaukon minimipinta-alan laskenta esitetään kuvassa 5.

Kuva 5. Ilmanvaihtoaukon minimipinta-ala laskenta.

$a_{float}=28 \cdot 5.8$	$a_{float}=162.4$
$a_{boost}=28 \cdot 23.2$	$a_{boost}=649.6$
$r_{ventilation}=\sqrt{\frac{0.065}{\pi}}$	$r_{ventilation}=0.143841$

Ilmanvaihtoaukon minimi pinta-ala kestoletauksessa: **0.016 m2**

Ilmanvaihtoaukon minimi pinta-ala pikalatauksessa: **0.065 m2**

Pyöreän ilmanvaihtoaukon minimi säteeksi pikalatauksessa saadaan: **140 mm**

10.3 Tilaluokitus

Tässä osiossa esitetään kohteen tilaluokitus räjähdysvaarallisten alueiden osalta.

Tilaluokitus perustuu aikaisemmin määritettyihin päästölähteisiin, ilmanvaihtoon sekä vedyn ominaisuuksiin tarkastellussa tilassa. Kohteen erityispiirteet, kuten ilmanvaihdon tehokkuus ja päästöjen luonne, on huomioitu tilaluokan määrittelyssä. Luvussa määritetään ensin turva-alue, jonka jälkeen valitaan soveltuva tilaluokka. Lopuksi esitetään tilaluokituksen tulokset kaavion muodossa.

10.3.1 Turva-alueen määrittely

Akustotilan tilaluokitusta varten arvioitiin, kuinka laajalle alueelle vety voi levitä normaalissa tai poikkeavassa tilanteessa. Akuston ympärille luokitellaan suoja-alue, jonka sisäpuolelle ei saa normaalikäytössä tuoda kipinöiviä tai pintalämpötilaltaan yli 300°C laitteita. Akuston suoja-alue määritellään kaavalla 2. Kaavan mukainen laskenta on esitetty kuvassa 6.

Kuva 6. Suoja-alueen laskenta.

$$d = 28.8 \cdot \sqrt[3]{igas} \cdot \sqrt[3]{crt} \qquad d = 28.8 \cdot (crt \cdot igas)^{\frac{1}{3}}$$

$$d_{float} = 28.8 \cdot \sqrt[3]{2.5} \cdot \sqrt[3]{1750} \qquad d_{float} = 471.034$$

$$d_{boost} = 28.8 \cdot \sqrt[3]{10} \cdot \sqrt[3]{1750} \qquad d_{boost} = 747.719$$

Vaadittava suoja-alue kestovaraustilanteessa: **471 mm**

Vaadittava suoja-alue mahdollisessa pikavaraustilanteessa: **748 mm**

Laskennan perusteella heikoimman tilanteen mukaan akuston ympärille määritellään suojavyöhykkeen säteeksi 0.75 metriä akuston kaasun purkautumisaukkojen ympärille puolipallon muotoisesti. Tämä mitoitus on tehty pikalataustilanteen laskennan mukaan.

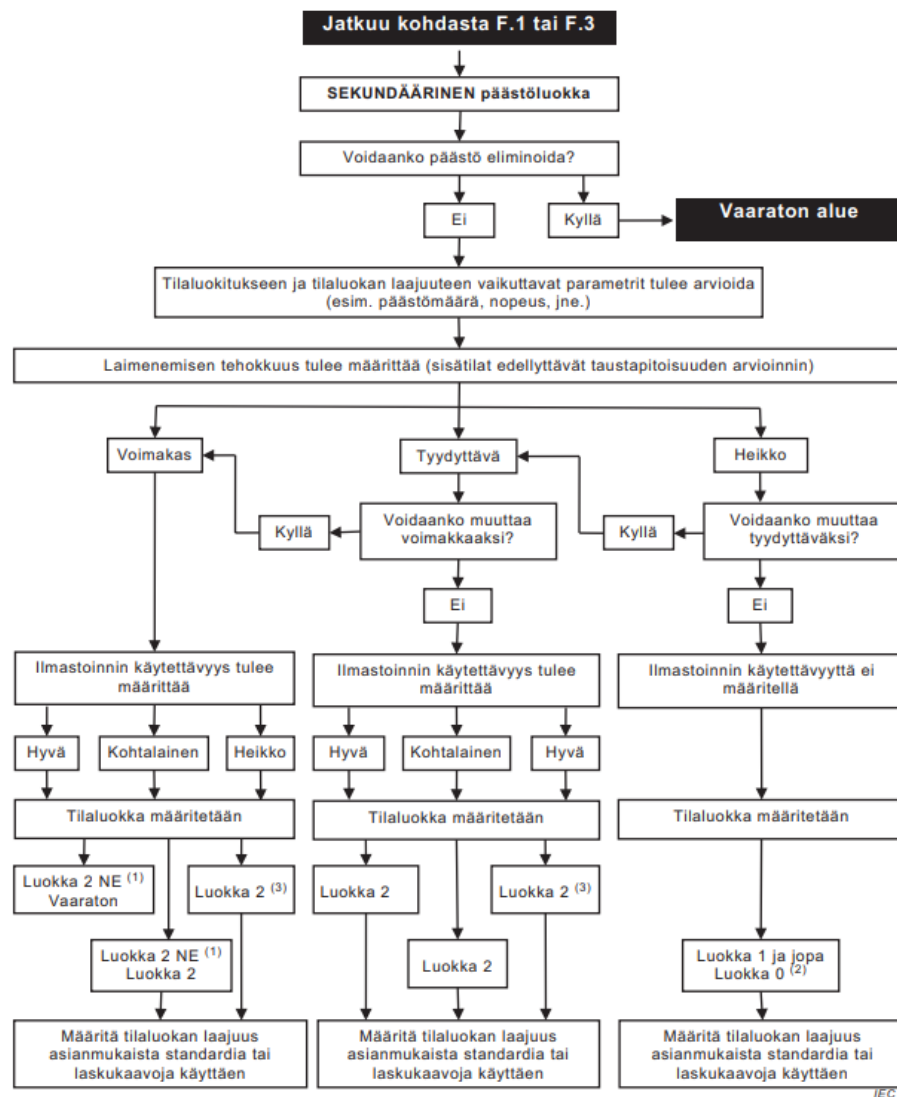
10.3.2 Tilaluokan valinta

Akustotilan tilaluokka määritetään arvioimalla vedyn päästön todennäköisyyttä, ilmanvaihdon tehokkuutta ja ilmaseoksen laimenemista. Määrittäminen perustuu standardiin SFS-EN IEC 60079-10-1:2021. Standardissa esitetään tilaluokituksen periaatteet sekä valintakaavio.

Tarkasteltavassa akustotilassa vedyn vapautuminen tapahtuu vain tietyissä tilanteissa, kuten esimerkiksi akun varaustilanteissa. Tällainen vapautuminen on satunnaista ja lyhytaikaista ja tässä tapauksessa kyseessä on sekundäärinen päästölähde. Ilmanvaihto on tehokas, jatkuvatoiminen ja sijoitettu katonrajaan siten, että se poistaa erityisesti tilan yläosiin nousevaa ilmaa. Tämä edistää ilmaseoksen laimenemista turvalliselle tasolle.

Koska päästölähde on todettu sekundääriseksi ja ilmanvaihto on hyvä, niin tilaluokaksi määritetään tilaluokka 2 akuston ympärille Turva-alueen sisäpuolelle. Tämä vastaa standardin SFS-EN IEC 60079-10-1:2021 kohdan F.4 valintakaavion tilannetta, jossa päästö on sekundääristä ja laimeneminen voimakasta tai tyydyttävää, sekä ilmanvaihdon käytettävyys on kohtalainen tai hyvä. Kuvassa 7 esitetään valintakaavio tilaluokalle.

Kuva 7. Valintakaavio sekundääriselle päästöluokalle (SFS-EN IEC 60079-10-1:2021, s. 98).



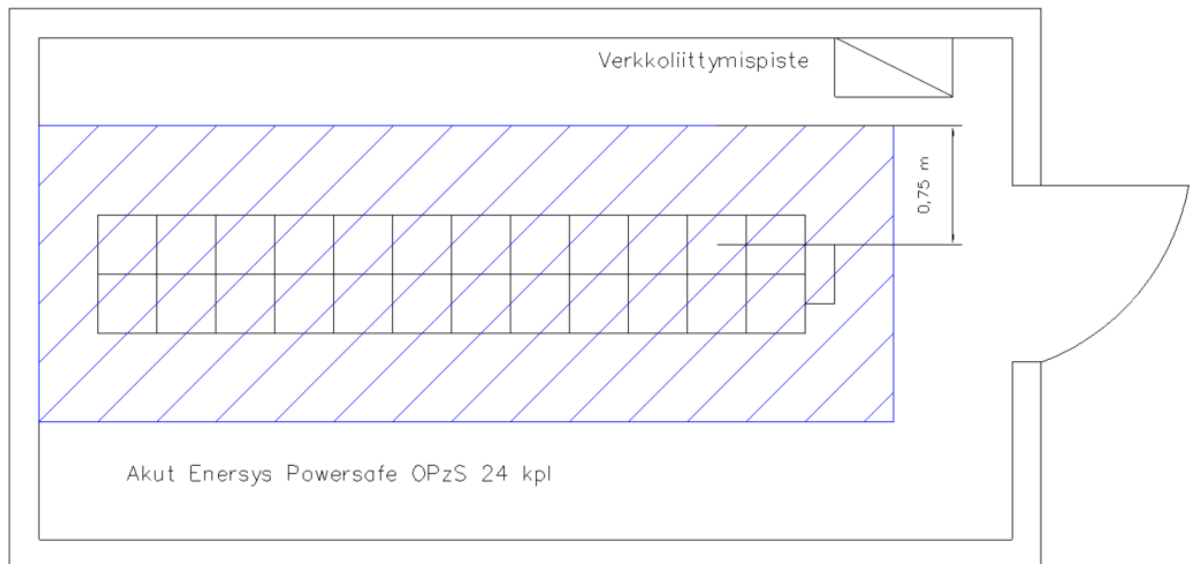
Kuva F.4 A Kaavamainen lähestymistapa sekundääristen päästöjen luokitukselle

10.3.3 Tilaluokituskaavio

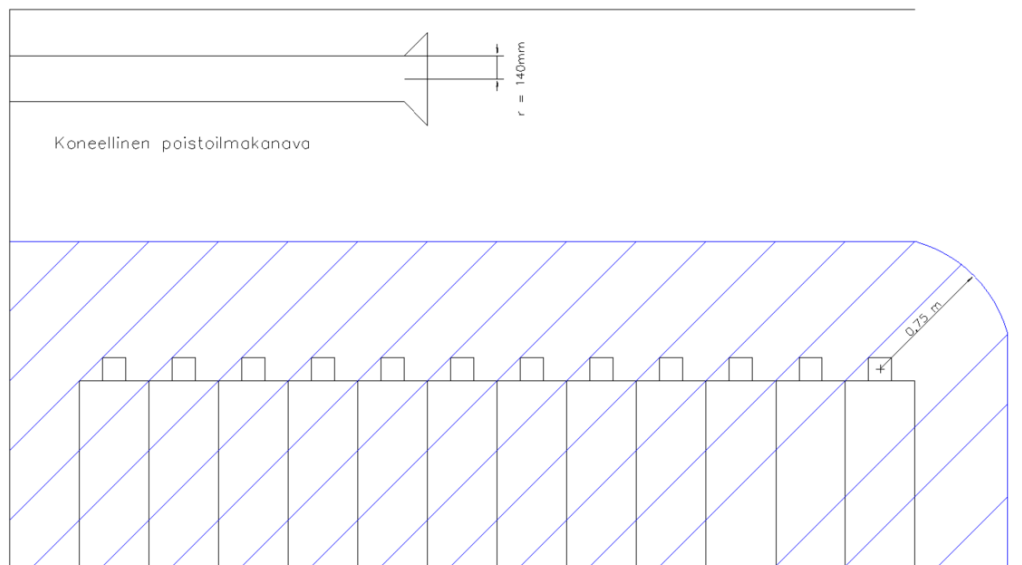
Tilaluokituskaavio esittää visuaalisesti akustotilaan määritetyn tilaluokka 2-alueen sijoittumisen. Kaaviossa on esitetty akustotila sekä ylhäältä että sivulta katsottuna. Tilaluokka 2 määritellään akustojen ympärille ja sen säde on 0,75 m ja kattaa ne kohdat, joissa vedyn satunnainen päästö voi muodostaa räjähdyskelpoisen ilmaseoksen poikkeustilanteissa.

Tilaluokka 2 -alueen laajuus on määritetty laskennallisesti laimenemisen, ilmanvaihdon perusteella ja suoja-alueen laskennallisella perusteella. Tästä syystä alueen rajausta vastaa etäisyyttä, jossa vedyn pitoisuus voi hetkellisesti saavuttaa LEL-tason latauksen aikana. Koska tämä etäisyys kuvaa samalla vyöhykkeen, jossa räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen on mahdollista, mutta epätodennäköistä ja lyhytaikaista, turvaetäisyys voidaan määrittää samaksi kuin tilaluokka 2-alueen ulkoraja. Akustotilan ja turva-alueen hahmottamiseksi esimerkkinä Cadmatic Draw- piirustusohjelmalla tehdyt Tilaluokituskaaviot. Tila ylhäältäpäin kuvattuna kuvassa 8 ja sivuprofiilista kuvassa 9. Kuvat eivät ole mittakaavassa ja tilalle ei ole määritelty tarkkaa kokoa. Tilaluokituskaavio on lisättyä liitteenä 1.

Kuva 8. Akustotilan tilaluokituskaavio tasokuva.



Kuva 9. Akustotilan tilaluokituskaavio sivuprofiili.



10.4 Syttymislähteet

Akustotilassa voi esiintyä useita mahdollisia sytytyslähdeitä, jotka tulee ottaa huomioon tilaluokituksessa ja laitevalinnoissa. Standardin SFS-EN 1127-1:2019 mukaan räjähdysvaarallisen ilmaseoksen voi sytyttää mikä tahansa tehokas sytytyslähde, jolla on riittävä energia. Mahdollisia syttymislähteitä voivat olla:

- Sähkölaitteet. Esimerkiksi. valaisimet, kaapeloinnit, ohjauslaitteet
- Staattisen sähkön purkaukset
- Kuumat pinnat. Esimerkiksi sähkölaitteiden ulkopinnat
- Kipinöivät työkalut
- Mekaaninen kipinöinti. Esimerkiksi metallipintojen osuminen toisiinsa

Nämä sytytyslähteet on otettu huomioon sekä laitteiden valinnassa että suunnitelluissa räjähdysuojaustoimenpiteissä. Vaarallisen alueen ulkopuolella käytettävät laitteet eivät vaadi ATEX luokitusta, mutta niiden sijoittelu ja käyttö on järjestettävä siten, että ne eivät aiheuta syttymisvaaraa normaalissa käytössä.

10.5 Riskinarviointi

Akustotilassa esiintyvä räjähdysvaara liittyy vedyn satunnaiseen vapautumiseen tietyissä poikkeustilanteissa, kuten akun ylivaraustilassa. Päästö on luonteeltaan sekundäärinen ja rajoittuu lyhytkestoisiiin tapahtumiin. Ilmanvaihto toimii jatkuvasti ja sen tehokkuus on mitoitettu erityisesti vedyn poistamiseen tilan yläosista. Tämä rajoittaa mahdollisen räjähdyskelpoisen ilmaseoksen muodostumista.

Tilassa esiintyvät mahdolliset sytytyslähteet on tunnistettu ja otettu huomioon sekä tilaluokituksessa että laitevalinnoissa. Riskin vähentämiseksi tilaan on määritetty tilaluokka 2 akuston ympärille 0.75 metrin säteellä. Muu huonetila on luokittelematon, koska jatkuvatoiminen ilmanvaihto estää kaasun kertymisen ja kaasun laimentuminen turvalliselle tasolle tapahtuu suoja-alueen sisällä.

Lisäksi riskinarvioinnissa on huomioitu ulkopuolisen toiminnan vaikutus, kuten huoltohenkilöstön läsnäolo tai komponenttien vaihtotyöt. Nämä tilanteet voivat hetkellisesti lisätä riskiä esimerkiksi sytytyslähteen syntyemiselle tai ilmanvaihdon häiriöille. Näitä varten tulee soveltaa ohjeistettua kunnossapitomenettelyä ja noudattaa räjähdysuojausvaatimuksia myös tilapäisissä töissä.

10.6 Laiteluokitus

Akustotilan tilaluokituksessa akuston ympäristä on määritetty kuuluvaksi tilaluokkaan 2. Tämä tarkoittaa, että räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen on epätodennäköistä ja tilapäistä normaalin toiminnan aikana. Tällaisessa ympäristössä käytettävien sähkölaitteiden on täytettävä vähintään laiteluokan 3G vaatimukset. Tämän vuoksi laitteet on suunniteltava siten, etteivät ne muodosta syttymislähdettä normaaleissa käyttöolosuhteissa.

Tässä kohteessa räjähdysvaarallinen ilmaseos voi muodostua vedystä, jota saattaa vapautua akuston varauksen tai vikatilanteen yhteydessä. Vety on erittäin herkästi syttyvä kaasu ja se kuuluu kaasuryhmään IIC, jossa vaaditaan laitteilta korkeinta suojaustasoa kipinöinnin ja pintalämpötilojen hallinnan suhteen.

Vedyn itsesyttymislämpötila on yli 450 °C. SFS-EN IEC 62485-2:2018 kohdan 7.7 mukaan suoja-alueen sisäpuolelle ei saa tuoda pinta lämpötilaltaan yli 300 °C laitteita. Tämän perusteella lämpötilaluokkaa korotetaan luokkaan T2.

Koska laitteet valitaan aina vaarallisimman mahdollisen aineen perusteella, tässä tapauksessa niiden on oltava hyväksytyt käytettäväksi laiteryhmässä II, kaasuryhmässä IIC ja lämpötilaluokassa T2.

Vaadittu laitemerkintä on vähintään: **II 3G IIC T2**.

10.7 Tekniset räjähdysuojaustoimenpiteet

Teknisillä räjähdysuojaustoimenpiteillä pyritään ehkäisemään räjähdyskelpoisen ilmaseoksen muodostuminen sekä poistamaan tai rajoittamaan mahdollisia syttymislähteitä tilassa. Tärkein toimenpide on tilaan asennettu tehokas ilmanvaihtojärjestelmä, joka estää vedyn kertymisen ja edistää ilmaseoksen laimenemista turvalliselle tasolle.

Ilmanvaihto toimii jatkuvasti ja sen toiminta on suunniteltu huomioimaan akuston mahdolliset vetyvuodot esimerkiksi latauksen tai vikatilanteen aikana.

Ilmanvaihtojärjestelmä mitoitetetaan tilan koon, päästölähteen ominaisuuksien ja vedyn leviämisominaisuuksien perusteella.

Tilassa olevat kaapelireitit ja akustolaitteiden metalliset tukirakenteet liitetään potentiaalintasaukseen, jolla vähennetään staattisen sähkön kertymistä ja mahdollisten kipinöiden syntyä.

Alkusammutuskalusto pidetään huollettuna ja helposti saatavilla. Rakennuksen palo-osastointi säilytetään tiiviinä ja paloturvallisuuteen liittyvät ovet pidetään suljettuina.

Muita teknisiä toimenpiteitä ovat:

- Ylimääräisten Laitteiden ja materiaalien poissulkeminen tilasta
- Mahdollisten mekaanisten kipinälähteiden minimointi rakenteiden ja alueelle tuotavien laitteiden valinnassa
- Tilan sähkölaitteiden tarkastus ennen käyttöönottoa ja määräajoin
- Räjähdysvaarallisen alueen selkeä merkintä ja varoituskilvet, sekä opasteet

10.8 Organisatoriset toimenpiteet

Organisatorisilla räjähdysuojaustoimenpiteillä varmistetaan, että tilassa toimitaan hallitusti ja turvallisesti kaikissa käyttötilanteissa. Tavoitteena on täydentää teknisiä toimenpiteitä ohjeistamalla henkilöstöä, rajoittamalla alueelle pääsyä sekä varmistamalla valvonta ja ohjeiden ajantasaisuus.

Tilaluokitellulle alueelle pääsy on rajoitettu ja sallittu vain siihen koulutetulle ja perehdytetylle henkilöstölle. Kaikille tilassa työskenteleville annetaan selkeät toimintaohjeet, jotka koskevat tilan turvallisuutta, laitteiden käyttöä sekä mahdollisia poikkeustilanteita. Ohjeet jaetaan osana työnopastusta tai työtehtävän riskinarviointia.

Jos tilaan joudutaan viemään laitteita, jotka eivät täytä tilaluokan vaatimuksia, niiden käyttö arvioidaan tapauskohtaisesti. Työskentely tällaisissa tilanteissa edellyttää erillistä suunnittelua ja toimintaohjeistusta. Standardin mukaan työkalujen ja laitteiden käyttö tilaluokissa 1 ja 2 kuuluu työlupamenettelyn piiriin. Tämä koskee erityisesti tilapäisiä työtehtäviä, joissa käytettävä laite ei ole Ex-laite. (SFS-EN 1127-1, 2019, s. 36)

Toimintaohjeiden ja räjähdysuojasiasiakirjan ajantasaisuus tarkistetaan säännöllisesti tai kun tilan käytössä tapahtuu muutoksia. Päivityksistä pidetään kirjaa. Lisäksi varmistetaan että:

- Tilassa työskentelevät henkilöt saavat perehdytyksen räjähdysvaaran ja suojaustoimenpiteiden osalta.
- Vastuuhenkilöt turvallisuudesta ja räjähdysuojasiasiakirjan ylläpidosta on nimetty.
- Työtehtävien yhteydessä käytettävät suojavälineet ja laitteet ovat käyttötarkoitukseen soveltuvia ja huollettuja.
- Huoltotöiden ja muiden poikkeavien toimintojen aikana varmistetaan, ettei räjähdyskelpoisia ilmaseoksia pääse muodostumaan.

10.9 Toimintakäytännöt ja ohjeistukset

Tilaluokitellussa tilassa noudatettavat toimintakäytännöt perustuvat räjähdysuojasiasiakirjan sisältöön, riskinarviointiin ja kohdekohtaiseen turvallisuussuunnitteluun. Tavoitteena on varmistaa, että työskentely tapahtuu turvallisesti ja hallitusti kaikissa olosuhteissa.

Kaikille tilassa työskenteleville annetaan tilakohtaiset toimintaohjeet, jotka kattavat muun muassa:

- missä tilanteissa räjähdysvaara voi esiintyä
- mitä työvälineitä ja laitteita saa käyttää
- mitä henkilönsuojaimia tulee käyttää työtehtävissä
- miten toimitaan poikkeustilanteissa
- miten työskentelyalue rajataan tarvittaessa

Toimintaohjeet annetaan osana perehdytystä tai työtehtävän riskinarviointia ja ne voidaan dokumentoida kirjallisesti esimerkiksi työsuoriteohjeena.

Kunnossapitotöissä ja poikkeavissa työtehtävissä on erityisesti varmistettava, ettei tilaan muodostu räjähdyskelpoista ilmaseosta. Tarvittaessa käytetään tehostettua ilmanvaihtoa ja alkusammutusvalmiutta lisätään. Töihin käytetään ainoastaan kipinöimättömiä työkaluja ja työn päätyttyä varmistetaan, että kaikki suojaustoimenpiteet ovat palautettu käyttöön. Laittevalmistajien ohjeita ja käyttörajoja on aina noudatettava.

Työn aikana on varmistettava, että laitteiden kokoaminen, käyttö ja mahdollinen purku tapahtuvat turvallisesti. Räjähdysvaarallisen alueen rajaus ja merkintä pidetään aina ajan tasalla. Alue merkitään varoituskyltein ja opastein, jotka ovat selkeästi havaittavissa. Mahdolliset tilapäiset muutokset, kuten huoltotyön aikaiset rajaukset, osoitetaan selkeästi ja tilan käyttäjille tiedotetaan niistä ennakkoon.

Tilaan tuotavien laitteiden, asennustarvikkeiden ja muiden työvälineiden on sovelluttava käytettäväksi tilaluokassa 2 silloin, kun ne sijoittuvat akuston suoja-alueen sisälle akuston ollessa käytössä. Koska muu tila on luokittelematon, voidaan alueelle tuoda tavanomaisia työvälineitä, kunhan ne eivät ulotu tilaluokitellulle alueelle. Mikäli työväline ei täytä määritellyjä ATEX-vaatimuksia ja sen käyttö ulottuu tilaluokan 2 alueelle, sen käyttö arvioidaan erikseen tai tehdään akustotilojen erityistyönä.

10.10 Akustotilojen erityistyöt

Akustotilojen läheisyydessä suoritettavat työt käyttämällä koneita voivat muodostaa merkittäviä syttymisvaaroja erityisesti, jos ne tehdään turvaetäisyyden sisäpuolella. Tällaisia töitä saa suorittaa ainoastaan henkilö, joka on perehdytetty kohteen erityisriskeihin

ja syttymisvaaran hallintaan. Työn aikana on seurattava tarkasti mahdollisesti syntyvien kipinöiden leviämistä.

Ennen työn aloittamista akut tulee erottaa laturista tai muusta virtalähteestä. Lisäksi akustotilassa mahdollisesti esiintyvät syttyvät kaasuseokset on poistettava tilasta tehokkaalla ilmavirtauksella tai vaihtoehtoisesti kaasumaisella tyypellä. Näillä toimenpiteillä pyritään varmistamaan, ettei työskentely akuston läheisyydessä johda vaarallisen ilmaseoksen syttymiseen. (SFS-EN IEC 62485-2:2018, s. 24).

10.11 Asiakirjojen ylläpito

Räjähdyssuojausasiakirja on dokumentti, jota ylläpidetään muuttuvien olosuhteiden ja riskien hallinnan periaatteiden mukaisesti. Asiakirjaa ei päivitetä kiintein aikavälein, vaan sen ajantasaisuus varmistetaan aina, kun siihen vaikuttavat olosuhteet muuttuvat. Tämä koskee muun muassa muutoksia tilan rakenteessa, laitteistossa, käyttötarkoituksessa, työmenetelmissä tai sovellettavassa lainsäädännössä ja standardeissa. (SFS-EN IEC 60079-10-1, 2021, s. 38)

Asiakirjan ylläpidosta vastaa turvallisuuspäällikkö tai muu erikseen nimetty vastuuhenkilö. Vastuuhenkilö huolehtii, että asiakirjat ja ohjeistukset ovat saatavilla kohteella ja että sen sisältö tunnetaan tilassa työskentelevien keskuudessa. Vastuuhenkilö vastaa myös siitä, että kaikki muutokset kirjataan ajantasaisesti ja että mahdolliset toimintaohjeet ja turvallisuusmääritykset päivitetään samassa yhteydessä. Asiakirja säilytetään sähköisesti tai paperimuodossa siten, että sen ajantasainen versio on saatavilla. Lisäksi varmistetaan, että asiakirjaan liittyvät ohjeistukset ovat selkeitä, ymmärrettäviä ja ajan tasalla.

11 Yhteenveto ja johtopäätökset

Opinnäytetyö eteni vaiheittain ja kokonaisuus hahmottui työn edetessä. Opinnäytetyön aikana kasvoi ymmärrys siitä, kuinka monivaiheinen prosessi räjähdys-suojausasiakirjan laadinta voi olla. Vaikka varsinaista räjähdys-suojausasiakirjaa ei laadittu, työssä saavutettiin sille edellytykset ja tuloksena syntyi malli, jota voidaan todennäköisesti hyödyntää käytännön työssä.

Työn suunnittelu- ja teorisuus vaati paljon perehtymistä itselle tuntemattomaan aineistoon, joka koostui pääasiassa alan standardi- ja käsikirjoista. Työn aikana aihealue osoittautui myös erittäin laajaksi ja selvisi että akustotiloista ei ole olemassa suoraa sovellettavaa standardiesimerkkiä. Tähän saatiin myös vahvistus Turvallisuus- ja kemikaalivirastosta. Vaikka työssä ei mainita suoraan yhteydenottoa akuston valmistajaan, valmistaja toimitti akuston ilmanvaihto- ja turvaetäisyyslaskurin, jolla saatiin suuntaa antavat vertailuarvot. Laskurista ei kuitenkaan selvinnyt täysin mitä arvoja laskurissa käytettiin, mutta laskentakaavat olivat kuitenkin samat kuin tässä työssä. Opinnäytetyön turva-alue jää noin kolmasosan pienemmäksi kuin valmistajan ilmoittama suositus, mutta on kuitenkin teknisesti perusteltavissa.

Opinnäytetyön alkuperäisenä tavoitteena oli tuottaa ohjenuora räjähdysvaaran arviointiin ja räjähdys-suojausasiakirjan laadintaan. Työn edetessä kävi kuitenkin selväksi, että Ex-tilojen ratkaisut ovat tapauskohtaisia ja vaativat syvällistä asiantuntemusta. Yksiselitteistä mallia, joka soveltuisi kaikkiin Ex-tiloihin, ei mielestäni voida laatia. Räjähdys-suojausasiakirjan laadinta edellyttää aina monialaista asiantuntemusta, kokemusta sekä kohdekohtaista soveltamista.

Lähteet

- ATEX-foorumi. (2017). *ATEX-starttipaketti: Räjähdyksenvaarallisten tilojen turvallisuusopas*. Haettu 18.7.2025 osoitteesta <https://tukes.fi/documents/5470659/8293726/ATEX-starttipaketti-2017.pdf>
- Euroopan parlamentti ja neuvosto. (1999). Direktiivi 1999/92/EY). *Euroopan unionin virallinen lehti*, L 23/57. Haettu 13.7.2025 osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A31999L0092>
- Euroopan parlamentti ja neuvosto. (2014). Direktiivi 2014/34/EU. *Euroopan unionin virallinen lehti*, L 96/309. Haettu 13.7.2025 osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0034>
- SFS. (n.d.-a). *Mikä on SFS?*. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Haettu 13.7.2025 osoitteesta <https://sfs.fi/sfs/mika-on-sfs>
- SFS. (n.d.-b). *Standardien merkitys ja käyttö*. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Haettu 13.7.2025 osoitteesta <https://sfs.fi/standardit/standardien-merkitys>
- SFS-EN 1127-1:2019. (2019). *Räjähdyksenvaaralliset tilat. Räjähdyksen esto ja suojaus. Osa 1: Peruskäsitteet ja menetelmät*. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN 60079-10-2. (2015). *Räjähdyksenvaaralliset tilat. Osa 10-2: Tilaluokitus. Pölyräjähdyksenvaaralliset tilat*. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN IEC 62485-2. (2018). *Akkujen ja akustojen turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Kiinteät akustot*. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN IEC 60079-0. (2019). *Räjähdyksenvaarallisissa tiloissa käytettävät laitteet. Osa 0: Laitteiden yleiset vaatimukset*. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN IEC 60079-10-1. (2021). *Räjähdyksenvaaralliset tilat. Osa 10-1: Tilaluokitus. Kaasuräjähdyksenvaaralliset tilat*. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN ISO 80079-36:2016. (2016). *Räjähdyksenvaaralliset tilat. Osa 36: Räjähdyksenvaarallisten tilojen muut kuin sähkölaitteet. Perusmenetelmät ja vaatimukset*. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- SFS-EN ISO 80079-37:2016. (2016). *Räjähdyksenvaaralliset tilat. Osa 37: Räjähdyksenvaarallisten tilojen muut kuin sähkölaitteet. Muut kuin sähköiset suojaustyyppit*. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- SFS-EN ISO 80079-20-1:2019. (2019). *Räjähdyksenvaaralliset tilat. Osa 20-1*. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- SFS-käsikirja 59. (2022). *Räjähdyksenvaarallisten tilojen luokittelu. Palavat nesteet ja kaasut* (6. painos). Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- Tukes. (n.d.-a). *ATEX – Räjähdyksenvaaralliset tilat ja laitteet*. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Haettu 23.8.2025 osoitteesta <https://tukes.fi/teollisuus/rajahdyksenvaaralliset-tilat/rajahdyksenvaarallisten-tilojen-laitteet-atex>

Tukes. (n.d.-b). *ATEX-direktiivien soveltaminen ja viranomaisvalvonta*. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Haettu 13.7.2025 osoitteesta <https://tukes.fi/atex>

Tukes. (n.d.-c). *Räjähdyksivaaralliset tilat*. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Haettu 3.5.2025 osoitteesta <https://tukes.fi/teollisuus/rajahdysvaaralliset-tilat>

