

Aki Wivolin

## **Konepajan laajennuksen suunnittelu**

Opinnäytetyö

Kevät 2017

SeAMK Tekniikka

Konetekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Seinäjoen ammattikorkeakoulu

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Aki Wivolin

Työn nimi: Konepajan laajennuksen suunnittelu

Ohjaaja: Jukka Pajula

Vuosi: 2017

Sivumäärä: 39

Liitteiden lukumäärä: 1

---

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana on Latomet Oy, jonka toimipaikka sijaitsee Alajärvellä Rantakankaan kylässä. Opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella konepajaan laajennus olemassa olevan konepajan yhteyteen. Laajennusosaan on tarkoitus tulevaisuudessa rakentaa maalaamo ja korjaamo/kokoonpanotila.

Opinnäytetyössä tutkitaan teollisuusmaalaamoja koskevia direktiivejä sekä ATEX-tiloja koskevia asetuksia. Uuden tuotantotilan tulee olla monipuolinen ja muunneltavissa erilaisiin käyttötarkoituksiin, koska pienen yrityksen kannalta se olisi järkevää tilan käyttöä.

Opinnäytetyössä suunnitellaan maalaamon layoutin pohjapiirustus sekä kartoitetaan maalaamossa tarvittavaa välineistöä. Työn yhteydessä suunnitellaan myös ilmanvaihtojärjestelmän ja muun laitteiston sijoittelua layoutin muodossa.

Toisena tarkastelun kohteena opinnäytetyössä on konepajan laajennusosan toiseen osastoon tuleva korjaamo/kokoonpanotila. Tässä tilassa tehdään korjaustöitä sekä suoritetaan maalauksen jälkeistä kokoonpanoa. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia eri vaihtoehtoja, joiden pohjalta saadaan toimiva ratkaisu lisätilojen rakentamisen pohjaksi. Tilojen tulisi täyttää lain vaatimukset, mutta olla samalla muunneltavissa moneen käyttötarkoitukseen sopivaksi.

Avainsanat: konepaja, maalaamo, laajennus, suunnittelu, layout

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Aki Wivolin

Title of thesis: Planning of the extension engineering workshop

Supervisor(s): Jukka Pajula

Year: 2017

Number of pages: 39

Number of appendices: 1

---

The client of the thesis was Latomet Ltd, whose head office is located in Alajärvi Rantakangas village. The aim of the thesis was to design a machine workshop in connection with the expansion of an already existing workshop. A paint shop and workshop / assembly space was to be built as a part of the extension in future.

The thesis studied the EU directives related to industrial paint shops, as well as the directives concerning ATEX (explosive atmospheres) regulations related to ATEX space. The new production facility would be versatile and adaptable to different uses, because from a small business's point of view, it would be sensible use of space.

In the thesis a paint shop layout floor plan was sketched, and the facilities required for the workshop were identified. Along with other objectives, the placement of the ventilation system and other equipment was planned in a layout form.

The Second object of examination in the thesis was the second section of the extension of the machine shop repair / assembly space which would be built. The renovating and after painting assembly would be in this area. The purpose of the study was to explore the different options that could be used as the basis of selecting a functional solution as the foundation for the construction of additional facilities. The premises should fulfill the requirements of the law, but at the same time be converted to suit many purposes.

Keywords: engineering works, paint shop, enlargement, planning, layout,

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	8
1 JOHDANTO.....	9
1.1 Tausta.....	9
1.2 Tavoite.....	9
1.3 Yritysesittely.....	10
2 RÄJÄHDYSVAARALLISET TILAT.....	11
2.1 Teollisuusmaalaus.....	11
2.2 ATEX-direktiivit, standardit ja räjähdysvaaralliset tilat.....	11
2.2.1 ATEX-direktiivi.....	11
2.3 Ketä ATEX koskee.....	12
2.4 Ex-laitteet ja laiteluokitukset.....	12
2.5 Työnantajan velvollisuudet.....	13
2.5.1 Räjähdysvaaran selvittäminen.....	13
2.5.2 Räjähdysten estäminen ja suojautuminen.....	14
2.5.3 Räjähdysten vahinkojen vähentäminen.....	14
2.6 Tilojen luokittelu.....	15
2.7 Laitteiden valinta.....	17
2.8 Sähköasennukset.....	17
2.9 Laitteet asiakirjat ja merkinnät.....	18
2.10 Lainsäädäntö ja markkinavalvonta Suomessa.....	19
2.11 Varoitusmerkki.....	19
3 TUOTANTOTILOJEN SUUNNITTELU.....	20
3.1 Layoutsuunnittelu.....	20
3.2 Esivalmistelutila.....	21
3.3 Maalaamo tilat.....	21
3.4 Paineilmalaitteet.....	25

3.5 Huoltokuilu .....	29
<b>4 LAITTEISTON VALINTA .....</b>	<b>31</b>
4.1 Tilat.....	31
4.2 Laitteet .....	31
4.3 Valaistus ja sähkölaitteet .....	33
4.4 Ilmanvaihto.....	33
4.5 Paineilmaverkko.....	34
<b>5 POHDINTA .....</b>	<b>36</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>37</b>
<b>LIITTEET .....</b>	<b>39</b>

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Laiteluokkamerkinntät ja turvallisuustasot.....	13
Kuvio 2. Oikean laitteen valinta.....	17
Kuvio 3. Ex-laitteen merkinntät .....	18
Kuvio 4.varoitusmerkki Ex-tila .....	19
Kuvio 5. Layoutpiirustus konepajan laajennuksesta.....	20
Kuvio 6. Hiekkapuhalluskatoksen 3D-näkymä. ....	21
Kuvio 7. Väliovet. ....	22
Kuvio 8. Lämmön talteenotto ja virtaukset. ....	23
Kuvio 9. Poistoilmasuodattimet. ....	24
Kuvio 10. Esimerkki suodatinkankaasta.....	25
Kuvio 11. Esimerkki paineilmakompressorista .....	26
Kuvio 12. Kompressorin sijoitus 3D-näkymässä. ....	26
Kuvio 13. Kompressorin sijoitus.....	27
Kuvio 14. Paineilmaverkosto.....	28
Kuvio 15. Paineilma verkoston 3D-näkynä. ....	28
Kuvio 16. Esimerkki paineilmaverkostosta .....	29
Kuvio 17. Huoltokuilun sijainti korjaamossa. ....	30
Kuvio 18. Korkeapainepumppu ja sen osat.....	32
Kuvio 19. Öljynerotus- eli mikrosuodatin.....	35

Taulukko 1. Tilaluokkataulukko.....	16
Taulukko 2. Paineilman laatustandarditaulukko.....	34

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>ATEX</b>	ATEX-nimitystä käytetään Euroopan yhteisön direktiivistä 94/9/EY (laitedirektiivi) ja 1999/92/EY (työolosuhdedirektiivi), nämä koskevat räjähdysvaarallisia tiloja, työskentelyä ja laitteita joita käytetään kyseisissä tiloissa.
<b>Ex</b>	Räjähtävä
<b>Ex-tila</b>	Räjähdysvaarallinen tila
<b>Ex-laite</b>	Laite jota käytetään räjähdysvaarallisessa tilassa tai suojausjärjestelmä.
<b>CE-merkintä</b>	Valmistajan ilmoitus siitä, että tuote täyttää Euroopan unionin sille asettamat vaatimukset.
<b>KTM</b>	Kauppa- ja teollisuusministeriö.
<b>Tukes</b>	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto.



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta

Latomet Oy:n toimitilat sijaitsevat Alajärvellä, Rantakankaan kylässä. Yrityksen tilat on rakennettu itse. Tällä hetkellä käytössä olevissa tiloissa sijaitsee yrityksen sosiaalitulat sekä tuotannon toimitilat. Toiminnan laajentuessa on herännyt tarve lisätilojen rakentamiseen. Yritys tarvitsee tulevaisuudessa pintakäsittelyyn lisätilan sekä erilaisten maatalous- ja muiden koneiden korjaamista varten erillisen korjaamotilan. Korjaamotilaa voitaisiin käyttää myös maalauksesta tulevien laitteiden kokoonpanotilana. Tilan tulisi olla muunneltavissa moneen käyttötarkoitukseen, koska yrityksellä ei ole jatkuvaa tarvetta maalaamolle tai korjaamolle, vaan niissä voitaisiin suorittaa monenlaisia tehtäviä senhetkisen tarpeen mukaan.

## 1.2 Tavoite

Työn toimeksiantajalla on tarkoitus rakentaa tulevaisuudessa teollisuusmaalaamo sekä korjaamotila konepajan yhteyteen. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan teollisuusmaalaamo koskevia direktiivejä sekä tutustutaan ATEX-tiloja koskeviin asetuksiin. Tässä työssä kartoitetaan maalaamossa tarvittavaa välineistöä sekä maalaamon layoutin pohjapiirustusta. Lisäksi kartoitetaan maalaamoon tulevia laitteita ja ilmanvaihtolaitteiston sijoittelua layoutin muodossa.

Toisena tarkastelun kohteena opinnäytetyössä on konepajan laajennusosan toiseen osastoon tuleva korjaamo/kokoonpanotila. Tässä tilassa tehdään korjaustöitä sekä suoritetaan maalauksen jälkeistä kokoonpanoa. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia eri vaihtoehtoja, joiden pohjalta saadaan toimiva ratkaisu lisätilojen rakentamisen pohjaksi. Tilojen tulisi täyttää lain vaatimukset mutta olla samalla muunneltavissa moneen käyttötarkoitukseen sopivaksi.

### 1.3 Yritysesittely

Latomet Oy on Alajärven Rantakankaan kylässä sijaitseva metallialan yritys, joka on perustettu vuonna 2002. Yrityksen toimenkuvaan kuuluu erilaiset alihankintatyöt, lähinnä prosessiteollisuuden pneumaattisten kuljetinlaitteiden osien ja mekaanisen puunjalostusteollisuuden laitteiden, laiteasennukset sekä omien tuotteiden valmistus. Latomet Oy tekee myös tietokonepohjaista 3D-suunnittelua. Latomet Oy on yhden miehen yritys, joka työllistää väliaikaisesti tilauskannasta johtuen kausittain useampiakin henkilöitä.

Yrityksen strategiana on tulevaisuudessa keskittyä enemmän omien tuotteiden valmistukseen ja suunnitteluun sekä maatalouskoneiden huoltoon ja korjaukseen, jotka asettavat uusia vaatimuksia yrityksen tuotantotiloille.

## **2 RÄJÄHDYSVAARALLISET TILAT**

### **2.1 Teollisuusmaalaus**

Teollisesti valmistetut tuotteet tarvitsevat pintakäsittelyn ennen lopullista käyttöön-ottoa. Maalilla suojataan tuotetta ympäristön syövyttävältä vaikutukselta. Maali antaa tuotteelle myös paremman ulkonäön. Tärkein tehtävä maalilla on kuitenkin suojata tuotetta korroosiolta. Pintakäsittelyllä saavutetaan huomattavia taloudellisia säästöjä. Korroosion seurauksena teräsrakenteissa menetetään miljoonia euroja Suomessa vuosittain. (Ihalainen ym. 1985, 401.)

### **2.2 ATEX-direktiivit, standardit ja räjähdysvaaralliset tilat**

ATEX-lainsäädäntö koskien räjähdysvaarallisia tiloja ja laitteita astui voimaan vuonna 2003. Työsuojeluviranomainen valvoo räjähdysvaarallisia kohteita. Mikäli maalaamossa käytettävien kemikaalien käyttö olisi laajamittaisempaa, TUKES valvoisi tuotannon turvallisuutta. Tässä tapauksessa vähäistä kemikaalien käsitte-lyä valvoo pelastusviranomaisen. ATEX-työolosuhdemääräykset koskevat kaikkia työnantajia, joiden työntekijät joutuvat alttiiksi syttyvien nesteiden tai kaasujen mahdollisesti aiheuttaville räjähdyksille. (Tukes 2015, 3.)

#### **2.2.1 ATEX-direktiivi**

ATEX-nimitystä (atmosphères explosibles) käytetään Euroopan yhteisön direktiivistä 94/9EY (laitedirektiivi) ja 1999/92/EY (työolosuhdedirektiivi) nämä koskevat räjähdysvaarallisia tiloja, niissä tapahtuvaa työskentelyä sekä niissä käytössä olevia laitteita. Edellä mainittujen direktiivien tarkoituksena on suojella räjähdysvaarallisisissa tiloissa työskenteleviä ihmisiä, sekä integroida EU:n jäsenvaltioiden räjähdysvaarallisten tilojen ja niissä käytettävien koneiden ja laitteiden turvallisuusvaatimuksia samalla taata EX-laitteiden vapaa kauppa. (Tukes 2015, 4.)

Suomessa ATEX-laitedirektiiviin perustuvaa lainsäädäntöä on ollut olemassa jo vuodesta 1996: asetus (917/1996) ja kauppa- ja teollisuusministeriön päätös (918/1996). Lainsäädännön siirtymäaika päättyi 1.7.2003 velvoitteiden tullessa voimaan kaikilta osiltaan. Räjähdysvaarallisiin tiloihin tarkoitettuja laitteita ja suojausjärjestelmiä voidaan pitää kaupan, ottaa käyttöön tai luovuttaa toiselle vain, jos ne ovat määräysten mukaisia. (Tukes 2015, 4.)

ATEX-työolosuhdedirektiivi koskee sellaisia tuotantolaitoksia ja työpaikkoja, joissa syttyvät nesteet, kaasut tai pölyt voivat aiheuttaa räjähdysvaaran. Työolosuhdedirektiivi saatettiin kansallisesti voimaan valtioneuvoston asetuksella (576/2003) 1.9.2003. Se on koskenut voimaantulopäivämäärästään lähtien uusia räjähdysvaarallisia tiloja sekä vanhoissa tiloissa tehtäviä muutoksia ja korjauksia. Vanhempia tiloja koskevat vaatimukset tulivat takautuvasti voimaan 1.7.2006. (Tukes 2015, 4.)

### **2.3 Ketä ATEX koskee**

ATEX-työolosuhdesäädökset koskevat kaikkia sellaisia työnantajia, joiden työntekijät saattavat joutua alttiiksi syttyivistä nesteistä, pölyistä tai kaasuista aiheutuvalle räjähdysvaaralle. Ne koskevat lisäksi ihmisiä, jotka työskentelevät Ex-tiloissa ja suunnittelevat tai rakentavat niitä. Ne koskevat lisäksi ihmisiä, jotka työskentelevät Ex-tiloissa ja suunnittelevat tai rakentavat niitä. tuojia, kuten esimerkiksi valmistajia, maahantuojia ja jälleenmyyjiä ja myös sellaisia, jotka valmistavat laitteen omaan käyttöönsä. (Tukes 2015, 5.)

### **2.4 Ex-laitteet ja laiteluokitukset**

Laitteet jaetaan kahteen ryhmään: I ja II. Ryhmässä I olevat laitteet on tarkoitettu kaivoksiin sekä niiden maanpäällisiin osiin, missä räjähdysvaara pohjautuu kaivoskaasuun (metaani) tai pölyyn. Ryhmässä I olevat laitteet jaetaan kahteen laiteluokkaan (M1 ja M2), ryhmässä II olevat laitteet jaetaan kolmeen laiteluokkaan (1, 2, ja 3) riippuen siitä, kuinka suuri turvallisuustaso niiltä vaaditaan (Kuvio 1). Edellä mainittu vaikuttaa siihen, millaiseen tilaan laite voidaan sijoittaa. Laiteluokka määrittää myös sen, minkälaista menettelyä valmistaja tai muu markkinoille saattaja tai

hänen edustajan on noudatettava vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi ja CE-merkin kiinnittämiseksi. (Tukes 2015, 8.)

**Laiteluokka 1 ja M1 = erittäin korkea turvallisuustaso**  
**Laiteluokka 2 ja M2 = korkea turvallisuustaso**  
**Laiteluokka 3 = normaali turvallisuustaso**

Kuvio 1. Laiteluokkamerkinät ja turvallisuustasot.

## 2.5 Työnantajan velvollisuudet

Työnantajalla on monia velvoitteita ehkäistä räjähdysvaaraa ja suojella työntekijää. Niihin kuuluvat mm. mahdollisen räjähdysvaaran selvittäminen, räjähdykseltä suojauminen ja estäminen. Lisäksi tulee valita oikea laite oikeaan paikkaan, perehdyttää työntekijät sekä laatia räjähdysuojausasiakirja. (Tukes 2015, 9.)

### 2.5.1 Räjähdysvaaran selvittäminen

Ryhdyttyessä selvittämään räjähdysvaaraa on työ- ja tuotantoprosessia arvioitava kokonaisvaltaisesti. Selvityksessä tärkeitä seikkoja ovat

- käytettävissä olevat koneet, laitteet ja työvälineet
- rakennukset ja rakenteet
- käytettävissä olevat aineet
- työskentely- ja tuotanto-olosuhteet sekä
- näiden mahdolliset keskinäiset ja työympäristöstä johtuvat yhteisvaikutukset.

Arviointi räjähdysvaarasta on aina tehtävä jokaisen työ- ja toimintaprosessin sekä laitteiston jokaisen käyttövaihtoehdon kohdalta erikseen, eikä yhtä arviointia pidetä yleispätevänä. Uusien tai jo mahdollisesti käytössä olevien laitteiden arvioinnin osalta on otettava huomioon seuraavia toimintakuntovaihtoehtoja:

- tavanomaiset toimintaolosuhteet, myös kunnossapitotyöt
- käyttöönotto ja käytöstä poisto
- toimintahäiriöt ja ennakoitavissa olevat vikatilat
- kohtuullisesti ennakoitavissa oleva virheellinen käyttö.

Räjähdysvaara selvitettäessä tulee myös ottaa selville, onko työ- tai valmistusprosessissa mukana palavia aineita. Arvioinnissa on myös huomioitava palavien aineiden pitoisuudet ja syttymisominaisuudet. Maalaamoissa käytetään yhtenä tällaisena aineena maalin ohentimena liuotinta, mikä voi altistaa tilan räjähdysvaaraan suurina pitoisuuksina. (Tukes 2015, 9.)

### **2.5.2 Räjähdysten estäminen ja suojautuminen**

Räjähdysvaarallisen ilmaseoksen syntyminen voidaan ehkäistä erilaisilla laitteilla ja toimintatavoilla, esimerkiksi vähentämällä tai välttämällä palavien nesteiden käyttöä, mikäli se on mahdollista. Kaasu ja pöly ilmaan sekoittuneena ovat räjähtävä seos vain tietyn raja-arvon sisällä. Tietyissä olosuhteissa on mahdollista pysyä räjähdysarvojen ulkopuolella. Räjähdyskelpoisen ilmassan syntyä voidaan välttää happipitoisuutta vähentämällä mm. tehokkaalla ilmanvaihdolla. Edellä mainittujen asioiden lisäksi tulisi huolehtia laitteiston riittävästä huoltamisesta. (Tukes 2015, 10.)

### **2.5.3 Räjähdysten vahinkojen vähentäminen**

Teollisessa maalauksessa on mahdotonta toteuttaa riittävän varmoja suojaustoimenpiteitä räjähdyskelpoisen ilmaseoksen syntymisen ehkäisyssä. Tämän vuoksi

on ryhdyttävä toimenpiteisiin räjähdysten vaikutuksen rajoittamiseksi. Näitä toimenpiteitä ovat

- räjähdystenkestävä tapa rakentaa
- räjähdyspaineen alentaminen
- räjähdysten vaimentaminen
- liekkien ja räjähdysten leviämisen estäminen.

Edellä mainitut toimenpiteet koskevat laitteiden sisällä tapahtuvia räjähdysia ja niiden vaikutusten rajoittamista. Rakenteellisia suoja-toimenpiteitä tarkastellessa valitaan yleensä käyttöön sellaisia laitteita ja suojajärjestelmiä, jotka täyttävät KTMp:n (918/1996) vaatimukset. (Tukes 2015, 10.)

## **2.6 Tilojen luokittelu**

Ex-tila on tila, jossa voi esiintyä räjähdyskelpoista vaaraa aiheuttavaa ilmaseosta hetkellisesti tai jatkuvasti. Tästä syystä toimenpiteet työntekijöiden suojaamiseksi ovat tarpeen. Ex-tilan tilaluokka tulee määrittellä jo suunnitteluvaiheessa. Suoja-toimenpiteiden apuna on olemassa taulukko, jossa on kuusi erilaista tilaluokkaa. Tilaluokat jaetaan eri vyöhykkeisiin. Palavien nesteiden tilaluokista löytyy ohjeita standardista SFS-EN 60079–10 ja SFS käsikirjan sivulta 59. Alapuolen taulukossa (Taulukko 1) käsitellään eri tilaluokissa määriteltyjä vaaran aiheuttajia. (Tukes 2015, 11.)

Taulukko 1. Tilaluokkataulukko.

Tilaluokka 0	Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein.
Tilaluokka 20	Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein.
Tilaluokka 1	Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa oleva palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti.
Tilaluokka 21	Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti.
Tilaluokka 2	Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan.
Tilaluokka 22	Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan.

**Huomautukset:**

1. Palavien aineiden pölyjen kerrokset, kertymät ja kasaantumet on otettava huomioon samoin kuin muut syyt, jotka saattavat aiheuttaa räjähdyskelpoisen ilmaseoksen.

1.2. Normaalitoiminnalla tarkoitetaan tilannetta, jossa laitteistoja käytetään suunnitteluarvojen sallimissa rajoissa.



## 2.7 Laitteiden valinta

Laitavalintoja tekevät suunnittelija ja rakentajat lähtötietojen perusteella, kuten tilaluokituksen ja maalaamossa käsiteltävien räjähdysvaaraa aiheuttavien aineiden ominaisuuksien perusteella. Työnantaja kuitenkin vastaa lopullisista laitevalinnoista. Perusvaatimukset laitevalinnoista Ex-tilojen osalta on esitetty asetuksessa 576/2003. (Tukes 2015, 11.)

Laitevalintaa tehtäessä on huomioitava, ettei laitteen korkein pintalämpötila yllä maalaustilassa olevan kaasun, höyryn tai pölyn syttymislämpötilaan. Laite ei myöskään saa aiheuttaa kipinöitä, jotka voisivat sytyttää edellä mainitut seokset. (Tukes 2015, 11.)

### Oikea laite oikeaan tilaan

Kussakin tilassa käytetään vain sinne sopivia laitteita ja suojausjärjestelmiä:

- tilaluokassa 0 tai 20 käytetään laiteluokan 1 laitteita
- tilaluokassa 1 tai 21 käytetään laiteluokan 1 tai 2 laitteita sekä
- tilaluokassa 2 tai 22 käytetään laiteluokan 1, 2 tai 3 laitteita.

Kuvio 2. Oikean laitteen valinta  
(Tukes 2015, 11.)

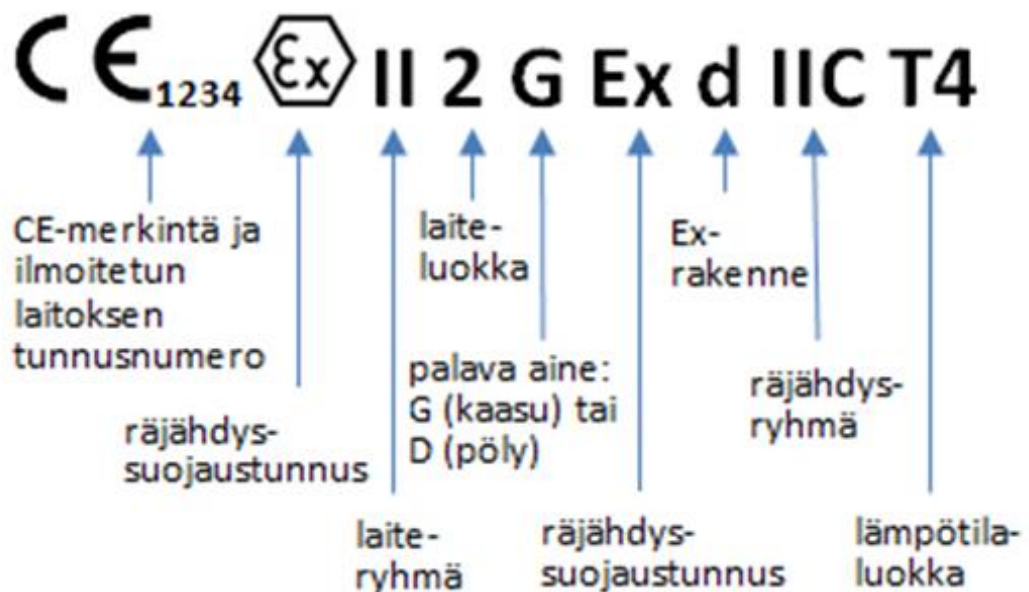
## 2.8 Sähköasennukset

Sähkölaitteiden turvallisuusvaatimukset on esitetty kauppaja- ja teollisuusministeriön (KTM) päätöksessä koskien sähkölaitteiden turvallisuutta (1193/1999). Turvallisuusmääräykset täyttyvät, mikäli sähköasennukset tehdään viranomaisten vahvistamien standardieja noudattaen. Sähköasennuksien standardieja löytyy Tukesin ohjeesta S10. Sähköasennuksia saa tehdä henkilö, jolla on oikeus näiden töiden tekemiseen. Edellytykset sähkötöiden tekemiseen on esitetty KTM:n päätöksessä 516/1996. Sähkölaitteille tulee tehdä käyttöönotto tarkastus, sähkölaitteiston rakentajan toimesta sekä laatia käyttöönottotarkastuspöytäkirja. Sähkölaitteiston

haltijan tulee huolehtia laitteiston tuvallisuudesta. Määräaikaistarkastuksista ja huollosta on säädetty KTM:n päätöksessä 517/1996. (Tukes 2015, 17.)

## 2.9 Laitteet asiakirjat ja merkinnät

Ex-tiloissa käytettävissä laitteissa pitää olla tarvittavat merkinnät (Kuvio 3) tämän lisäksi täytyy löytyä asiakirjat kyseisistä laitteista. CE-merkinnän lisäksi laitteesta täytyy löytyä räjähdysuojauksen erikoismerkintä (Ex) sekä laitteen ryhmän, luokan ja käyttöympäristön merkintä, nämä tulee olla kiinnitettynä laitteeseen. (Tukes 2016.)



Kuvio 3. Ex-laitteen merkinnät (Tukes 2016).

Räjähdysuojausasiakirjan laativat työnantaja ja toiminnanharjoittaja, ja tästä asiakirjasta tulee ilmetä vaaran arvioinnin tulokset ja tekniset suojaustoimenpiteet. Laaditusta asiakirjasta tulee selvittää räjähdysvaarallisten tilojen luokittelu. Työnan-

tajan sekä toiminnanharjoittajan tulee valita kyseiseen tilaan soveltuvat laitteet, mikäli niissä esiintyy mahdollisia syttymislähteitä, kuten esimerkiksi kuumenevia pintoja, mekaanisesti syttyviä kipinöitä tai staattista sähköä. (Tukes 2015, 18.)

## 2.10 Lainsäädäntö ja markkina- ja turvallisuusvalvonta Suomessa

ATEX-laitteiden markkina- ja turvallisuusvalvonnasta vastaa Tukes, vaikka Suomessa direktiivin toimeenpano on vielä kesken (Tukes 2016).

Tässä opinnäytetyössä käsiteltävän maalaamonkin on laadittava räjähdesuojausasiakirja, vaikka tilojen käyttöaste jää vähäiseksi. Laadittua asiakirjaa ei tarvitse toimittaa viranomaisille, vaan se on lähinnä itseä varten laadittu. Asiakirja on esitettävä valvontaa suorittavalle taholle, joka tässä tapauksessa on pelastusviranomaisen. (Tukes 2015, 3.)

## 2.11 Varoitusmerkki

Ex-merkintä (Kuvio 4) on tarvittaessa oltava tällaisten tilojen sisäänkäyntien tai alueiden yhteydessä.



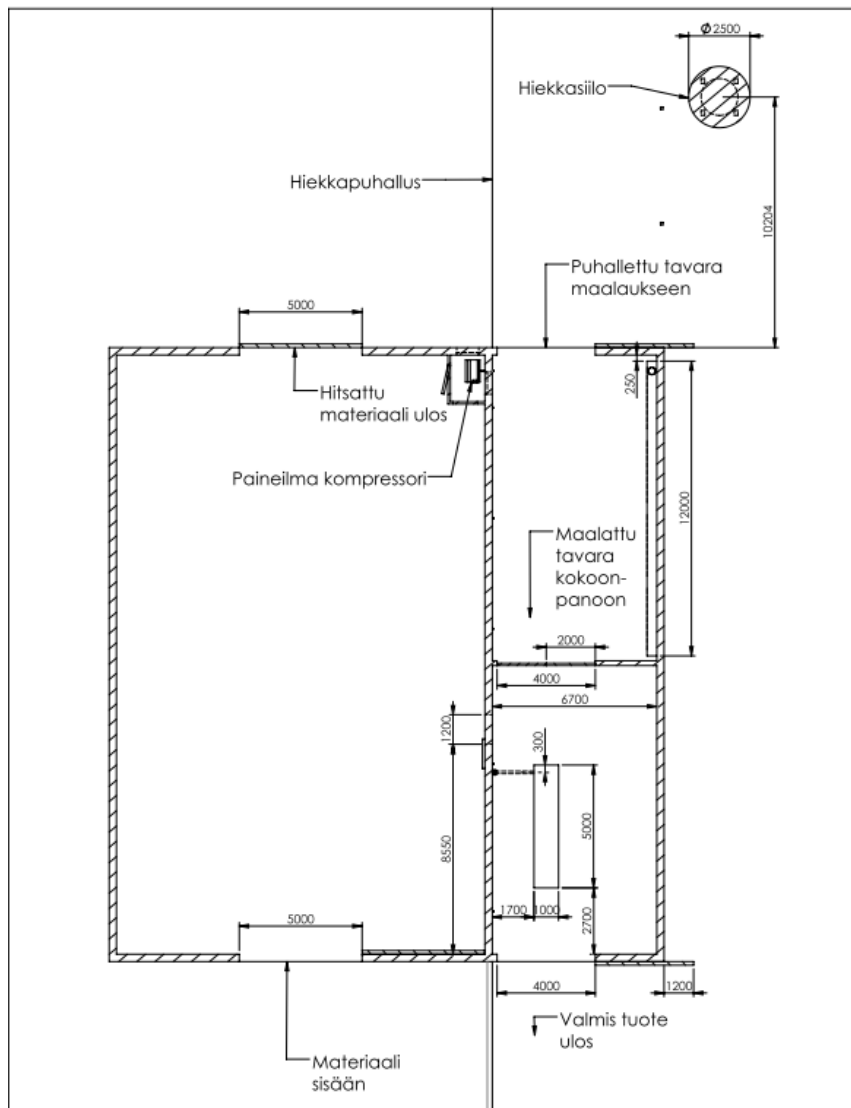
Kuvio 4. varoitusmerkki Ex-tila (Tukes 2015, 16).

### 3 TUOTANTOTILOJEN SUUNNITTELU

#### 3.1 Layoutsuunnittelu

Layoutsuunnittelulla tarkoitetaan tehtaassa olevien kuljetusväylien ja muiden yksiköiden sijoittelua tiloihin. Layoutsuunnittelussa on kaksi suuntausta suppea ja laaja merkitys. Suppealla tarkoitetaan pelkkää sijoittelua, kun taas laaja merkitys pitää sisällään koko järjestelmän suunnittelun. (Lapinleimu ym. 1997, 309.)

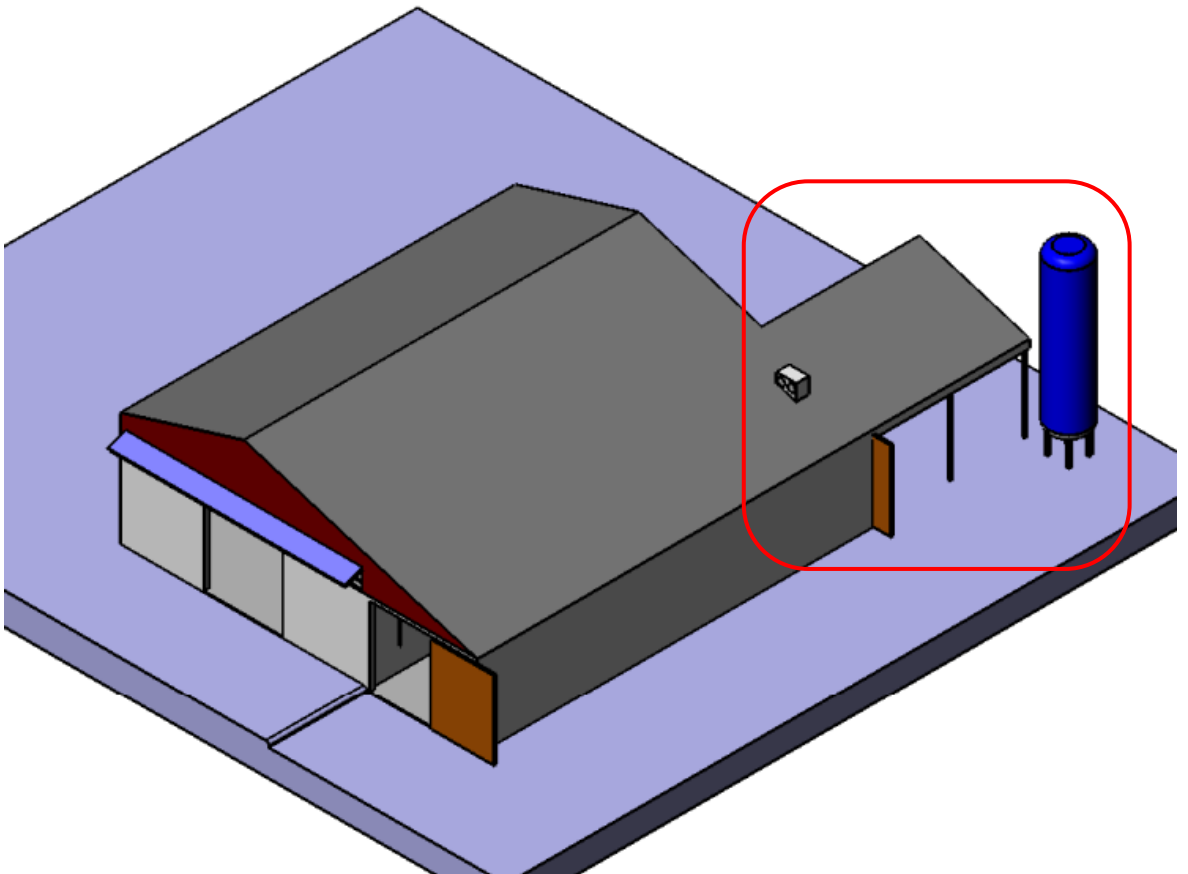
Layoutpiirustuksessa (Kuvio 5) on esitetty konepajan laajennus sekä materiaali virta.



Kuvio 5. Layoutpiirustus konepajan laajennuksesta.

### 3.2 Esivalmistelutila

Tässä maalaamossa ei ole varsinaista esivalmistelutilaa, vaan valmistettu tavara tulee konepajan puolelta ulkokautta takapihalla sijaitsevaan hiekkapuhalluskatokseen, joka on varustettu pressuseinin, jotka voidaan avata tarvittaessa (Kuvio 6). Tässä tilassa valmiit tuotteet hiekkapuhalletaan maalausta varten. Varsinainen esivalmistelu tapahtuu itse maalaamossa. Esivalmistelu/hiekkapuhalluskatoksen viereen on varattu tila säiliölle mahdollista hiekkapuhallushiekkaa varten. Hiekkapuhallushiekka on halvempaa suurissa erissä, joten tulevaisuudessa hankittava siilo sijoitetaan lähelle hiekkapuhalluspaikkaa.

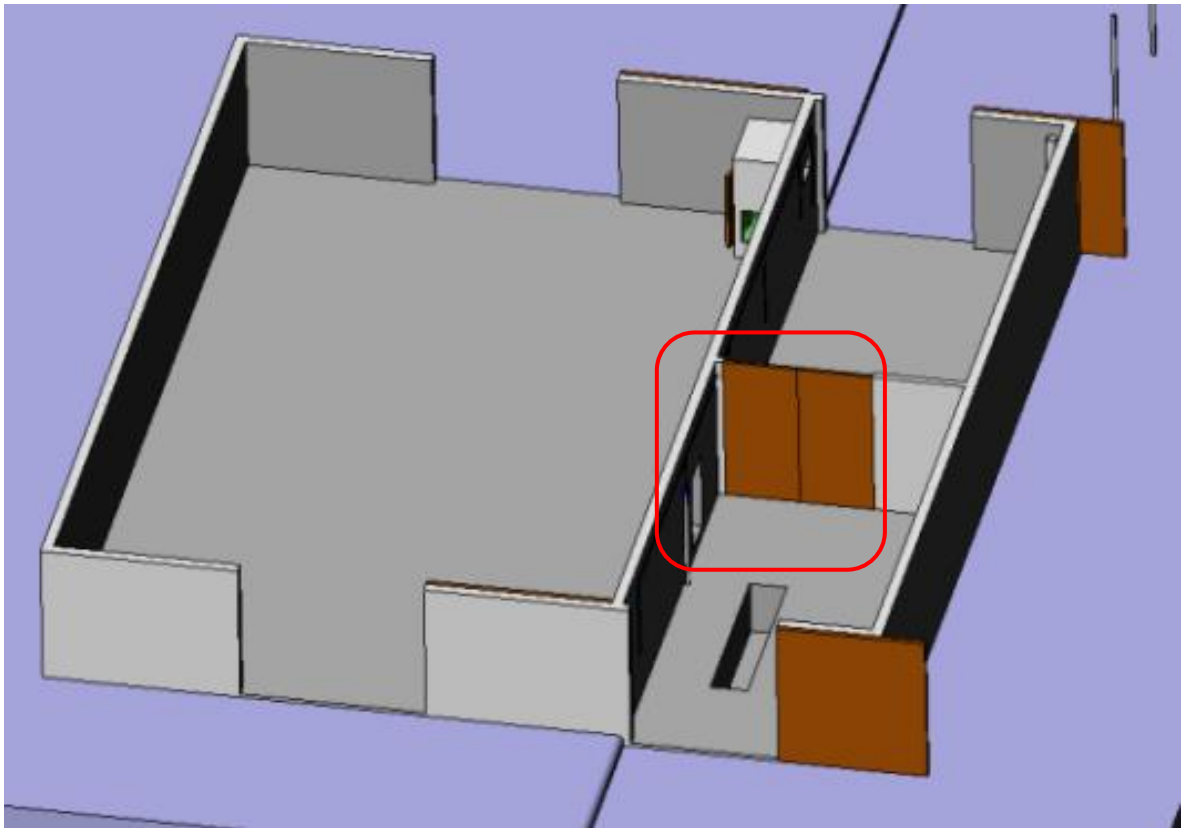


Kuvio 6. Hiekkapuhalluskatoksen 3D-näkymä.

### 3.3 Maalaamo tilat

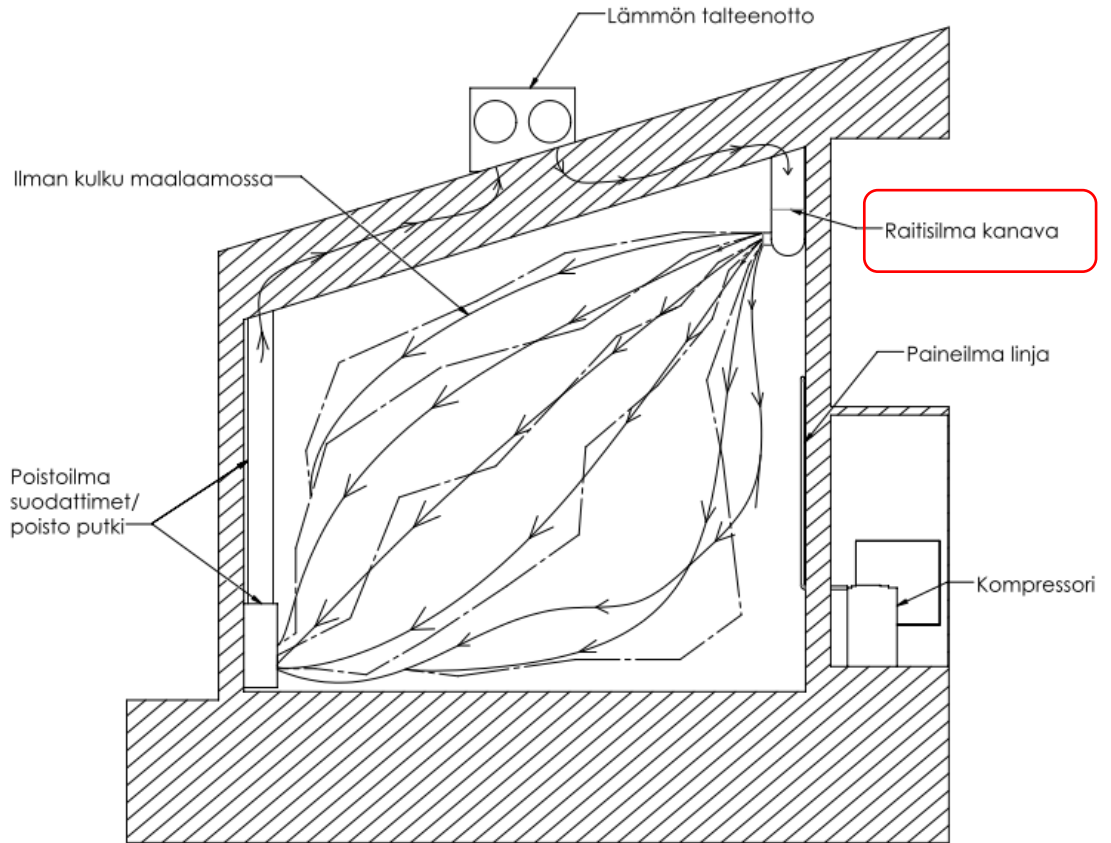
Maalaamon ja korjaamon väliin tulee ovi, joka valmistetaan joko liukuovena sivulle aukeavana, nosto-ovena tai perinteisenä avattavana ovena (Kuvio 7). Pienempi kulkuovi asennetaan olemassa olevasta pajasta tulevaan laajennukseen kulkemi-

sen helpottamiseksi. Tämä ovi on joko liukuovi tai normaalisti avattavissa oleva malli.



Kuvio 7. Välioivet.

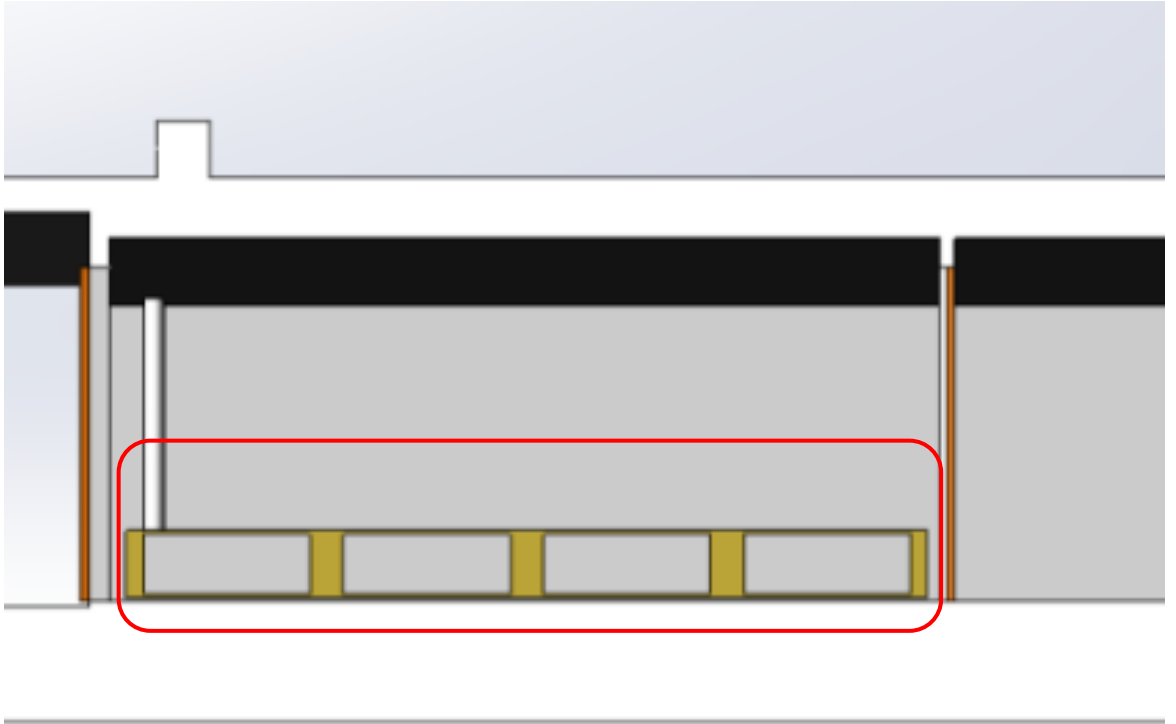
Maalaamotiloihin on tarkoitus asentaa korvausilmakanava lähelle sisäkattoa (Kuvio 8). Ylhäältä tuleva ilma painaa maali/pöly hiukkaset alaspäin.



SECTION E-E  
SCALE 1 : 50

Kuvio 8. Lämmön talteenotto ja virtaukset.

Lattian rajassa vastakkaisella puolella maalaamoa sijaitseva poistoilmakanava elementti on varustettu vaihdettavilla suodattimilla (Kuvio 9). Suodatinkankaana voisi olla esim. Filterpakin väriloukku 75 mm -suodatinkangasta (2013). Suodatinkangas on valmistettu lasikuidusta, ja sitä saa erikokoisina rullina, vakiokokoja ovat 0,75, 1,0, 1,5 ja 2,0 m. Nämä suodatinkankaat sitovat maalia 3,5–4,6 kg/m<sup>2</sup> ja erottavat 93–97 % ilman epäpuhtauksista (Kuvio 10). Poisto- ja tuloilmakanavat on vedetty joko välikatossa tai maalaamon sisäkattoa pitkin katolla sijaitsevaan lämmöntalteenottolaitteistoon. Lämmöntalteenottolaitteisto ottaa maalaamon sisäilmästä talteen lämmön, jonka se palauttaa takaisin maalaamoon. Näin säästetään lämmityskustannuksissa huomattava summa, varsinkin talvikuukausina.



Kuvio 9. Poistoilmasuodattimet.



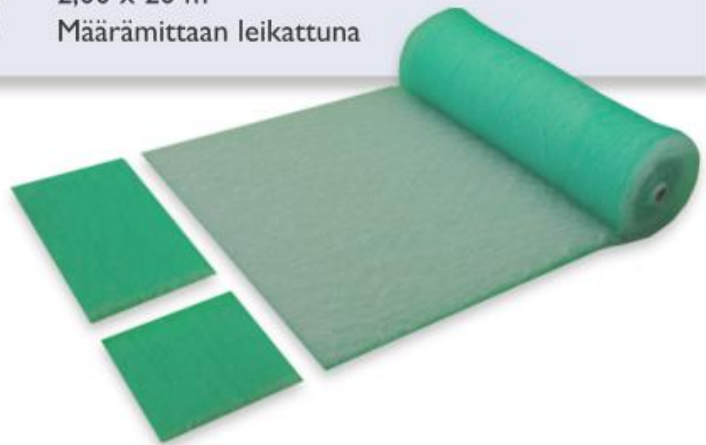
## VÄRILOUKKU 75MM

Kolme tuumaa paksu suodatinkangas, joka on valmistettu hajuttomasta ja korkealaatuisesta lasikuidusta. Suodatin soveltuu maalauskammioiden poistosuodattimeksi.

Materiaali	100 % lasikuitu
Paksuus	75 mm
Väri	Vihreä/valkoinen
Suosittelava ilmavirtaus	0,7–1,75 m/s
Alkupainehäviö	8–35 Pa
Loppupainehäviö	100 Pa
Maalin sitomiskyky	3,5–4,6 kg/m <sup>2</sup>
Erotusaste	93–97 %

### Vakiotuotteet varastossa:

<b>207 1075</b>	Väri loukku 75mm	0,75 x 20 m
<b>207 1100</b>	Väri loukku 75mm	1,00 x 20 m
<b>207 1150</b>	Väri loukku 75mm	1,50 x 20 m
<b>207 1200</b>	Väri loukku 75mm	2,00 x 20 m
<b>207 2</b>	Väri loukku 75mm	Määrämittaan leikattuna



Kuvio 10. Esimerkki suodatinkankaasta.  
(Filterpak Oy, [Viitattu 14.1.2017]).

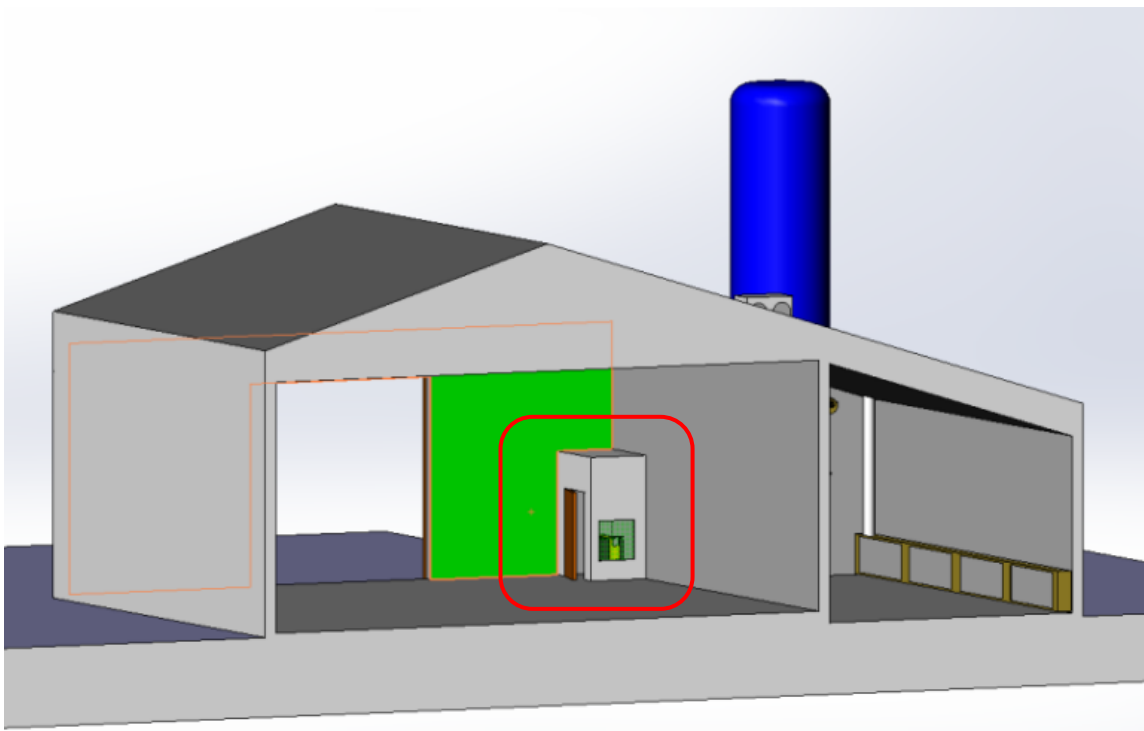
### 3.4 Paineilmalaitteet

Paineilmakompressori (Kuvio 11) sijoitetaan olemassa olevan hallin oikeanpuoleiseen takaosaan (Kuvio 12 ja 13). Kompressorille rakennetaan suoja melua ja pölyä varten. Tästä suojasta on myös mahdollista päästää kesäkautena lämpö ulkotilaan tai maalaamon puolelle, ettei tuleva lämpö nosta konepajan huoneilman lämpötilaa tarpeettomasti. Mikäli lämpöä tarvitaan konepajassa, se tulisi olla mahdollista siirtää myös konepajan lämmitykseen. Kompressori huoneeseen tehdään

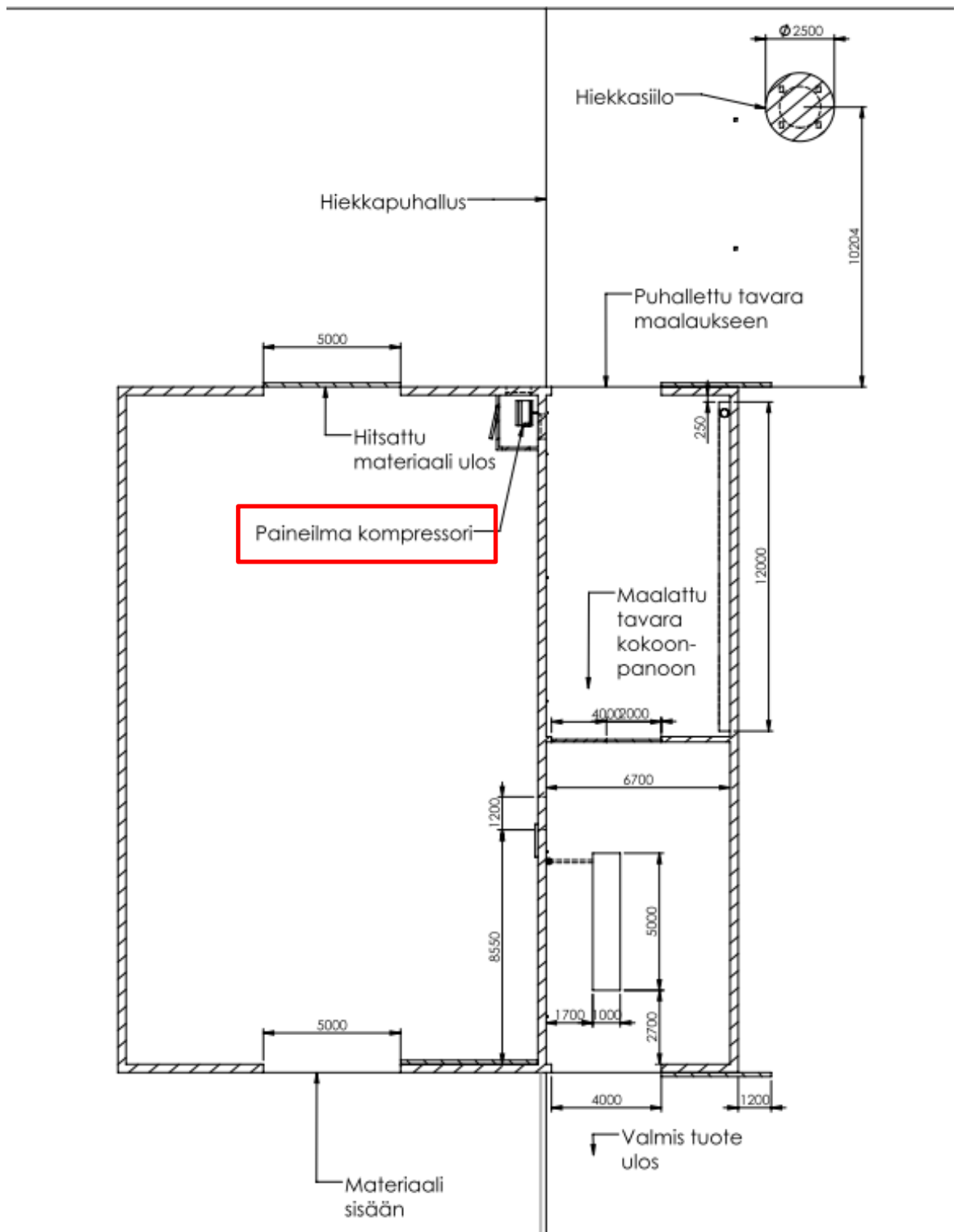
suodatinseinä, josta se saa riittävän ilman toimiakseen, mutta epäpuhtaudet pysyvät ulkopuolella.



Kuvio 11. Esimerkki paineilmakompressorista (Kaeser kompressorit Oy, [Viitattu 14.1.2017]).

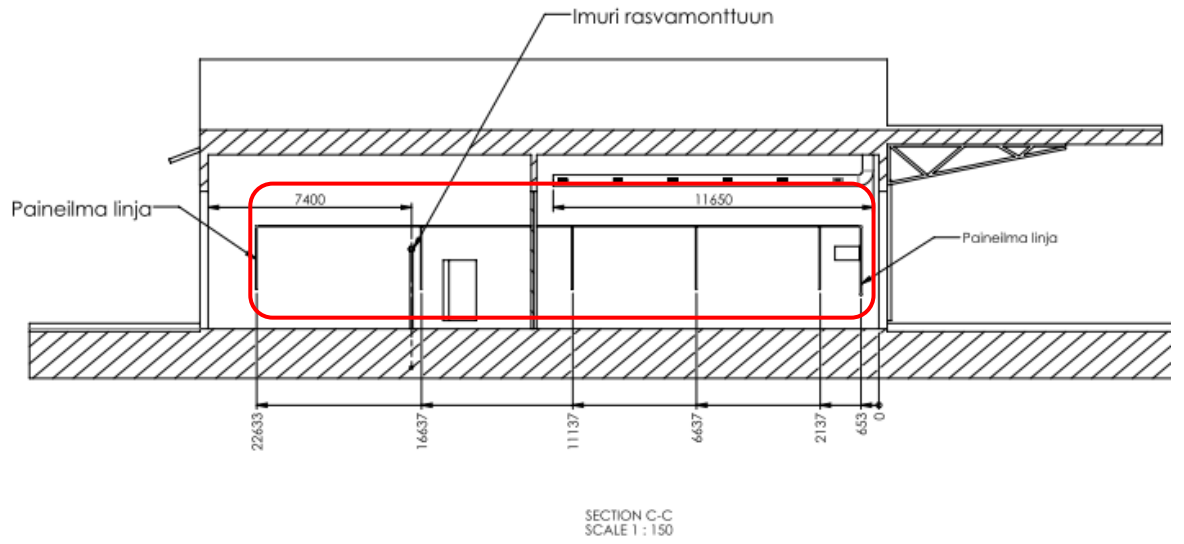


Kuvio 12. Kompressorin sijoitus 3D-näkymässä.

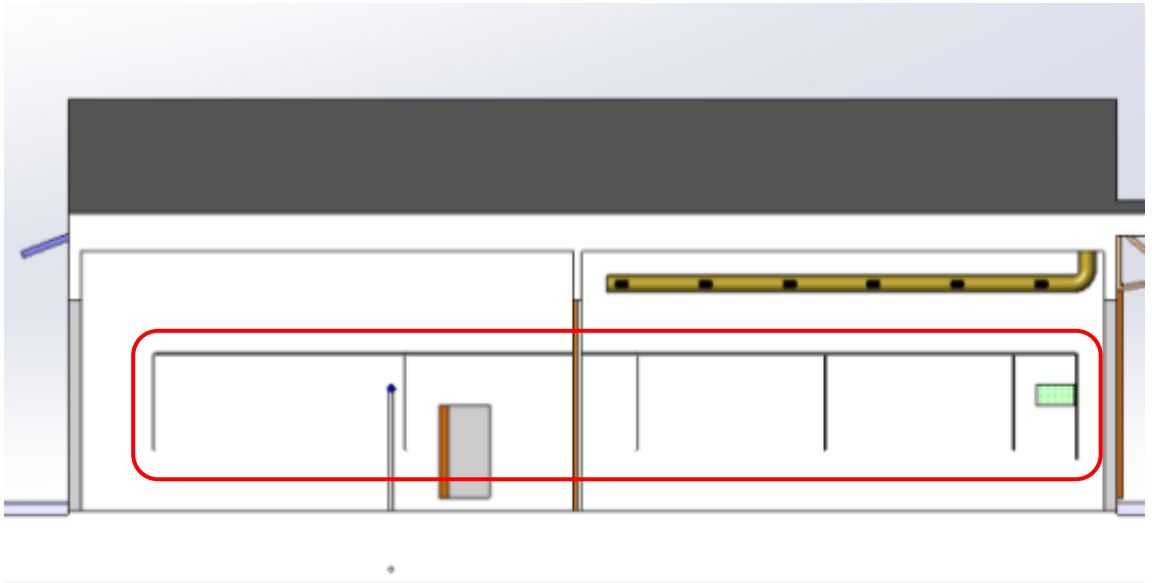


Kuvio 13. Kompressorin sijoitus.

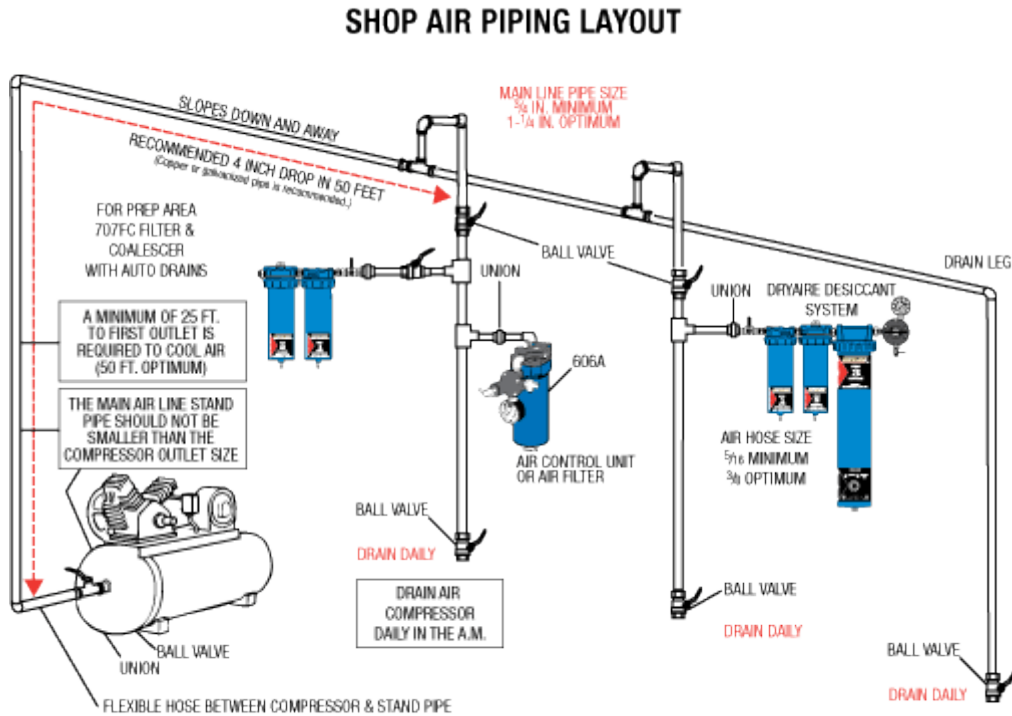
Päälinja paineilmaverkostoa varten vedetään maalaamon seinille lähelle kattoa (Kuvio 14 ja 15). Päälinjasta otetaan alas liittymiä työkoneita varten tarvittava määrä. Painelinja vedetään myös korjaamon puolelle samalla periaatteella.



Kuvio 14. Paineilmaverkosto.



Kuvio 15. Paineilma verkoston 3D-näkynä.



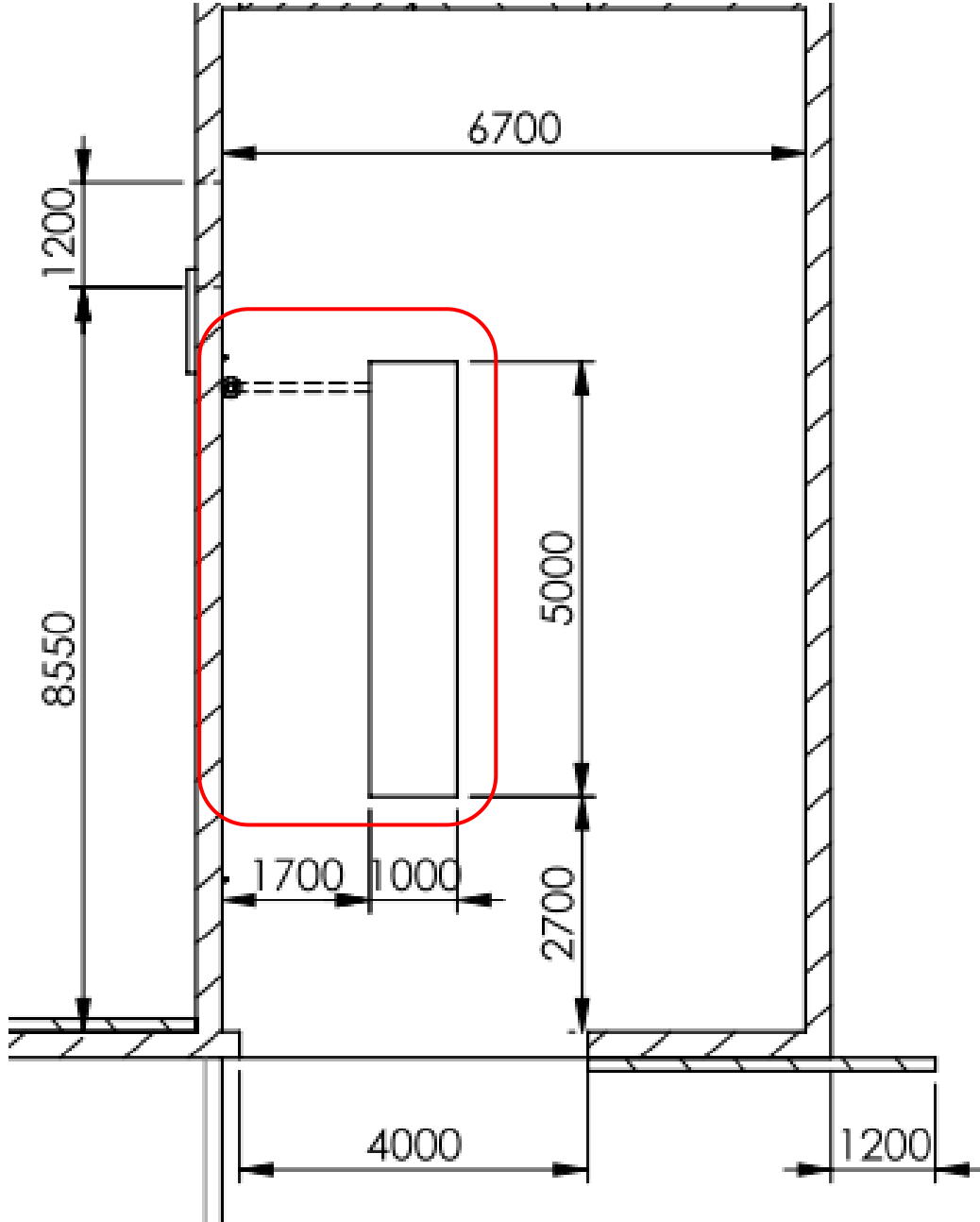
Kuvio 16. Esimerkki paineilmaverkostosta (Garco Inc, [Viitattu 14.1.2017]).

### 3.5 Huoltokuilu

Huoltokuiluun tulee asentaa portaat tai tikkaat, joiden ansiosta kuilusta pääsee poistumaan esteettömästi myös silloin, jos kuilun päällä on ajoneuvo tai muu vastaava laite. Huoltokuilussa tulee olla riittävä ilmanvaihto sinne mahdollisesti kerääntyneen haitallisen kaasun poistamiseksi. Ilmanvaihto tulisi järjestää siten, että se olisi vähintään 20–25 m<sup>3</sup>/h jokaista pohjaneliometriä kohden. Huoltokuilun reuna tulee olla riittävän tukevasta materiaalista valmistettu. Huoltokuilun reuna tulee merkitä varoitusvärillä, reunalistan leveys 70–100 mm. Umpinainen huoltokuilu kuuluu räjähdysvaarallisiin tiloihin sähköturvallisuusmääräysten mukaan 0,5 metriä ylittävältä alaosaltaan. (Knuutila ym. 2005, 11–12.)

Tässä tapauksessa huoltokuilun paikka tulee olemaan korjaamotilojen ovien keskellä, noin 2,7 metrin päässä ovista. Huoltokuilu voisi olla metrin leveä, viisi metriä pitkä ja 1,5 metriä syvä. Tämänkokoisen kuilun päällä pystyisi huoltamaan ja korjaamaan henkilöautoja sekä maatalouskoneita. Lopullinen päätös huoltokuilusta jää rakennuksen suunnittelijan vastuulle. Huoltokuilu olisi hyvä olla katettavissa

teräsritilöillä, mikäli kuilua ei tarvittaisi. Katettu kuilu antaisi korjaamoon lisää lattia-  
pinta-alaa, mikäli tilaa käytettäisiin maalattujen komponenttien kokoamiseen.



Kuvio 17. Huoltokuilun sijainti korjaamossa.

## 4 LAITTEISTON VALINTA

Laitteiston valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat mm. käytettävät maalausmenetelmät sekä käytettävät laitteet. Lisäksi maalaus kustannukset, haluttu korroosionestokyky ja ulkonäkötekijät vaikuttavat laitevalintoihin. Maalausolosuhteilla ja ympäristötekijöillä on myös oma merkityksensä valittaessa laitteistoa maalaamoon. Näiden tekijöiden vaikutus menetelmän valinnassa on tapauskohtainen. (Jokinen 2010, 1.)

### 4.1 Tilat

Maalattavien kappaleiden koko määrittelee tarvittavan maalaustilan koon. Pieniä kappaleita varten voidaan rakentaa maalauskaappi, kun taas suuremmat kappaleet tarvitsevat maalaushallin. Maalaustilojen tulisi täyttää Jokisen mukaan ainakin seuraavat asiat. Tiloissa tulisi olla hyvä ilmanvaihto, joka ei aiheuta maalauspinnan roskaantumista. Poistoilman mukana ei saa kulkeutua maaliumua ulkoilmaan. Valaistuksen tulisi olla riittävän tehokas. Maalaustiloissa tulisi olla myös lievästi alipainetta, ja sen tulee olla myös eristetty palovaaraa aiheuttavista tiloista. (Jokinen 2010, 12.)

### 4.2 Laitteet

Tässä maalaamossa on tarkoitus käyttää etupäässä korkeapaineruiskua. Korkeapaineruiskun, jota kutsutaan myös suurpaineruiskuksi, toimintaperiaate perustuu ilmattomaan menetelmään, jossa maali pumpataan korkeapainepumpulla suurella paineella korkeapaineletkuun, josta se kulkeutuu paineistettuna suuttimelle, joka hajottaa sen viuhkaksi, jolla maalataan kohde. (Välkkynen 2013.)



Kuvio 18. Korkeapainepumppu ja sen osat (Välkkynen 2013).

Kuviossa 18 on esitetty korkeapainepumpun keskeiset osat.

#### 1. Syöttöpumppu

Mäntäpumppu sijaitsee ruiskun yläosassa, sylinterin sisällä sijaitseva mäntä toimii paineilmalla. Pumpun toiminnan kannalta on tärkeää tarkastaa sylinterin öljymäärä ja laatu päivittäin.

#### 2. Suodattimet

Korkeapaineruiskussa on pääsääntöisesti 3 materiaalisuodatinta, karkea ainesuodatin, runkosuodatin ja kahvasuodatin, joka sijaitsee ruiskun kahvassa. Suodattimien kunto tulisi tarkistaa päivittäin.

#### 3. Paineilmalaitteisto/mittarit

Ruisku tulisi pitää paineettomana silloin, kun sitä ei käytetä. Paineet tulee päästää letkusta sekä pumpulta aina maalaustaukojen ja huoltojen ajaksi.

#### 4. Maalisäiliö



Kuvan ruiskumallissa on kiinteä maalisäiliö. Useissa malleissa on kuitenkin imu-putki, joka helpottaa maalin sävyn vaihtoa sekä ruiskun puhdistusta. (Välkkynen 2013.)

### **4.3 Valaistus ja sähkölaitteet**

EU-direktiivin 94/9EC mukaan räjähdysvaarallisissa tiloissa tulee käyttää tähän tarkoitukseen hyväksytyjä sähkölaitteita. Oikein mitoitettu valaistus lisää työturvallisuutta ja viihtyvyyttä. Led-teknologia tarjoaa tähän toimintavarman ratkaisun samalla minimoiden valaistukseen tarvittavat käyttö- ja huoltokulut. Nykyaikaiset Power LED-valot ovat ylivoimaisia valaisuteholtaan, tämän lisäksi LED-valoilla voidaan tuottaa halutun väristä valoa. LED-valo on myös edullinen ja toimintavarma ratkaisu ATEX-tiloihin. Myös toiminnallisesti LED on hyvä, koska se syttyy heti täyteen tehoon, eikä kuumene sekä kestää kolhuja sisältämättä raskasmetalleja. Kustannustehokkuus on myös etu perinteisiin ATEX-valaisimiin verrattuna koska ne kuluttavat 50 % vähemmän energiaa. (Malux Finland Oy, [viitattu 5.11.2016] 2-4.)

Toisaalta perinteinen loisteputkivalaisin on hankintahinnaltaan edullisempi vaihtoehto maalaamoon verrattuna LED-valoon. (Finnparttia Oy Sähkötukku, [viitattu 13.11.2016]).

### **4.4 Ilmanvaihto**

Tilassa, jossa käytetään palavia nesteitä, tulee järjestää ilmanvaihto. Suunnitteluvaiheessa oletetaan palavien nesteiden ja höyryjen olevan raskaampaa kuin ilma. Ilmanvaihtoa suunniteltaessa tulee palavien nesteiden ja höyryjen pitoisuus jäädä alle 20 % alimmasta syttymisrajasta. Koneellisessa ilmanvaihdossa ilmanvaihtomäärän tulee olla vähintään 15 m<sup>3</sup> jokaista lattianeliömetriä kohden käsiteltäessä I ja II räjähdysryhmän palavaa nestettä. Tämän lisäksi tulee varmistaa tilan riittävä ilmanvaihto sekä huolehtia ettei siellä käsitellä avotulta tai kipinäointiä aiheuttavia laitteita. (Halonen 2005, 97.)

Halosen (2005, 99) mukaan maalaustilaan tulee järjestää koneellisella ilmanvaihdolla alipaine ympäröiviin tiloihin nähden. Ruiskumaalauksessa ilmanvaihdon tulisi olla ruiskupistoolin antamaa maalilitraa kohden 100 m<sup>3</sup> minuutissa. Sähkö staattisessa maalauksessa se saa olla 20 % pienempi.

#### 4.5 Paineilmaverkko

Paineilman hyväksyttävät jäännöspitoisuudet pölyn, veden ja öljyn suhteen määritellään laatustandardissa ISO 8573–1:2010 (Sarlin Oy Ab, [viitattu 19.11.2016]).

Alla taulukossa 2 on esitetty paineilman laatustandarditaulukko.

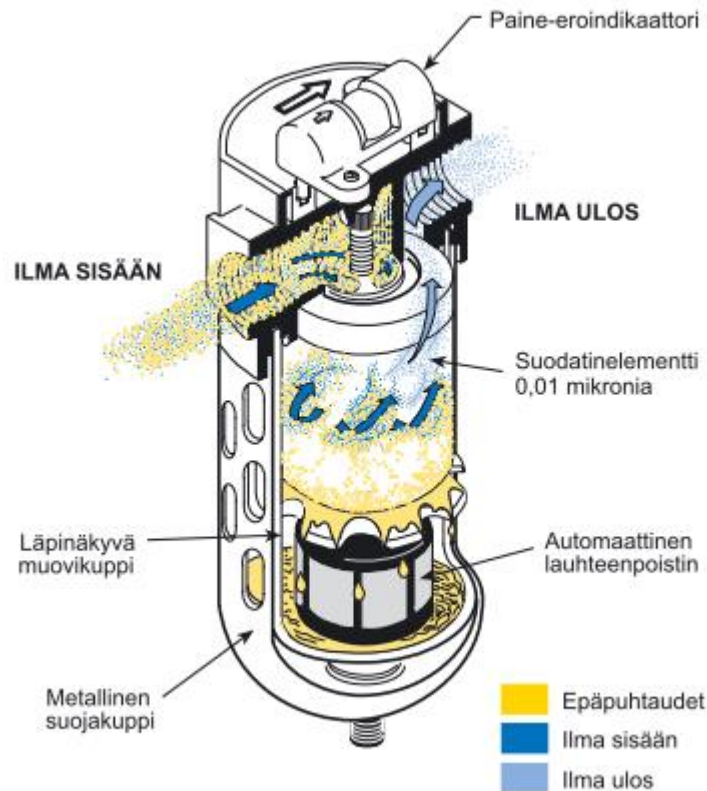
Taulukko 2. Paineilman laatustandarditaulukko (Sarlin Oy Ab, [viitattu 19.11.2016]).

ISO 8573-1:2010 Paineilman laatustandardi							
Luokka	Kiinteät hiukkaset			Vesi		Öljy	
	Hiukkasten maksimimäärä/m <sup>3</sup>			Massa pitoisuus mg/m <sup>3</sup>	Paineen-alainen kastepiste	Neste g/m <sup>3</sup>	Kokonaisöljy mg/m <sup>3</sup> *)
	0,1...0,5µm	0,5...1 µm	1...5 µm				
0	Laitteiden käyttäjän tai toimittajan määrittelemä ja tiukempi kuin luokka 1.						
1	< 20.000	< 400	< 10	-	≤ -70°C	-	0,01
2	< 400.000	< 6.000	< 100	-	≤ -40°C	-	0,1
3	-	< 90.000	< 1.000	-	≤ -20°C	-	1
4	-	-	≤ 10.000	-	≤ +3°C	-	5
5	-	-	≤ 100.000	-	≤ +7°C	-	-
6	-	-	-	≤ 5	≤ +10°C	-	-
7	-	-	-	5...10	-	≤ 0,5	-
8	-	-	-	-	-	0,5...5	-
9	-	-	-	-	-	5...10	-
X	-	-	-	≤ 10	-	> 10	> 10
*) Öljyssumu, öljyneste, öljyhöyry							

Paineilmajärjestelmän suunnittelussa tulisi käyttää tarvittavaa käyttötarkoitusta ja laatua suunnittelun perustana (Sarlin Oy Ab, [viitattu 20.11.2016]). Koska yrityksessä on olemassa oleva paineilmajärjestelmä, tarvitsee siihen sijoittaa vain lisäksi öljynerotus- eli mikrosuodatin.

Mikrosuodatin poistaa ilmasta öljyn, veden ja hiukkaset joiden koko on suurempi kuin  $0,01\mu\text{m}$ . Käytettäessä normaaleja kompressoriöljyjä öljynerotussuodattimen jälkeen ilmassa oleva maksimijäännösmäärä on alle  $0,01\mu\text{m}/\text{m}^3$  lämpötilan ollessa  $21\text{ }^\circ\text{C}$  ja paine 7 bar. (Teclemit Oy 6/2006, 6).

Alla kuviossa 19 on esitetty mikrosuodattimen toimintaperiaate.



Kuvio 19. Öljynerotus- eli mikrosuodattimen toimintaperiaate (Teclemit Oy. 6/2006, 6.)

## 5 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli laatia suunnitelma tuotantotilojen laajentamista varten. Oppimista tapahtui lainsäädäntöä selvitettäessä sekä teollisuusmaalaamoissa tehtyjen vierailuiden ansiosta.

Teollisuusmaalaamon suunnittelussa haastavaksi asiaksi nousi nimenomaan teollisuusmaalaamoita koskevan kirjallisen tiedon puute. Suurin osa kirjallisesta tiedosta koski automaalaamoita, joten tämän työn aineistona jouduttiin käyttämään muiden vastaavien teollisuusmaalaamoiden omistajien hyväksi havaittuja kokemuksia. Opinnäytetyössä tutkittiin teollisuusmaalaamoja koskevia direktiivejä ja ATEX-tiloja koskevia määräyksiä. Näistä saatiin kerättyä melko kattava tietopaketti tulevaisuutta varten. Tuotantotilojen layout pohjapiirustuksessa mietittiin tulevassa maalaamotilassa tarvittavaa ilmanvaihtoa ja paineilmaverkostoa sekä niiden sijoittelua. Lisäksi mietittiin materiaalin kulkua tuotantotiloissa, tästä saatiin kehitettyä toimiva malli varsinaisen suunnittelutyön avuksi.

Layoutsuunnittelu tapahtui SolidWorks-ohjelman avulla, ohjelmalla mallinnettiin olemassa oleva tuotantotila ja siihen mahdollisesti rakennettava laajennusosa. Tämä olikin melko mielenkiintoinen vaihe, siihen kului aikaa, mutta mielestäni onnistuin siinä hyvin. 3D-ohjelman ansiosta oli mahdollista ottaa asiaa valaisevia kolmiulotteisia näkymiä ja samalla syntyi myös pohjapiirustus tuotantotiloista.

Toisessa osassa laajennusta oleva korjaamo/kokoonpanotilan osalta sain mietittyä toimivan ratkaisun. Tähän tilaan sijoitettiin huoltokuilu. Huoltokuilua koskevia asetuksia tutkiessani törmäsin yllättäen asetukseen, joka luokittelee huoltokuilun ATEX-tilaksi 0,5 m ylittävältä osalta, tämä asia onkin hyvä pitää mielessä.

Tässä opinnäytetyössä en ole yksilöinyt mitään tarvittavaa laitteistoa, koska niiden valinnassa tarjonta ja hintahaitari on niin laaja, että lopullinen päätös laitteiston valinnasta jää yrittäjän itsensä mietittäväksi.

Työlle asetetut tavoitteet täyttyivät, joten opinnäytetyö oli mielestäni onnistunut. Opinnäytetyötä varten tehdyn selvityksen pohjalta on hyvä lähteä toteuttamaan tuotantotilojen laajennusta.

## LÄHTEET

- Filterpak Oy. 3/2013. Maalaamon suodatinmateriaalit. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 14.1.2017]. Saatavana: [http://www.filterpak.fi/images/tuotetiedot/maalaamonsuodatin/Wiltec\\_Variloukku\\_75\\_mm\\_2013\\_03.pdf](http://www.filterpak.fi/images/tuotetiedot/maalaamonsuodatin/Wiltec_Variloukku_75_mm_2013_03.pdf)
- Finnparttia Oy Sähkötukku. Räjähdyksivaarallisten tilojen ATEX valaisimet. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 13.11.2016]. Saatavana: <http://www.finnparttia.fi/Valaisimet/T8-loisteputkivalaisimet/Raejaehdysvaart-ATEX>
- Garco Inc. Air Piping Layout. 2011. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 14.1.2017]. Saatavana: <http://www.sharpe1.com/sharpe/sharpe.nsf/Page/Air+Piping+Layout>
- Halonen, T. 2005. Automaalaus. 2. painos. Halikko: T. Halonen.
- Ihalainen, E., Aaltonen, K., Aromäki, M. & Sihvonen, P. 1985. Valmistustekniikka. 5. painos. Helsinki: Otatieto Oy
- Jokinen, I, 2010. Opetushallitus. Metallimaalausmenetelmän valinta. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 5.11.2016]. Saatavana: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/metallituotemaalaus/osa1.pdf>
- Kaeser kompressorit Oy. Ei päiväystä. Ruuvikompressorit SX-sarja. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 14.1.2017]. Saatavana: <http://fi.kaeser.com/Images/P-651-0-FI-tcm18-6759.pdf>
- Knuuttila, H., Lammi, P., Nurmi, M., Muhonen, H., Ritamäki, I. 2005. Autoalan työturvallisuusopas. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 11.12.2016]. Saatavana: <http://www.autotieto.net/Ty%C3%B6turvallisuus/Autoalan%20tyoturvat.pdf.pdf>
- Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY.
- Malux Finland Oy. LED-valistus räjähdysvaarallisissa ATEX-ympäristöissä. [WWW-dokumentti]. [viitattu 5.11.2016]. Saatavana: [http://hub.malux.fi/lataa/led\\_valaistus\\_atex\\_ymparistoissa?\\_hssc=98748225.131513.1478350240963&\\_hstc=98748225.ca4a983e468bef91823bbb519adbfbdb.1475245710079.1475245710079.1478350240963.2&\\_hsfp=190444474&hsCtaTracking=ead0d366-84f7-405d-9018-7c493b2e1c9c%7Cd7a32753-7860-4314-8698-2884d198ec29](http://hub.malux.fi/lataa/led_valaistus_atex_ymparistoissa?_hssc=98748225.131513.1478350240963&_hstc=98748225.ca4a983e468bef91823bbb519adbfbdb.1475245710079.1475245710079.1478350240963.2&_hsfp=190444474&hsCtaTracking=ead0d366-84f7-405d-9018-7c493b2e1c9c%7Cd7a32753-7860-4314-8698-2884d198ec29)

- Sarlin Oy Ab. Paineilmajärjestelmän suunnittelun perusteita. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 20.11.2016]. Saatavana: <http://www.sarlin.com/fi/Paineilma/Paineilma--tyokalupakki/Paineilmajarjestelman-suunnittelu,-perusteita>
- Sarlin Oy Ab. Paineilman laatustandardi ISO 8573-1:2010. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 19.11.2016]. Saatavana: [http://www.sarlin.com/sarlin\\_products/ISO-85731--paineilman-laatustandardi/yhahhte4/8d099e6f-50f6-47f1-a00a-0d7af6ed010f](http://www.sarlin.com/sarlin_products/ISO-85731--paineilman-laatustandardi/yhahhte4/8d099e6f-50f6-47f1-a00a-0d7af6ed010f)
- Teclemit Oy. 6/2006. Wilkerson paineilman huoltolaitteet. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 19.11.2016]. Saatavana: <http://www.painepiste.fi/pdf/1174637294-Wilkerson.pdf>
- Tukes. 2015. ATEX räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus. [WWW-dokumentti]. [viitattu 22.10.2016]. Saatavana: [http://www.tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset\\_aineet/esitteet\\_ja\\_opaat/ATEX\\_opas.pdf](http://www.tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ja_opaat/ATEX_opas.pdf)
- Tukes. 2016. Lisätietoa ATEX-laitedirektiivistä. [WWW-dokumentti]. [viitattu 22.10.2016]. Saatavana: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteet1/Sahkolaitteiden-vaatimukset/ATEX---Rajahdysvaarallisten-tilojen-laitteet/Lisatietoa-ATEX-direktiivista/>
- Välkkynen, J. Pintakilta. Päivitetty 10/2013. Korkeapaineruisku. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 19.11.2016]. Saatavana: <http://pintakilta.wikispaces.com/Korkeapaineruisku>

# LIITTEET

## Liite 1. Layoutpiirustus tuotantotilojen laajennuksesta

