

PURUN- JA  
PÖLYNPOISTOJÄRJESTELMÄN  
KEHITTÄMINEN  
AMMATTIOPPILAITOKSEEN

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Puutekniikan koulutusohjelma  
Puutuotetekniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2008  
Ismo Pentinlehto

Lahden ammattikorkeakoulu  
Puutekniikan koulutusohjelma

PENTINLEHTO, ISMO: Purun- ja pölynpoistojärjestelmän kehittäminen ammattioppilaitokseen

Puutuotetekniikan opinnäytetyö, 88 sivua, 7 liitesivua

Kevät 2008

ALKUSANAT

---

Opinnäytetyö on tehty Tampereella, Tampereen kaupungin hallinnoimalle Tampereen ammattiopiston Hervannan ammattioppilaitokselle, joka sijaitsee osoitteessa Hepolamminkatu 10 33720 Tampere

Opinnäytetyön ohjaavana opettajana toimi Lahden ammattikorkeakoulun Tekniikanlaitoksen yliopettaja Salmi Mikko ja yrityksen/työpaikan ohjaavana henkilönä toimi koulutuspäällikkö Virtanen Timo.

Kiitän kaikkia asianosaisia, jotka edesauttoivat päättötyön valmistumista.

Tampereella 24. maaliskuuta 2008

---

Ismo Pentinlehto

Lahden ammattikorkeakoulu  
Puutekniikan koulutusohjelma

PENTINLEHTO, ISMO: Purun- ja pölynpoistojärjestelmän kehittäminen ammattioppilaitokseen

Puutuotetekniikan opinnäytetyö, 88 sivua, 7 liitesivua

Kevät 2008

## TIIVISTELMÄ

---

Tampereen kaupungin hallinnoiman Tampereen ammattiopiston Hervannan ammattioppilaitoksen puuosaston koneistussalin ja kokoonpanosalin sekä metalliosaston valumallinvalmistuksen uuden purun- ja pölynpoistojärjestelmän hankkiminen on tullut ajankohtaiseksi. Opinnäytetyön tarkoituksena on ollut selvittää mitkä lait, asetukset ja ohjeet koskevat purun- ja pölynpoistojärjestelmän uusimista ammattioppilaitoksen puuosastolle.

Puuntyöstökoneilla puuta sahattaessa ja hiottaessa muodostuu pölyä, joka tulee poistaa ensisijaisesti tehokkailla kohdepoistoilla. Lisäksi työpistekohtaisella tuolilmalla voidaan alentaa lisää työskentelytilan puupölypitoisuutta

Purun- ja pölynpoistojärjestelmää suunniteltaessa pitää ottaa huomioon ATEX määräykset, työturvallisuuslaki, lastun- ja pölynpoistojärjestelmän standardi, Suomen rakentamismääräyskokoelman säädökset, Opetushallituksen ohjeet ja muut suunnitteluun liittyvät tekijät.

Lisäksi tavoitteena on, että Tampereen ammattiopisto Hervannan ammattioppilaitos voi opinnäytetyön pohjalta laatia tarjouspyynnön purun- ja pölynpoistojärjestelmien toimittajilta. Lisäksi on tarkoitus selvittää mitä kaikkea muuta pitää ottaa huomioon, kun purun- ja pölynpoistojärjestelmää uusitaan.

Vaikeutena on ollut koko projektin laajuuden arviointi sekä kaikkien tekijöiden huomioon ottaminen. Poistojärjestelmää on helpompi suunnitella teoriassa, mutta eriasia on miten sen toteuttaminen onnistuu käytännössä.

Avainsanat: puupöly, ATEX, purun- ja pölynpoisto

Lahti University of Applied Sciences  
Faculty of Technology

PENTINLEHTO, ISMO: Developing the chip and dust extraction system at the technical college

Bachelor`s Thesis of wood Technology, 88 pages, 7 appendices

Spring 2008

## ABSTRACT

---

The Tampere College of Hervanta Institute is planning the purchase of a new chip and dust extraction system for the machining hall and assembly hall of the wood department, and for the casting model manufacture of the metal department. The purpose of this thesis is to investigate which laws, statutes and guidelines related to chip and dust extraction systems must be taken into account while renewing the system at the technical college. Another objective of the thesis was that Tampere College of Hervanta Institute would be able to draw up requests for quotation from the chip and dust extraction system suppliers.

When wood is sawed and sanded it produces wood dust. The amount of wood dust in the air shall be decreased primarily by using efficient local extractors on the machine tools. The wood dust concentration can also be reduced by supplying forced air to the working area.

When designing the chip and dust extraction system all these should be taken into account: ATEX orders, the Work Safety Act, the standard of chip and dust extraction system, building regulations, instructions of the National Board of Education, and other planning related factors.

Estimating the scale of the whole project and taking all factors into account were the hardest parts. It was easier to plan the system in theory than to put it into practice realization itself.

Key words: wood dust, ATEX, chip and dust extraction

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TYÖTURVALLISUUS	4
2.1	Työturvallisuuslaki Nro 738/2002	4
2.2	Työnantajan yleinen huolehtimisvelvoite	4
2.3	Työn vaarojen selvittäminen ja arviointi	5
2.4	Työympäristön suunnittelu ja työpaikan ilmanvaihto	5
2.5	Työpaikan rakenteellinen ja toiminnallinen turvallisuus sekä terveellisyys	6
2.6	Koneiden, työvälineiden ja muiden laitteiden asentaminen sekä käyttö	6
2.7	Käyttöönottotarkastus	7
2.8	Hälytys- ja paloturvallisuus sekä suunnittelijan velvollisuudet	7
2.9	ATEX, Valtioneuvoston asetus 576/2003 Räjähdyskelpoisten ilmaseosten työntekijöille aiheuttaman vaaran torjunnasta	8
2.9.1	Soveltamisala	8
2.9.2	Määritelmät	8
2.9.3	Työnantajan velvollisuudet	9
2.9.4	Laitteiden suojausjärjestelmien valintaperusteet	12
2.9.5	Puupölyjen aiheuttama palo- ja räjähdysvaara ja sen torjuminen mekaanisessa puunjalostusteollisuudessa	12
2.9.5.1	Yleistä	12
2.9.5.2	Räjähdyskykyinen pölyilmaseos	12
2.9.5.3	Räjähdyskelpoisten pölyilmaseosten esiintymispaikat	13
2.9.5.4	Toimenpiteet, joilla estetään räjähdysvaarallisten pölyilmaseosten esiintyminen	15
2.9.5.5	Pölyilmaseoksen sytyttimet	16
2.9.5.6	Räjähdpaineen kevennysmenetelmät ja palo-osastoinnit	18
2.9.5.8	Sprinklerijärjestelmät	21
2.9.5.9	Henkilösuojaukseen liittyvät toimenpiteet	23
2.3	Opetushallituksen ohjeet purunpoistolaitteistoista	23
2.3.1	Ilmanvaihtolaitteet	23
2.3.2	Purunpoistolaitteet	24

2.4	Puupöly	25
2.4	Puupölyn terveystaitat	26
2.4.3	Puupölyn sallittu enimmäispitoisuus	29
2.4.3	Puupölyn torjunnalla saavutettavia hyötyjä	29
3	KIINTEÄSTI ASENETTUN LASTUN- JA PÖLYN EROTTELUJÄRJESTELMÄN STANDARDI SFS-EN 12779	30
3.1	Soveltamisala	30
3.2	Turvallisuusvaatimukset tai toimenpiteet	31
3.2.1	Ohjausjärjestelmien turvallisuus ja luotettavuus	31
3.2.2	Järjestelmän käynnistäminen	32
3.2.3	Normaali pysäytys	32
3.2.4	Hätäpysäytys	32
3.2.5	Energiansyötön häiriöt	33
3.2.6	Tukirakennelmien vakavuus ja käytönaikaisen rikkoutumisen riski	33
3.2.7	Liikkuvien osien koskettamisen estäminen	33
3.2.8	Suojautuminen muilta kuin mekaanisilta vaaroilta	34
3.2.8.1	Tulipalo ja räjähdys	34
3.2.8.2	Erottimen, puhaltimen ja siilon tai kontin sijoittaminen	34
3.2.8.3	Puujätteen kertyminen kanaviin ja erottimiin	34
3.2.8.4	Syttymislähteet	35
3.2.8.5	Tulipalon ja räjähdysten aiheuttamien vahinkojen rajoittaminen	36
3.2.9	Melu	37
3.2.9.1	Melupäästön mittaaminen	37
3.2.10	Asennusvirheet ja energiasyötöstä erottaminen sekä kunnossapito	37
3.3	Poistojärjestelmän suunnittelu	38
3.4	Käyttöä koskevat tiedot	39
3.4.1	Varoitukset	39
3.4.2	Merkinnät	39
3.4.3	Käyttöohjeet	40
3.4.3.1	Suorituskyvyn dokumentointi	40
3.4.3.2	Räjähdysuojaus ja turvajärjestelmät	40
3.4.3.3	Käyttöä koskevat tiedot	41

3.4.3.4	Kunnossapito	41
3.4.3.5	Melupäästöilmoitus	41
4	D2 SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA. RAKENNUSTEN SISÄILMASTO JA ILMANVAIHTO.	42
4.1	Ilmanvaihto	42
4.1.1	Ilmanvaihtojärjestelmät	42
4.1.2	Ilmavirrat	43
4.1.3	Tuloilman suodatus ja ilmanlaatu	43
4.1.4	Ulko- ja jäteilmalaitteiden sijoittaminen	43
4.1.5	Ilman jako ja poisto	44
4.1.6	Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus ja huollettavuus	46
4.2	Ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokkuus	47
4.3	Ilmanvaihtojärjestelmän toimintakunnon varmistaminen ja käyttöönotto	48
4.4	Ilmavirtojen, ilman liikkeiden ja äänitason ohjearvoja	48
5	HERVANNAN AMMATTIOPPILAITOKSEN PÖLYN- JA PURUNPOISTON KEHITTÄMINEN	49
5.1	Työn vaarat	49
5.2	Käytettävät puumateriaalit ja puupohjaiset materiaalit	49
5.1	ATEX ja räjähdysuojausasiakirja	50
5.1.1	Jäännösriski ja mahdollisen räjähdysen seuraukset	51
5.2	Vanha purun- ja pölynpoistojärjestelmä	52
5.3	Uudet purun- ja pölynpoistojärjestelmät	60
5.4	Uuden pölynpoistojärjestelmän koko	63
5.5	Hankittavan uuden purun- ja pölynpoistojärjestelmän ominaisuudet	70
5.6	LVI – suunnittelussa huomioitavat seikat	72
5.7	Hiontapöydät	74
6	PURUN- JA PÖLYNPOSTOJÄRJESTELMÄN UUSIMISEN URAKKARAJAT, URAKKA-AIKATAULU JA KUSTANNUKSET	75
6.1	Puru- ja pölynpoistojärjestelmä sisältää:	75
6.2	LVI-urakointi sisältää:	75
6.3	Automaatiourakka sisältää:	76
6.4	Sähköurakka sisältää:	76

6.5	Rakennusurakka sisältää:	77
6.6	Urakka-aikataulu	77
6.7	Kustannukset	78
7	YHTEENVETO	78
	LÄHTEET	83
	LIITTEET	88



## 1 JOHDANTO

Suomessa arvioidaan altistuvan puupölylle noin 65.000 työntekijää eli noin 2,8 prosenttia työllisistä, joista noin 10.000 työntekijää työskentelee huonekaluteollisuudessa, sahoilla ja rakennuspuusepäntehtailta kummassakin noin 9000 työntekijää ja levyteollisuudessa noin 7000 työntekijää. Lisäksi ryhmään kuuluvat rakennuksilla työskentelevät, massa- ja paperiteollisuudessa työskentelevät sekä metalliteollisuudessa työskentelevät, esimerkiksi muottien tekijät ja koulutuksessa puutöiden opettajat. (Työterveyslaitos. 2005. Terveyshaitat.) Lisäksi on huomioitava erikseen ammattialojen opiskelijat.

Tutkimukset osoittavat, että nykyisetkin altistumistasot aiheuttavat puutyöntekijöille merkittäviä oireita ja terveyshaittoja. Puupöly aiheuttaa merkittävässä määrin silmien ärsytys vaikutuksia. Nenässä voi tuntua ärsytystä ja tukkoisuuden tunnetta sekä muissa hengitysteissä, keuhkon ja nenän toiminnan muutoksia ja hengenahdistusoireita. (Husgaflev 2003.)

Ammattiasmaa on todettu puuntyöstökoneiden käyttäjillä 33 tapausta 100.000 altistunutta työntekijää kohti, kun keskimäärin on todettu 17 tapausta. Työterveyslaitoksen tekemissä kenttätutkimuksissa havaittiin puupölyaltistuneilla pitkittynyttä nuhaa ja yskää sekä nenän toiminnan muutoksia. Kotimaisten puulajien työstöpölyt aiheuttavat hengitysoireita jo pienilläkin altistumistasoilla eli yksi milligramma kuutiometrissä ilmaa. Myös monissa kansainvälisissä tutkimuksissa on todettu hengitysteiden tulehdus- ja hengenahdistusoireita suhteellisen alhaisilla työilman puupölypitoisuuksilla eli yhdestä kahteen milligrammaa kuutiometrissä ilmaa. (Husgaflev 2003.)

Puupölyaltistuksen terveyshaitat liittyvät hiukkasten ja pölyn mukana kulkeutuvien tai puun työstössä haihtuvien kemiallisten aineiden yhteisvaikutuksiin. Vaikutukset riippuvat pölyn hiukkaskokojakautumasta ilmassa, kemiallisesta koostumuksesta ja biologisesta aktiivisuudesta. (Welling 2003.)

Kansainvälisen syöväntutkimuslaitoksen (IARC 1995) mukaan puupölyn syöpävaarallisuudesta ihmiselle on riittävä näyttö, joten kokonaisarviona on, että puupölyt luokitellaan ryhmään yksi eli syöpävaarallinen ihmisessä. IARC ei erittele eri puulajeja. (Työterveyslaitos. 2005. Syöväät.)

MDF- ja HDF-levyjen käytön lisääntyminen on merkinnyt pölyongelmien lisääntymistä puuteollisuudessa. Esimerkiksi jyrinnässä MDF-levyn työstö synnyttää moninkertaisen määrän ilmaan leijailemaan jäävää pölyä massiivipuun työstöön verrattuna. (Welling 2003). Myös lämpökäsitellyn puun käyttö on lisääntynyt ja sitä työstettäessä on tullut esille pölyn ärsyttävyys. Lämpökäsittely haurastuttaa puuta ja lisää hienojakoisen pölyn määrää. Hienojakoinen, kevyt pöly jää leijailemaan työtilaan ja siten lisää puupölyn altistumista. (Työterveyslaitos. 2006. Puupöly.)

Pölyräjähdysvaara on olemassa kaikissa tuotantolaitoksissa, joissa syntyy tai käsitellään palavaa pölyä. Valtioneuvoston asetus 576/2003 räjähdyskelpoisten ilmaseosten työntekijöille aiheuttaman vaaran torjunnasta on tullut voimaan jo 30.6.2006. Asetuksen mukaan pölyräjähdysvaaralliset tilat tulee luokitella ja laatia räjähdys-suojausasiakirja sekä tehdä tarvittavat toimenpiteet. (Virta 2002, 2.) Suomessa tapahtui ajalla 1980 – 2001 yhteensä kuusikymmentäkahdeksan pölyräjähdystä. Suurin osa pölyräjähdyksistä keskittyi puutavaran ja puutuotteiden valmistukseen eli niitä oli yhteensä kaksikymmentäseitsemän pölyräjähdystä, joista puutavaran ja puutuotteiden osuus oli kuusitoista pölyräjähdystä, puun sahauksessa sekä höyläyksessä ja kyllästyksessä yksi pölyräjähdys, vanerin ja muiden puulevyjen valmistuksessa yhdeksän pölyräjähdystä, rakennuspuusepäntuotteiden valmistuksessa yksi pölyräjähdys ja huonekalujen valmistuksessa kaksi pölyräjähdystä. (Virta 2002, 22,24.)

Läheltä piti -tilanteista on otettu puolentoista vuoden otos ajalta 1.1.2000 – 30.6.2001. Tällä ajanjaksolla oli yhteensä 114 tilannetta, joissa pölyräjähdysvaara oli olemassa. Puuteollisuuden osuus läheltä piti -tilanteista oli yhteensä 72 tilannetta. (Virta 2002, 31-33.)

Puuteollisuudessa puuta työstettäessä, esimerkiksi sahauksessa ja hionnassa syntyy huomattavia määriä pölyä, jota poistetaan työtiloista purun- ja pölynpoistolaitteistojen avulla. Lisäksi puuta käsitellään paljon kuivana, jolloin syntyvän pölyn kosteuspitoisuus on alhainen, mikä lisää myös syttymisherkkyyttä. Puuteollisuus on myös toimiala, jossa primääriräjähdyksestä seuraa monesti sekundääriräjähdyksiä tai -räjähdyksiä. Tämä johtuu erityisesti puuteollisuudessa käytetyistä pölynpoistoputkistoista, jotka mahdollistavat räjähdysten tai palon etenemisen muihinkin tiloihin, joissa voi tapahtua uusi räjähdys. (Virta 2002, 24-25.)

Tampereen kaupungin hallinnoiman Tampereen ammattiopiston Hervannan ammattioppilaitoksen puuosaston koneistussalin ja kokoonpanosalin sekä metalliosaston valumallinvalmistuksen nykyinen purun- ja pölynpoistojärjestelmä on ollut käytössä yli 20 vuotta. Poistojärjestelmä ei täytä nykypäivän vaatimuksia turvallisesta purun- ja pölynpoistojärjestelmistä.

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää mitkä lait, asetukset ja ohjeet koskevat purun- ja pölynpoistojärjestelmän uusimista Hervannan ammattioppilaitoksen puuntyöstöosastoille. Opinnäytetyön haasteena on työstökoneiden käytön eriaikaisuus ja miten se voidaan ottaa huomioon purun- ja pölynpoistojärjestelmää suunniteltaessa, eli miten järjestelmään saadaan joustavuutta sekä energiatehokkuutta. Lähtötilanne on erilainen verrattuna teollisuuteen, jossa työstökoneiden käyttöaste pyritään pitämään korkealla. Työsaleja, eli työstökoneita ja työympäristöä verrataan suoraan teollisuuden vastaaviin, joten niitä koskettavat samat lait ja asetukset. Näiden lisäksi pitää ottaa huomioon Valtioneuvoston asetus nuorille työntekijöille erityisen haitallisista ja vaarallisista töistä eli VNa 475/2006.

Lisäksi tavoitteena on, että Tampereen ammattiopiston Hervannan ammattioppilaitos voi opinnäytetyön pohjalta laatia tarjouspyynnön purun- ja pölynpoistojärjestelmien toimittajille. Tarkoituksena on myös selvittää mitä kaikkea muuta pitää ottaa huomioon, kun purun- ja pölynpoistojärjestelmää uusitaan.

## 2 TYÖTURVALLISUUS

### 2.1 Työturvallisuuslaki Nro 738/2002

Työturvallisuuslain (738/2002) tarkoituksena on parantaa työntekijöiden työolosuhteita sekä ylläpitää työkykyä eli ennaltaehkäistä fyysisiä ja henkisiä terveyshaittoja, ammattitautteja ja torjua työtapaturmia. (Työturvallisuuslaki 738/2002, 1§).

Lakia sovelletaan työsopimuksella sekä virkasuhteessa tai siihen verrattavissa julkisoikeudellisissa palvelussuhteissa tehtäviin töihin (Työturvallisuuslaki 738/2002, 2§), sekä lakia sovelletaan myös oppilaan ja opiskelijan työhön koulutuksen yhteydessä (Työturvallisuuslaki 738/2002, 4§).

### 2.2 Työnantajan yleinen huolehtimisvelvoite

Työnantaja on velvollinen huolehtimaan tarpeellisilla toimenpiteillä työntekijöiden sekä opiskelijoiden turvallisuudesta ja terveydestä. Työnantajan tulee seurata jatkuvasti työympäristöä ja työtapojen turvallisuutta. Työnantajan on suunniteltava, valittava ja mitoitettava tarvittavat toimenpiteet työolosuhteiden parantamiseksi uusien lakien, säännösten ja tietämyksen edellyttämälle tasolle, sekä toteutettavana ne. Ottaen huomioon seuraavat seikat sekä periaatteet.

- *haitta- ja vaaratekijät poistetaan ja niiden syntyminen estetään tai jos se ei ole mahdollista niin pyritään pienentämään riskejä erilaisilla toimenpiteillä.*
- *yleisesti vaikuttavat työsuojelutoimenpiteet tehdään aina ensiksi ennen yksilöllisiä työsuojelutoimenpiteitä. Tekniikan ja muiden keinojen kehittyminen on otettava aina huomioon työturvallisuutta toteutettaessa.*

Lisäksi tulee työnantajan seurata tehtyjen toimenpiteiden vaikutusta työn turvallisuuden ja terveellisyyteen. (Työturvallisuuslaki 738/2002, 8§.)

### 2.3 Työn vaarojen selvittäminen ja arviointi

Työnantajan on riittävän järjestelmällisesti selvitettävä ja tunnistettava työstä ja työympäristöstä aiheutuvat haitta- ja vaaratekijät. Jos vaara- ja haittatekijöitä ei voida poistaa pitää niiden aiheuttama riski arvioida erikseen ottaen huomioon:

- *tapaturman ja muu terveyden menettämisen vaara kiinnittäen huomiota erityisesti kyseisessä työssä tai työpaikassa esiintyviin vaaroihin ja haittoihin.*
- *esiintyneet tapaturmat, ammattitaudit ja työperäiset sairaudet sekä vaaratilanteet. Työntekijöiden/ opiskelijoiden ikä, sukupuoli, ammattitaito ja muut henkilökohtaiset edellytykset*
- *töiden erilaiset kuormitustekijät sekä mahdollinen lisääntymisterveydelle aiheutuva vaara.*

Työnantajan selvitys ja arviointi pitää tarkistaa olosuhteiden olennaisesti muuttuessa ja se on pidettävä aina muutenkin ajan tasalla. (Työturvallisuuslaki 738/2002, 10§.)

### 2.4 Työympäristön suunnittelu ja työpaikan ilmanvaihto

Työympäristön työtilojen, työssä käytettävien koneiden ja muiden laitteiden käyttöä suunnitellessaan työnantajan on huolehdittava siitä, että suunnittelussa otetaan huomioon niiden vaikutukset työntekijöiden terveyteen ja turvallisuuteen. Jos ulkopuolinen suunnittelija tekee suunnitelman työnantajalle pitää työnantajan antaa suunnittelijalle riittävät tiedot työpaikasta. (Työturvallisuuslaki 738/2002, 12§.)

Työpaikan ilmanvaihdon pitää olla riittävän tehokas ja tarkoituksenmukainen, lisäksi työpaikalla täytyy olla riittävästi kellosta hengitysilmaa (Työturvallisuuslaki 738/2002, 33§). Työpaikalla jossa esiintyy pölyä työntekijälle ja opiskelijalle

haitallisia - tai vaarallisia määriä, täytyy pöly kerätä ja poistaa työskentelytiloista tarkoituksenmukaisella ilmanvaihdolla (Työturvallisuuslaki 738/2002, 37§).

## 2.5 Työpaikan rakenteellinen ja toiminnallinen turvallisuus sekä terveellisyys

Työpaikan rakenteiden, materiaalien ja varusteiden sekä laitteiden tulee olla turvallisia ja terveellisiä työntekijöille ja opiskelijoille sekä niiden tulee olla käsiteltävissä, kunnostettavissa ja puhdistettavissa turvallisesti (Työturvallisuuslaki 738/2002, 32§).

Jos työntekijä/opiskelija altistuu turvallisuudelle tai terveydelle haittaa tai varaa aiheuttaville kemiallisille tekijöille, pitää niiden aiheuttamat vaarat pyrkiä poistamaan tai rajaamaan siten, ettei niistä aiheudu haittaa taikka vaaraa (Työturvallisuuslaki 738/2002, 38§). Samoin pitää menetellä jos työntekijä/opiskelija altistuu biologisille tekijöille (Työturvallisuuslaki 738/2002, 40§). Myös fyysisille vaaratekijöille, kuten esimerkiksi lämpöolosuhteille ja/tai melulle pitää niiden aiheuttama haitat tai vaarat rajata niin vähäisiksi, ettei näistä tekijöistä aiheudu haittaa taikka vaaraa (Työturvallisuuslaki 738/2002, 39§).

Sähkölaitteista, sähkön käytöstä ja staattisesta sähköstä johtuvien vaarojen tulee olla mahdollisimman vähäisiä (Työturvallisuuslaki 738/2002, 39§).

## 2.6 Koneiden, työvälineiden ja muiden laitteiden asentaminen sekä käyttö

Työssä saadaan käyttää vain sellaisia koneita, työvälineitä ja muita laitteita, jotka ovat niitä koskevien säännösten mukaisia sekä kyseiseen työhön ja työolosuhteisiin sopivia sekä tarkoituksenmukaisia. On myös huolehdittava niiden oikeasta asennuksesta, tarvittavista suojalaitteista ja merkinnöistä. Niiden käyttö ei saa aiheuttaa vaaraa tai haittaa työntekijöille/opiskelijoille. (Työturvallisuuslaki 738/2002, 41§.)

Pääsyä laitteiston, koneen tai työvälineen vaara-alueelle on rajoitettava niiden rakenteen, sijoituksen, suojusten tai turvalaitteiden avulla tai muulla sopivalla tavalla. Huolto-, säätö-, korjaus-, puhdistus-, häiriö- ja poikkeustilanteisiin on varauduttava niin, että ne eivät aiheuta vaaraa tai haittaa työntekijöiden ja opiskelijoiden turvallisuudelle tai terveydelle. (Työturvallisuuslaki 738/2002, 41§.)

## 2.7 Käyttöönottotarkastus

Kone, työväline tai muu laite, jonka asennus- tai käyttöolosuhteet vaikuttavat turvallisuuteen, on tarkistettava oikean asennuksen ja turvallisen toimintakunnon varmistamiseksi ennen ensimmäistä käyttöönottoa. Tarkastuksessa tulee erityisesti arvioida työvälineen turvallisuus sen käytön kannalta ja noudattaa tarkastamisesta annettuja säännöksiä, sekä ottaa huomioon asianmukaisella tavalla valmistajan ohjeet. Tarkastus on lisäksi suoritettava käyttöönoton jälkeen säännöllisin väliajoin (määräaikaistarkastus). (Työturvallisuuslaki 738/2002, 43§.)

Tarkastuksen suorittajan tulee olla tehtävään pätevä työnantajan palveluksessa oleva tai muu henkilö. Vaarallisen koneen, työvälineen tai muun laitteen tarkastuksen saa suorittaa vain asiantuntijayhteisö tai riippumaton asiantuntija. (Työturvallisuuslaki 738/2002, 43§.)

Käyttöönoton tarkastajan velvollisuutena on suorittaa tarkastus asianmukaisesti. Tarkastajan tulee antaa havaituista työvälineen turvallisuuteen vaikuttavista vioista ja puutteellisuuksista, sekä tarvittaessa niiden korjaamisesta tai poistamisesta tarpeelliset ohjeet. (Työturvallisuuslaki 738/2002, 43§.)

## 2.8 Hälytys- ja paloturvallisuus sekä suunnittelijan velvollisuudet

Työpaikka on työolosuhteiden niin edellyttäessä varustettava tarpeellisilla hälytys- ja paloturvallisuuslaitteilla ja -välineillä (Työturvallisuuslaki 738/2002, 45§).

Suunnittelijan velvollisuutena on ottaa huomioon työturvallisuuslain säädökset soveltaen niitä käyttötarkoituksen kohteeseen (Työturvallisuuslaki 738/2002, 57§).

## 2.9 ATEX, Valtioneuvoston asetus 576/2003 Räjähdyskelpoisten ilmaseosten työntekijöille aiheuttaman vaaran torjunnasta

### 2.9.1 Soveltamisala

ATEX:a sovelletaan töissä, joissa saattaa esiintyä räjähdyskelpoisia ilmaseoksia ja jotka ovat työturvallisuuslain (738/2002) alaisia töitä. Lisäksi asetusta sovelletaan yleisen turvallisuuden ylläpitämiseksi vahinkojen estämiseksi, ellei siitä ole muualla erikseen säädetty. Työnantajalle asetetut velvollisuudet koskevat soveltuvin osin myös muita toiminnanharjoittajia. (VNa 576/2003, 2§.)

### 2.9.2 Määritelmät

Räjähdyskelpoinen ilmaseos on seos, jossa on normaalipaineista ilmaa ja toisena osana on kaasua, höyryä, sumua tai pölyä, jotka ovat palavia aineita ja joissa palaminen leviää syttymisen jälkeen palamattomaan seokseen (VNa 576/2003, 3§).

Räjähdysvaarallinen tila on tila, jossa voi esiintyä räjähdysvaarallista ilmaseosta niin runsaasti, että erityiset suojelutoimenpiteet ovat tarpeen työntekijöiden terveyden ja turvallisuuden suojelemiseksi (VNa 576/2003, 3§).

Palavalla aineella tarkoitetaan ainetta, joka voi muodostaa räjähdyskelpoisen ilmaseoksen, ellei aineen ominaisuuksien selvittäminen ole osoittanut, ettei se seoksena ilman kanssa voi syttymisen jälkeen itsenäisesti ylläpitää laajenevaa räjähdystä (VNa 576/2003, 3§).

Työväline on työssä käytettävä kone, väline tai muu laite sekä niiden asennettuja yhdistelmiä (VNa 576/2003, 3§).



### 2.9.3 Työnantajan velvollisuudet

Työnantajan on selvitettävä ja tunnistettava räjähdyskelpoisten ilmaseosten aiheuttamat vaarat ja arvioitava niiden merkitys eli räjähdyskelpoisten ilmaseosten syntyminen ja niiden esiintymisen todennäköisyys sekä kesto. Lisäksi pitää selvittää sähköstaattisten purkauksien ja muiden syttymislähteiden aiheuttamien syttymisten todennäköisyys. Näiden lisäksi pitää tarkastella laitteistoiden, käytettävien prosessien ja aineiden mahdollista yhteisvaikutusta, sekä ottaa muut ennalta arvatavien vaikutusten laajuus huomioon. Tarkasteluun pitää ottaa myös kaikki muut räjähdysvaaraan vaikuttavat tekijät, kuten ne tilat joista on tai voi olla avoin yhteys räjähdysvaarallisiin tiloihin. (VNa 576/2003, 5§.)

Työnantajan on tehtävä asianmukaiset teknilliset ja työjärjestely toimenpiteet räjähdysten estämiseksi ja suojautumiseksi, jotta räjähdyskelpoisten ilmaseosten muodostuminen estyisi tai jos toiminnan luonteen vuoksi se ei ole mahdollista pitää työt järjestellä tai tehdä siten, ettei syttymislähteitä esiinny. Lisäksi pitää ottaa huomioon räjähdysten vahingollinen vaikutus työntekijöiden terveydelle ja turvallisuudelle, jotta se vähenisi. Tarvittaessa näihin toimenpiteisiin on yhdistettävä ja täydennettävä räjähdysten leviämistä ehkäiseviä toimenpiteitä. Tehdyt toimenpiteet on tarkistettava säännöllisesti ja aina, kun merkittäviä muutoksia ilmenee teknillisissä ympäristössä tai työjärjestyksissä. (VNa 576/2003, 6§.)

Työnantajan pitää luokitella räjähdysvaaralliset tilat tilaluokkiin ilmaseosten esiintymistiheyden ja keston perusteella ja tarvittaessa merkittävä tilojen sisäänkäynnit, jos räjähdysvaarallisia tiloja on työpaikalla (VNa 576/2003, 7§).

Tilaluokkaan 20 luokitellaan ne tilat, joissa esiintyy ilman ja palavan pölyn muodostavaa räjähdyskelpoista ilmaseosta jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein. Näitä ovat esimerkiksi erottimen pölyllä kuormitettu osa, erottimen ja siilon välinen kuljetusjärjestelmä sekä siilo ja/tai kontti. Tilaluokkaan 21 luokitellaan ne tilat, joissa todennäköisesti esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti ilman ja palavan pölyn muodostavaa räjähdyskelpoista ilmaseosta. Näitä tiloja ovat esimerkiksi puuntyöstökoneet ja erottimen välinen kanavisto. Lisäksi tilaluokkaan 22 luokitel-

laan ne tilat, joissa räjähdyskelpoista ilmaseosta ei esiinny normaalitoiminnassa ollenkaan tai se kestää vain lyhyen ajan esiintyessään. Näitä tiloja ovat esimerkiksi poistojärjestelmän pölytön osa. (VNa 576/2003; Liite 1.)

Näiden lisäksi pitää ottaa huomioon palavien aineiden pölyjen kerrokset, kertymät ja kasaumat tai muut syyt, jotka voivat aiheuttaa räjähdyskelpoisen ilmaseoksen. Normaalitoiminnalla tarkoitetaan tilanteita, joissa laitteistoja käytetään niiden suunnitteluarvojen sallimissa rajoissa. (VNa 576/2003; Liite 1.)

Räjähdyssuojaustoimenpiteenä työnantajan on huolehdittava, että työpaikan ilmaan vapautuneet, tarkoituksellisesti vapautetut tai muutoin vapautuneet palavat kaasut, höyryt, sumut ja pölyt, jotka voivat aiheuttaa räjähdysvaarallisen seoksen on johdettava pois tai siirrettävä toiseen turvalliseen paikkaan siihen soveltuvalla järjestelmällä, jos se ei ole mahdollista, niin tehtävä ne muulla tavoin vaarattomiksi. (VNa 576/2003; Liite 2, 1.)

Kun räjähdyskelpoinen ilmaseos sisältää erilaisia palavia kaasuja, höyryjä, sumuja tai pölyjä, pitää tarvittavat suojaustoimenpiteet mitoittaa vaarallisimman aineen tai aineseoksen mukaan. Myös sähköstaattisen purkauksen mahdollisuus on otettava huomioon mahdollisena syttymislähteenä eli esimerkiksi työntekijöiden työvaateiden tulee olla sellaisia, etteivät ne aiheuta staattisia sähkön purkauksia työskennellessä räjähdysvaarallisissa tiloissa. Räjähdysvaarallisissa tiloissa olevien laitteiden virhekytkennät on estettävä tarpeellisilla toimenpiteillä. (VNa 576/2003; Liite 2, 1-2.)

Työnantajan on varmistettava, että työympäristö ja työntekijöiden käytettävissä olevat työvälineet sekä niihin liittyvät kytkentälaitteet on valittu, rakennettu, koottu, asennettu, huollettu ja käytetty siten, että räjähdysten vaara on mahdollisimman vähäinen. Jos räjähdys tapahtuu, on se saatava hallintaan mahdollisimman pian ja räjähdysten leviäminen on rajoitettava mahdollisimman pieneksi. (VNa 576/2003; Liite 2, 2.)

Työntekijöille räjähdys aiheuttamat fyysiset vaikutukset on rajoitettava mahdollisimman pieniksi. Työpaikalla jossa on räjähdysvaarallisia tiloja, täytyy kyseiset tilat tarkastuttaa ennen käyttöönottoa. Tarkastamisen voi suorittaa työnantajan palveluksessa oleva tai muu henkilö, joka on riittävän pätevä tai ammatillisen koulutuksen saanut räjähdysvaaroista ja niiden torjunnasta. (VNa 576/2003; Liite 2, 2.)

Työnantajan on laadittava räjähdysuojasiasiakirja edellä mainittujen selvitysten ja arvioinnin perusteella ja räjähdysuojasiasiakirja täytyy pitää ajan tasalla. Räjähdysuojasiasiakirjassa pitää olla kirjattuna, että räjähdysvaara on määritetty ja sen merkitys on arvioitu. Lisäksi pitää olla kirjattuna miten asiamukaiset toimenpiteet toteutetaan asetuksen tavoitteiden saavuttamiseksi. Työnantajan pitää myös jakaa tilat tilaluokkiin ja kirjata ne asiakirjaan, sekä miten työpaikka on suunniteltu, työvälineet valittu ja miten niitä käytetään ja huolletaan siten, että turvallisuus otetaan asiamukaisesti huomioon ja työvälineiden turvallisesta käytöstä huolehditaan, kuin niistä on erikseen säädetty. (VNa 576/2003, 8§.)

Räjähdysiasiakirja on laadittava ennen työn aloittamista räjähdysvaarallisissa tiloissa ja se on tarkistettava, jos työskentelytila, työvälineet tai työjärjestelyt muuttuvat olennaisesti. Räjähdysuojasiasiakirja voidaan liittää yhdeksi osaksi työpaikan turvallisuusasiakirjaa. (VNa 576/2003, 8§.) Asiakirja on pitänyt laatia 30. kesäkuuta 2006 mennessä. Asetus on tullut voimaan 1 päivänä syyskuuta 2003. (VNa 576/2003, 11§.)

Räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäviä työvälineitä, jotka on otettu käyttöön ennen asetuksen voimaantuloa, voidaan käyttää voimaantulon jälkeenkin, jos työnantaja on kirjallisessa riskienarvioinnissa tai räjähdysuojasiasiakirjassa todennut, että niitä voidaan käyttää turvallisesti räjähdyskelpoisessa ilmaseoksessa ja että ne täyttävät asetuksessa määritellyt laitteiden ja koneiden vaatimukset. (VNa 576/2003, 11§.)

#### 2.9.4 Laitteiden suojausjärjestelmien valintaperusteet

Räjähdyksvaarallisissa tiloissa pitää laitteet ja suojausjärjestelmät valita siten, että ne soveltuvat käytettäväksi tilaluokitelluissa tiloissa. Tilaluokassa 20 voidaan käyttää ensimmäisen luokan laitteita, tilaluokassa 21 voidaan käyttää luokkien yksi ja kaksi laitteita ja tilaluokassa 22 luokan yksi, kaksi ja kolme laitteita. (VNa 576/2003, Liite 2, 2.)

#### 2.9.5 Puupölyjen aiheuttama palo- ja räjähdysvaara ja sen torjuminen mekaanisessa puunjalostusteollisuudessa

##### 2.9.5.1 Yleistä

Puupölyjen räjähdykset ovat aiheuttaneet mekaanisessa puunjalostusteollisuudessa vakavia henkilövahinkoja ja suuria omaisuusvahinkoja. Tutkimusten mukaan pölyräjähdyksiä tapahtuu mekaanisessa puunjalostusteollisuudessa yleensä useammin kuin muilla toimialoilla. Varsinkin kalusteiden valmistuksessa, puulevyjen valmistuksessa ja puusepänteollisuuden tuotteiden valmistuksessa puupölyjen aiheuttama räjähdysriski on huomattava. (Laaksonen 2005, 1.)

Pölyjen aiheuttamaan räjähdysvaaran liittyen ATEX-säädökset antavat työnantajille velvoitteita, jotka liittyvät räjähdysvaaran ehkäisemiseen ja työntekijöiden suojeleluun. Näitä ovat mm. pölyräjähdysvaaran olemassaolon selvittäminen, pölyräjähdysten estäminen, pölyräjähdysvaaralliseen tilaan soveltuvien laitteiden valinta, työntekijöiden perehdyttäminen ja räjähdysuojasiasiakirjan laatiminen. (Laaksonen 2005, 1.)

##### 2.9.5.2 Räjähdyskykyinen pölyilmaseos

Puupöly voi muodostaa räjähdyskelpoisen pölyilmaseoksen vain, jos puupölyn hiukkaskoko on räjähdysten kannalta riittävän pientä eli alle puoli millimetriä ja puupöly muodostaa ilmaan sekoittuneen pölyilmaseoksen, jonka pölypitoisuus on

räjähdyksrajojen välissä, eli yli 20 grammaa kuutiometrissä ja alle muutamia kilogrammoja kuutiometrissä. Pölyilmaseos aiheuttaa räjähdysvaaran, vaikka siihen olisi sekoittunut karkeaakin puuainesta, jos hienojakoisen puupölyn pitoisuus on yli alemman räjähdysrajan tai rikkaankin pölypilven reuna-alueilla pölypilven pitoisuus on kuitenkin räjähdysrajoiden välissä ja räjähdys voi tapahtua sopivan sytytyslähteen ilmetessä. Vaikka pölyilmaseos onkin räjähdyskelpoista, räjähdys tapahtuu vasta, kun riittävän energian omaava sytytyslähde on kosketuksissa pölyilmaseokseen. (Laaksonen 2005, 2-3.)

Lisäksi puupölyräjähdysten edellytyksenä on, että pölyilmaseoksen happipitoisuus on normaali. Ilman happipitoisuuden tulee alentua huomattavasti normaalista, ennen kuin räjähdysvaara vältetään. Tilanteita, joissa happipitoisuuden alentuminen poistaisi räjähdysvaaran, ei mekaanisessa puunjalostusteollisuudessa ole. (Laaksonen 2005, 3.)

Jos ilmassa olevan pölyn kosteuspitoisuus ylittää 50 prosenttia, niin silloin ei ole pölyräjähdysmahdollisuutta. Eri puulajien puupölyillä räjähdyskykyinen pölyilmaseos muodostuu samojen periaatteiden mukaisesti, vaikka pölyjen räjähdysominaisuudet poikkeavat toisistaan. (Laaksonen 2005, 3.)

Pölyräjähdysvaaraa aiheuttavat ne työstömenetelmät, joissa syntyvän sivutuotteen hiukkaskoko on alle puoli millimetriä (Laaksonen 2005, 3). Pölyä syntyy yleensä hionnassa, sahauksessa ja jyrinnässä. Sahauksessa ja jyrinnässä raaka-aineen laatu vaikuttaa syntyvän sivutuotteen hiukkaskokoon. Esimerkiksi MDF-levyn sahaus tai jyrintä aiheuttaa aina hienojakoista pölyä, mutta lastulevyn jyrinnässä voi syntyä karkeaakin sivutuotetta. (Laaksonen 2005, 5.)

#### 2.9.5.3 Räjähdyskelpoisten pölyilmaseosten esiintymispaikat

Paikat, tilat ja tilanteet, joissa räjähdyskelpoisia pölyilmaseoksia esiintyy tai voi esiintyä, tulee tunnistaa. Mekaanisessa puunjalostusteollisuudessa näitä paikkoja, tiloja ja tilanteita ovat tyypillisesti pölymäistä sivutuotetta tuottavat työstökoneet,

pneumaattiset sivutuotteiden siirtojärjestelmät (pölyputkistot), sivutuotteiden kuljettimet (pudotuskohdat), suodattimet, siilot ja pölykerrokset. (Laaksonen 2005, 6.)

Pneumaattinen pölynpoisto mahdollistaa räjähdyskelpoisten pölyilmaseosten syntymisen niissä pölynpoistoputkistoissa, jotka on liitetty pölyä synnyttäviin koneisiin. Usein pölynpoistoputkistossa ilmamäärät syntyvään pölymäärään nähden ovat niin suuret, että räjähdyskelpoisia pölyilmaseoksia esiintyy normaalitoiminnassa vain epätodennäköisesti ja tällöin niiden esiintyminen kestää vain lyhyen ajan. (Laaksonen 2005, 6.)

Suurten sivutuotemäärien siirtoon voidaan käyttää niin sanottua korkeapaineista siirtoputkistoa, jossa paine on puolesta barista yhteen bariin ylipainetta ja ilman nopeus on 25 – 30 metriä sekunnissa (m/s). Korkeapaineisessa siirtoputkistossa sivutuotteiden määrä on usein niin suuri, että jo putkistossa on räjähdyskelpoinen pölyilmaseos koko ajan. (Laaksonen 2005, 6.)

Pölynpoistojärjestelmän käynnistäminen ja pysäyttäminen voivat aiheuttaa tilanteen, jossa pölyputkiston osaan muodostuu hetkellinen räjähdyskykyinen pölyilmaseos. Suodattimesta siiloon johtavassa pölyn siirtoputkistossa voi olla usein räjähdyskelpoinen pölyilmaseos, varsinkin suodatinletkujen puhdistuksen yhteydessä irtoava pölykakku aiheuttaa suuren pölymäärän siirtoputkistoon. (Laaksonen 2005, 6.)

Mikäli pölynpoistoputkistossa ilman nopeus on alhainen tai pölyputkisto on suunniteltu väärin, voi putkiston sisäpinnoille kerääntyä pölyä. Pölyputkistot, jotka on liitetty karkeaa sivutuotetta synnyttäviin työstökoneisiin, ovat räjähdysvaarattomia. (Laaksonen 2005, 7.)

Myös suodattimissa, jotka palvelevat karkeaa sivutuotetta synnyttäviä työstökoneita, voi suodatinletkujen pölykakun poiston aikana muodostua räjähdysvaarallisia pölyilmaseoksia. Vaara on kuitenkin huomattavasti pienempi näissä suodattimissa kuin niissä, jotka palvelevat pölyä synnyttäviä työstökoneita. (Laaksonen 2005, 7.)

Räjähdyksivaarallisia pölyilmaseoksia voi esiintyä myös siiloissa ja pölynvarastokatkoksissa. Usein ennen siiloa tai pölyn purkupaikkaa on syklonisuoatin, jolloin osa siirtoilmasta erotetaan pölyilmaseoksesta. Tällöin pölyn pitoisuus jäljelle jääneessä ilmassa kasvaa. Siilossa voi tämän takia olla jatkuvasti räjähdyskelpoinen pölyilmaseos. Pölyn varastokatoksissa räjähdyskelpoinen ilmaseos on yleensä vain purkuaukon kohdalla. (Laaksonen 2005, 7.)

Pölyräjähdysvaarallinen tila voi olla kolmiulotteinen alue tai tila, jossa räjähdyskelpoinen pölyilmaseos esiintyy. Pölyräjähdysvaarallinen tila ei siis välttämättä ole rakenteilla rajattu suljettu tila vaan se voi olla myös avoin osa suuremmasta tilasta. Räjähdyskelpoisen pölyilmaseoksen esiintyminen voi alueella tai tilassa olla jatkuvaa tai satunnaista. (Laaksonen 2005, 2.) Tilaluokka voi muuttua toiseksi ilman, että eri tilaluokan rajana olisi rakenne (Laaksonen 2005, 11).

#### 2.9.5.4 Toimenpiteet, joilla estetään räjähdysvaarallisten pölyilmaseosten esiintyminen

Räjähdysvaarallisten pölyilmaseosten esiintyminen tulee rajoittaa mahdollisimman vähäiseksi. Käytännössä toimenpiteet kohdistuvat lähinnä pölykerrosten syntymisen estämiseen ja vuotojen estämiseen, koska muissa tapauksissa esiintyvät räjähdysvaaralliset pölyilmaseokset ovat luonteenomaisia mekaaniselle puunjalostusteollisuudelle. Käytännössä puupölyjen siirrossa ja suodatuksessa syntyviä räjähdyskelpoisia pölyilmaseoksia ei voida estää. (Laaksonen 2005, 8-9.)

Toimenpiteet, kuten happipitoisuuden alentaminen ilmassa tai syntyvän pölyn ominaisuuksien tai pitoisuuksien muuttaminen, jotka muilla toimialoilla saattavat olla toteuttamiskelpoisia toimenpiteitä, eivät onnistu tehokkaasti mekaanisessa puunjalostusteollisuudessa. Sen vuoksi puupölyjen siirrossa ja suodatuksessa on räjähdyskelpoisten pölyilmaseosten syntyminen mahdollista ja torjuntatoimet tulee kohdistaa esimerkiksi sytytyslähteiden poistamiseen. (Laaksonen 2005, 8.)

Pölykerrostumien aiheuttama riski sen sijaan voidaan aina poistaa. Pölykerrostumat aiheuttavat vaaran kahdella tavalla. Pölykerrostuma voi estää laitteen jäähdy-

tystä, joka ylikuumetessaan aiheuttaa puupölyn syttymisen. Pölykerrostumasta voi syntyä räjähdysvaarallinen pölyilmaseos, joka räjähtää sopivan sytytyslähteen ilmetessä. (Laaksonen 2005, 8.)

Pölykerrosten syntymisen estämisessä tärkein asia on työstökoneiden tehokkaat kohdepoistot. Jos pölyä pääsee leviämään tuotantotiloihin, sen poistaminen on jo huomattavasti hankalampaa. Heikkoon pölynpoistoon voi olla syynä liian kauas sijoitettu tai väärin suunnattu kohdepoiston imuaukko. Myös uusien koneiden liittäminen pölynpoistojärjestelmään ilman riittävää suunnittelua voi aiheuttaa pölynpoiston paikallista heikkenemistä. (Laaksonen 2005, 8.)

Kun pölynpoistojärjestelmään on tehty tarvittavat muutokset, tulee tiloihin kertyneet pölykerrokset poistaa. Pölyjen siivouksessa ei saa syntyä pölyilmaseoksia. Imurointi on parhain tapa puhdistuksessa, tällöin itse imurilaitteistossa tulee kuitenkin ottaa huomioon pölyräjähdysvaara huomioon. (Laaksonen 2005, 9-10.)

Työstökoneiden poistojärjestelmiin voidaan liittää lisäletku, jota käytetään työstökoneen puhdistamiseen. Puuntyöstökoneiden ahtaat välit on usein hankalaa puhdistaa, mutta paineilmasuihku ja lisäletkun imu on suunnattava siten, että irtoava pöly saadaan siepattua pölynpoistojärjestelmään. Pölynpoistojärjestelmään liitettyä puhdistukseen käytettävää lisäletkua ei tule käyttää esimerkiksi lattiapintojen puhdistukseen, koska tällöin on vaarana kipinäintiä aiheuttavien pienten osien kuten mutterien, ruuvien, kivien jne. pääsy järjestelmään. (Laaksonen 2005, 10.)

#### 2.9.5.5 Pölyilmaseoksen sytyttimet

Räjähdysvaarallisia tiloja ei yleensä mekaanisessa puunjalostusteollisuudessa voida kokonaan välttää. Näissä tilanteissa toimenpiteet tulee kohdistaa siihen, että räjähdysvaarallisissa tiloissa ei synny ja sinne ei pääse sytyttämiä, jotka voivat aiheuttaa pölyilmaseoksen syttymisen ja räjähtämisen. (Laaksonen 2005, 14.)



Pölyilmaseoksen sytyttimenä voi toimia riittävän energian omaava hiukkanen tai ilmiö. Räjähdiskelpoinen pölyilmaseos syttyy jo pienestäkin energiasta. Mitä hienompaa puupöly on, sitä pienemmällä energialla se syttyy. Hienojakoisilla puupölyillä sopivissa olosuhteissa riittävä sytytysenergia on vain muutamia millijouleja (mJ). Esimerkiksi staattisesta sähköstä aiheutunut kipinä pystyy sytyttämään pölypilven. Staattinen sähkö onkin oleellinen riskitekijä, koska sivutuotetta siirrettäessä pneumaattisesti pölyputkistossa aiheutuu sivutuotteen hankautumisen seurauksena staattisia sähkövarauksia. (Laaksonen 2005, 14.)

Tyypillisiä sytytysläheteitä ovat myös mekaaniset kipinät joita syntyy esimerkiksi hiomakoneessa nauhan katketessa tai nauhan ajautuessa päin koneen metalliosia, sekä myös työstettävän kappaleen ja sivutuotteen kiilautuessa terän ja rungon väliin aiheuttaen puunmateriaalin voimakasta kuumentumista ja hehkumista. Muillakin puuntyöstökoneilla voi siis syntyä syttymiä. Hehkuvan puuaineksen elinikä on metallikipinää huomattavasti pitempi ja sen vuoksi hehkuva puuaines aiheuttaa helposti vaaratilanteen suodattimessa. (Laaksonen 2005, 14-15.)

Kokemuksen mukaan mekaanisista laitteista puhallin aiheuttaa huomattavan riskin, tosin vain silloin kun tapahtuu poikkeuksellinen tilanne. Vieraan esineen, kuten mutterin tai kiven osuminen puhaltimen siipiin tai siipien hankaaminen puhaltimen kuoreen vikaantumisen seurauksena aiheuttaa kipinäointiä. (Laaksonen 2005, 13.)

Lisäksi sytyttimenä voivat olla myös kuumat pinnat, jotka aiheutuvat laitteen vikaantumisesta, heikosta jäähtymisestä tai luonnollisesta kuumentumisesta. Mekaanisessa puunjalostusteollisuudessa vaaratilanteita ja syttymisiä ovat aiheuttaneet lähinnä puhaltimen kuumentuminen, puhaltimien laakerit ja sähkömoottorit. Puhaltimen kuumentumista voi tapahtua, jos ilmavirran kulku puhaltimen läpi keskeytyy pitkäksi aikaa. Näin voi käydä esimerkiksi putkiston tukkeutuessa tai jos koneiden pölyputkistojen imuaukot suljetaan taukojen ajaksi. (Laaksonen 2005, 13.)

Myös puhaltimien laakereiden vikaantuminen aiheuttaa usein voimakkaan lämpötilan nousun. Sähkömoottorien kuumentuminen aiheutuu usein siitä, kun pölynpoistojärjestelmästä vuotaneet sivutuotteet ovat peittäneet ne. Mikäli pölykerros voi olla sähkölaitteen tai mekaanisen laitteen päällä pitkään, laitteiden pintalämpötila pitää kaikissa olosuhteissa pysyä alle sadan asteen. Puhaltimien ja sähkömoottorien kuumentumista aiheutuvaa vaaraa voidaan vähentää valvomalla automaattisesti niiden pintalämpötilaa. Jos lämpötila nousee asetettua arvoa suuremmaksi, valvontalaitteisto antaa paikallisen hälytyksen ja keskeyttää laitteen virransyötön. (Laaksonen 2005, 13.)

Sähkölaitteet pitää sijoittaa luokitellun tilan ulkopuolelle, jos se vain on mahdollista (Laaksonen 2005, 13). Pölyisissä tiloissa sähkölaitteiden ulkokuori on usein valittu IP 54-suojausluokan mukaiseksi. Sähkölaitteita ei saa käyttää pölyräjähdysvaarallisissa tiloissa, jos niissä ei ole merkintöjä laitteen soveltuvuudesta pölyräjähdysvaaralliseen tilaan tai jos laitteen valmistajan laatimassa dokumentissa ei käy ilmi laitteen soveltuvuus räjähdysvaaralliseen tilaan. (Laaksonen 2005, 14.)

Säteileviä laitteita saa käyttää pölyräjähdysvaarallisissa tiloissa vain, jos ne on tarkoitettu kyseessä olevaan tilaan ja tästä on valmistajan antama dokumentaatio. On otettava huomioon, että säteilevä laite tai sen tuottama säteily voi toimia sytytyslähteenä. Ei siis riitä, että säteilevä laite esimerkiksi sijoitetaan pölyräjähdysvaarallisen tilan ulkopuolelle, vaan lisäksi on otettava huomioon pölyräjähdysvaaralliseen tilaan kohdistuvasta säteilystä aiheutuva vaara. Myös ultraäänilaitteet voivat toimia sytytyslähteinä, joten niidenkin tulee olla pölyräjähdysvaarallisiin tiloihin soveltuvia. (Laaksonen 2005, 14.)

#### 2.9.5.6 Räjähdpaineen kevennysmenetelmät ja palo-osastoinnit

Räjähdpaineen kevennyslaitteet ovat suljettuihin räjähdysvaarallisiin tiloihin asennettuja luokkuja, levyjä tms. keveitä rakenteita, jotka avautuvat tai rikkoutuvat pölyräjähdyksessä ja purkavat räjähdyspainetta. Räjähdpaineen kevennysmenetelmillä pyritään räjähdyspaine suuntaamaan vaarattomaan suuntaan siten,

että suojattavassa tilassa vauriot jäävät kohtuullisiksi. Räjähdyspaineen kevennys tulee aina suunnata vaarattomaan suuntaan. Räjähdyspainetta ei myöskään saa suunnata rakennusta kohti tai maahan. (Laaksonen 2005, 16,17.)

Toiminnanharjoittajan tulee huolehtia siitä, että räjähdyspaineen kevennysjärjestelmien ympärillä on riittävä turvaväli (vähintään 10 metriä ellei mahdollisuutta lyhyempään turvaväliin ole osoitettu) ja että räjähdysvaarallinen tila, esimerkiksi suodatin, on merkitty räjähdysvaarallista tilaa osoittavalla näkyvällä merkinnällä. (Laaksonen 2005, 17.)

Suodattimet ja siilot, joissa yleensä on suurin pölyräjähdysvaara, on usein sijoitettu rakennusten välittömään läheisyyteen. Tällöin niissä tapahtuva palo tai pölyräjähdys leviää nopeasti rakennukseen. Palon ja räjähdysten vaikutusten estämiseksi tulee ulkoseinän ja räystään estää palon leviämistä vähintään 30 minuuttia, jos suodatin tai siilo sijaitsee alle kahdeksan metrin etäisyydellä rakennuksesta. Palo-osastointi toteutetaan vähintään EI 30-rakennusosin. (Laaksonen 2005, 17.)

Palo-osastointi toteutetaan koko seinän korkeudella ja myös räystäsrakenteessa sekä sivusuunnassa neljän metrin etäisyydelle ulkoseinää pitkin mitattuna suodattimen tai siilon sivusta. Usein ulkoseinärakenne antaa jo riittävän suojan, mutta varsinkin ikkunoiden ja ovien osalta pitää palosuojausta tarkistaa ja tarvittaessa palo-osastointia on parannettava. (Laaksonen 2005, 17.)

Ikkuna-aukot voidaan sulkea levyrakenteella ja palamattomalla eristevillalla. Ovet on mahdollista vaihtaa palo-oviin (Laaksonen 2005, 17). Rakennuksen ulkoseinän palo-osastointia ei tarvita, mikäli suodatin tai siilo sijaitsee yli kahdeksan metrin etäisyydellä rakennuksesta. Tällöin tulee ottaa huomioon se, että suodattimien tai siilon sijaintipaikalla ei ole kulkuväyliä. (Laaksonen 2005, 18.)

Vesikaton räystäs on usein avoin ja sen sulkeminen esimerkiksi kaksinkertaisella palosuojalevyllä on erittäin tärkeää. Vesikaton räystään palo-osastoinnissa tulee ottaa huomioon ulkoverhouksen takana oleva tuuletusväli ja tuulensuoja. Räystään palo-osastointi on tehtävä siten, että liekki ei pääse tunkeutumaan suojauksen ohi.

Räystäään suojauksessa tulee ottaa huomioon, että vesikaton alapuolista tuuletusta ei estetä, jotta kosteusongelmat rakenteissa vältetään. (Laaksonen 2005, 17.)

Pölyputkistot voivat sisätiloissa kulkea eri palo-osastojen läpi. Tällöin palo-osastointien kohdalla tulisi olla palorajoittimet, jotka estävät palon leviämisen palo-osastosta toiseen pölyputkiston kautta. (Laaksonen 2005, 18.)

Palorajoittimet tulee olla myös suodattimeen johtavissa pölyputkistoissa siten, että suodattimessa tapahtuva palo ei pääse leviämään suodattimesta rakennukseen. Palorajoitin ei ehdi estämään räjähdyksestä syntyvän liekkirintaman etenemistä ja sen vuoksi varsinkin paluuilmanavien kautta voi tuotantotiloihin purkautua liekkejä, jos suodattimen muut räjähdysten vaikutuksia rajoittavat laitteet eivät ole toimineet hyvin. (Laaksonen 2005, 18.)

#### 2.9.5.7 Kipinän ilmaisu- ja sammutusjärjestelmät

Kipinän ilmaisu- ja sammutusjärjestelmät ovat osoittautuneet erittäin hyväksi turvallisuutta parantaviksi laitteiksi. Vaaraa aiheuttava kipinä havaitaan jo pölyputkistossa ja sammutetaan ennen kuin se pääsee suodattimeen tai siiloon, jossa on räjähdyskelpoinen pölyilmaseos. (Laaksonen 2005, 18.)

Sammutuksessa pölyputkiston sisälle muodostuu vesiverho, johon kipinä törmää ja sammuu. Pölyputkistoon suihkutetun veden määrä on yhdessä sammutuksessa reilut kymmenen litraa ja se ei haittaa pölynpoistojärjestelmän toimintaa, joten pölysuodatinjärjestelmä voi olla koko ajan normaalisti toiminnassa. (Laaksonen 2005, 18.)

Kipinän ilmaisun ja sammutuskohdan välin tulee olla kuudesta yhdeksään metriä, jotta riittävä vesiverho ehtii muodostua pölyputkeen ennen kipinän saapumista. Ongelmallisia ovat usein puhaltimen ja suodattimen pölyputkistot, jos puhallin on asennettu lähelle suodatinta. (Laaksonen 2005, 18.)

Puhaltimen siivissä voi syntyä kipinöintiä ja sen vuoksi kipinän ilmaisu- ja sammutusjärjestelmä tulisi asentaa puhaltimen jälkeiseen putkiosuuteen, mutta aina tämä ei ole mahdollista liian lyhyen matkan vuoksi. Parhain paikka kipinän ilmaisulle ja sammutukselle olisi puhaltimen jälkeinen putkisto, koska tällöin voitaisiin valvoa kaikkien niiden laitteiden pölynpoistoa, joita puhallin palvelee ja lisäksi myös itse puhallinta. (Laaksonen 2005, 18-19.)

Uudet järjestelmät kannattaa suunnitella siten, että kipinän ilmaisu- ja sammutusjärjestelmä on mahdollista sijoittaa puhaltimen ja suodattimen väliin. Jos puhallin on sijoitettu puhtaalle puolelle eli suodattimen jälkeen, kipinän ilmaisu- ja sammutusjärjestelmän asentaminen putkistoon ennen suodatinta ei ole ongelmallista. (Laaksonen 2005, 19.)

Kun kipinän ilmaisu- ja sammutusjärjestelmä sijoitetaan ulkona olevaan putkistoon, on sammutusjärjestelmän putkisto lämpösaattava. Sammutusvesiputkessa ei voida käyttää vesipakkasnesteseosta, koska tällöin jokaisen sammutuskerran jälkeen olisi vesipakkasnesteseos uusittava. (Laaksonen 2005, 19.)

Kipinän ilmaisu- ja sammutusjärjestelmän sijasta voidaan käyttää kipinän ilmaisu- ja erotusjärjestelmää. Tällöin pölyputkisto on varustettu toimilaitteella, joka sulkee putkiston tai avaa putkiston siten, että kipinät ohjautuvat ulos pölyputkistosta. Sammutusjärjestelmät ovat huomattavasti useammin käytettyjä kuin erotusjärjestelmät. (Laaksonen 2005, 19.)

#### 2.9.5.8 Sprinklerijärjestelmät

Automaattinen sprinklerijärjestelmä antaa hyvän suojan vakavia palovahinkoja vastaan. Automaattinen sprinklerijärjestelmä pystyy usein sammuttamaan tai rajoittamaan tilassa syntyneen palon, ennen kuin se aiheuttaa suuria vahinkoja. Sprinklerijärjestelmä ei kuitenkaan pysty estämään tai rajoittamaan alkanutta pölyräjähdystä. Sprinklerisuuttimet toimivat vasta palossa tai räjähdyksessä syntyvän lämmön vaikutuksesta. Pölyräjähdys on niin nopea tapahtuma, että vaikka sprink-

lerisuutimet toimivat räjähdyksessä syntyneen lämmön vaikutuksesta, ne eivät ehdi vähentämään räjähdysten vaikutuksia. (Laaksonen 2005, 19.)

Sprinklerijärjestelmä pystyy kuitenkin sammuttamaan tai rajoittamaan pölyräjähdysten seurauksena usein tapahtuvia paloja ja sen vuoksi sprinklerijärjestelmät ovat erittäin suositeltavia. Asennuksessa tulee ottaa huomioon räjähdysten vaikutukset siten, että se mahdollisimman vähän vaarantaa sprinklerilaitteiston toimintaa. Sprinklerisuuttimina tulee käyttää suuttimia, jotka antavat mahdollisimman hienojakoisen suihkun, jolloin pölykerroksesta syntyvän pölyilmaseoksen vaara on vähäinen. (Laaksonen 2005, 19.)

Yleensä ulkona sijaitsevien suodattimien ja siilojen automaattinen sprinklerisuojaus tulee tehdä ns. jäänestoasennuksena, jolloin ulkona ja kylmissä tiloissa oleva putkisto täytetään vesipakkasnesteseoksella. Sprinklerijärjestelmään, jossa vesilähteenä on yleinen vesijohto, ei välttämättä saa liittää jäänestoasennusta. Asia on aina varmistettava vesilaitokselta. (Laaksonen 2005, 19.)

Kuivajärjestelmiä, joissa putkisto on normaalisti täytetty paineilmailla ja vesi purkautuu putkistoon ja suuttimille vasta, kun ensimmäinen suutin on lauennut, pitää käyttää harkiten. Putkistosta purkautuva paineilma voi aiheuttaa suodattimessa tai siilossa pölypilven, joka voi räjähtää, koska sytytin eli palonalku on jo tilassa. (Laaksonen 2005, 19.)

Suodattimen ja siilon varustaminen palokuntasyöttöisellä kuivaputkistolla ja sprinklerisuuttimilla on kannattavaa silloin, kun muissa tiloissa ei sprinklerijärjestelmää tai jäänestoasennusta voida käyttää. Järjestelmän etuna on se, että suodattimessa tai siilossa tapahtuvan kytevän palon alkusammuttaminen voidaan tehdä turvallisesti. Palokuntasyöttöisellä kuivaputkistolla voidaan tilaan muodostuneet savukaasut jäähdyttää ja palopesäkkeet rajoittaa, jolloin tiloihin johtavien luukkujen ja vastaavien avaaminen ja palon lopullinen sammuttaminen on turvallisempaa. (Laaksonen 2005, 20.)

### 2.9.5.9 Henkilösuojaukseen liittyvät toimenpiteet

Pölyräjähdykset voivat aiheuttaa vaaraa siten, että suodattimessa tai siilossa tapahtunut pölyräjähdys rikkoo rakenteita ja heitteet aiheuttavat vaaraa ympäristöön. Lisäksi räjähdyspaineen alentamisjärjestelmät voivat olla väärin suunnattu, jolloin niistä purkautuvat räjähdyspaineet ja liekit aiheuttavat vaaraa. (Laaksonen 2005, 20.)

Myös suodattimessa tapahtuvan pölyräjähdys seurauksena pölyputkistoista voi purkautua tuotantotiloihin pistoliekkejä, jotka vaarantavat henkilöturvallisuutta ja mahdollistavat palon syttymisen useissa paikoissa samaan aikaan. Työstökoneessa tapahtuva syttyminen voi aiheuttaa palovammoja koneen käyttäjälle. (Laaksonen 2005, 20.)

Paluuilmanavasta purkautuva liekki voi aiheuttaa tuotantotiloissa uusia pölyilmaseoksia, jotka syttyvät. Paluuilmanavien aiheuttamaa riskiä voidaan myös pienentää asentamalla palautettavaan ilmaan lämmönvaihtimet, jolloin tuotantotilaan johtava putkisto ei ole suorassa yhteydessä suodattimeen. (Laaksonen 2005, 20.)

## 2.3 Opetushallituksen ohjeet purunpoistolaitteistoista

### 2.3.1 Ilmanvaihtolaitteet

Työsaleissa tulee olla koneellinen tulo- ja poistojärjestelmä, jolla saadaan riittävästi raitista ilmaa ja tilassa syntyneet epäpuhtaudet saadaan poistetuksi (Tapaninen 2002, 27). Laitteiston on toimittava niin, että työntekijöiden terveydelle ei aiheudu haittaa tai vaaraa (Aadeli, Aalto, Myllymäki, Pekkarinen, Poutala, Rintarahko & Suurnäkki 2005, 43).

Työtilan ilmassa olevat, työstön yhteydessä syntyvät epäpuhtaudet pitää poistaa ensisijaisesti paikallis- ja kohdepoistoilla (Aadeli ym 2005, 40).

Ilmanvaihdon rakentamista koskevat määräykset löytyvät Työturvallisuuslaista 738/2002 ja Suomen rakentamismääräyskokoelmasta D2, joissa määritetään ilman sisäänpuhallusmäärät ja puhallusnopeudet sekä poistot, eli ne on mitoitettava D2-kokoelman mukaan (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen Rakentamismääräyskokoelma 2002). (Aadeli ym 2005, 43.)

Pölyä tuottavissa työkohteissa tulee käyttää paikallis- ja kohdepoistoa välittömän pölyn ja ilman muiden haitallisten epäpuhtauksien leviämisen estämiseksi. Työsaliin ilmanvaihto pitää olla järjestetty siten, että se on teknisesti erillään rakennuksen muusta ilmastointijärjestelmästä. (Aadeli ym 2005, 43.)

Koneistussalin tulisi olla mieluiten hieman alipaineinen. Työstökoneiden ja laitteiden ohjaukseen voidaan käyttää myös elektronista kauko-ohjausjärjestelmää. Puruimuria ei saa kytkeä työstökoneiden hätä/seis-painikkeiden ohjausjärjestelmään. (Tapaninen 2002, 27-28.)

### 2.3.2 Purunpoistolaitteet

Laitteisto pitää mitoittaa tehokkaaksi järjestelmään kytkettävien koneiden vaatimusten mukaisesti, sekä ottaen huomioon iltakäyttö. Purunpoistojärjestelmän poistoilmamäärä otetaan huomioon joko pienentämällä vastaavasti yleispoistoa tai järjestämällä korvausilmaa muualta. Purunpoistojärjestelmän ilmaa ei palauteta takaisin työsaliin, vaan se pitää ohjata ulos. (Tapaninen 2002, 28.)

Purunpoistojärjestelmän laitetoimittaja mitoittaa moottori- ja suodatintehot, puruimuputkiston sekä lähdöt koneilta ja siivouspisteiltä. Moottoreiden suojausluokka pitää olla vähintään IP 54. Laitteistossa tulee olla tarvittavat ylitäytön esto- ja hälytysjärjestelmät erottimelle ja purusäiliölle. Puruimuputkistot pyritään suunnittelemaan mahdollisimman lyhyiksi. Purusäiliö tai kontti pitää mitoittaa käyttötärpeen mukaan. (Tapaninen 2002, 28-29.)



Jokaisella työstökoneella pitää olla pneumaattinen tai sähköinen sulkuventtiili, joka avautuu konetta käynnistettäessä ja joka sulkeutuu, kun kone pysäytetään. Työtilaan asennetaan tarpeellinen määrä seinälle kiinnitettäviä letkutelineitä sekä asennetaan tarvittava määrä imupisteitä siivous- ja imurointiletkuille. Siivouspisteet varustetaan jousikuormitteisilla läppäventtiileillä. Imurointiletkuja voidaan hyödyntää myös yhdistämällä niitä käsihiomakoneisiin. (Tapaninen 2002, 29.)

Purunpoistojärjestelmä pitää kytkeä siten, että opettajan valvontahuoneen ohjauspaneelista käynnistetään ensin purunpoisto edellyttäen, että paineilmakompressorin on päällä, jos poistojärjestelmä vaatii paineilmaa. Purunpoistojärjestelmän käynnistys pitää lukita paineilmakompressorin kanssa siten, ettei purunpoistomuri käynnisty, ennen kuin paineilmakompressorin on toiminnassa. Tämän jälkeen voidaan kytkeä puuntyöstökoneet päälle. (Tapaninen 2002, 30.)

#### 2.4 Puupöly

Pöly on kiinteitä partikkeleita (halkaisija yhdestä sataan mikrometriä), jotka voivat leijua ilmassa. Pölyhiukkaset kulkeutuvat elimistöön pääasiassa hengityksen kautta. Pölyn hiukkaskoko määrää sen, kuinka pitkälle pöly kulkeutuu hengityselimistössä. Pölyinen ilma voi aiheuttaa lievää epäviihtyvyyttä sekä lyhyt- ja pitkäaikaisia terveyshaittoja. Pöly voi aiheuttaa myös palo- ja räjähdysvaaran, jolloin työvälineiden ja työkoneiden valintaan tulee kiinnittää erityistä huomiota. Erilaisten pölyjen vaarallisuuteen vaikuttavat niiden kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet, koko ja muoto sekä altistumisaika.

Tavallisimmille työilman epäpuhtauksille, kuten orgaanisille- ja epäorgaanisille pölyille on työhygieenisen ja työlääketeellisen tietämyksen perusteella määritetty niin sanotut HTP-arvot eli haitalliseksi tunnetut pitoisuudet. (Työturvallisuuskeskus. Sisäilma.)

## 2.4 Puupölyn terveyshaitat

Puupölyjen aiheuttamat terveyshaitat on jaettu kohde-elimien ja vaikutustavan mukaan kuuteen erilaiseen ryhmään: silmäsairaudet, ylähengitysteiden sairaudet, alahengitysteiden sairaudet, ihon sairaudet, syövät ja muut sairaudet (Työterveyslaitos. 2005. Terveyshaitat).

Puupölyt voivat ärsyttää ihoa mekaanisesti ja kemiallisesti aiheuttaen oireita joko allergisella- tai ärsytysmekanismilla. Suomen työperäisten sairauksien rekisteriin (TPSR) on ilmoitettu vuosina 1990 – 2002 puulajien aiheuttamia ihottumia seuraavasti: mäntypölyn aiheuttamina tapauksia on ilmoitettu yhteensä kuusi kappaletta, kuusipölyn aiheuttamia tapauksia on yhteensä seitsemän tapausta ja koivupöly on aiheuttanut kaksi tapausta. (Työterveyslaitos. 2006. Ihon sairaudet.) Kaikki puupölyt ärsyttävät ylempiä hengitysteitä mekaanisesti ja osa myös kemiallisesti, kun pitoisuudet ovat riittävän suuria. Puulajien aiheuttamista ammattinuhista, jotka on ilmoitettu rekisteriin 1990 – 2002 on mäntypölyn aiheuttamia neljäkymmentähdeksän tapausta, kuusipölyn aiheuttamia kaksikymmentäviisi tapausta ja koivupölyn aiheuttamia kahdeksan tapausta. (Työterveyslaitos. 2006. Ylähengitysteiden sairaudet.) Samoin kaikki puupölyt ärsyttävät alempia hengitysteitä mekaanisesti ja kemiallisesti, kun pitoisuudet ovat riittävän suuria. Rekisteriin ilmoitettua alempien hengitysteiden ammattitaudeista 1990 – 2002 on mäntypölyn aiheuttamia astmatapauksia kymmenen kappaletta, kuusipölyn aiheuttamia astmatapauksia yhdeksän ja koivupölyn aiheuttamia astmatapauksia seitsemän kappaletta. (Työterveyslaitos. 2006. Alahengitysteiden sairaudet.)

Silmille erityisen haitallisia ovat voimakkaasti silmätulehduksia aiheuttavat trooppiset puulajit, kuten esimerkiksi tiikki ja mahonki. Iholle haitallisia puulajeja ovat voimakkaasti ärsyttävät puulajit, kuten esimerkiksi mänty, kuusi, tiikki, mahonki ja abachi. Hengityselimille haitallisia puulajeja ovat esimerkiksi syöpävaaraa aiheuttavat, voimakkaasti ärsyttävät ja herkistävät puulajit, kuten mänty, kuusi, koivu, tammi, pyökki, abachi, tiikki ja mahonki. (Työterveyslaitos. 2005. Henkilösuojaimet puupölytyöstössä.)

*Kuusi sisältää hartseja ja pihkaa n. 1 %. Uuteaineita on mm. kolofonia, terpenoideja, ja terpeenejä. (Työterveyslaitos. Kuusi.)*

*Mänty sisältää hartseja ja pihkaa n. 2 %. Uuteaineina on mm kolofonia, terpenoideja, ja terpeenejä. (Työterveyslaitos. Mänty.)*

*Koivun haitallisilla ainesosilla ei ole käytännössä oleellisia eroja. Koivu sisältää uuteaineita 1 – 4 %. Koivussa ja koivupölyssä voi olla homeiden aineenvaihduntatuotteita mm. kinoneihin kuuluvaa betulakrysokinonia. (Työterveyslaitos. Koivu.)*

*Tammella uuteaineina mm tanniineja. Puuaineksessa 3-14 %. (Työterveyslaitos. (Puna)tammi.)*

*Saarnella haitallisilla ainesosilla ei ole käytännössä oleellisia eroja (Työterveyslaitos. Saarni).*

*Pyökki sisältää uuteaineina mm. tanniineja, jota on puuaineksessa 0,3-4 % (Työterveyslaitos. Pyökki).*

*Lepän sisältämien tanniinien on epäilty olevan terveyshaittojen takana (Työterveyslaitos. Leppä).*

*Tiikki sisältää uuteaineina mm. tanniineja sekä eteerisiä öljyjä ja piihappoa (Työterveyslaitos. Tiikki).*

*Mahonki sisältää uuteaineina mm. kumimaisia hartseja, tanniineja ja kinoneita (Työterveyslaitos. Mahonki).*

*Abachi sisältää terveydelle haitallisia, hengityselinten allergiaa ja erilaisia ihottumia aiheuttavia aineita, mutta allergiaa aiheuttavien kemiallisten aineiden koostumusta ei varmuudella toistaiseksi tunneta. Eräissä tutkimuksissa on viitteitä allergiaa aiheuttaviin kinoneihin, kuten lapakoliin. (Työterveyslaitos. Abachi.)*

Kansainvälisesti puupöly on luokiteltu syöpävaaralliseksi aineeksi. Lisäksi työperäisen puupölylle altistumisen tiedetään lisäävän riskiä saada allergiaa ja tulehduksellisia hengitystie-elinten sairauksia. Ammattiastmaa on raportoitu aiheutuvan useiden kovien puulajien pölystä. (Kaskinen 2007.) Myös kotimaisten puulajien pöly altistaa terveysvaaroille. Kuopion yliopiston tutkimuksen tulokset osoittavat,

että aiemmin haitattomampina pidettyjen kotimaisten puulajien pöly on aiemmin haitallisempina pidettyjen kovien puulaatujen pölyyn verrattava terveyshaitta. Erityisesti mäntypölyn biologinen aktiivisuus ja siten mahdollisuus, että se aiheuttaa terveyshaittoja, on jopa suurempi kuin kovapuulajeihin kuuluvan pyökkipölyn. (Kasanen, Markkanen, Naarala, Pennanen, Pasanen, Liesivuori & Pasanen 2001.)

Usein puutyöpaikoilla altistutaan puupölylle ja myös muille kemiallisille altisteille, kuten esimerkiksi sahaushöyryjen sisältämille terpeeneille, homehtuneesta puutavarasta vapautuville mikrobeille sekä pintakäsittelyaineista, kuten liimoista, maaleista, lakoista, puunsuoja-aineista yms., haihtuville tai puupölyn sisältämille kemiallisille yhdisteille. (Työterveyslaitos. 2005. Henkilösuojaimet puupölytyössä.)

Lämpökäsiteltyä puuta työstettäessä muodostuva pöly poikkeaa monin tavoin käsittelemättömän puun pölystä. Se esimerkiksi sitoo kosteutta selvästi vähemmän kuin käsittelemättömän puun pöly ja lisäksi se on kevyempää, joten se leviää helpommin. Lämpökäsitellyn puun käyttö on Suomessakin vahvassa kasvussa. Työstettäessä lämpökäsiteltyä puuta on tullut esille muun muassa puupölyn ärsyttävyys. Sarjoja työstettäessä syntyy suurempi pölypäästö verrattuna tavalliseen puuhun ja siten on tarvetta tehokkaampaan pölynpoiston tarpeeseen. Hienojakoinen pöly seuraa työstävän terän liikkeelle panemia ilmavirtauksia ja leviää helposti ympäröivään tilaan pölynpoistohuuvasta. Hienojakoinen ja kevyempi pöly jää myös pitemmäksi aikaa leijaillemaan työtilan ilmaan ja lisää siten altistumista. (Nieminen, Suhonen & Welling 2003.)

MDF-levyn työstössä muodostuvan pölyn on yleisesti koettu olevan muita puupölyjä ärsyttävämpää. Ärsytysoireet ovat olleet lähinnä silmien, nenän, kurkun ja ihon ärsytystä. MDF-levyssä on myös kahdesta kolmeen kertaa enemmän ureaformaldehidihartsiliimaa kuin lastulevyssä. (Priha, Rantio, Uitti, Immonen, Pennanen & Liesivuori 1999.)

### 2.4.3 Puupölyn sallittu enimmäispitoisuus

Syöpävaarallisten kovapuupölyjen sallittu pitoisuus ilmassa on viisi milligrammaa kuutiometrissä ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) ilmaa (HTP eli haitallinen tunnettu pitoisuus). Hengitysoireita ja haitallisiksi katsottavia kliinisiä hengitystievaikutuksia on kuitenkin jo alle yhden  $\text{mg}/\text{m}^3$  hengitysilman pitoisuuksissa. Puupölyn pitoisuuden tulisi nykyisen tietämyksen mukaan olla enintään  $0,5 \text{ mg}/\text{m}^3$ . (Zitting 2003.) Altistusraja-arvon (HTP), laskemiseksi on Suomessa paineita nykyisestä arvosta, joka on viisi  $\text{mg}/\text{m}^3$  ilmaa. Palautusilman enimmäisarvoksi on monissa Euroopan maissa ja Suomessakin suositeltu  $0,2 \text{ mg}/\text{m}^3$  ilmaa. Niin alhaisen pölypitoisuuden saavuttaminen edellyttää luotettavaa jatkuvatoimista pölynpoistojärjestelmää. (Ukkonen 2000.) Sama HTP-arvo on saanut käydä niin puhtaille puumateriaaleille, kuin prosessoiduille puusta tehdyille puumateriaaleille, kuten esimerkiksi MDF-levylle. Monissa muissa maissa, esimerkiksi Ruotsissa ja Yhdysvalloissa, työhygieeninen ohjearvo koville ja herkistävälle puupölyille on alhaisempi eli yhdestä kahteen  $\text{mg}/\text{m}^3$  ilmaa, koska kovien puiden esimerkiksi pyökin, tammen, tiikin ja abachin pölylle altistumista pidetään haitallisempana kuin pehmeiden puiden pölylle. Ruotsissa on lisäksi oma ohjearvonsa kyllästetyn puun pölylle, joka on  $0,5 \text{ mg}/\text{m}^3$  ilmaa. (Kasanen, Liesivuori, Pasanen & Pasanen 2000.)

### 2.4.3 Puupölyn torjunnalla saavutettavia hyötyjä

Kun puupölyaltistumista vähennetään, niin sairauspoissaolot ja työperäiset sairaudet vähenevät, työhyvinvointi työpaikoilla ja työssäoppimispaikoilla lisääntyy, työpaikan ja opiskelupaikan houkuttelevuus lisääntyy, siivoustarve työtiloissa vähenee, kaatopaikkamaksut alenevat, tapaturman todennäköisyys alenee, vakuutusmaksut alenevat, laatu paranee, anturit ja ilmaisimet pysyvät kauemmin puhtaina, mikä lisää toimintavarmuutta eli häiriöalttius vähenee, paloturvallisuus paranee sekä pölyräjähdysvaaran mahdollisuus pienenee, imago asiakkaiden silmissä kohenee ja henkilösuojainten tarve vähenee. (Työterveyslaitos. 2005. Torjunnan hyödyt.)

### 3 KIINTEÄSTI ASENNETUN LASTUN- JA PÖLYN EROTTELUJÄRJESTELMÄN STANDARDI SFS-EN 12779

#### 3.1 Soveltamisala

Lastun- ja pölynpoistostandardia sovelletaan kiinteästi asennettuihin lastun- ja pölynpoistojärjestelmiin, joiden ilmavirtausmäärä on yli 6000 kuutiometriä tunnissa ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) ja ne on yhdistetty puuntyöstökoneisiin, joilla työstetään puuta, lastulevyä, kuitulevyä tai vaneria. Lisäksi puu- tai levymateriaalissa voi olla muovinen pinnoite sekä reunalista. Sekä poisto- ja kuljetusjärjestelmiin, jotka toimivat  $\pm 0,3$  barin suuruisella ali- tai ylipaineella. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 10.)

Lastun- ja pölynpoistostandardi ei koske puuntyöstökoneiden sisällä olevia poistolaitteita, esimerkiksi poistokupuja eikä poistoaukkoja, joihin poistojärjestelmä liitetään. Standardi ei myöskään koske muovin, muovilaminaatin, metallien, lasien, tai kivien työstön lastun- ja pölynpoistolaitteita, eikä työpaikan raitis- tai korvausilman tuloa. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 10.)

Lisäksi lastun- ja pölynpoiston standardi ei koske poistojärjestelmiä, jotka on tarkoitettu yli 200 bar metriä sekunnissa oleville  $K_{st}$  arvoille. Puupölylle on määritetty 200 bar m/s arvo.  $K_{st}$  arvo on ilmassa olevan palavan pölyn räjähdysominaisuus ja arvot löytyvät standardista EN 26184–1. (Suomen standardisoimisliitto SFS; SFS-EN 12779, 18.)

Lastun ja pölynpoisto standardia ei ole tarkoitettu käytettäväksi täyttämään direktiivin 94/9/EY olennaisia terveys- ja turvallisuusvaatimuksia. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 10.)

## 3.2 Turvallisuusvaatimukset tai toimenpiteet

### 3.2.1 Ohjausjärjestelmien turvallisuus ja luotettavuus

Ohjausjärjestelmällä tarkoitetaan poistojärjestelmää ohjaavaa järjestelmää, joka alkaa järjestelmään yhdistettyihin puuntyöstökoneiden syöttöjärjestelmien mahdollisista automaattisista säätöpelleistä ja päättyy siilon tai kontin täyttöjärjestelmään, jossa on pinnankorkeuskytkin. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 24.)

Turvallisuuteen liittyvää koneen ohjausjärjestelmää käytetään hätäpysäytyksen, toimintaan kytkennän, palontunnistuksen, käynnistyksen, normaalipysäytyksen, työvaiheiden yhteenkytkemisen, poiston alipaineen ilmaisemisen, palautusilman valvonnan, erottimien paine-eron havaitsemisen, tyhjennysjärjestelmän toiminnan seuraamiseen ja siilon tai säilytysastian täyttymisen havaitsemiseen. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 24.) Jos järjestelmässä on käyttötavan valintakytkin esimerkiksi normaalin käyttötavan ja automaattisen siilon tyhjennystavan vaihtoehtoiset käyttötavat, on valintakytkimen oltava lukittavaa tyyppiä (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 30).

Poistojärjestelmän kaikki sähköiset hallintaelimet on sijoitettava vähintään 600 millimetrin ja enintään 1800 millimetrin korkeudelle työkentelytasosta (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 26). Poistojärjestelmän sähkölaitteistot ja -komponenttien, sekä asennuksien pitää täyttää voimassa olevat säädökset ja standardit. Kaikkien sähkölaitteistojen on täytettävä standardin EN 60204–1:1997 vaatimukset. Sekä hätäpysäytyksen, että toimintainkytkennän ohjausjärjestelmien on oltava vähintään standardissa EN 954–1:1996 määriteltävän luokan yksi vaatimusten mukaisia ja kiinteästi langoitettuja. Muissa ohjausjärjestelmän osissa voidaan käyttää elektroniikkaa. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 24.)

### 3.2.2 Järjestelmän käynnistäminen

Automaattisella tyhjennystoiminnolla varustetuissa poistojärjestelmissä käynnistystoiminnon on varmistettava, että suodattimen tyhjennysjärjestelmä on käynnissä ennen kuin poistojärjestelmä käynnistyy. Kun hätäpysäytystä on käytetty ja hätäpysäytys sekä hätäpysäytystoiminto on palautettu uudelleen toimintavalmiiksi, on poistojärjestelmän suoritettavat toiminnot, jotta järjestelmä palautuu tilaan, josta normaali käynnistys voi tapahtua. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 28.)

### 3.2.3 Normaali pysäytys

Poistojärjestelmässä on oltava järjestelmän pysäyttävä hallintaelin, joka pysäyttää tarvittaessa järjestelmän jokaisen osan valmistajan ennalta määrittämässä järjestyksessä. Järjestelmän osan pysäytyksen hallintaelimen on pysäytettävä vähintään kaikki poistojärjestelmässä ennen tätä osaa olevat osat toiminnan mukaisessa järjestyksessä. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 28.)

### 3.2.4 Hätäpysäytys

Hätäpysäytyskytkin on oltava ohjaustaulussa sekä yksi hätäpysäytyskytkin jokaisessa huoneessa, jossa on poistojärjestelmään yhdistettyjä sähköisiä osia tai mekaanisesti käytettäviä osia. Hätäpysäytyskytkimiä on oltava jokaisen useasti käytettävän toimintaan kytketyn suojuksen välittömässä läheisyydessä sekä tarvittaessa muidenkin järjestelmään kuuluvien pääsykohtien kohdalla. Hätäpysäytyskytkimen etäisyys on korkeintaan 50 metriä kaikista poistojärjestelmään liitetyistä sähköisistä osista. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 28.)



### 3.2.5 Energiansyötön häiriöt

Poistojärjestelmän automaattinen uudelleen käynnistyminen on estettävä energiasyötön katkoksen ja/tai ohjauspiirien vikaantumisen jälkeen. Kun järjestelmä käynnistetään katkoksen ja/tai vikaantumisen jälkeen uudelleen, on järjestelmän suoritettava ensiksi toimintajakso, jonka jälkeen järjestelmä voi käynnistyä normaalisti. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 30.)

### 3.2.6 Tukirakennelmien vakavuus ja käytönaikaisen rikkoutumisen riski

Poistojärjestelmän tukirakenteiden kaikki osat on suunniteltava siten, että ne pysyvät kantamaan rakenne- ja järjestelmänosien oman painon ja ennakoitavissa olevat lisäkuormat sekä lisärasitukset, esimerkiksi järjestelmän osien täyttymisen puujätteellä (150 kilogrammaa kuutiometrissä ( $\text{kg/m}^3$ )), tuulikuorman, lumikuorman ja kunnossapitohenkilöiden painon (100 kilogrammaa). Räjähdyksen kevennysjärjestelmillä varustettujen rakenneosien tukirakenteiden tulee kestää räjähdyksestä aiheutuvat reaktivoimat. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 32.)

Puhaltimien tukirakenteiden on kestävä puhaltimen aiheuttamat värähtelyt, joihin vaikuttaa puhaltimen pyörimisnopeus, puhaltimen tasapaino lepotilassa, tukirakenteen- ja puhaltimen massa (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 80). Puhaltimen ja puhaltimen poistoaukon lähellä olevat rakenteet ja rakenneosat on suunniteltava siten, että ne kestävät niihin kohdistuvat rasitukset (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 32).

### 3.2.7 Liikkuvien osien koskettamisen estäminen

Poistojärjestelmän konekäyttöiset liikkuvat osat on suojattava kiinteillä suojuksilla, kuten esimerkiksi sulkusyötin, ruuvikuljetin ja automaattinen sulkupelti. Jos toimintaan kytketyllä suojuksella suojatun liikkuvan osan pysähtymisaika on yli kymmenen sekuntia, on suojuksen oltava lukittu. Suojusten ja turvaetäisyyksien

on oltava voimassa olevien säännösten ja määräyksien mukaisia. EN 953:1997 ja EN 294:1992. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 32,34.)

### 3.2.8 Suojautuminen muilta kuin mekaanisilta vaaroilta

#### 3.2.8.1 Tulipalo ja räjähdys

Poistojärjestelmä on sijoitettava ja rakennettava siten, että tulipalon tai räjähdysten aiheuttavia syttymislähteitä ei ole ja että tulipalosta ja räjähdyksestä aiheutuvat riskit ovat mahdollisimman pienet. Jos työstetään puuhun yhdistettyjä muita aineita, kuten esimerkiksi lakkaa, laminaattia tai alumiinia niin suositellaan arvioimaan onko  $K_{st}$  arvo suurempi kuin 200 bar m/s. Näissä tapauksissa lisäturvatoimenpiteet voivat olla tarpeellisia, esimerkiksi palonsammutuslaitteet, räjähdysten lisäkevennys, varoventtiilit tai rakenteiden vahvistaminen. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 34.)

#### 3.2.8.2 Erottimen, puhaltimen ja siilon tai kontin sijoittaminen

Suodatin/erotin, puhallin ja puujätteen keräysjärjestelmä on sijoitettava ulos tai erityisesti niitä varten rakennettuihin huoneisiin tai rakennuksiin ja ne on sijoitettava turvalliselle alueelle (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 34).

#### 3.2.8.3 Puujätteen kertyminen kanaviin ja erottimiin

Siirtoilman nopeuden on oltava kaikissa kanaviston osissa riittävä, ettei puujätettä alkaisi kerääntyä kanavistoon. Ilmanopeuden pitää olla kuivalla puulla vähintään 20 metriä sekunnissa (m/s) tuntia kohden laskettuna keskiarvona. Tavallisen puujätteen kuljettamiseksi tarvittava ilmanopeus on 20 – 25 m/s. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779,106.) Lastua ja pölyä kuljettavassa kanavistossa putket, tarkastusluukut, ohjauspellit, säätöpellit, palosulut jne. on tehtävä siten,

että kaikki lastut menevät niistä läpi ilman takertumisvaaraa eli toisin sanoen lastut eivät saa takertua kanaviston osiin (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 36).

#### 3.2.8.4 Syttymislähteet

Poistojärjestelmän osat on suunniteltava ja toteutettava siten, ettei syttymislähteitä synny normaalissa käytössä, eikä tavallisesta kulumisesta aiheudu vaaraa. Syttymisen havaitsevia laitteita ja sammutuslaitteita suositellaan käytettäväksi poistojärjestelmässä, jossa on liitettynä hiomakoneita ja moniteräisiä sahoja yms. Syttymislähteiden riski riippuu poistojärjestelmään liitettyjen koneiden laadusta sekä -tyypistä. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 38.)

Edellisten lisäksi kuumien pintojen muodostuminen on estettävä. Jos teräksestä tehtyjen osien pitää olla olosuhteissa, joissa voi syntyä kipinöitä, pitää ne suunnitella ja toteuttaa siten, että kipinöiden syntyminen on mahdollisimman pieni. Puhaltimessa on oltava kipinäsuojus, jos puhaltimen siipipyörän ja kanavan välinen rako on alle 20 millimetriä ja se on sijoitettu pölyiseen osaan. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 40.)

Poistojärjestelmän osat on maadoitettava, koska mahdolliset sähköstaattiset varaukset voidaan näin johtaa maapotentiaaliin, eli poistojärjestelmän kanavisto on tehtävä sähköä johtavasta materiaalista. Käytettävien letkujen on myös pystyttävä johtamaan varaus maapotentiaaliin. Yli puolen metrin pituiset letkut ovat sallittuja vain, jos järjestelmään liitettävät koneet vaativat sen liikkuakseen. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 42.) Järjestelmään liitettyjen sähköisten osien on täytettävä pölyisistä ja räjähdysvaarallisista vaaroista koskevat vaatimukset (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 44).

Puupölyn ominaisuudet määritellään lastun- ja pölynpoisto standardissa siten, että pölypilven alhaisin syttymislämpötila on 400 astetta ja pölykerroksen alhaisin syt-

tymislämpötila on 300 astetta (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 40).

#### 3.2.8.5 Tulipalon ja räjähdysten aiheuttamien vahinkojen rajoittaminen

Räjähdyksessä syntyvä paineaalto on pystyttävä purkamaan turvalliseen paikkaan esimerkiksi ulkoilmaan, mutta pidettävä poissa työskentelyalueilta ja kulkuteiltä, joihin on vapaa pääsy. Räjähdyksen eteneminen laitteita yhdistävässä putkistossa on estettävä esimerkiksi takaiskuläpillä, sulkusyöttimellä ja räjähdysten eristävillä laitteilla. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 44.) Tulen eteneminen palautusilmakanavia pitkin takaisin työskentelytilaan on estettävä. Palo-osastoilla olevat kanavistot eivät saa ulottua toisille palo-osastoille. Kanavisto on varustettava palosulkupelleillä, jotka täyttävät vaaditun luokan eli ovat sopivassa suhteessa palosuojaseinään ja soveltuvat purun- ja pölynpoistojärjestelmiin, tai vaihtoehtoisesti kanavisto eristetään vaatimusten mukaisesti osastojen välisen seuraavan palosuojaseinän mukaiselle tasolle. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 46.)

Erottimen ja kontin/siilon sijainnilla suhteessa rakennuksiin on suuri vaikutus palon leviämisiin, eli mitä suurempi etäisyys rakennuksiin, sitä pienempi tulen leviämisen riski on. Rakennuksen pintamateriaalilla ja muodolla on merkitystä palon leviämisen riskiin. Turvallisin vaihtoehto on ilman aukkoja olevat palamattomasta aineesta tehdyt seinät ja katot. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 48.)

Kuivasprinklerijärjestelmän asentaminen suodattimiin ja siiloihin on minimivaatimuksena. Veden syötön liitoskappale pitää sijoittaa vähintään viiden metrin etäisyydelle suodattimesta ja 0,4 - 0,8 metrin korkeudelle maasta. Sprinklerijärjestelmän määrittelyt pitää sopia poistojärjestelmän valmistajan ja tilaajan/käyttäjän kesken. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 50.)

### 3.2.9 Melu

#### 3.2.9.1 Melupäästön mittaaminen

Melun mittaus on tehtävä asennetulle eli valmiille poistojärjestelmälle, johon on yhdistetty kaikki järjestelmään liitettäväksi suunnitellut puuntyöstökoneet. Poistojärjestelmät ovat suurikokoisia koneita ja melulähteet sijaitsevat eri paikoissa putkistoa. Meluun vaikuttaa käyttöympäristö ja järjestelmään liitettävien koneiden lastujen- ja pölynpoistokupujen muoto ja malli. Syntyvä melu on oltava hallittavissa tarvittavilla suunnittelu- ja teknisillä toimenpiteillä. Melun mittaus on tehtävä työstökoneyhdistelmälle, jonka suunniteltu ilman virtausnopeus on suurin. Mittauksen aikana on puuntyöstökoneiden oltava pysähtyneenä, eli mittaus tehdään ilman lastuja ja pölyä. Äänenpaineen tasot on mitattava kanaviston, säätöpeltien tai säätöluistien, puhaltimien ja erottimen osalta, ottaen huomioon taustamelun ja akustisen ympäristön vaikutus. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 62,64.)

Melunmittauksista on tehtävä testausraportti, joka pitää sisällään mitattavan järjestelmän tunnistetiedot, järjestelmän toimintatiedot, eri ryhmien mitatut arvot ja mittauspaiikat, käytetyt korjausarvot, akustisen ympäristön kuvaus sekä lisäksi viittaus tähän standardiin (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 68).

#### 3.2.10 Asennusvirheet ja energiasyötöstä erottaminen sekä kunnossapito

Irrotettavissa olevat osat on suunniteltava siten, ettei niiden asennus ja/tai purkaminen aiheuta vaaratilanteita (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 80).

Järjestelmään mahdollisesti jäänyt varastoitunut energia pitää pystyä purkamaan turvallisesti pois esimerkiksi venttiilin avulla. Lisäksi on oltava mahdollisuus järjestelmän erottamiseksi paineilman syötöstä. Sähkön syötön poiskytkentäkytkimen

pitää olla voimassa olevan standardin mukainen. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 80.)

Poistojärjestelmässä on oltava tarkastusluokkuja riittävä määrä ja oikeissa paikoissa, kuten liikkuvien osien kunnossapitoa ja suodatinosan kunnossapidon suorittamiseksi sekä tarkastusten suorittamiseksi (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 80).

### 3.3 Poistojärjestelmän suunnittelu

Poistojärjestelmä on suunniteltava käyttäjän/tilaajan antamien tietojen perusteella, eli järjestelmään liitettävät koneet ja tiedot koneiden käytön yhtäaikaaisuudesta, sekä työtiloista ja laitesijoittelusta on annettava. Lisäksi suunnittelussa on otettava huomioon valmistajan tai asiantuntijalaitoksen tiedot jokaisen koneen vaatimasta ilmanvirtausmäärästä ja poiston alipaineesta. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 68.)

Poistojärjestelmän suunnittelussa on varmistettava, että kaikissa käyttöolosuhteissa jokaisella käytetyllä koneella on vähintään ilmoitettu ilman virtausmäärä ja poiston alipaine. Jokaisessa pääkanavassa on oltava osoitinlaite, joka ilmaisee riittävän poistovaatimuksen saavutetuksi. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 70.) Kanavisto on suunniteltava siten, että jokaiselta koneelta voidaan erikseen mitata ilman virtausmäärä (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 72). Mittaus on tehtävä suunnitellun suurimman koneyhdistelmäkäytön aikana. Poistojärjestelmän valmistajan on toimitettava mittauspöytäkirja käyttäjälle. Poistojärjestelmä on suunniteltava siten, ettei vuotoja synny ja työtiloissa putkiston tulee toimia alipaineessa. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 74.)

Sähköjen osalta pitää noudattaa standardin EN 60204–1:1997 kohdan 6 vaatimuksia sähköiskujen estämisestä ja kohdan 7 vaatimuksia oikosulkujen ja ylikuormituksen estämisestä. Tilaluokkien 20, 21 ja 22 alueilla olevien rakennneosien suoja-

uksen on täytettävä standardin EN 1127-1:1997 vaatimukset. Kaikkien muiden sähkölaitteiden kotelointiluokan on oltava vähintään IP 54 eli standardin EN 60529:1991 vaatimusten mukaisia. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 78.)

Pneumaattisten rakenneosien on oltava standardin EN 983:1996 mukaisia (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 78).

Ergonomiassa on otettava huomioon mekaaniset hallintaelimet. Useammin kuin kerran viikossa käytettävät hallintaelimet on sijoitettava korkeintaan 1800 millimetrin korkeudelle työskentelytasosta. Harvoin käytettävät hallintaelimet tulee sijoittaa siten, että niihin on mahdollista päästä. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 78.)

### 3.4 Käyttöä koskevat tiedot

#### 3.4.1 Varoitukset

Poistojärjestelmässä on oltava varoituslaitteet toimivista palosulkupelleistä. Lisäksi järjestelmässä on oltava tarvittavat varoitusmerkinnät, kuten esimerkiksi suodattimessa ”ei syttymislähteitä tälle alueelle”, suojuksissa ”liikkuvia osia”, jne. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 82.)

#### 3.4.2 Merkinnät

Järjestelmästä pitää löytyä valmistajan nimi ja osoite, sarja- tai tyyppimerkintä, valmistusnumero ja valmistusvuosi. Suodattimesta, räjähdyskevennyslaitteista, puhaltimista ja suojuksista pitää löytyä tarvittavat merkinnät. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 82.) Suodattimissa ja räjähdyskevennyslaiteissa on oltava tarvittavat merkinnät eli ”räjähdysvaara”, ”ei syttymislähteitä tälle alueelle” ja ”pääsy asiattomilta kielletty”. Puhaltimissa pitää olla merkinnät korkeasta

melutasosta ja pyörimissuunnasta. Suojuksissa pitää olla merkintä liikkuvista osista. Merkintöjen on oltava standardin ISO 7000:2004 vaatimusten mukaisia. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 84.)

### 3.4.3 Käyttöohjeet

#### 3.4.3.1 Suorituskyvyn dokumentointi

Käyttöohjeista pitää löytyä poistojärjestelmän laitesijoittelupiirustus, luettelo järjestelmään liitetystä koneista sekä samaan aikaan käytössä olevista puuntyöstökoneista. Jokaisesta järjestelmään liitetystä puuntyöstökoneesta pitää ilmetä tarvittava ilman virtausnopeus ja poiston alipaine määriteltynä. Lisäksi pitää olla laskelmat suurimmista ilman virtausmääristä jokaisessa kanaviston osassa. Ohjeista pitää löytyä jokaisesta puuntyöstökoneesta mitatut ilmanvirtausmäärät suurimmalla kokonaisilmanvirtausmäärällä. Jos kaikki koneet eivät ole yhtä aikaa päällä, on ohjeista löydyttävä kaikki merkitykselliset yhdistelmät. Ohjeista pitää myös selvittää järjestelmän toiminnan osoitinlaitteen toiminta käytännössä eli miten järjestelmä ilmoittaa, kun on saavuttanut määritetyt poistovaatimukset esimerkiksi tarvittavan alipaineen. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 84.)

#### 3.4.3.2 Räjähdyssuojaus ja turvajärjestelmät

Käyttöohjeista pitää löytyä suurin  $K_{st}$  arvo, jolla järjestelmä on suunniteltu, järjestelmässä oleva suurin pintalämpötila, mitä räjähdyskeventämisjärjestelmiä on käytetty ja räjähdyskeventämisen estävät järjestelmät. Lisäksi pitää olla tiedot syttymisen havaitsemis- ja sammutusjärjestelmistä, sekä kuivasprinklerijärjestelmän veden kulutuksen määrä ja syöttöpaine. Häätälasajojärjestelmän tiedot pitää löytyä myös. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 86.)



### 3.4.3.3 Käyttöä koskevat tiedot

Ohjeissa pitää olla luettelo jäännösriskeistä, kuten esimerkiksi syttymislähteet ja räjähdysvaarat yms., sekä järjestelmään kytkettävillä puuntyöstökoneilla käsiteltävien aineiden rajoitukset ja turvalliset työmenetelmät. Lisäksi pitää löytyä erilaisten tarkastuksien sisältö ja niiden määräjat, sekä tiedot suorituskyvyn mittaamisen ja toiminnan valvonnan tärkeydestä ja kuinka usein valvontaa suoritetaan. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 86.)

### 3.4.3.4 Kunnossapito

Kunnossapito-ohjeissa pitää olla vähintään seuraavat tiedot: Mitä kunnossapito pitää sisällään ja kuinka usein huolto tehdään sekä kuka on riittävän pätevä tekemään kyseiset huollot. Huollossa tarvittavat piirustukset ja kaaviot, jotka ovat tarpeellisia jotta huolto voidaan tehdä järkevästi. Ohjeista pitää ilmetä vaaranpaikat, kun huoltoa suoritetaan ja miten ne voidaan hallita. Ohjeet vikojen etsintään ja miten järjestelmä ylösajetaan huollon ja vikaantumisen jälkeen, ettei erilaisia vaaroja synny käynnistyksen yhteydessä. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 86,88.)

### 3.4.3.5 Melupäästöilmoitus

Melunpäästötasot on ilmoitettava käyttöohjeissa. Niihin kuuluvat suurimmat A-painotetut äänenpainetasot ja niiden ajalliset keskiarvot taustamelun mukaan korjattuna, sekä mittauksiin liittyvä epävarmuus. Lisäksi pitää olla viittaus SFS-EN 12779 standardiin, sekä mittausten aikana olleisiin käyttöolosuhteisiin. Melunpäästöilmoituksessa on oltava SFS-EN 12779 standardissa sivulla 90 oleva lausunto. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 88.)

*Ilmoitetut luvut ovat päästötasoja eivätkä välttämättä edusta työssä kohdattavia arvoja. Vaikka päästön ja altistustasojen välillä on olemassa vastaavuus, tätä ei voida käyttää luotettavasti arvioitaessa lisävarotoimenpiteiden tarvetta. Työntekijöiden to-*

*delliseen altistustasoon vaikuttaviin tekijöihin sisältyy huonetila, muut melunlähteet jne., so. koneiden lukumäärä ja muut viereiset prosessit. Sallitut altistustasot voivat myös olla erilaisia eri maissa. Tässä esitettävät tiedot auttavat kuitenkin koneen käyttäjää arvioimaan paremmin vaaraa ja riskin merkittävyyttä. (Suomen standardisoimisliitto SFS, SFS-EN 12779, 90.)*

## 4 D2 SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA. RAKENNUSTEN SISÄILMASTO JA ILMANVAIHTO.

### 4.1 Ilmanvaihto

#### 4.1.1 Ilmanvaihtojärjestelmät

Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava rakennuksen suunnitellun käyttötarkoituksen ja käytön perusteella siten, että se luo omalta osaltaan edellytykset tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle sisäilmastolle ja oikein käytettynä, huollettuna sekä kunnossapidettynä kestää toimintakuntoisena suunnitellun iän (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 7).

Laitteiston toimintaa on voitava ohjata ja valvoa eli siinä pitää olla tarvittavat mittauslaitteet ja mittausmahdollisuudet tärkeimpien toiminta-arvojen mittaamista ja toimintojen valvontaa varten (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 7).

Järjestelmä pitää suunnitella siten, että sen koneissa ja laitteissa on suoja- ja varolaitteet huoltoa ja kunnossapitoa varten. Lisäksi sen toiminta pitää voida hälytystilanteissa kokonaisuudessaan pysäyttää selvästi merkityllä pysäytyskytkimellä. Pysäytyskytkimen tulee olla helposti saavutettavassa paikassa. (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 7-8.)

#### 4.1.2 Ilmavirrat

Huonetiloissa tulee olla ilmanvaihto, jolla käyttöaikana taataan terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmanlaatu. Ilmanvaihtojärjestelmän ilmavirtoja on voitava ohjata kuormituksen ja ilman laadun mukaan käyttötilannetta vastaavasti. Oleskelutiloihin on käyttöaikana johdettava terveellisen, turvallisen ja viihtyisän sisäilman laadun takaava ulkoilmavirta. (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 8.)

#### 4.1.3 Tuloilman suodatus ja ilmanlaatu

Tuloilman suodatustaso määräytyy sisäilman laadulle asetettujen vaatimusten ja ulkoilman laadun perusteella. Oleskelutilojen tuloilma on yleensä suodatettava. (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 8.)

Sisäilman kosteus ei saa olla jatkuvasti haitallisen korkea eikä kosteus saa tiivistyä rakenteisiin eikä niiden pinnoille tai ilmanvaihtojärjestelmään siten, että se aiheuttaa kosteusvaurioita, mikrobien tai pieneliöiden kasvua tai muuta terveydellistä haittaa. Jos sisäilman kosteus ylittää arvon seitsemän grammaa vettä kilossa kuivaa ilmaa, kostutetaan huoneilmaa vain painavista syistä esimerkiksi prosessin tai varastoinnin niin vaatiessa. Arvo seitsemän grammaa vettä kilossa kuivaa ilmaa vastaa huoneilman tilaa, jossa suhteellinen kosteus on 45 prosenttia, kun huonelämpötila on 21 astetta ja ilmanpaine on 101,3 kiloPascalia. Alhaisesta sisäilman suhteellisesta kosteudesta aiheutuvien haittojen vähentämiseksi vältetään lämmityskauden aikana tarpeettoman korkeita lämpötiloja. (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 6.)

#### 4.1.4 Ulko- ja jäteilmalaitteiden sijoittaminen

Ulkoilmalaitteet on sijoitettava siten, että rakennukseen tulevan ulkoilma on mahdollisimman puhdasta. Ulkoilmaa ei saa ottaa ilmanlaatua heikentävän rakenteen tai rakennusosan kautta. (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamis-

määräyskokoelma 2002, 8.) Jäteilma on johdettava ulos siten, ettei rakennukselle, sen käyttäjälle tai ympäristölle aiheudu terveydellistä tai muuta haittaa. Jäteilma johdetaan yleensä rakennuksen korkeimman osan vesikaton yläpuolelle ja puhallus suunnataan yleensä ylöspäin, jotta jäteilman pääsy ulkoilmalaitteisiin, ikkunoihin ja oleskelutiloihin estetään. Jäteilmalaitteiden sijoittamisesta löytyy erillinen taulukko. (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 9.)

Poistoilmaluokkaan kolme kuuluu poistoilmat tiloista, joissa kosteus, prosessit, kemikaalit ja hajut oleellisesti huonontavat poistoilman laatua. Poistoilmaluokkaan neljä kuuluu poistoilma, joka sisältää pahanhajuisia tai epäterveellisiä epäpuhtauksia huomattavasti enemmän kuin sisäilman hyväksyttävät pitoisuudet. Poistoilmaluokkien kolme ja neljä ilmaa ei käytetä palautus- tai siirtoilmana. (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 9.)

#### 4.1.5 Ilman jako ja poisto

Tuloilma on johdettava huonetiloihin siten, että ilma virtaa koko oleskeluvyöhykkeelle vedottomasti ja poistaa tehokkaasti huonetilassa syntyvät epäpuhtaudet siten, että ne kulkeutuvat suoraan poistoilman päätelaitteisiin leviämättä huonetilaan käyttöaikana. Tuloilma ei saa virrata suoraan oleskeluvyöhykkeen ohi poistoilman päätelaitteisiin. Likaantunut ilma ei saa palautua haitallisessa määrin takaisin oleskeluvyöhykkeelle. Paikallispoistoa käytetään aina, kun huonetilassa syntyy keskitetysti pölyä, kaasuja tai höyryjä. (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 11.)

Eri tilojen koneellisen ilmanvaihdon kanavien yhdistäminen ei saa aiheuttaa epäpuhtauksien tai savukaasujen leviämisvaaraa eikä haittaa ilmanvaihtojärjestelmän toiminnalle (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma, 12). Otettaessa lämpöä talteen luokan neljä poistoilmasta on yleensä käytettävä virtaavan väliaineen välityksellä toimivaa lämmöntalteenottoa, jossa tulo- ja

poistoilma eivät sekoitu (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 13).

Jos ilmanvaihtokone palvelee vain yhtä tilaa, voidaan lämmöntalteenoton lämmönsiirtimen tyyppi valita vapaasti, vaikka poistoilma olisi luokkaa kolme tai neljä. Tällöin on varmistettava, että tuloilma on riittävän puhdasta takaamaan sisäilman puhtaudelle asetetut vaatimukset. Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi teollisuustilat, autohallit ja -tallit. (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 13.)

Koneellisen ilmanvaihtojärjestelmän ulko- ja jäteilmakanavat varustetaan sulkupelleillä, jotka sulkeutuvat automaattisesti järjestelmän pysähtyessä ja estävät takaisinvirtauksen ja hallitsemattoman ilmanvaihdon, kun ilmakehän poikkipinta-ala on suurempi kuin 0,06 neliometriä. Kahta tai useampaa ilmanvaihtokonetta ei saa yhdistää samaan kanavaan tai kammioon siten, että huonetilojen paineet tai ilman virtaussuunnat huonetilojen välillä ja kanavistoissa voivat muuttua suunnitellusta. Yhteistä kammiota ei yleensä rakenneta, jos koneiden ilmavirtaa käytön aikana säädetään toisistaan riippumatta. (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 14.)

Jos useita ilmanvaihtokoneita yhdistetään samaan kanavaan tai kammioon, niiden puhaltimet valitaan standardin SFS 5148 mukaisesti siten, että ne eivät häiritse toistensa toimintaa. Jos vain osa koneista on samanaikaisesti käytössä, mitoitetään yhteinen kammiota tai kanava väljäksi ja valitaan puhaltimen ominaiskäyrästä toimintapiste siten, etteivät ilmavirrat muutu enempää kuin kolme prosenttia pysäyttämisen takia. (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 14.)

Ilmakehät jätetään jäykistettään ja kannatetaan siten, että ne pysyvät tukevasti paikallaan ja kestävät ilmanvaihtojärjestelmässä esiintyvät painevaihtelut ja muut rasitukset (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 14).

Ilmavirtojen tarpeen mukaisen säädön toiminta suunnitellaan sellaiseksi, etteivät rakennuksen ja sen eri huonetilojen paine-erot muutu haitallisesti. Jos tilassa syntyy runsaasti epäpuhtauksia tai kosteutta, suunnitellaan se alipaineiseksi muihin tiloihin nähden. (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 14.)

#### 4.1.6 Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus ja huollettavuus

Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava siten, että se on puhdas ja puhtautta on helppo ylläpitää. Ilmakanavat ja kammiot varustetaan riittävällä määrällä tarpeeksi suuria puhdistusluukkuja siten, että puhdistustyö on mahdollista. Puhdistusluukkujen paikka ja tyyppi valitaan siten, että puhdistustyö voidaan tehdä helposti ja turvallisesti. Ilmanvaihtojärjestelmä pitää toteuttaa siten, ettei se aiheuta vesi-, kosteus- tai muita vahinkoja. Veden käyttö tai tiivistyminen järjestelmään ei saa aiheuttaa terveyttä vaarantavaa mikrobien kasvua. Ilmankostutus ja kostutuslaitteiden vedenkäsittely on suunniteltava ja toteutettava siten, että kostutus ei huononna huoneilman laatua. (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 15.)

Ulkoilmalaitteet sekä niiden liitännät ilmanvaihtojärjestelmään ja rakennukseen sijoitetaan, suojataan tai mitoitetaan niin tai ulkoilmalaitteiden rakenteen on oltava sellainen, ettei ilmanvaihtojärjestelmään pääse lunta tai sadevettä haitallisissa määrin. Sisään pääsevä lumi tai sadevesi eivät saa aiheuttaa vaurioita rakennukselle tai ilmanvaihtojärjestelmälle eivätkä vaikeuttaa ilmanvaihtojärjestelmän toimintaa. Ilmanvaihtokoneet, -kammiot ja kanavat lämmön- ja kosteuseristetään siten, ettei kosteuden tiivistyminen aiheuta vahinkoja rakenteille tai ilmanvaihtojärjestelmälle. (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 15.)

Ilmanvaihtojärjestelmä ja sen huoltoväylät on suunniteltava ja rakennettava siten, että ilmanvaihtojärjestelmä on helposti ja turvallisesti huollettavissa ja korjattavissa.

sa (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 16).

#### 4.2 Ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokkuus

Ilmanvaihtojärjestelmä pitää toteuttaa siten, että se luo omalta osaltaan edellytykset tehokkaalle energiankäytölle. Ilmanvaihdon energiatehokkuus varmistetaan rakennuksen käytön kannalta tarkoituksenmukaisilla keinoilla tinkimättä terveellisestä, turvallisesta ja viihtyisästä sisäilmastosta. Ilmanvaihdon tehokkaan energiankäytön edellytykset varmistetaan tarkoituksenmukaisilla suunnittelu- ja toteutusratkaisuilla, kuten ilmanvaihtolaiteiden toiminta-alueiden ja toiminta-aikojen ryhmittelyllä, ilmanvaihdon tarpeenmukaisella ohjauksella sekä poistoilman lämmöntalteenoton tarpeenmukaisella toiminnalla. (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 17.)

Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava siten, että järjestelmän ottama sähköteho voidaan helposti mitata. Koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla yleensä enintään 2,5 kilowattia/(kuutiometriä sekunnissa). Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho voi olla suurempi kuin 2,5 kW/(m<sup>3</sup>/s), jos esimerkiksi rakennuksen sisäilmaston hallinta edellyttää tavanomaisesta poikkeavaa ilmastointia. (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 17.)

Ilmanvaihdon poistoilmasta on otettava lämpöä talteen lämpömäärä, joka vastaa vähintään 30 prosenttia ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämpömäärästä. Koneellinen tulo- ja poistojärjestelmä varustetaan yleensä poistoilman lämmöntalteenottolaitteistolla, jonka lämmönsiirtimen tuloilman lämpötilahyötysuhde testitulanteessa on vähintään 50 prosenttia, kun tulo- ja poistoilman massavirrat ovat yhtä suuret, ja jonka jäätymissuojaus ja poistoilmasta tiivistyvän veden poisto on toteutettu toimintavarmalla tavalla. Lämpötilahyötysuhde voidaan määrittää standardin EN 308 mukaisesti. (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 17.)

#### 4.3 Ilmanvaihtojärjestelmän toimintakunnon varmistaminen ja käyttöönotto

Ilmanvaihtojärjestelmän tiiveys on tarkastettava ja tarvittaessa mitattava. Selvitys tarkastuksesta ja mittauksesta on liitettävä rakennustyön tarkastusasiakirjaan. Rakentamismääräyskokoelman osassa A1 esitetään määräykset ja ohjeet rakennustyön tarkastusasiakirjasta. (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 18.)

Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus on tarkastettava ja järjestelmä on tarvittaessa puhdistettava ennen ilmavirtojen mittausta ja säätöä. Ilmanvaihtojärjestelmän ilmavirrat on mitattava ja säädettävä, ominaissähköteho on mitattava ja järjestelmän toiminta sekä puhtaus on todettava suunnitelman mukaiseksi ennen rakennuksen käyttöönottoa. Selvitykset näistä on liitettävä rakennustyön tarkastusasiakirjaan. (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 18.)

#### 4.4 Ilmavirtojen, ilman liikkeiden ja äänitason ohjearvoja

Ulkoilmavirta määräytyy ensisijaisesti henkilöperusteen mukaan. Jos henkilökuormituksen mukaiselle ilmavirtojen mitoitukselle ei ole riittäviä perusteita käytetään pinta-alaan perustuvaa mitoitusta. Sisäisten ja ulkoisten epäpuhtaus- tai lämpökuormien aiheuttaman pitoisuuden tai huonelämpötilan kohoamisen rajoittaminen ilmanvaihdon avulla edellyttää esitettyjen ilmavirtojen ohjearvoja suurempia ilmavirtoja. Ilmanvaihdon tarpeenmukainen ohjaus on yleensä toteutettava vähintään niissä tiloissa, joiden henkilö- tai epäpuhtauskuormitus vaihtelee merkittävästi. (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 20.)

Rakentamismääräyskokoelman osassa C1 on annettu määräyksiä ja ohjeita LVIS-laitteiden ja muiden niihin rinnastettavien laitteiden aiheuttamista suurimmista sallituista äänitasoista rakennuksen sisätiloissa ja ulkopuolella (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 20).



Rakentamismääräyskokoelman D2 taulukossa yhdeksän löytyy ohjearvot työtiloihin yms. eli tehdastyö kevyt ulkoilmavirraksi on annettu 10 kuutiodesimetriä/sekunti/henkilö tai 1,5 – 4 kuutiodesimetriä/sekunti/kuutiometri. Poistoilmavirrasta sekä äänentasosta ei ole annettu ohjearvoja, mutta ilmannopeudesta on annettu ohjearvoiksi talvella 0,20 m/s ja kesällä 0,30 m/s. (Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2002, 26.)

## 5 HERVANNAN AMMATTIOPPILAITOKSEN PÖLYN- JA PURUNPOISTON KEHITTÄMINEN

### 5.1 Työn vaarat

Purun- ja pölynpoistoon liittyviä vaaroja ovat pölyräjähdys puupölyä muodostavilla työstökoneilla ja purun- ja pölynpoistojärjestelmien suodattimissa, joista voitulla pistoliekkejä työstösaliin sekä palonvaara, jos syttymislähteitä muodostuu työskennellessä työstökoneilla.

Puupölyjen tutkitut terveydelliset vaikutukset ovat riskitekijänä työskennellessä työsaleissa. Nykyisin puupöly koetaan ongelmaksi, koska sitä kertyy työsaleihin, vaikka siivouksella pyritään pitämään paikat siisteinä. Lisäksi ongelmaa tuottaa käsin hionta, koska se tehdään työpöytien päällä ja hiontapöly jää leijailemaan työskentelysaliin. Aina ei ole pölynpoistojärjestelmä päällä, kun hiotaan kappaletta reunahiomakoneella, vaikka on annettu selkeät ohjeet ja pyritty valvomaan ohjeiden noudattamista. Nykyisin työtilojen siivous tapahtuu pääsääntöisesti harjaimalla, jolloin puupölyä nousee työsalien ilmaan.

### 5.2 Käytettävät puumateriaalit ja puupohjaiset materiaalit

Valumallipuolella ja puuosastolla työstetään mäntyä, koivua, kuusta, saarnea, jallavaa, tammea, pyökkiä wengeä, pähkinää ym. puita. Mäntyä käytetään noin 24 kuutiometriä (m<sup>3</sup>), koivua käytetään noin 16 m<sup>3</sup>, kuusta yksi m<sup>3</sup> ja muita puulajeja

yhteensä alle kaksi m<sup>3</sup> vuodessa. Edellä mainittuja puulajeja käytetään myös viiluina levyjen pinnoilla. Puupohjaisia levymateriaaleja työstetään myös, kuten lastulevyä, MDF-levyä ja muita kuitulevyjä, vaneria ja liimalevyä. Lastulevyä käytetään noin neljä m<sup>3</sup>, MDF-levyä noin kaksi m<sup>3</sup>, vaneria noin neljä m<sup>3</sup>, kovalevyä noin 2,5 m<sup>3</sup> ja liimalevyä (mäntyä) noin neljä m<sup>3</sup> vuodessa. Näiden lisäksi työstetään jonkin verran lämpökäsiteltyä puuta.

### 5.1 ATEX ja räjähdysuojasiasiakirja

Valtioneuvoston asetusta 576/2003 sovelletaan siis kaikilla työpaikoilla, joilla käsitellään erilaisia pölyjä (puupöly), palavia nesteitä (maalit ja lakat) ja kaasuja (liuottimet ja ohenteet) huomioon ottaen tavanomaiset olosuhteet, joissa on mahdollista syntyä räjähdyskelpoisia ilmaseoksia. Työnantajan on pitänyt laatia räjähdysuojasiasiakirja 30.6.2006 mennessä. Asetuksen takia Tampereen ammattiopiston Hervannan ammattioppilaitoksen puuntyöstötiloihin tehtiin räjähdysuojasiasiakirja keväällä 2007. Asiakirjassa on lueteltuna eri tilanteet, joissa voi syntyä räjähdyskelpoisia ilmaseoksia ja siihen on myös kirjattuna ilmaseosten syntymisen estämiseksi ja rajoittamiseksi tehdyt toimenpiteet.

Tilaluokitukset on tehty käyttäen hyväksi standardeja SFS-EN 60079-10, SFS-EN 61241-10 sekä Euroopan komission hyviä käytäntöjä esittelevää ohjeellista käsikirjaa direktiivin 1999/92/EY täytäntöönpanoa varten-opasta. Tilaluokitus-esimerkkejä on otettu IF Vahinkovakuutusyhtiö Oy:n oppaasta Puupölyjen aiheuttama palo- ja räjähdysvaara ja sen torjuminen mekaanisessa puunjalostusteollisuudessa. (Ahola & Pentinlehto 2007, 4.) Lisäksi asiakirjasta ilmenee, mitkä puuntyöstökoneet on liitetty purun-/pölynpoistojärjestelmään sekä liitteessä 2 Puuntyöstökoneiden riskienarviointi on lueteltu hienojakoista puupölyä tuottavat puuntyöstökoneet ja niistä tehdyt konekohtaiset riskiarvioinnit.

Räjähdysuojasiasiakirjan liitteessä 5 Räjähdysuojastoimenpiteet on esitetty jo tehdyt sekä tämän räjähdysuojasiasiakirjan perusteella tehtäväksi päätetyt räjähdysuojastoimenpiteet, sekä niiden aikataulut ja vastuussa olevat tahot. Räjäh-

dyssuojaustoimenpiteenä hienojakoista pölyä tuottavat hiomakoneet siirretään uuteen järjestelmään vuonna 2008 ja hankitaan purun-/pölynpoistojärjestelmään sammutuslaitteisto.

Räjähdyssuojaustoimenpiteet on jaettu teknisiin ja organisatorisiin toimenpiteisiin. Teknisiin toimenpiteisiin luetaan koneisiin tehtävien muutosten lisäksi tekniset järjestelyt, kuten siivous- ja kunnossapitokäytännöt. Organisatorisiin räjähdys-suojaustoimenpiteisiin kuuluvat ihmisten käyttäytymiseen ja turvallisuusjohtami- seen liittyvät seikat, kuten koulutukset ja olemassa olevat tai käyttöön tulevat oh- jeet. (Ahola & Pentinlehto 2007, 6).

#### 5.1.1 Jäännösriski ja mahdollisen räjähdyn seuraukset

Toimenpiteistä huolimatta pölyräjähdyn mahdollisuutta ei kokonaan saada poistettua. Syttyminen leveänauhahiomakoneella tai sen pölynpoistojärjestelmässä voi tapahtua siten, että koneen sisällä tapahtuu äkillinen hulmahdus (eli pölypilvi saa sytykkeen esimerkiksi hiomanauhan katketessa), joka voi vahingoittaa koneel- la työskenteleviä. Palorintama leviää pölynpoistoputkia pitkin suodatinyksikköön, jossa voi tapahtua voimakas pölyräjähdys. Vastaavasti suodatinyksikössä tapahtu- nut syttyminen voi aiheuttaa pistoliekejä leveänauhahiomakoneelle, jonka lähei- syydessä työskentelevät henkilöt voivat loukkaantua. (Ahola & Pentinlehto 2007, 6).

Syttymiset muilla puuntyöstökoneilla tai suuressa purun- /pölynpoistojärjestelmässä voi tapahtua kun puuntyöstökoneella syntynyt kipinä pääsee purun-/pölynpoistojärjestelmään ja sen suodatinyksikköön, voi seuraukse- na olla voimakas räjähdys ja tulipalo, joka pahimmassa tapauksessa aiheuttaa pis- toliekejä kaikille järjestelmässä oleville puuntyöstökoneille. (Ahola & Pentinleh- to 2007, 6).

Työtiloissa käytettävät laitteet pitää tarkistaa joko laitemerkinnöistä eli Ex- räjähdysuojausmerkinnästä ja CE -merkinnästä tai ”vanhalle” laitteelle tehdyn

riskiarvioinnin perusteella (Laaksonen 2005, 12). Pölyisissä tiloissa, joissa erilaisille pinnoille voi muodostua pölykertymiä, ei saa käyttää laitteita, joiden pintalämpötila on yli 100 astetta kaikissa käyttöolosuhteissa pölykerroksen itsesyttymisvaaran takia. Jos pinnalle ei voi kertyä pölyä, voidaan käyttää laitteita, joiden pintalämpötila voi nousta enintään 200 asteeseen. (Laaksonen 2005, 14.)

Puupöly voi räjähtää, kun keskimääräinen hiukkaskoko on pienempi kuin puoli millimetriä, puupölyn pitoisuus ilmassa on suurempi kuin 20 grammaa kuutiometrissä ( $\text{g/m}^3$ ), syttymislämpötila 400 astetta ja hehkumislämpötila 200 astetta (Ahola & Pentinlehto, 2), joissakin tilanteissa jopa 100 – 125 asteen pintalämpötilaa voidaan pitää vaarallisena. (Laaksonen 2005, 15.)

## 5.2 Vanha purun- ja pölynpoistojärjestelmä

Valumallipuolen ja puuosaston koneistuspuuru ja -pöly menevät nyt samaan poistojärjestelmään (kuvat 1 ja 2), poikkeuksena on kokoonpanosalin leveänauhahioma-koneen hiontapöly, jolla on oma erillinen pölynpoistojärjestelmänsä (kuva 3).



Kuva1. Valumallin valmistuksen, puuosaston koneistussalin ja kokoonpanosalin purunpoistojärjestelmän suodatinyksikkö sekä purukontti.



Kuva 2. Valumallin valmistuksen, puuosaston koneistussalin ja kokoonpanosalin purunpoistojärjestelmän puhaltimet, imetyn ilman ulospuhallusaukot ja suodatetun ilman takaisinkierätyskanavistot.

Suodatinyksikkö ja puhaltimet palvelevat tällä hetkellä valumallin valmistussalin puuntyöstökoneita ja puuosaston koneistussalin sekä kokoonpanosalin puuntyöstökoneita. Koneistuspurut ja -pölyt tippuvat painepuhalluksen avulla suodattimen pohjalle, josta ketju/kolakuljetin siirtää purut sekä pölyt sulkusyöttimelle, jonka läpi ne siirtyvät suoraan purukonttiin. Kuvassa 2 näkyvät aukot, joista koneistussaleista imetty ilma voidaan puhalttaa ulos tai läpällä suljettuna imetty ilma puhalletaan takaisin työsaleihin.



Kuva 3. Puuosaston kokoonpanosalin leveänauhahiomakoneen pölynpoistojärjestelmän suodatinyksikkö sekä puhallin.

Suodatinyksikössä letkusuodatinpussit ravistetaan puhtaaksi puhaltimen pysähtyessä. Pölyt tippuvat metallisäiliöihin, jotka pitää tyhjentää käsin niiden täytyttyä.

Valumallipuolta palvelee tällä hetkellä yksi 18,5 kilowatin (kW) kuljetuspuhallin. Puuosaston koneistussalia palvelee kaksi 22 kW kuljetuspuhallinta ja kokoonpanosalia palvelee myös kaksi kuljetuspuhallinta, 22 kW puhallin ja 11 kW puhallin. Kuljetuspuhaltimet on asennettu poistojärjestelmään ennen suodatinta eli puru ja pöly kulkevat puhaltimen läpi. Poistojärjestelmän kuljetuspuhaltimet ovat suoravetomallia ja ne on varustettu itsepuhdistuvilla siivillä. Suodatinyksiköt ovat mallia elementtisuodatin/letkusuodatin. Suuremman suodattimen pohjalla toimii kolakuljetin. Kolakuljetin kuljettaa purut ja pölyn sulkusyöttimelle ja sitä kautta purut ja pölyt päätyvät konttiin. Huonoa järjestelmässä on se, että suodatinyksikön pohjalla oleva kolakuljetin voi helposti mennä epäkuuntoon, jos pitkä puukappale pääsee imuriputkia pitkin suodatinyksikköön, jolloin se aiheuttaa kolakuljettimen ketjujen menemisen pois paikaltaan. Suodatinpussit puhdistetaan lohkoittain painepuhalluksen avulla.

Leveänauhahiomakonetta palvelee 7,5 kW kuljetuspuhallin ja se on asennettu suodattimen jälkeen eli puhtaalle puolelle. Leveänauhahiomakoneen suodatin tyhjentää pölyn suoraan kahteen metalliseen säiliöön, jotka tyhjenetään käsin tarvittaessa. Suodattimessa letkusuodattimet puhdistetaan taukojen aikana täryttämällä ja ravistamalla.

Nykyisissä purun- ja pölynpoistojärjestelmissä ei ole kipinän sammutuslaitteistoja eikä kuivasprinklereitä. Suodattimet on varustettu suodatinovilla, jotka ovat jousikuormitteiset ja toimivat samalla räjähdyspaineen vapauttajina. Imetty ilma kierrätetään talvella takaisin ja lämpöisenä aikana imettyä ilmaa ei palauteta takaisin, vaan puhalletaan suoraan ulos. Poistojärjestelmässä ei ole lämmön talteenottoa. Työsalit siivotaan päivittäin harjaamalla ja tarvittaessa puhalletaan paineilmalla koneita puhtaaksi. Koneistussalin vannesahalla sahauspöly ja purut eivät lähde kunnolla pois.

Valumallinvalmistuksessa työstökoneiden määrä on lisääntynyt alkuperäisestä konekannasta (kuva 4,5 ja 6), koneistussaliin (kuvat 7, 8 ja 9) ja kokoonpanosaliin on hankittu koneita, joiden purun- ja pölynpoisto tarve on verrattain suuri, kuten esimerkiksi koneistussalin CNC-jyrsin, jonka ilman virtaustarve on 5000 m<sup>3</sup>/h. Lisäksi uusissa puuntyöstökoneissa on kaksi imupaikkaa. Esimerkiksi uusissa alajyrsinkoneissa on alaimu pöydän alta, sekä normaali purunpoistohuuva koneen pöydällä. Puuosaston koneistussalin ja kokoonpanosalin kaikissa työstökoneiden imuputkissa ei ole sulkupeltejä. Valumallipuolen työstökoneiden imuputkiin on asennettu sähköisesti ohjatut ja pneumaattisesti toimivat sulkupellit.



Kuva 4. Valumallinvalmistuksen työsalin.



Kuva 5. Valumallinvalmistuksen työsalin.





Kuva 6. Valumallinvalmistuksen työsalin CNC -jyrsin.



Kuva 7. Puuosaston koneistussali



Kuva 8. Puuosaston koneistussali



Kuva 9. Puuosaston koneistussali

Kuvat 7, 8 ja 9. Koneistussalista löytyy yhteensä 21 kappaletta erilaisia puutyöstökoneita

Nykyisin puuntyöstökoneita voidaan käyttää ilman, että poistojärjestelmä olisi päällä. Kokoonpanosalin kaikilla sorveilla ei ole pölyn- ja purunpoistoa ollenkaan. Sorvien poistohuuvat ovat kyllä paikoillaan, mutta niitä ei ole kytketty poistojärjestelmään. Kokoonpanosaliin vaihdetun leveänauhahiomakoneen (kuva 10) johdosta erillinen pölynpoistojärjestelmä on liian pieni, koska uudessa koneessa on enemmän imuliitäntöjä ja koneen ilman virtausmääräntarve on 10.000 m<sup>3</sup>/h. Talvisin erillinen pölynpoistojärjestelmä voi jäätyä, jolloin leveänauhahiomakonetta ei voida käyttää. Lisäksi se on tehoton. Nykyistä poistojärjestelmää ei voi säätää käytön mukaan.



Kuva 10. Puuosaston kokoonpanosali.

Kuvassa 10 on kokoonpanosalin uusi leveänauhahiomakone. Hiomakoneessa on seitsemän kappaletta imuliitäntöjä, kun niitä vanhassa hiomakoneessa oli yhteensä kolme kappaletta



Kuva 11. Puuvaraston pystysaha/levynpaloittelusaha.

Pystysahassa on tällä hetkellä oma siirrettävä pussi-imuri.

### 5.3 Uudet purun- ja pölynpoistojärjestelmät

Markkinoilla on kaksi vaihtoehtoa pölyn- ja purunpoistosuodatinjärjestelmäksi. Toinen on suorakaiteen muotoinen suodatinyksikkö (elementtisuodatin), jonka sisällä on letkusuodattimia. Yhden moduulin peruskoko on leveys 1200 millimetriä ja pituus 2400 millimetriä. Perusmoduuleita kytketään riittävä määrä peräkkäin riippuen tarvittavasta suodatuskapasiteetista. Suodatintyypillä voidaan suodattaa ilmasta puu - ja paperijätettä. Suodattimet soveltuvat myös räjähdysherkälle puupölylle. Suodattimet toimivat ylipaineisena. (Scandab 2007.)

Puupuru ja puupöly menevät letkusuodattimen sisälle ja kerääntyvät letkusuodattimen sisäpinnalle, jolloin suodattimen paine kasvaa ja puhaltimen teho pienenee (Heliander 2008). Suodatintyypissä letkusuodattimet voidaan puhdistaa joko ravistuspuhdistuksella tai regenerointipuhaltimilla (Scandab 2007), jotka ovat noin 1,1 – 1,5 kW tehoisia ja tarvitsevat ilmaa 5600 m<sup>3</sup>/h ja käyttöpaine on 0,008 baria, joilla puhdistetaan 28 - 40 kappaletta letkusuodattimia samanaikaisesti. Jokaisessa moduulissa on oma puhdistuspuhaltimensa. Päämureiden sammutuksen yhteydes-

sä puru ja pöly putoavat pois letkusuodattimista, jolloin loppupuhdistuksen ajaksi tulee erittäin paljon hienoa purua. (Heliander 2008.)

Purun- ja pölynpurku tapahtuu suodattimesta sukusyöttimellä, ruuvikuljettimella tai ketjukuljettimella. Järjestelmät pystyvät suodattamaan ilmaa noin 1500 – 300.000 m<sup>3</sup>/h riippuen suodattimen koosta sekä suodatettavasta materiaalista. (Scandab 2007.)

Moduulisuodattimet ovat kookkaampia kuin saman suodatuskyvyn omaavat syklonimalliset suodattimet. Moduulisuodattimessa letkusuodattimet vaihdetaan puru/pölypuolelta. Moduulisuodattimessa puhallin asennetaan aina ennen suodatinta eli pöly ja puru kulkevat puhaltimen läpi, jolloin puhaltimen kuluminen, sähköntehon tarve ja äänitaso on korkeampi verrattuna puhtaanpuolen puhaltimeen. Lisäksi puhallin voi aiheuttaa kipinöintiä, jos imuilmassa on kiviä, ruuveja yms. (Heliander 2008.)

Toinen perustyyppi on syklonimallinen suodatinyksikkö. Lieriönmallisessa suodatinyksikössä on letkusuodattimet sisällä. Suodattimen halkaisija voi olla noin 1,7 metristä kuuteen metriin. Korkeutta syklonisuodattimilla voi olla noin viidestä metristä yhteentoista metrin saakka. (Scandab 2007.)

Syklonimallisessa suodattimessa puupuru ja puupöly kerääntyvät letkusuodattimen ulkopinnalle. Suodatinmalli on jatkuvatoiminen eli puru poistuu painovoiman vaikutuksesta ja suodatin pystyy poistamaan purusta 80 – 90 prosenttiin mekaanisesti sisäänajon yhteydessä. Joten hieno pöly tarttuu suodattimen ulkopintaan eikä ilmanpaine pakota pölyä suodattimeen kiinni eli se putoaa jäämättä suodattimeen pitkäksi aikaa, siksi loppupuhdistuksessa purukertymä on verrattain pieni. Purua ei siis kerry letkusuodattimien pintaan eli suodatusteho pysyy ajon aikana vakiona. (Heliander 2008.)

Syklonisuodattimia on noin 7500 – 160.000 m<sup>3</sup>/h ilmamäärän suodattamiseen epäpuhtauksista. Suodatinmallia käytetään esimerkiksi puu-, paperi- ja metalliteolli-

suudessa. Suodatinmalli on tarkoitettu toimimaan alipaineella tai ylipaineella. (Scandab 2007.)

Syklonisuodatin on tarkoitettu jatkuvaan käyttöön ja letkusuodattimet puhdistetaan paineilman avulla, jolloin erillistä puhdistuspuhallinta ei tarvita. Syklonisuodattimessa letkusuodattimet puhdistetaan yksi kerrallaan neljästä viiteen barin paineella ja ilman kulutus on noin 400 nettolitraa minuutissa. Syklonisuodatin on ulkomitoiltaan pienempi kuin saman suodatuskapasiteetin moduulisuodatin eli sillä on vähemmän ulkopinta-alaa, josta se luovuttaa lämpöä ulkoilmaan talvella. Energiatehokkuus on tätä kautta parempi kuin moduulisuodattimilla. (Heliander 2008.)

Syklonisuodattimessa letkusuodattimien huolto voidaan suorittaa puhtaan tilan puolelta eli suodattimia vaihdettaessa ei tarvitse mennä lainkaan likaiselle puolelle. Vaurioitunut suodatin voidaan vaihtaa yläkautta, jolloin huoltotyöt tehdään kaikki puhtaan tilan puolelta. Suodattimen sisällä oleva purun ja pölyn määrä on huomattavasti pienempi kuin moduulisuodattimeen verrattuna, jolloin palokuorma suodattimessa on pienempi. (Heliander 2008.)

Syklonisuodattimessa puhallin on asennettu puhtaalle puolelle eli suodattimen jälkeen, jolloin tehon tarve ja kuluminen ovat pienempiä. Puhaltimen äänitaso on myös pienempi. Lisäksi voidaan käyttää hyötysuhteeltaan tehokkaampia puhaltimia. (Heliander 2008.)

Molemmissa järjestelmissä on siis mahdollisuus painepuhallukseen suodatinpuskien puhdistamisen yhteydessä. Pölypussien materiaali on parantunut kahdeskymmenessä vuodessa huomattavasti, sillä niistä on saatu kestävämpiä ja puhdistuvampia. Materiaaleina on esimerkiksi antistaattista polyesteriä. (Scandab 2007.)

Imureita on erilaisia riippuen siitä, mihin kohtaan poistojärjestelmää puhallin on tarkoitus asentaa ja mitä epäpuhtauksia ilmassa on. Puhaltimien juoksupyöriä valmistetaan puhtaan ilman, purun sekä hakkeen siirtämiseen. Puhtaalle ilmalle tarkoitettu juoksupyörä, jossa siivet kaartuvat taaksepäin, soveltuu myös hieman hie-

noa pölyä sisältävän ilman siirtoon. Hyötysuhde tällä juoksupyörätyypillä voi olla jopa 87 prosenttia. (Scandab 2007.)

Imurin juoksupyörä on malliltaan osittain itsepuhdistuva, siinä juoksupyörän siivet on kallistettu hieman taaksepäin. Imuri on tarkoitettu purulle mutta se soveltuu, myös hiontapölyn, kiillotuspölyn ja purun siirtoon. Täpäntyyppisellä juoksupyörällä hyötysuhde voi olla jopa 81 prosenttia. (Scandab 2007.)

Siirtojuoksupyörä on tarkoitettu puulastun ja hakkeen siirtoon, sen siivet ovat suorat ja se on itsepuhdistuvaa mallia. Siirtojuoksupyörän hyötysuhde voi olla jopa 61 prosenttia. (Scandab 2007.)

Imureita on saatavissa keskipaineelle eli 3500 - 5000 Pascalin paineluokkaan saakka sekä korkeapaineille eli 9000 Pascalin paineelle saakka (Scandab 2007).

Imureita on saatavissa suoravetomallina, joka on tarkoitettu 700 - 15.000 m<sup>3</sup>/h ilmamäärille, poistoimuri on tarkoitettu keskipaineelle. Korkeapaineelle tarkoitettu imuri on joko suoravetoinen ja on tarkoitettu 500 – 25.000 m<sup>3</sup>/h ilmamäärille tai hihnavetoinen malli, joka on tarkoitettu 3000 – 120.000 m<sup>3</sup>/h ilmamäärien siirtämiseen. (Scandab 2007.)

Imuriyksiköiden ympärille on mahdollista hankkia äänenvaimennuskammio, joka alentaa imureiden käyntiääntä eli se estää melun kantautumisen ympäristöön. Äänenvaimennuskammiota on saatavissa suoravetoimurimalleihin. (Scandab 2007.)

#### 5.4 Uuden pölynpoistojärjestelmän koko

Uusimpien puuntyöstökoneiden ohjekirjoista löytyvät valmistajan ilmoittamat ilmavirtausmäärät ja suodatustehon tarve. Tiedossa olevat tarvittavat ilmavirtausmäärät ja suodatustehontarpeet pitää ottaa huomioon suodatustehon kokonaistarvetta laskettaessa. Lisäksi pitää ottaa huomioon myös varaus suodatustarpeen lisääntymiseen tulevaisuudessa, kun vanhat työstökoneet vaihdetaan uusiin.

Taulukoista 1 ja 2 selviää, kuinka monta puuntyöstökoneetta liitetään valumallin valmistuksen työsalissa uuteen pölyn- ja purunpoistojärjestelmään. Niitä on siis yhteensä 17 kappaletta työstökoneita sekä hiontatasopöytä. Punaisella värillä on merkitty varaus uusien työstökoneiden tarvittaville puru- ja pölynpoistoliitännöille.

Taulukko 1. Valumallin valmistuksen työsalin työstökoneet ja hiontapöytä jotka liitetään purun- ja pölynpoistojärjestelmään.

Nro	Kone	1.Putken Ø mm	2.Putken Ø mm	Suodatustehon tarve m <sup>3</sup> /h
32	Vannesaha Zimmerman	100	140	
39	Tarkistuspyörösaha Casadei	120	80	
33	Laikkahiomakone CAR	150	(varaus120)	
34	Vannesaha Hema	100	(varaus120)	
35	Oikohöylä SCM	120		
40	Tasohöylä	150		
44	Hiomakone pysty	120	(varaus120)	
30	Rumpuhiomakone	120	(varaus120)	
29	Hiomakone pysty Zimmerman	80	(varaus120)	
28	Pikkujyrsin	100		
31	CNC-jyrsin Landino	150	(varaus160)	
41	Katkaisusaha	80	(varaus100)	
45	Jyrsin	100		
37	Jyrsin Zimmerman	100		
46	Puusorvi	100	100	
47	Puusorvi Zimmerman	100	100	
38	Hiontapöytä	250		4500
43	Pylväsporakone TRP-720	100		



Taulukko 2. Valumallivalmistuksen merkityksellisin työstökoneiden kokonaisuus, eli puuntyöstökoneyhdistelmä, jonka suodatustehontarve kapasiteetti on suurin, kun puuntyöstökoneilla työskennellään samanaikaisesti

Kone	1.Putken Ø mm	2.Putken Ø mm	Suodatustehon tarve m³/h	
Vannesaha Zimmerman	100	140		Päällä
Tarkistuspyörösaha Casadei	120	80		Päällä
Laikkahiomakone CAR	150	(varaus120)		Päällä
Vannesaha Hema	100	(varaus120)		Päällä
Oikohöylä SCM	120			Päällä
Tasohöylä	150			Päällä
Hiomakone pysty	120	(varaus120)		Päällä
Rumpuhiomakone	120	(varaus120)		Pois
Hiomakone pysty Zimmerman	80	(varaus120)		Pois
Pikkujyrsin	80			Pois
CNC-jyrsin Landino	150	(varaus160)		Päällä
Katkaisusaha	80	(varaus100)		Päällä
Jyrsin	100			Pois
Jyrsin Zimmerman	100			Päällä
Puusorvi	100	100		Päällä
Puusorvi Zimmerman	100	100		Päällä
Hiontapöytä	250		4500	Päällä
Pylväsporakone TRP-720	100			Pois

Taulukko 3. Puuosaston koneistussalin työstökoneet, jotka liitetään purun- ja pölynpoistojärjestelmään.

Nro	Kone	1.Putken Ø mm	2.Putken Ø mm	Suodatustehon tarve m³/h	Ilman nopeus
24	1.Tarkistuspyörösaha Aldendorf	120	80	950	(min 20 m/s)
25	2.Tarkistuspyörösaha Aldendorf	120	80		
23	Vannesaha	120	120	1000	(28 m/s)
26	Katkaisusaha	100	(varaus100)		
22	Särmäsaha	150	(varaus120)		
20	Oikohöylä Champion	140			
17	Oikohöylä SCM	120		1600	(min 20 m/s)
15	Alajyrsin SCM	120	120		
13	Alajyrsin SCM	120	60 +60	2000	
16	Listahöylä	5 x 120			(30-35 m/s)
19	Listoituskone Holtz-Her	140	(varaus100)		
12	Tapituskone	3 X 160	80		
57	CNC -jyrsinkone Woodmaster	250		5000	(min 20 m/s)
14	Tasohöylä Casadei	150			
18	Tasohöylä SCM	150		1600	(min 20 m/s)
21	Yläjyrsin	80	80		
27	Puoliautomaattisorvi	120	100		
57	JA				
58	2 kpl Taltaporakone	80	80		

Taulukko 4. Koneistussalin merkityksellisin työstökoneiden kokonaisuus.

Kone	1.Putken Ø mm	2.Putken Ø mm	Suodatustehon tarve m³/h	Ilman nopeus	
1.Tarkistuspyörösaha Aldendorf	120	80	950	(min 20 m/s)	Päällä
2.Tarkistuspyörösaha Aldendorf	120	80			Päällä
Vannesaha	120	120	1000	(28 m/s)	Päällä
Katkaisusaha	100	(varaus100)			Päällä
Särmäsaha	150	(varaus120)			Päällä
Oikohöylä Champion	140				Päällä
Oikohöylä SCM	120		1600	(min 20 m/s)	Päällä
Alajyrsin SCM	120	120			Päällä
Alajyrsin SCM	120	60 +60	2000		Päällä
Listahöylä	5 x 120			(30 - 35 m/s)	Pois
Listoituskone Holtz-Her	140	(varaus100)			Pois
Tapituskone	3 X 160	80			Päällä
CNC -jyrsinkone Woodmaster	250		5000	(min 20 m/s)	Päällä
Tasohöylä Casadei	150				Päällä
Tasohöylä SCM	150		1600	(min 20 m/s)	Päällä
Yläjyrsin	80	80			Päällä
Puoliautomaattisorvi	120	100			Pois
2 kpl Talttaporakone	80	80			Pois

Taulukoista 3 ja 4 saadaan selville koneistussalin puutyöstökoneet, jotka liitetään uuteen pölyn- ja purunpoistojärjestelmään. Niitä on yhteensä 19 kappaletta.

Taulukko 5. Puuosaston kokoonpanosalin työstökoneet ja hiontapöydät, jotka liitetään purun- ja pölynpoistojärjestelmään.

Nro	Kone	1.Putken Ø mm	2.Putken Ø mm	Suodatustehon tarve m³/h	Ilman nopeus
9,10 ja 11	Puursorveja 3 kpl	3 X 100	3 X 100		
7	Vannesaha	120	120	1000	(28 m/s)
59 JA					
60	Pöytä-/käsijyrsin 2 kpl	2 X 80			
3	Reunahiomakone	120	120		
5	Leveänauhahiomakone Bisse	2 X 160+2X120	80 +160+160	10000	
6	Viilusaha	80			
2	Pitkänauhahiomakone	160	160		
1 ja 8	2 kpl Hiontapöytiä	2 X 250		9000	
4	Isopuursorvi	120	120		
	Heloitusautomaatti	80			

Taulukko 6. Kokoonpanosalin merkityksellisin työstökoneiden kokonaisuus.

Kone	1.Putken Ø mm	2.Putken Ø mm	Suodatustehon tarve m³/h	Ilman nopeus	
Puusorveja 3 kpl	3 X 100	3 X 100		(28 m/s)	Päällä
Vannesaha	120	120	1000		Päällä
Pöytä-/käsijyrsin 2 kpl	2 X 80				Pois
Reunahiomakone	120	120			Päällä
Leveänauhahiomakone Bisse	2 X 160+2X120	80 +160+160	10000		Päällä
Viilusaha	80				Pois
Pitkänauhahiomakone	160	160			Päällä
2 kpl Hiontapöytiä	250	250	9000		Päällä
Isopuusorvi	120	120			Pois
Heloitusautomaatti	80				Pois

Taulukoista 5 ja 6 saadaan selville kokoonpanosalin työstökoneet, jotka liitetään uuteen purun- ja pölynpoistojärjestelmään. Yhteensä niitä on kymmenen kappaletta ja kaksi hiontatasopöytää.

Taulukko 7. Puuvarastossa oleva pystysaha/ levynpaloittelusaha.

Nro	Putken Ø mm	tarve m³/h
48	pystysaha/levyn paloittelusaha	80

Pölynpoistojärjestelmään liitettävien laitteiden tarvitsema kokonaisilmanpoistomäärä merkityksellisimmälle työstökoneyhdistelmille voidaan määrittellä purun- ja pölynpoistojärjestelmien edustajilta saaduista seuraavista tiedoista:

Taulukko 8. Penope Oy/ V-P Helianderilta saadut suodatustehon tarpeen arvot.

Valumallin valmistus					
Kone	1.Putken Ø mm	2.Putken Ø mm	Suodatustehon tarve m³/h		
Vannesaha Zimmerman	100	140	2096	Päällä	
Tarkistuspyörösaha Casadei	120	50	1200	Päällä	
Laikkahiomakone CAR	150	120	2600	Päällä	
Vannesaha Hema	100	120	1736	Päällä	
Oikohöylä SCM	120		1025	Päällä	
Tasohöylä	150		1582	Päällä	
Hiomakone pysty	120	120	2050	Päällä	
CNC-jyrsin Landino	150	160	3382	Päällä	
Katkaisusaha	80	100	1161	Päällä	
Jyrsin Zimmerman	100	80	1161	Päällä	
Puusorvi Landonio	100	100	1422	Päällä	
Puusorvi Zimmerman	100	100	1422	Päällä	
Hiontapöytä	250		4500	Päällä	
Yhteensä			25337		

Taulukko 9. Penope Oy/ V-P Helianderilta saadut suodatustehon tarpeen arvot.

Koneistussali					
Kone	1.Putken Ø mm	2.Putken Ø mm	Suodatustehon tarve m <sup>3</sup> /h	Ilman nopeus	
1.Tarkistuspyörösaha Aldendorf	120	80	950	(min 20 m/s)	Päällä
2.Tarkistuspyörösaha Aldendorf	120	80	1475		Päällä
Vannesaha	120	120	1000	(28 m/s)	Päällä
Katkaisusaha	100	100	1422		Päällä
Särmäsaha	150	120	2607		Päällä
Oikohöylä Champion	140		1385		Päällä
Oikohöylä SCM	120		1600	(min 20 m/s)	Päällä
Alajyrsein SCM	120	120	2050		Päällä
Alajyrsein SCM	120	60 +60	2000		Päällä
Tapituskone	3 X 160	80	5850		Päällä
CNC -jyrsinkone Woodmaster	250	120	5000	(min 20 m/s)	Päällä
Tasohöylä Casadei	150		1582		Päällä
Tasohöylä SCM	150		1600	(min 20 m/s)	Päällä
Yläjyrsein	80	80	900		Päällä
Yhteensä			29421		

Taulukko 10. Penope Oy/ V-P Helianderilta saadut suodatustehon tarpeen arvot.

Kokoonpanosali					
Kone	1.Putken Ø mm	2.Putken Ø mm	Suodatustehon tarve m <sup>3</sup> /h	Ilman nopeus	
Puusorveja 3 kpl	3 X 100	3 X 100	4266		Päällä
Vannesaha	120	120	1000	(28 m/s)	Päällä
Reunahiomakone	120	120	2050		Päällä
Leveänauhahiomakone					
Bisse	2 X 160+2X120	80 +160+160	10000		Päällä
Pitkänauhahiomakone	160	160	3600		Päällä
2 kpl Hiontapöytiä	250	250	9000		Päällä
Yhteensä			29916		

Taulukko 11. Dantherm Filtration Oy/ J. Piipolta saadut suodatustehon tarpeen arvot.

Valumallipuoli				
Kone	1.Putken Ø mm	2.Putken Ø mm	Suodatustehon tarve m <sup>3</sup> /h	
Vannesaha Zimmerman	100	140	2100	Päällä
Tarkistuspyörösaha Casadei	120	50	1300	Päällä
Laikkahiomakone CAR	150	120	2600	Päällä
Vannesaha Hema	100	120	1750	Päällä
Oikohöylä SCM	120		1100	Päällä
Tasohöylä	150		1800	Päällä
Hiomakone pysty	120	120	2050	Päällä
CNC-jyrsin Landino	150	160	3625	Päällä
Katkaisusaha	80	100	1200	Päällä
Jyrsin Zimmerman	100	80	1200	Päällä
Puusorvi Landonio	100	100	1450	Päällä
Puusorvi Zimmerman	100	100	1450	Päällä
Hiontapöytä	250		4500	Päällä
Yhteensä			26125	

Taulukko 12. Dantherm Filtration Oy/ J. Piipolta saadut suodatustehon tarpeen arvot.

Koneistussali					
Kone	1.Putken Ø mm	2.Putken Ø mm	Suodatustehon tarve m <sup>3</sup> /h	Ilman nopeus	
1.Tarkistuspyörösaha Aldendorf	120	80	1500	(min 20 m/s)	Päällä
2.Tarkistuspyörösaha Aldendorf	120	80	1500		Päällä
Vannesaha	120	120	2300	(28 m/s)	Päällä
Katkaisusaha	100	100	1500		Päällä
Särmäsaha	150	120	2600		Päällä
Oikohöylä Champion	140		1450		Päällä
Oikohöylä SCM	120		1200	(min 20 m/s)	Päällä
Alajyrsin SCM	120	120	2050		Päällä
Alajyrsin SCM	120	60 +60	2000		Päällä
Tapituskone	3 X 160	80	6500		Päällä
CNC -jyrsinkone Woodmaster	250	120	5000	(min 20 m/s)	Päällä
Tasohöylä Casadei	150		1800		Päällä
Tasohöylä SCM	150		1600	(min 20 m/s)	Päällä
Yläjyrsin	80	80	1000		Päällä
Yhteensä			32000		

Taulukko 10. Dantherm Filtration Oy/ J. Piipolta saadut suodatustehon tarpeen arvot.

Kokoonpanosali					
Kone	1.Putken Ø mm	2.Putken Ø mm	Suodatustehon tarve m <sup>3</sup> /h	Ilman nopeus	
Puusorveja 3 kpl	3 X 100	3 X 100	4250	(28 m/s)	Päällä
Vannesaha	120	120	2300		Päällä
Reunahiomakone	120	120	2050		Päällä
Leveänauhahiomakone Bisse	2 X 160+2X120	80+160+160	10000		Päällä
Pitkänauhahiomakone	160	160	3650		Päällä
2 kpl Hiontapöytiä	250	250	9000		Päällä
Yhteensä			31250		

Saatujen suodatustarvearvojen mukaan valumallinvalmistuksen työsalin suodatustarve merkityksellisimmällä työstökoneyhdistelmällä on noin 25.700 m<sup>3</sup>/h. Puuosaston koneistussalin suodatustarve on noin 30.700 m<sup>3</sup>/h ja kokonpanosalin suodatustarve on noin 30.500 m<sup>3</sup>/h. Yhteensä koko järjestelmän suodatustehon tarve on noin 86.900 m<sup>3</sup>/h.

### 5.5 Hankittavan uuden purun- ja pölynpoistojärjestelmän ominaisuudet

Uuden hankittavan pölyn- ja purunpoistolaitteiston on täytettävä kaikki voimassa olevat lait, asetukset ja ohjeet eli standardin SFS-EN 12779 vaatimukset, Valtioneuvoston VNa 576/2003 määräykset, työturvallisuuslain vaatimukset ja Opetushallituksen suunnitteluohjeet.

Uudessa purun- ja pölynpoistojärjestelmässä jokaista työsalia palvelee oma puhallin sekä suodatinyksikkö eli tarvitaan kolme erillistä purun- ja pölynpoistojärjestelmää, joita voidaan ohjata itsenäisesti käyttötarpeen mukaan. Suodattimet ja puhaltimet sijoitetaan ulos nykyistä järjestelmää suuremman suodattimen ja puhaltimien tilalle. Uusille poistojärjestelmille tarvittavaa tilaa varataan laajentamalla nykyistä tilaa, jossa suodatin ja puhaltimet sekä kontti sijaitsevat.

Järjestelmän poistopuhaltimia ohjataan taajuusmuuntajilla eli puhaltimien pyörimisnopeutta voidaan säätää tarpeen mukaan riippumatta siitä, montako työstökoneita on käytössä työsalissa. Putkisto on mitoitettava siten, että riittävä ilman-

nopeus saavutetaan koko putkiston matkalla myös silloin, kun käytössä on vain osa työstökoneista eli yhdestä työstökoneesta merkityksellisimpään koneyhdistelmään asti. Puhaltimien taajuusmuuntajia ohjataan alipaineantureilta saadun tiedon perusteella. Anturit on sijoitettu imuputkiston suodattimesta katsottuna kaukaisimman imuputken perälle (Piippo 2007).

Jokaiseen työstösaliin asennetaan jokaiselle työstökoneelle ja hiontatasopöytien poistoputkiin sähköisesti ohjatut ja pneumaattisesti toimivat sulkupellit, jotka aukeavat koneen käynnistyessä eli työstökoneita ei voi käyttää, ellei imuri ole päällä. Hiontatasopöytien sulkupeltien ohjaus tapahtuu kaukokäytöllä valvontakopista.

Työsalit eivät muodosta omia erillisiä paloalueita, vaan työsalit sekä puuvarasto ovat samaa paloaluetta. Järjestelmään asennettavat palopellit on varustettava selkeällä asennonosoituksella tai hälytyksellä. Lisäksi on oltava uudelleen virittämiin mahdollisuus putkiston ulkopuolelta tai laitettava palopellin lähelle tarkistusluukku, josta uudelleen virittäminen on mahdollista. Putkistot on varustettava mahdollisessa räjähdystilanteessa paineesta sulkeutuvilla takaiskupelleillä, ettei liekkirintama pääse purkautumaan imuputkia pitkin työsaliin. Takaiskupeltien toiminnan varmistamiseksi tarkoituksen mukaisesti on ne sijoitettava kohtaan, jossa on suoraa putkea vähintään kaksi metriä takaiskuläpän jälkeen (Scandab, 2007). Putket joiden halkaisija on 560, 630 ja 710 millimetriä edellyttävät, että suoraa putkea on vähintään viisi metriä takaiskuläpän jälkeen (Scandab 2007).

Putkisto on myös varustettava niin, että sinne mahdollisesti pääsevät isommat puunkappaleet eivät kulkeudu suodattimelle asti rikkomaan letkusuodattimia ja että puukappaleet on helppo poistaa putkistosta. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi puukappaleloukulla, joka aukeaa, kun järjestelmä pysähtyy ja sulkeutuu, kun riittävä alipaine on putkistoon muodostunut (Piippo 2007).

Purun- ja pölynpoistojärjestelmä varustetaan kipinätunnistus- ja sammutusjärjestelmällä. Järjestelmässä käytetään vettä sammutusaineena. Sammutusjärjestelmä vaatii kuudesta yhdeksään metriä suoraa putkea kipinän ilmaisuuden ja sammutuskohdan välillä, jotta se toimisi suunnitellusti. (Laaksonen 2005, 18). Suodattimet

ja purukontti varustetaan kuivasprinklereillä, joissa on palokunnan syöttöliitin. Sähkömoottoreita ja puhaltimia vahditaan pintalämpötila-antureilla. Tilanteessa jossa moottoreiden ja puhaltimien pintalämpötilat nousevat liian korkeiksi pysähtyy järjestelmä automaattisesti.

Työsaleista imetty poistoilma kulkee läpi suodatinyksiköiden, jossa purut ja pölyt suodatetaan poistoilmasta pois. Suodattimien jälkeen poistoilma kulkee puhaltimien läpi, eli puhaltimet ovat järjestelmässä puhtaalla puolella, koska näin vältetään kivien ja pienten metalliesineiden aiheuttamasta kipinöintivaarasta. Puhaltimien jälkeen poistoilma suodatetaan vielä ennen lämmöntalteenottopattereita. Jälkisuodattimen tarkoituksena on, että lämmöntalteenottopatteri pysyisi puhtaana, kun suodattimessa tapahtuu suodatinletkun rikkoutuminen. Poistoilma kulkee siis lämmön talteenottojärjestelmän läpi ja puhalletaan ulkoilmaan.

Purun- ja pölynpoistojärjestelmän moottoreiden taajuusmuuttajilta pitää saada pyörimisnopeustieto, esimerkiksi nolasta kymmeneen voltia DC tuloilmakoneen ohjausta varten eli sillä ohjataan korvausilmajärjestelmän moottoreiden pyörimisnopeutta. (Virtanen 2008.)

Purun- ja pölynpoistojärjestelmään tulee liittää riittävä määrä siivousletkun liitäntöjä. Siivousletkujen tulee ylittää kaikkiin työstökoneisiin, jotta työstökoneet voidaan tarvittaessa imuroida puhtaaksi.

## 5.6 LVI – suunnittelussa huomioitavat seikat

Lämmöntalteenottojärjestelmän lämmönsiirtimenä voi olla levylämmönsiirrin tai glykolitäytteinen lämmönsiirrin. Pyöriväroottorinen lämmönsiirrin olisi hyötysuhteeltaan tehokkain, mutta se voi siirtää epäpuhtauksia pois puhallettavasta ilmasta korvausilmapuolelle (Virtanen 2008.). Pyöriväroottorinen lämmönsiirrin ei ole tiivis ajatellen pölyräjähdyksessä syntyvän liekin etenemistä ja miten lämmönsiirtimen rakenne kestää mahdollisen räjähdyspaineen. Paloteknisesti on parempi, että poispuhallettava ilma ja korvausilma eivät sekoitu keskenään missään vaiheessa,



eli poistoilma ja korvausilma kulkevat omissa putkistoissaan (Laaksonen 2005, 20).

LVI -suunnitelma täytyy tehdä yhteistyössä tulevan purun- ja pölynpoistojärjestelmän toimittajan kanssa, koska pitää suunnitella järkevästi putkistojen paikat, eli miten ja minne lämmöntalteenotto on järkevintä sijoittaa, sekä mihin kohtiin voidaan korvausilman putkistot sijoittaa ja asentaa työtiloihin niin, etteivät tarvittavat putkistot ole toistensa tiellä työsaleissa. Suunnittelussa pitää huomioida korvausilman tuonti ja jakaminen työsaleihin tasaisesti, ettei synny vedon tunnetta. Lisäksi pitää suunnitella, minne on järkevää sijoittaa ilmastointikonehuoneet, joissa korvausilma lämmitetään sopivaan lämpötilaan ennen puhaltamista työsaleihin. Pitää myös varmistaa riittääkö kaukolämpöjärjestelmän putkisto ja lämmönsiirtimen teho, eli riittääkö se lämmittämään ulkoa tulevaa korvausilmaa talvipakkasilla.

Lisäksi LVI-urakkaan kuuluu kipinänilmaisuus ja sammutusjärjestelmän vedensyötöputkien vetäminen tarvittavien putkistojen kohdille, joihin tuleva purun- ja pölynpoistojärjestelmän toimittaja voi kytkeä sammutuslaitteistojen putket.

Työsaleihin tarvittava korvausilma imetään riittävän kaukaa purun- ja pölynpoistojärjestelmän ulospuhallusaukoista, ettei samaa poistoilmaa kierrätetä takaisin sisälle. Tarvittavat etäisyydet löytyvät Suomen rakentamismääräyksistä D2:sta, mikä pitää ottaa huomioon tehtäessä LVI-suunnittelua.

LVI-suunnittelussa ja urakoinnissa pitää ottaa huomioon myös ilman kostutus. Talvella työsaleissa ilman suhteellinen kosteus on matala johtuen ulkoilman alhaisesta suhteellisesta ilmankosteudesta. Ilman lisäkostutus voidaan toteuttaa esimerkiksi sumuttamalla vettä korkeapainesuuttimien läpi hienojakoisena sumuna työskentelytilaan. Kostutusjärjestelmässä pitää olla letkurikkovahti, ettei vettä juokseta työsaliin letkun rikkouduttua.

Työsalin korvausilman jako ja ilmavirtausmäärä pitää suunnitella siten, että työsalit ovat sopivan alipaineisia, mutta hiontatasopöytien yläpuolelle pitää korvausil-

ma tuoda ylipaineisena, kuten liitteessä 1, jossa on tutkittu hiontapöytää ja hyväksi havaittu toteutus korvausilman tuonnista hiontapöydän yläpuolelle.

## 5.7 Hiontapöydät

Markkinoilla on kaksi erityyppistä hiontapöytämallia. Avonainen malli on tyypiltään suora pöytätaso, joka soveltuu hyvin erikokoisten kappaleiden hiontaan, mutta vaatii suuren ilmanpoistomäärän. Avonaiseen malliin voidaan liittää tarvittaessa sivuimu, jos hiottavat kappaleet peittävät koko hiontapöydän. Toinen malli on niin sanottu suljettu malli, jossa hiontapöydän päädyissä on seinät ja pölynpoisto on hoidettu pöydän läpi sekä takapäädyn kautta. Tässä mallissa voidaan tarvittavaa ilmavirtaa pienentää, koska poisto voidaan kohdentaa tarkemmin. (PPT-Filter 2007). Työtaso eli ritilä voidaan tehdä metallisena, vanerista tai huovalla pinnoitusta puusta (PPT-Filter 2007 ja Suomen Imurikeskus Oy 2007).

Työterveyslaitos on tutkinut VTT kanssa hiontapöydän mallia ja tilavuusvirtoja (liitteet 1 ja 2). Tutkitussa mallissa käytettiin avonaista mallia, jossa korvausilma johdetaan työpisteen yläpuolelle. Tällä järjestelmällä päästiin pölypitoisuusarvona alle yksi milligrammaailmakuutiometrissä, tätä arvoa voidaan pitää tavoitetasona myös puuosaston kokoonpanosalissa sekä valumallinvalmistuksessa. Koska kokoonpanosali on ahdas, on järkevää hankkia avonaisia hiontapöytiä, koska niillä voi useampikin opiskelija hioa samanaikaisesti puukappaleita käsin tai koneellisesti.

Hiomapöydät tehdään yleensä tilauksesta asiakkaan haluamiin mittoihin. Pöydän rakenteen tulee olla järeä ja kestävä, jotta se kestää erilaisten opiskelijoiden käytössä. Avonaiset hiontapöydät maksavat noin 3000 euroa kappale riippuen hiontapöydän ominaisuuksista. Hiomapöytien koko puuosaston kokoonpanosaleissa tulee olemaan 1200 x 2400 neliömillimetriä ja valumallinvalmistuksen hiomapöydän koko tulee olemaan 1200 x 2000 neliömillimetriä. Hiontatasojen pintamateriaali vaihtoehdot ovat joko koivuvaneripinta tai massiivipuuritulä.

## 6 PURUN- JA PÖLYNPOSTOJÄRJESTELMÄN UUSIMISEN URAKKARAJAT, URAKKA-AIKATAULU JA KUSTANNUKSET

### 6.1 Puru- ja pölynpoistojärjestelmä sisältää:

- kolme kappaletta suodatinyksiköitä puhaltimiseen
- imuputkistot ja niihin kuuluvat varusteet kuten esimerkiksi räjähdyksen esto, sähköohjatut pneumaattisesti toimivat sulkupellit, taipuisat putket, työstökoneet liitettynä järjestelmään ym.
- moottoreiden taajuusmuuntajat ja järjestelmän ohjauksen
- purukontin koukkuvarusteella
- kaikki edellä mainitut laitteet paikoilleen käyttökuntoon asennettuna ja koekäytettynä
- vanhojen laitteiden purkamisen, poiskuljettamisen, kierrättämisen tai hävittämisen asianmukaisesti
- kolme kappaletta hiontapöytiä toimitettuna ja asennettuna
- imuhuvien toimittamisen ja asentamisen neljään sorviin

(Ahola & Pentinlehto 2007; Pentinlehto & Virtanen 2007 - 2008)

### 6.2 LVI-urakointi sisältää:

- tulolimakoneiden ja korvausilma putkistojen toimittamisen ja asentamisen
- lämmöntalteenottojärjestelmän toimittamisen ja asennuksen
- tuloilman lämmityspattereiden vaatimien lämpölinjojen asentamisen
- lämpökeskuksen lämmönsiirtimeen riittävyyden varmistamisen
- kipinänsammutusjärjestelmän vedensyöttöputkien asentamisen

- työtilojen ilmankostutuksen

(Pentinlehto & Virtanen 2008)

### 6.3 Automaatiourakka sisältää:

- tuloilmakoneiden säätöautomatiikan toteutuksen
- poistopuhaltimen ja tuloilmakoneiden kytkemisen siten, että tuloilmakone seuraa poistopuhaltimen pyörintänopeutta ja sitä kautta säätää korvausilman määrää
- tarvittavat hälytysten siirrot.

(Virtanen 2008)

### 6.4 Sähköurakka sisältää:

- poistopuhaltimien ja purun- ja pölynpoistojärjestelmän sähkösyöttöjen asentamisen
- syöttävän sähkökeskuksen kapasiteetin määrittämisen ja tarvittaessa keskuksen laajentamisen
- uusientuloilmakoneiden sähköasennukset
- jokaisen työstökoneen imusulkupellin ohjauksen siten, että sulkupelti aukeaa koneen käynnistyessä sekä mahdollisuus huoltoasentoon
- jokaisen työstökoneen käynti ja käyttöluvut ja hätäseis asennot kaukokäytönä valvojan työtilasta. (Työstökone ei saa käynnistyä ellei valvoja ole antanut lupaa, eikä poistojärjestelmä ole toimintakunnossa.)
- hätäseis-painikkeet työtiloihin merkkivalolla
- muut sähkötyöt

(Pentinlehto & Virtanen 2008)

## 6.5 Rakennusurakka sisältää:

- poisto- ja tuloilmakanavien läpimenojen tekemisen seiniin
- tarvittavien paloseinien rakentamisen rakennuksen ulkopuolelle
- suodattimien, puhaltimien ja kontin tarvitsemien perustusten ja betonilaa-  
tan tekemisen ja suoja-aidan tekemisen
- tuloilmakoneiden konehuoneiden rakentamisen sekä muut mahdolliset ra-  
kennustyöt.

(Penttilä & Virtanen 2008)

## 6.6 Urakka-aikataulu

Tavoitteena on, että vanhan purun- ja pölynpoistojärjestelmän purkutyö voidaan aloittaa viimeistään viikolla 22, 2008. Ennen sitä pitää olla LVI-suunnitelmat, arkkitehtisuunnitelmat rakennusmuutoksista, rakennesuunnitelmat tarvittavista perustuksista, palosuojaseinistä ja ilmanvaihtokonehuoneista sekä tarvittavat rakennusluvut hoidettuina. Nämä pitää olla, jotta uusia purun- ja pölynpoistojärjestelmän vaatimia perustuksia ja paloseiniä ym. voidaan ruveta tekemään heti vanhan järjestelmän purkamisen jälkeen.

Tavoitteena on, että uusi järjestelmä olisi toimintakunnossa viikolla 34, 2008, jolloin opiskelijat aloittavat työsalityöskentelyn. Aikataulu on kireä, mutta syksyllä odottaa noin 140 opiskelijaa, jotta he pääsisivät työsaleihin harjoittelemaan ja työssäoppimaan ja se ei ole mahdollista, ellei poistojärjestelmä ole aikataulun mukaan rakennettuna sekä toimintakunnossa.

## 6.7 Kustannukset

Purun- ja pölynpoistojärjestelmän uusimisen kustannukset voidaan budjetoida alustavasti, mutta hinnat ovat vain arvioita, koska tarkkaa summaa on vaikea määrittää. Kokonaiskustannukset saadaan selville vasta sitten, kun urakat on kilpailutettu ja saatu tarjoukset toimittajilta.

Purun- ja pölynpoistojärjestelmä kokonaiskustannukset ovat sisältäen vanhan järjestelmän purkamisen ja hävittämisen asianmukaisesti noin 250.000 – 300.000 euroa. LVI-urakkaan liittyvät työt noin 180.000 euroa. Automaatiourakkaan liittyvien töiden tekemisen kustannukset ovat noin 20.000 euroa. Sähköurakkaan liittyvien töiden kustannukset ovat noin 40.000 euroa. Rakennusurakkaan liittyvien töiden kustannukset ovat noin 280.000 euroa. Muut ennalta arvaamattomat työt noin 30.000 euroa.

Yhteensä purun- ja pölynpoistojärjestelmän kustannukset ovat arviolta noin 800.000 – 850.000 euroa.

## 7 YHTEENVETO

Tampereen kaupungin hallinnoiman Tampereen ammattiopiston Hervannan ammattioppilaitoksen puuosaston koneistussalin ja kokoonpanosalin sekä metalliosaston valumallinvalmistuksen uuden purun- ja pölynpoistojärjestelmän hankinnassa täytyy ottaa huomioon seuraavat lait, asetukset ja ohjeet: Työturvallisuuslaki Nro 738/2002, ATEX/ Valtioneuvoston asetus 576/2003 räjädykselpoisten il-maseosten työntekijöille aiheuttaman vaaran torjunnasta ja kiinteästi asennetun lastun- ja pölynerottelujärjestelmän standardi SFS-EN 12779 sekä Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma, rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Lisäksi pitää ottaa huomioon Opetushallituksen suunnitteluohjeet opetus-/työtiloista.

Standardien tulkitseminen on työlästä ja joskus vaikeaa koska standardi viittaa aina uuteen standardiin. Kokonaisuuden hahmottaminen vaatii aikaa ja keskittymistä aiheeseen. Purun- ja pölynpoistojärjestelmän uusimiseen pitää varata riittävästi aikaa ja keskustella eri alojen asiantuntijoiden kanssa eri mahdollisuuksista, jotta kokonaisuus voitaisiin suunnitella kunnolla sekä asianmukaisesti.

Rakennuksen sähköliitännän suuruus pitää tarkistaa, jotta järjestelmän vaatima teho voidaan siirtää, eli on varmistettava onko nykyinen sähkökeskus riittävän suuri. Myös korvausilman tarvitsema energiantarve pitää määrittää, eli riittääkö, esimerkiksi kaukolämpöverkon lämmönsiirtimen teho ja onko kaukolämpöverkon liitäntä riittävän suuri siirtämään tarvittavaa lämmitysenergiaa korvausilman lämmittämiseen talvipakkasella, vai pitääkö miettiä muita lisälämmön lähteitä. Sähkösuunnittelu ja automaatio suunnittelu pitää tehdä huolella, jotta järjestelmän toteutus vastaa määräyksiä ja järjestelmälle asetetut vaatimukset käytön suhteen tulevat toteutettua.

Yhdellä tilaajan vastuullisella edustajalla pitää olla selvillä mitä tarvitaan ja miksi. Järjestelmän tilaajan edustajan pitää olla tarkkana, koska aina ei voi luottaa toimittajien niin sanottuun asiantuntemukseen. Kyseistä alan voimassaolevaa standardia ei toimittaja välttämättä edes tunne. Toimittaja ei aina tiedä mitä vaatimuksia standardi asettaa, esimerkiksi kiinteästi asennettuihin lastun- ja pölynpoistojärjestelmien suunnitteluun ja toteutukseen.

Projektin läpiviemiseksi pitää koko organisaation olla sitoutunut toteuttamaan tarvittava lastun- ja pölynpoistojärjestelmän uusiminen. Organisaation vastuullisten henkilöiden asianmukainen informoiminen on tärkeää ennen suunnittelua sekä myös perustelut sille, miksi tarvittavat investoinnit pitää tehdä. Koska purun- ja pölynpoistojärjestelmä tulee oppilaitokseen, pitää tilaajan vastuu ottaa erityisesti huomioon. Suunnittelussa pitää ottaa huomioon opiskelijat, jotka eivät aina muista miten työsaaleissa pitää toimia, eli työn vaarojen arviointi pitää tehdä huolella, ettei vahinkoja pääse tapahtumaan.

Vastaavia referenssikohteita on hyvä käydä katsomassa sekä pitää haastatella käyttäjiä ja saada sitä kautta heiltä käyttökokemuksia. Jokainen purun- ja pölynpoistojärjestelmä on erilainen riippuen käyttötarkoituksesta ja käytettävistä tiloista.

Kotimaisten puulajien työstöpölyn vaarallisuudesta on saatavissa tietoa kiitettävästi. Johtopäätöksenä voidaan pitää, että pienetkin pölypitoisuudet voivat aiheuttavat oireilua, joten purun- ja pölynpoistojärjestelmän pitää toimia tehokkaasti. Työstökoneiden ohjaus pitää toteuttaa siten, ettei niitä voida käyttää, ellei purun- ja pölynpoistojärjestelmä ole toimintakunnossa. Korvausilman tuonti työstösaleihin on haasteellista. On ratkaistava miten se voidaan toteuttaa niin, ettei työsalissa synny liikaa vedontunnetta tarvittavilla ilmavirtaustarpeilla. Lisäksi pitää ottaa huomioon ilmankostutus, jotta työsalien ilma vastaisi hyvää hengitettävää ilmaa.

Merkityksellisimmän puuntyöstökoneiden ryhmän määrittäminen on haasteellista, koska pitää ottaa huomioon kokonaistaloudellisuus, standardin vaatimus, järjestelmän tehokkuus ja eri puuntyöstökoneiden käyttöaste sekä käytön samanaikaisuus. Vaarana on, että purun- ja pölynpoistojärjestelmästä tulee liian pieni tai liian suuri, verrattuna todelliseen käyttöön eli käyttötarpeeseen.

Järjestelmän suunnittelussa pitää myös ottaa huomioon työsalien hätäpysäytys. Jos purun- ja pölynpoistojärjestelmä toimii täydellä teholla ja puuntyöstökoneet joudutaan hätäpysäyttämään kesken työstön, miten poistoputket kestävät syntyvän alipaineen, ilman etteivät ne painu kasaan, kun työstökoneiden liitäntäputkien sulkupellitkin menevät samanaikaisesti kiinni.

ATEX:n myötä on kiinnitetty huomiota pölyräjähdysvaaran mahdollisuuteen. Uuteen purun- ja pölynpoistojärjestelmään tullaan hankkimaan kipinätunnistus ja -sammutuslaitteistot. Lisäksi järjestelmään tulee takaiskuläpät runkoputkiin, ettei suodattimessa mahdollisesti tapahtuva räjähdys aiheuta pistoliekkejä työsaleihin. Myös osastoivien eli niin sanottujen paloseinien läpivienteihin pitää kiinnittää huomiota, jos kuljetusputkia joudutaan viemään eri palo-osastojen läpi. Kuivasprinklereiden asentaminen suodattimiin ja purukonttiin tuo lisää paloturvallisuutta. Samoin kuin uudet palosuojaseinät lisäävät paloturvallisuutta suodattimien



sijoituspaikalla. Tähän seikkaan pitää kiinnittää huomiota, koska suodattimet tulevat sijaitsemaan alle kahdeksan metrin päässä rakennuksen seinästä.

Järjestelmän suunnittelu on haasteellista, koska on pidettävä mielessä järjestelmä kokonaisuus. Toinen huomion arvoinen tekijä on järjestelmän käyttöönotto, jotta se toimisi suunnitellulla tavalla. Tähän prosessiin pitää varautua ja varata aikaa. On tavoitteena tehdä purun- ja pölynpoistojärjestelmästä tehdä energiaa säästävää, säädettävää ja turvallinen. Järjestelmän uusimisen yhtenä tavoitteena on myös olla referenssi-kohteena Tampereen talousalueen puualan yrityksille. Tämä edellyttää sitä, että järjestelmä täyttää kaikki sille asetetut vaatimukset.

Räjähdyssuojasiasiakirja pitää päivittää, eli tehdä uusi riskien kartoitus sen jälkeen, kun purun- ja pölynpoistojärjestelmä on saatettu toimintakuntoon. Samoin pitää päivittää ohjeistus työsalityöskentelystä ja opastaa kaikki ammattialan opettajat sekä opiskelijat käyttämään ja toimimaan oikein uuden purun- ja pölynpoistojärjestelmän toimiessa.

Tarjouspyynnöt pitää tehdä mahdollisimman yksityiskohtaisesti, ettei tule tulkinta erimielisyyksiä myöhemmin. Urakkarajat pitää määrittää selkeästi, eli on selitettävä mitä jokaiseen erillisurakkaan todellisuudessa kuuluu. Todennäköisesti järjestelmän toteutusvaiheessa tulee vastaan tilanteita, joissa pitää olla valmius keskusteluihin ja tehdä tarvittaessa päätöksiä sekä sanoa, mikä kuuluu mihinkin urakkaan.

Suoritettava käyttöönottotarkastus on tehtävä huolella lastun- ja pölynpoistojärjestelmän takia, ottaen huomioon työturvallisuuslain 43 §. Koska järjestelmäkokoisuus pitää sisällään myös itse poistojärjestelmän, sähkötyöt, LVI-työt, automaation ja ATEX-määräykset, pitää tämän takia löytää riittävän pätevä henkilö toteuttamaan käyttöönottotarkastus ja laatia käyttöönottotarkastuksesta pöytäkirja. Rakennustarkastajan pitää myös hyväksyä tehdyt rakennustyöt ja korvausilmajärjestelmä, sekä palotarkastajan tarkastuslausunto pitää myös liittää käyttöönottotarkastuksen pöytäkirjaan.

Tampereen kaupungin Logistiikkakeskus kilpailuttaa erikseen julkiset hankinnat, mikä asettaa lisä haastetta tarjouspyynnön tekemiseen. Kaikki tarjouspyyntöä koskevat kysymykset menevät logistiikkakeskukselle, joka antaa julkisen vastauksen tehtyihin lisäkysymyksiin. Tämä vaikeuttaa purun- ja pölynpoistojärjestelmän suunnittelua, koska suora keskusteluyhteyttä järjestelmien toimittajien kanssa ei voi olla. Järjestelmän hinta on suurin valintakriteeri järjestelmän toimittajan valinnassa. Valintakriteerinä ei voida pitää kokonaistaloudellisinta vaihtoehtoa kokonaisuutta ajatellen, jos kyseinen järjestelmä onkin muita kalliimpi. Tämä tuo myös lisää haastetta tarjouspyynnön tekemiseen.

Tarjousten saavuttua ne pitää käydä huolellisesti läpi ja tarkistaa vastaavatko ne tarjouspyynnössä asetettuja ehtoja. Seuraavaksi tarjouspyynnön mukaiset tarjoukset on syytä käydä vielä kertaalleen läpi ja verrata niitä toisiinsa. Tämän jälkeen voidaan perustellusti valita ja päättää urakoitsija/toimittaja sen mukaan kenellä on halvin tarjous. Valitusajan jälkeen, ellei valituksia ole tullut, voidaan tehdä urakoitsijan/toimittajan kanssa urakkasopimus.

Koska kyseessä on oppilaitos, ei voida tehdä suoraan kannattavuuslaskelmia eli milloin investointi maksaisi itsensä takaisin. Asiaa voidaan arvioida toiseltakin kannalta eli Työterveyslaitoksen esittämistä puupölyjen torjunnan hyödyistä, joita ovat: sairauspoissaolot ja työperäiset sairaudet vähenevät, työhyvinvointi lisääntyy, työpaikan/opiskelupaikan houkuttelevuus lisääntyy, siivoustarve vähenee, kaatopaikkamaksut alenevat, tapaturman todennäköisyys alenee, vakuutusmaksut alenevat, laatu paranee, anturit ja ilmaisimet pysyvät kauemmin puhtaina, joten häiriöalttius vähenee, palo- ja räjähdysturvallisuus kohenee, imago asiakkaiden, yhteistyökumppaneiden ja opiskelijoiden silmissä paranee, henkilösuojainten tarve vähenee.

## LÄHTEET

## Kirjalliset julkaisut

Aadeli, S., Aalto, R., Myllymäki, H., Pekkarinen, J., Poutala, M., Rinta-Rahko, A. & Suurnäkki, T., Opetushallitus. 2005. Käsityön työturvallisuusopas 4. Uudistettu painos. Hakapaino Oy, Helsinki.

Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2005. SFS-EN 12779. Kiinteästi asennetut lastujen ja pölyn erottelujärjestelmät. Turvallisuuteen liittyvä toiminta ja turvallisuusvaatimukset.

Tapaninen, R. (toim.). Opetushallitus. 2002. Peruskoulun käsityön opetustilojen suunnitteluopas. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Työturvallisuuslaki 738/2002. Annettu Helsingissä 23.8.2002.

Valtioneuvoston asetus 576/2003. Annettu Helsingissä 18.6.2003.

Virta, H. 2002. Työsuojeluosasto. Työsuojelujulkaisuja 63. Pölyräjähdykset Suomessa. Sosiaali- ja Terveysministeriö, Tampere.

Ympäristöministeriön asetus D2 Suomen Rakentamismääräyskokoelma. Annettu Helsingissä 30.10.2002.

## Elektroniset lähteet

Husgaflev, K. 2003. Puupöly – työympäristön terveyshaitta [verkkopublication]. Työterveyslaitos [viitattu 24.2.2008]. Saatavissa:  
<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Tiedonvalitys/Verkkolehdet/Tyoterveyset/2003-04/01>

- Kasanen, J-P., Liesivuori, J., Pasanen, P & Pasanen A-L. 2000. Puupölyn ärsyttävyyden ja haitalliseksi tunnetut pitoisuudet [verkkojulkaisu]. Työsuojelurahasto/ Kuopion yliopisto/ Ympäristötieteenlaitos [viitattu 12.7.2008].  
Saatavissa:  
<http://www.trs.fi/tutkimus/uuttatutkittua/hanke.html?id=98042>
- Kasanen, J-P., Markkanen, A., Naarala, J., Pennanen, S., Pasanen, P., Liesivuori, J., & Pasanen, A-L. 2001. Puupölyn ärsyttävyyden, solutason vaikutukset ja haitalliseksi tunnetut pitoisuudet [verkkojulkaisu]. Työsuojelurahasto/ Kuopion yliopisto/ Ympäristötieteenlaitos [viitattu 12.7.2008]. Saatavissa: <http://www.tsr.fi/tutkimus/uuttatutkittua/hanke.html?id=100098>
- Kaskinen, H. 2007. Puupölyn aiheuttama hengitystietulehdus, tutkimus ja kehityshanke [verkkojulkaisu]. Työsuojelurahasto/ Työterveyslaitos [viitattu 12.7.2007]. Saatavissa:  
<http://www.tsr.fi/tutkimus/uuttatutkittua/hanke.html?id=104097>
- Laaksonen, E.2005. Puupölyjen aiheuttama palo- ja räjähdysvaara ja sen torjuminen mekaanisessa puunjalostusteollisuudessa [verkkojulkaisu]. If Vahinkovakuutusyhtiö Oy.
- Nieminen, P., Suhonen, P. & Welling, I. 2003. Lämpöpuun työstössä syntyvän pölyn laatu, altistuminen ja terveyshaitat [verkkojulkaisu]. Työsuojelurahasto/ Tampereen teknillinen yliopisto/ rakennusgeologian laboratorio [viitattu 5.6.2007]. Saatavissa:  
<http://www.trs.fi/tutkimus/tutkitu/hanke.html?id=99270>
- Priha, E., Rantio, T., Uitti, J., Immonen, K., Pennanen, S. & Liesivuori, J. 1999. MDF -levypölyn terveysvaikutukset [verkkojulkaisu]. Työsuojelurahasto/ Työterveyslaitos [viitattu 12.7.2007]. Saatavissa:  
[http://www.tsr.fi/tutkimus/uuttatutkittua/hanke\\_print.html?id=98123](http://www.tsr.fi/tutkimus/uuttatutkittua/hanke_print.html?id=98123)
- Työterveyslaitos. Abachi [verkkojulkaisu]. [viitattu 9.7.2007]. Saatavissa:  
[http://www.ttl.fi/internet/wood/Omin\\_08.htm](http://www.ttl.fi/internet/wood/Omin_08.htm)

- Työterveyslaitos. 2006. Alahengitysteiden sairaudet [verkkójulkaisu]. [viitattu 24.4.2008]. Saatavissa:  
<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Palvelut/Tietokannat/Puu%2bja%bterveys/Terveyshaitat/Alahengitysteiden+sairaudet>
- Työterveyslaitos. 2005. Henkilösuojaimet puupölytyöstössä [verkkójulkaisu]. [viitattu 9.7.2007]. Saatavissa:  
<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Palvelut/Tietokannat/Puu+ja+terveys/Tyoolosuhteiden+kehittaminen/Henkilösuojaimet>
- Työterveyslaitos. Hiontapöytämalli [verkkójulkaisu]. [viitattu 18.1.2007]. Saatavissa:  
<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Palvelut/Tietokannat/Puu+ja+terveys/Tyoolosuhteiden+kehittaminen/Torjunnan+tekniset+keinot+puuteollisuudessa>
- Työterveyslaitos. Hiontapöytämalli [verkkójulkaisu]. [viitattu 18.1.2007]. Saatavissa:  
<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Tutkimus/Tutkittua+tietoa/Lappeenranta/GP18.htm?pr>
- Työterveyslaitos. 2006. Ihon sairaudet [verkkójulkaisu]. [viitattu 24.2.2008]. Saatavissa:  
<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Palvelut/Tietokannat/Puu%2bja%bterveys/Terveyshaitat/Ihonsairaudet>
- Työterveyslaitos. Koivu [verkkójulkaisu]. [viitattu 9.7.2007] Saatavissa:  
[http://www.ttl.fi/internet/wood/Omin\\_03.htm](http://www.ttl.fi/internet/wood/Omin_03.htm)
- Työterveyslaitos. Kuusi [verkkójulkaisu]. [viitattu 9.7.2007]. Saatavissa:  
[http://www.ttl.fi/internet/wood/Omin\\_02.htm](http://www.ttl.fi/internet/wood/Omin_02.htm)
- Työterveyslaitos. Leppä [verkkójulkaisu]. [viitattu 9.7.2007]. Saatavissa:  
[http://www.ttl.fi/internet/wood/Omin\\_16.htm](http://www.ttl.fi/internet/wood/Omin_16.htm)

Työterveyslaitos. Mahonki [verkkajulkaisu]. [viitattu 9.7.2007]. Saatavissa:

[http://www.ttl.fi/internet/wood/Omin\\_07.htm](http://www.ttl.fi/internet/wood/Omin_07.htm)

Työterveyslaitos. Mänty [verkkajulkaisu]. [viitattu 9.7.2007]. Saatavissa:

[http://www.ttl.fi/internet/wood/Omin\\_01.htm](http://www.ttl.fi/internet/wood/Omin_01.htm)

Työterveyslaitos. (Puna)tammi [verkkajulkaisu]. [viitattu 9.7.2007]. Saatavissa:

[http://www.ttl.fi/internet/wood/Omin\\_05.htm](http://www.ttl.fi/internet/wood/Omin_05.htm)

Työterveyslaitos. 2006. Puupöly [verkkajulkaisu]. [viitattu 24.2.2008]. Saatavissa:

<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Aihesivut/Rakennusterveys/Turvapakki/Puup%c3%b61...>

Työterveyslaitos. Pyökki [verkkajulkaisu]. [viitattu 9.7.2007]. Saatavissa:

[http://www.ttl.fi/internet/wood/Omin\\_04.htm](http://www.ttl.fi/internet/wood/Omin_04.htm)

Työterveyslaitos. Saarni [verkkajulkaisu]. [viitattu 9.7.2007]. Saatavissa:

[http://www.ttl.fi/internet/wood/Omin\\_12.htm](http://www.ttl.fi/internet/wood/Omin_12.htm)

Työterveyslaitos. 2005. Syövät [verkkajulkaisu]. [viitattu 24.4.2008]. Saatavissa:

<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Palvelut/Tietokannat/Puu%2bja%bterveys/Terveyshaitat/Syövät>

Työterveyslaitos. 2005. Terveyshaitat [verkkajulkaisu]. [viitattu 18.8.2006]. Saatavissa:

<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Palvelut/Tietokannat/Puu+ja+terveys/Terveyshaitat/>

Työterveyslaitos. Tiikki [verkkajulkaisu]. [viitattu 9.7.2007]. Saatavissa:

[http://www.ttl.fi/internet/wood/Omin\\_06.htm](http://www.ttl.fi/internet/wood/Omin_06.htm)

Työterveyslaitos. 2005. Torjunnan hyödyt [verkkajulkaisu]. [viitattu 9.7.2007].

Saatavissa:

<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Palvelut/Tietokannat/Puu+ja+terveys/Tyoolosuhteiden+kehittaminen/Torjunnan+hyodyt>

Työterveyslaitos. 2006. Ylähengitysteiden sairaudet [verkkajulkaisu]. [viitattu

24.2.2008]. Saatavissa:

<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Palvelut/Tietokannat/Puu%2bja%bterveys/Terveyshaitat/Ylahengitysteiden+sairaudet>

Työturvallisuuskeskus. Sisäilma [verkkajulkaisu]. [viitattu 12.7.2007] Saatavissa:

<http://www.tyoturva.fi/tyoturvallisuus/olosuhteet/ilma/>

Ukkonen, A. 2000. Puupölyaltistuksen torjuntajärjestelmien kehittäminen [verk-

kojulkaisu]. Työsuojelurahasto/ Insinööritoimisto AX-LVI Oy [viitattu 12.7.2007]. Saatavissa:

<http://www.tsr.fi/tutkimus/uuttatutkittua/hanke.html?id=98052>

Welling, I. 2003. Puupölyt hallintaan [verkkajulkaisu]. Työterveyslaitos [viitattu

24.2.2008]. Saatavissa:

<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Tiedonvalitys/Verkkolehdet/Tyoterveiset/2003-04/09>

Zitting, A. 2003. Puupölyn sallittu enimmäispitoisuus on liian korkea [verkkajul-

kaisu]. Työterveyslaitos [viitattu 14.6.2006]. Saatavissa:

<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Tiedonvalitys/Verkkolehdet/Tyoterveiset/2003-04/08>

#### Muut lähteet

Ahola, J. & Pentinlehto, I. 2007. Räjähdyssuojausasiakirja. Tampereen ammattiotopiston Hervannan ammattioppilaitos.

Heliander V.-P., Penope Oy. Sähköpostit, puhelinkeskustelut ja henkilökohtainen tapaaminen 2007 ja 2008.

Piippo J., Dantherm Filtration Oy. Sähköpostit, puhelinkeskustelut ja henkilökohtainen tapaaminen 2007 ja 2008.

PPT-Filter PPT Pölynpoistotekniikka Oy. 2007. Esitteet.

Scandab 2007. Tuoteluettelo.

Suomen Imurikeskus Oy. 2007. Esitteet.

Virtanen R. 2007 ja 2008, Sähköasennusmestari. Tampereen kaupunki Tampereen ammattiopisto. Keskustelut.

## LIITTEET

Liite 1. Työterveyslaitos/ Hiontapöytämalli

Liite 2. Työterveyslaitos/ Hiontapöytämalli

Liite 3. Tampereen ammattiopiston Hervannan ammattioppilaitoksen

E-rakennuksen puutyösalien layout

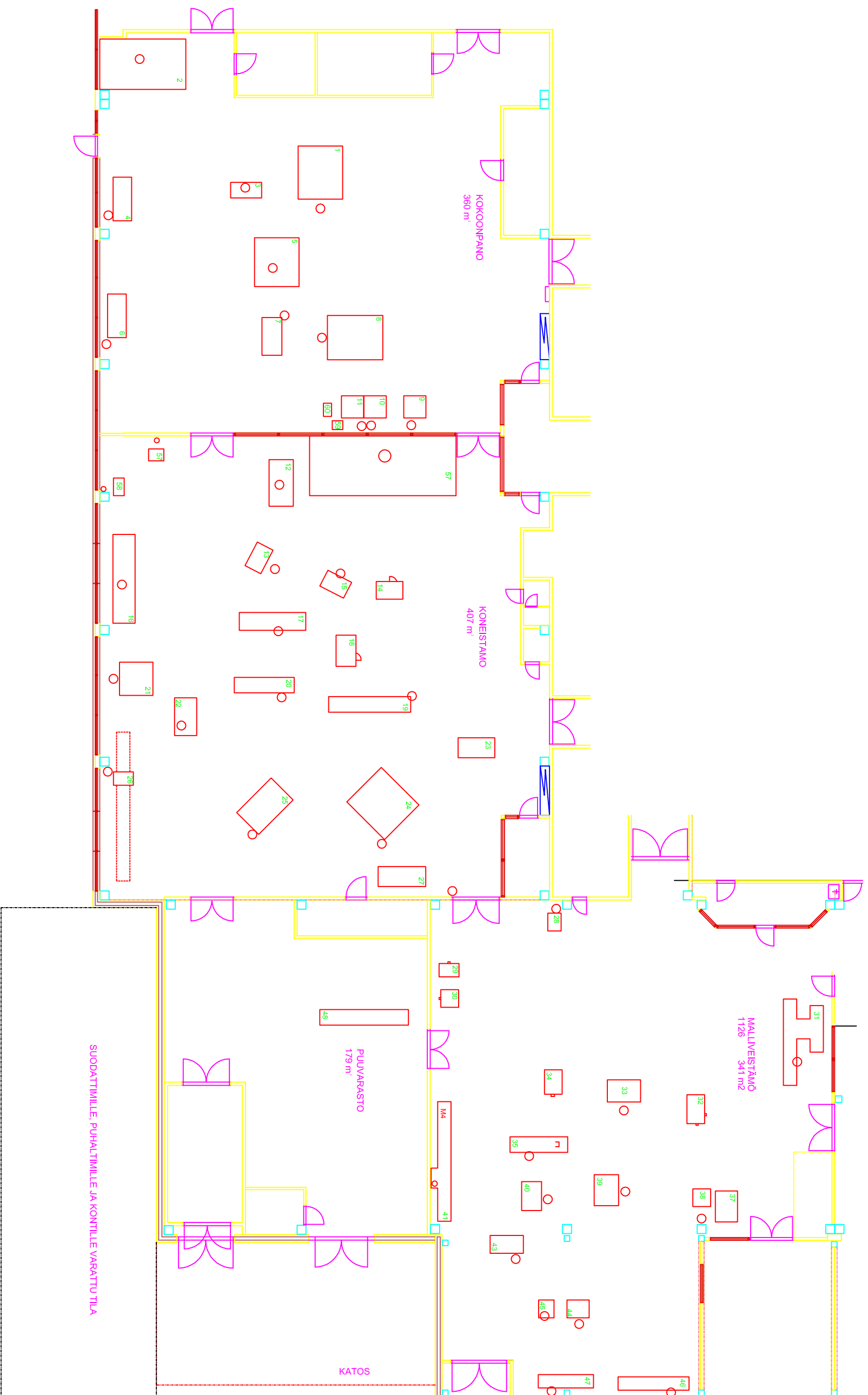
Liite 4. Valumallinvalmistuksen työsalin layout

Liite 5. Puutavaravaraston layout

Liite 6. Puuosaston koneistussalin layout

Liite 7. Puuosaston kokoonpanosalin layout





# TAOIH

Suhde

1:200

päiväys

3.3.2008

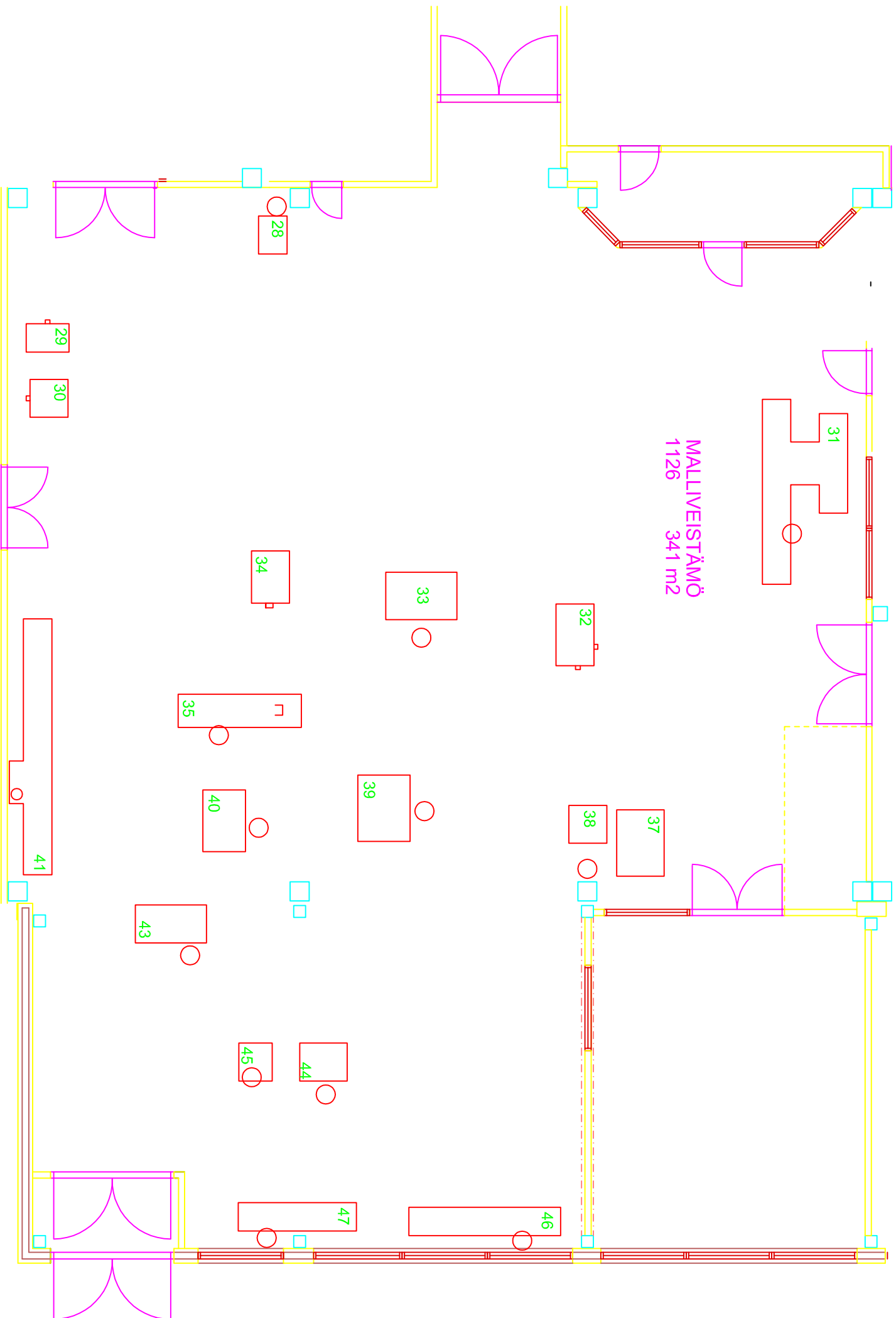
nimi

IPenttinen

KSDY 29.1.2008 Kati Kivela

## E- RAKENNUKSEN LAYOUT

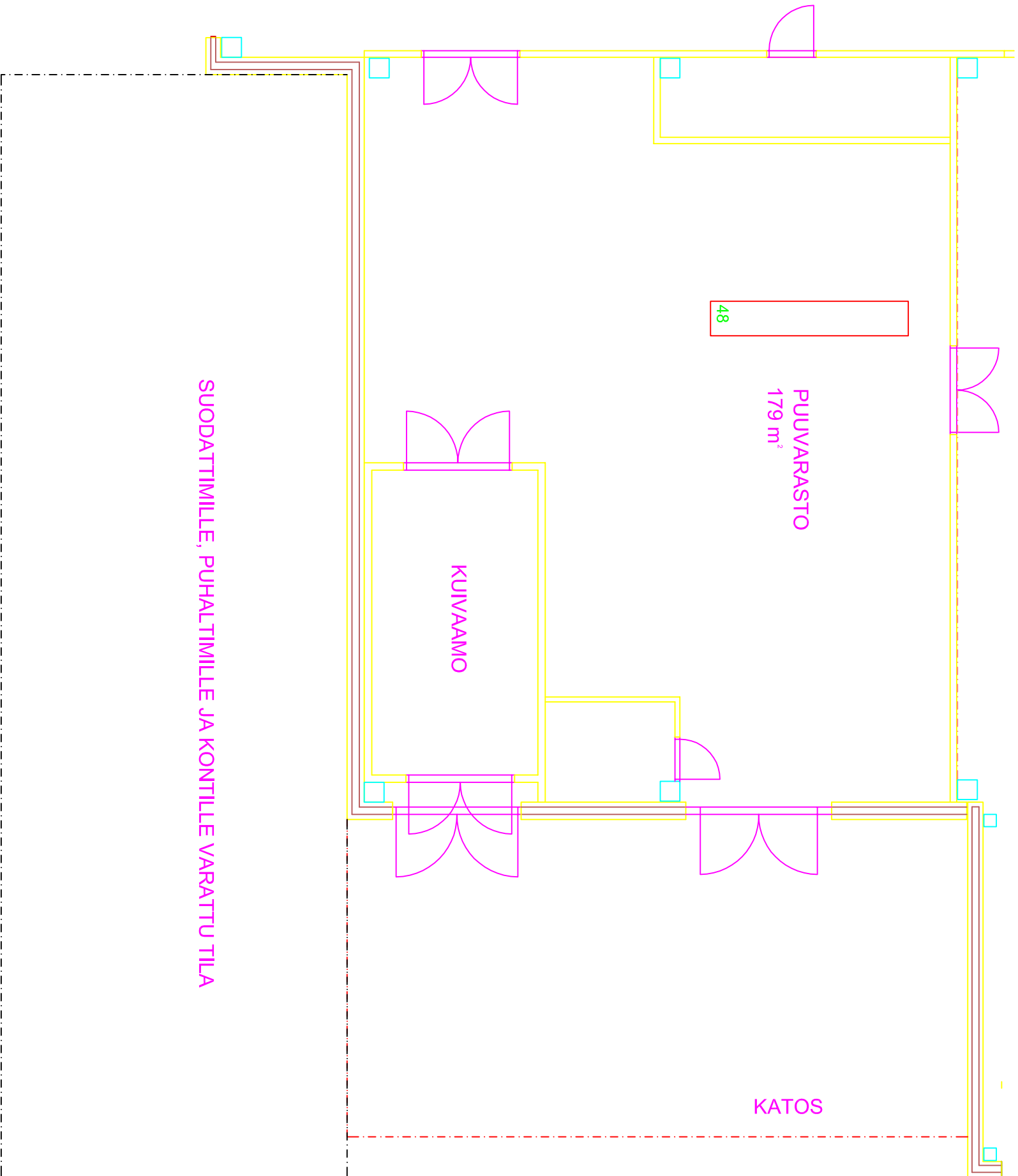
## LIITE 3



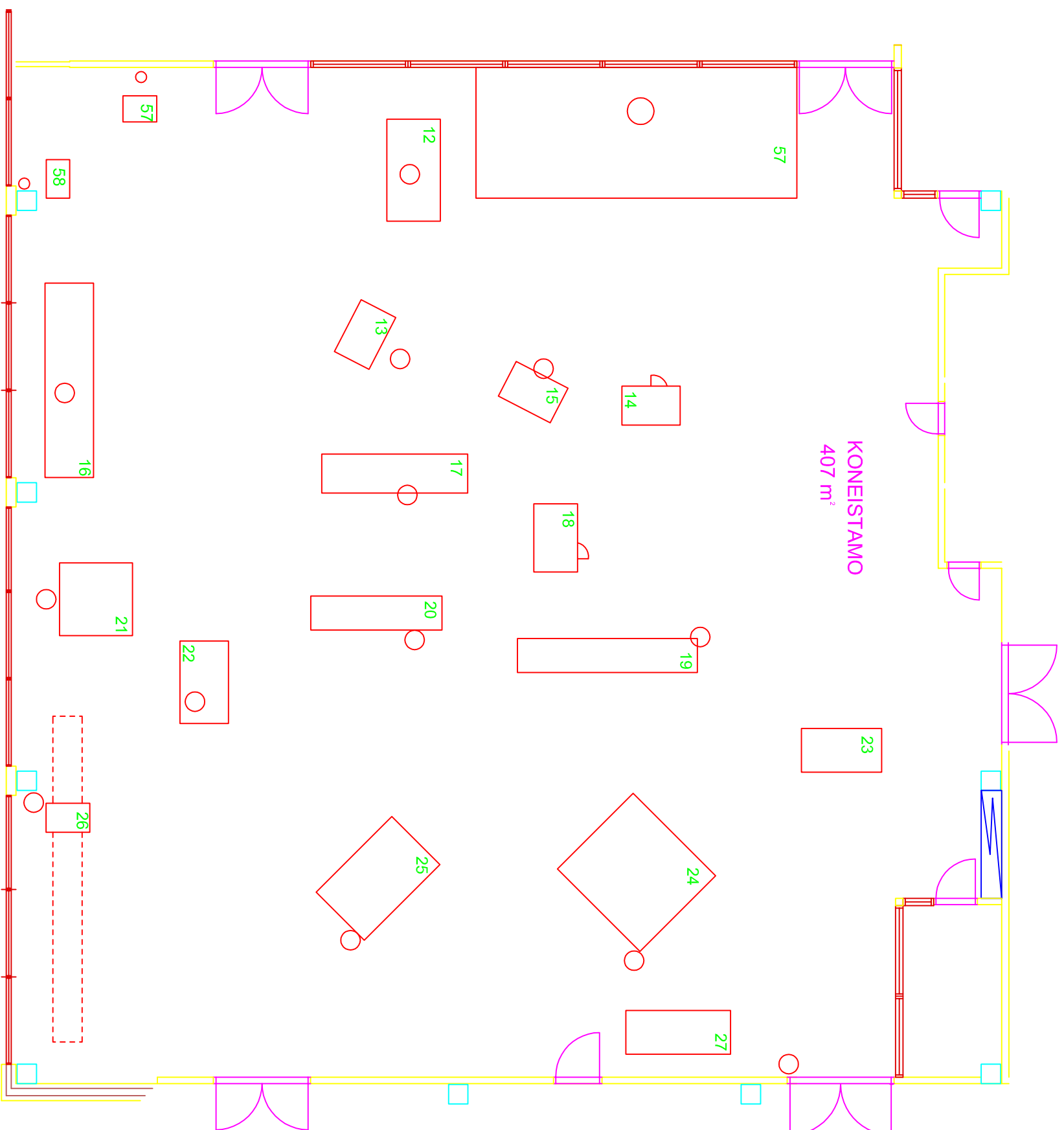
TAOH		suhde	päiväys	nimi
		1:100		
VALUMALLIN VALMISTUS		piir-t	3.3.2008	IiPenttihehto
		KSOY	29.1.2008	Kati Kivelä

VALUMALLIN VALMISTUS

LIITE 4

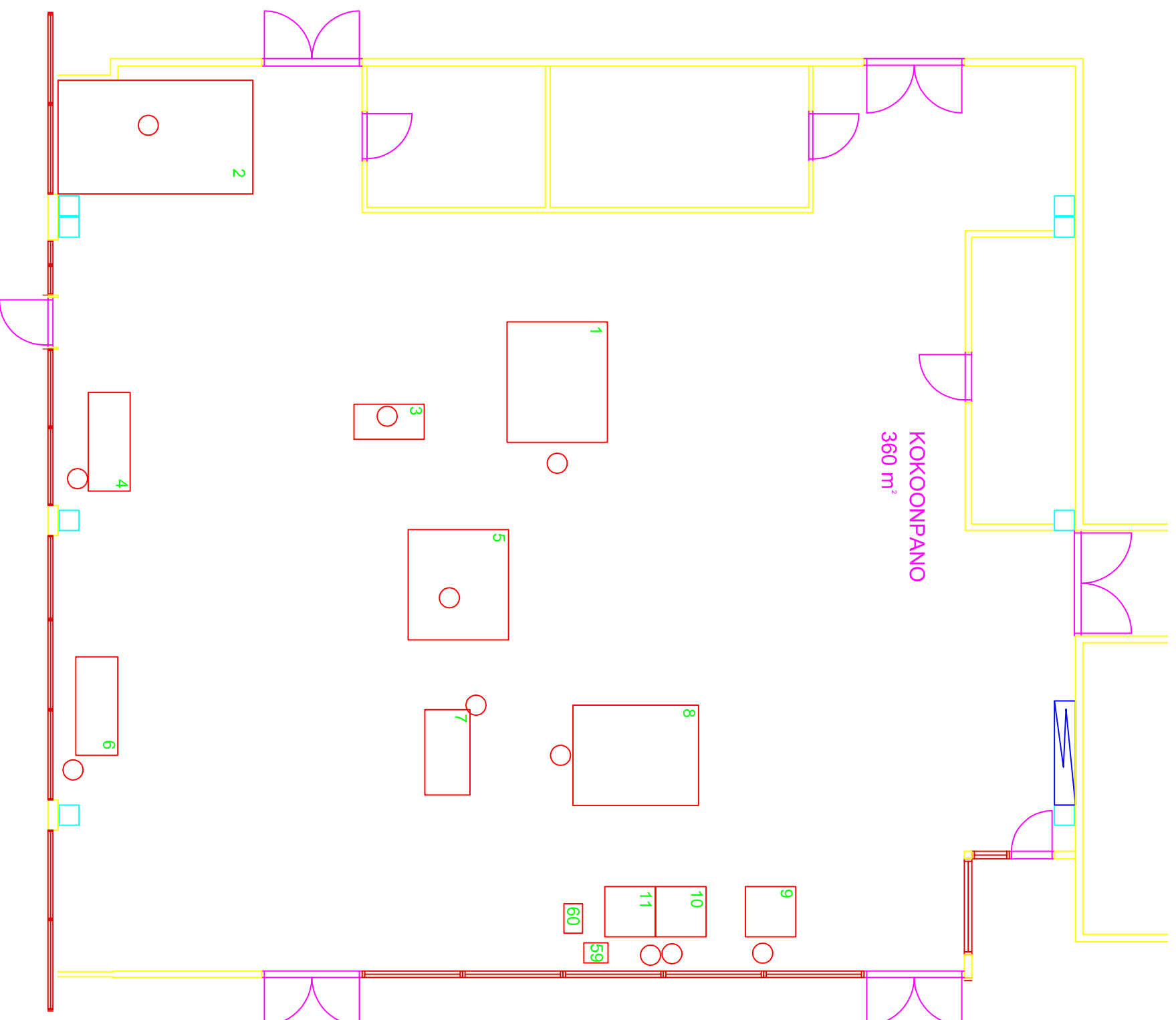


TAOH		suhte		päiväys		nimi	
1:100		piir- t		3.3.2008		I.Penttilenhto	
KSDY		29.1.2008		Ka:ti		Kivellä	
PUUVARASTO				LIITES			



KONEISTAMO  
407 m<sup>2</sup>

TAOH		suhde	
1:100		1:100	
KONEISTUSSALI		päiväys	
LIITE 6		3.3.2008	
		nimi	
		IPenttilento	
		KSDY	
		29.1.2008	
		Kati Kivellä	



TAOH		suhte	
1:100		päiväys	
KOKOONPANSALI		nimi	
LIITE 7		I.Pentti-lehto	
		Kati Kivela	
		Pii-t 3.3.2008	
		29.1.2008	
		KSDY	