

Pasi Lehtokumpu

Purun- ja pölynpoistojärjestelmän uusiminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

28.4.2015

Tekijä Otsikko	Pasi Lehtokumpu Purun- ja pölynpoistojärjestelmän uusiminen
Sivumäärä Aika	47 sivua + 4 liitettä 28.4.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Energia- ja ympäristötekniikka
Ohjaajat	Tuotannonkehityspäällikkö Jukka Silvennoinen Tuntiopettaja Tero Karttiala
<p>Insinööri työ tehtiin Isku Yhtymä Oy:lle joka suunnittelee, valmistaa ja markkinoi sisustusratkaisuita koteihin, työpaikoille ja julkisiin tiloihin. Työssä tarkasteltiin osoitteessa Mukkulankatu 23 sijaitsevan kiinteistön purun- ja pölynpoistojärjestelmän nykyistä kuntoa ja selvitetiin järjestelmästä aiheutuvia kustannuksia, jotta saatiin selville, kannattaako hankkia uusi järjestelmä tulevien tuotannon perusparannusten yhteydessä. Tässä työssä tarkasteltiin myös lakeja ja säädöksiä, joita on otettava huomioon suunniteltaessa tehdaskiinteistön tuotantotiloja sekä purun- ja pölynpoistoa.</p> <p>Mittauksilla, jotka suoritettiin tehtaan katolla sijaitsevista putkista, selvitettiin kuinka paljon lämmintä ilmaa imetään pois kiinteistön työskentelytiloista. Järjestelmän putkistojen, suodatinyksiköiden ja puhaltimien kunto arvioitiin silmämääräisesti. Nykyisen purun- ja pölynpoistojärjestelmän kunto todettiin huonoksi ja laitteisto huonosti toimivaksi. Järjestelmästä aiheutuu mittavat rahalliset menetykset, koska kaikki kiinteistön työskentelytiloista poistettava lämmin ilma puhalletaan suodattimista suoraan ulos. Ulos puhalletun ilman korvaamiseen vaadittavan ilman lämmityskustannukset vuodessa ovat noin 240 000 €. Sähkönkulutuksen osalta vanhan järjestelmän käyttökustannukset vuodessa ovat noin 110 000 €.</p> <p>Uusi purun- ja pölynpoistojärjestelmä rakennetaan kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa uusitaan pintakäsittelyosaston ja uuden muotopuristusosaston järjestelmä ja tuotannon perusparannusten edetessä uusitaan pääkoneistuksen ja muiden työstökoneiden vaatima järjestelmä.</p> <p>Uudesta järjestelmästä pyydetään tarjoukset useammalta toimittajalta, jotta voidaan vertailla, minkälaisia erilaisia järjestelmiä on mahdollista rakentaa. Saaduista tarjouksista valitaan parhaiten Iskun tarpeeseen sopiva. Koska vielä ei tiedetä uuden purun- ja pölynpoistojärjestelmän kokonaiskustannuksia rakentamisen osalta, ei voida laskea investoinnin takaisinmaksuaikaa.</p>	
Avainsanat	Purun- ja pölynpoisto, ATEX, työturvallisuuslaki,

Author Title	Pasi Lehtokumpu Updating of Dust Extraction System
Number of Pages Date	47 pages + 4 appendices 28 April 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Energy and Environmental Engineering
Instructors	Jukka Silvennoinen, Production Development Manager Tero Karttiala, Lecturer
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by Isku Corporation. Isku Corporation designs, manufactures and markets interior solutions for homes, offices and commercial buildings. The purpose of this thesis was to examine the condition of the existing dust extraction system which is located on the roof of Mukkulankatu 23 in Lahti. The main task was to find out the cost of the existing system, in order to identify if it is profitable to purchase a new system for future refurbishment and modernization. This study also examines the laws and regulations that must be taken into account when planning new factory production facilities and dust extraction systems.</p> <p>The measurements were made on pipes which are located on the factory's roof. One of the purposes of the measurements was to find out how much warm air is sucked out of the property. The condition of all pipes, filter units and fans was visually evaluated. It was discovered that the current system did not function properly, and the system imposes enormous financial losses because all the warm air which is removed from the interior of the building is blown straight out from filters. It was estimated that the annual cost of the required warm replacement air is 240 000 Euros, whereas the current system's electricity consumption is 110 000 Euros per year.</p> <p>The new system should be tendered by several suppliers in order to compare the different types of systems. From the received bids, the most suitable for Isku's purposes would be selected. However, it is impossible to calculate the payback time because the construction cost of the future system is not yet confirmed.</p>	
Keywords	Dust extraction, ATEX, work safety

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Työturvallisuuslaki (738/2002)	3
2.1	Soveltamisala	3
2.2	Työnantajan yleiset velvollisuudet	4
2.3	Työn vaarojen selvittäminen ja arviointi	5
2.4	Eriyistä vaaraa aiheuttava työ	5
2.5	Työympäristön suunnittelu	6
2.6	Ilmanvaihto	6
2.7	Ilman epäpuhtaudet	6
2.8	Koneiden, työvälineiden ja muiden laitteiden turvallisuus	7
3	ATEX	7
3.1	ATEX-työolosuhdedirektiivi	7
3.2	Työnantajan velvollisuudet	8
3.3	Räjähdyssuojausasiakirja	8
3.4	Räjähdyksvaaralliset tilat	9
3.5	Tilaluokat	10
3.6	EX-laite	11
3.7	Laiteluokittelu	11
4	Puupöly	13
4.1	Puupölylle altistuminen	13
4.2	Räjähdyksvaarallinen puupöly	14
5	Kiinteästi asennettujen lastujen- ja pölynerottelujärjestelmien standardi SFS-EN 12779	14
5.1	Tarkoitus	14
5.2	Soveltamisala	15
5.3	Lastun- ja pölynpoistojärjestelmä	15
5.4	Vaarat	16
5.5	Ohjausjärjestelmä	17

5.6	Ohjausjärjestelmän turvallisuus ja luotettavuus	17
5.6.1	Käynnistys	17
5.6.2	Normaali pysäytys	18
5.6.3	Hätäpysäytys	18
5.7	Energiansyötön häiriöt	19
5.8	Suojaus mekaanisilta vaaroilta	19
5.8.1	Tukirakennelmien vakavuus	19
5.8.2	Liikkuvat osat	19
5.9	Muilta vaaroilta suojautuminen	20
5.9.1	Sijoittaminen	20
5.9.2	Puujäte kanavissa ja erottimissa	20
5.9.3	Syttymislähteet	21
5.9.4	Vahinkojen rajoittaminen tulipalon tai räjähdysten sattuessa	22
5.9.5	Palontorjunta	22
5.9.6	Siilot	22
5.10	Lastun- ja pölynpoistojärjestelmän suunnittelu	23
5.10.1	Toiminnan osoittaminen	24
5.10.2	Ilman virtausmäärän mittaaminen	24
5.10.3	Vuodot	25
5.10.4	Jäännöspöly	25
6	Purun- ja pölynpoiston nykytilanne Isku Oy:ssä	26
6.1	Lähtötilanne	26
6.2	Järjestelmä	26
6.3	Sisäpuolinen järjestelmä	27
6.3.1	Koneosasto	27
6.3.2	Pintakäsittelyosasto	29
6.4	Ulkopuolinen järjestelmä	29
6.5	Seuraukset	33

7	Mittaukset	35
7.1	Mittalaitteet	35
7.2	Menetelmät	36
7.3	Laskut	36
8	Tulokset	37
8.1	Imurit	37
8.2	Liukuovi	39
8.3	Sähkö	41
8.4	Kustannukset	41
9	Uusi purun- ja pölynpoistojärjestelmä	42
9.1	Huomioitavaa	42
9.2	Järjestelmän rakentaminen	43
9.3	Järjestelmän vaatimukset	44
10	Yhteenveto	45
	Lähteet	47
	Liitteet	
	Liite 1. Imureiden sijainnit ja putkistot	
	Liite 2. Mittauspöytäkirja	
	Liite 3. Laskujen tulokset	
	Liite 4. Tehtaan tuleva layout	

Lyhenteet

ATEX	(Atmosphères explosives) Tarkoittaa räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäviä laitteita koskevaa lainsäädäntöä.
K_{st}	Pölyräjähdysvakio jota käytetään räjähdysvoimakkuuden kuvaamiseen (bar*m/s).
Pitot putki	Mittalaite, jolla mitataan virtauksen paikallista nopeutta paine-eron avulla.
WOODEX	Euroopan Unionilta tukea saaneen WOOD-RISK projektin altistumista selvittäneen osuuden (WOODEX) tuloksena on saatu tietoja puupölyaltistuksesta Suomessa ja muissa EU-maissa.

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tavoitteena on selvittää Isku Oy:n Lahdessa osoitteessa Mukkulankatu 23 sijaitsevan tehtaan purun- ja pölynpoistojärjestelmän nykyinen kunto, sekä selvittää itse järjestelmästä ja siihen välillisesti sekä välittömästi kuuluvien toimintojen aiheuttamat kustannukset. Tässä työssä tarkastellaan myös lakeja ja säädöksiä, joita on otettava huomioon suunniteltaessa tehdaskiinteistön tuotantotiloja sekä purun- ja pölynpoistoa.

Isku konserni on Eino Wikströmin vuonna 1928 perustama yritys, joka toimii edelleen perheyrittäjäytenä. Vuonna 2014 Iskun liikevaihto oli 130 miljoonaa euroa. Iskun päätoimiala on suunnitella, valmistaa ja markkinoida sisustusratkaisuja niin koteihin kuin työpaikoille. Pääkonttori sijaitsee Lahdessa osoitteessa Mukkulankatu 19. Henkilöstöä Isku konsernissa on n. 700, joista n. 350 työskentelee tuotannossa. Isku on huonekaluteollisuuden suurin toimija suomessa tuotannon arvon ollessa 50 miljoonaa euroa vuodessa. Tehtailla valmistetaan 1 500 - 2 000 valmista kalusteyksikköä päivässä sekä noin 1 000 000 levykomponenttia vuodessa.

Tehdaskiinteistöissä suoritetaan tehdaskiinteistöjen tuotantotilojen ja -menetelmien perusparannus. Muutoksen toteutus on tarkoitus aloittaa vuonna 2015 ja saattaa valmiiksi vuoden 2016 alkupuoliskolla. Tuotantotilojen uudistukseen liittyy myös vahvasti osoitteessa Mukkulankatu 19 sijaitsevien tuotantoyksiköiden siirtäminen Mukkulankatu 23:een (kuva 1).



Kuva 1. Mikkulankatu 23 ilmakuva

Tuotantotilojen yhdistymisen yhteydessä tehdään mittavia konekannan uudistuksia ja tuotantolinjojen saneerauksia. Tämä työ auttaa arvioimaan, onko tarvetta purun- ja pölynpoistolaitteiston uusimiseksi vai voidaanko nykyinen järjestelmä peruskorjata energiatehokkaaksi, sekä saadaanko se vastaamaan tulevaisuudessa tarvittavaa puhdistuskykyä. On myös huomioitava vuonna 2007 Työturvallisuuskeskuksen voimaan tullut suositus sisäilman sisältämästä pölystä, minkä tulisi olla alle 1 mg/m³ uusissa sekä uusituissa tuotantolaitoksissa.

2 Työturvallisuuslaki (738/2002)

2.1 Soveltamisala

Työturvallisuuslain tarkoituksena on parantaa työympäristöä ja -olosuhteita työntekijöiden työkyvyn turvaamiseksi ja ylläpitämiseksi. Lain tarkoituksena on myös torjua ja ennaltaehkäistä työtapaaturmia ja muita työstä tai työympäristöstä johtuvia haittoja /1, 1§/.

Lakia sovelletaan työsopimuksen, virkasuhteen tai näihin verrattavissa olevalla julkisoidellisella palvelussuhteella tehtävään työhön /1, 2§/. Työturvallisuuslakia sovelletaan myös vuokratyöntekijöihin. Työn vastaanottajan on varmistuttava, että vuokratyöntekijän työnantaja on varmistunut työntekijän ammattitaidosta ja yleisestä pätevyydestä kyseiseen työhön. Työn vastaanottajan on erityisen tärkeää huolehtia työntekijän perehdyttämisestä työhön ja kaikkeen siihen yleisesti liittyvään, kuten työterveyshuoltoon ja työsuojeluun /1, 3§/.

Työturvallisuuslakia sovelletaan 2§ tarkoitetun lisäksi myös seuraavissa tapauksissa /1, 4§/:

- oppilaan ja opiskelijan työhön koulutuksen yhteydessä
- työvoimapolitiittiseen toimenpiteeseen osallistuviin henkilöihin
- kuntoutukseen ja siihen liittyvään kuntouttavaan toimintaan
- henkilöön joka suorittaa rangaistusta työskentelemällä
- hoitolaitoksessa tai muussa siihen verrattavassa laitoksessa työskentelevään
- asevelvollisiin ja vapaaehtoisessa asepalveluksessa olevien naisten työhön 6 §:ssä säädetyin rajoituksin
- sopimuspalokuntaan kuuluvan vapaaehtoiseen pelastustoimintaan osallistuvaan henkilöön sekä erikseen säädettävään muuhun työhön.

Soveltamisalan rajoitus /1, 6§/ rajoittaa lain soveltamista puolustusvoimien tai rajavartiolaitoksen palveluksessa oleviin henkilöihin. Lakia ei myöskään sovelleta erillisellä määräyksellä tai palvelusohjelmaan merkittyyn työhön, jonka tarkoitus on sotilaallisessa toiminnassa tarvittavien taitojen harjoittaminen.

2.2 Työnantajan yleiset velvollisuudet

Työnantaja on kaikilla tarpeellisilla toimenpiteillä veloitettu huolehtimaan työntekijöiden turvallisuudesta sekä terveydestä työssä, ottamalla huomioon työhön ja sen olosuhteisiin sekä muuhun työympäristöön liittyvät seikat. Rajaavina tekijöinä otetaan huomioon ennalta arvaamattomat ja epätavalliset olosuhteet, joihin työnantaja ei voi vaikuttaa, sekä poikkeukselliset tapahtumat, joita ei kaikista varotoimista huolimatta voida välttää. /1, 8§./

Työolosuhteiden parantamiseksi työnantajan on valittava, mitoitettava ja toteutettava kaikki tarvittavat toimenpiteet. Seuraavia periaatteita on mahdollisuuksien mukaan noudatettava:

- Vaara- ja haittatekijät poistetaan tai jos tämä ei ole mahdollista niin korvataan ne vähemmän vaarallisilla tai haitallisilla.
- Kaikki yleisesti vaikuttavat työsuojelutoimenpiteet on suoritettava ennen yksilöllisiä toimenpiteitä, sekä on otettava huomioon tekniikan ja muiden käytettävissä olevien menetelmien kehittyminen.

Jotta edellä mainitut asiat pystytään kunnialla toteuttamaan, on työnantajan jatkuvasti tarkkailtava työympäristöä, sekä tarkkailtava toteutettuja toimenpiteitä ja niiden vaikutusta työskentelyn turvallisuuteen ja terveellisyteen. Toimenpiteet jotka otetaan käyttöön työn turvallisuuteen ja terveellisyteen kohdistuen, on otettava huomioon työnantajan koko organisaatiossa.

2.3 Työn vaarojen selvittäminen ja arviointi

Tarpeellisella järjestelmällisyydellä työnantajan on selvitettävä ja tunnistettava työstä, työajoista, työtilasta tai muusta työympäristöstä sekä työolosuhteita haittaava tai vaarantava tekijä /1, 10§/. Mikäli haittaavia tai vaarantavia tekijöitä ei kokonaan pystytä poistamaan, on työnantajan otettava huomioon seuraavat asiat:

- Tapaturman tai muun terveyden menettämiseen kohdistuvat vaarat ja haitat. Aikaisemmin esiintyneet tapaturmat, vaaratilanteet, ammattitaudit ja sairaudet, jotka ovat aiheutuneet kyseisestä työstä.
- Työntekijän ikä, sukupuoli, ammattitaito tai muut työntekijän henkilökohtaiset edellytykset. Huomioitavaa on myös työn kuormitustekijät sekä mahdollinen vaara tai haitta, josta on vahinkoa lisääntymisterveydelle.

Mikäli työnantajalla ei ole 1 momentin tarkoittamaa riittävää pätevyyttä ja asiantuntemusta, on työnantajan käytettävä ulkopuolisia asiantuntijoita ja varmistettava, että ulkopuolisella toimijalla on riittävä pätevyys ja muut tarvittavat edellytykset suoriutuakseen tehtävästä asianmukaisesti. Työterveyshuoltolaissa (1383/2001) säädetään työterveyshuollon ja ammattihenkilöiden käytöstä sekä työpaikkaselvityksestä.

1 momentissa tarkoitettun selvityksen ja arvioinnin tulee olla työnantajan hallussa ja sitä on tarkistettava olosuhteiden olennaisesti muuttuessa sekä muutenkin pidettävä ajan tasalla.

2.4 Erityistä vaaraa aiheuttava työ

Mikäli 10 §:ssä tarkoitettu vaarojen arviointi osoittaa, että työstä saattaa aiheutua tapaturman tai sairastumisen vaaraa, on työnantajan varmistettava, että työtä tekee tarpeeksi pätevä ja kaikin puolin muutenkin sopiva henkilö. Kaikkien muiden henkilöiden pääseminen vaara-alueelle on estettävä kaikin tarpeellisin keinoin ja toimenpitein. Mikäli työ tai työolosuhteet ovat vaaraksi raskaana olevalle työntekijälle tai sikiölle ja kyseistä vaaraa ei pystytä poistamaan, on työntekijä siirrettävä sopivampiin työtehtäviin raskauden ajaksi. /1, 11§./

2.5 Työympäristön suunnittelu

Työnantajan on työympäristöä suunniteltaessa otettava huomioon työympäristön rakenteiden, työtilojen, työ- ja tuotantomenetelmien sekä työssä käytettävien koneiden, työvälineiden ja muiden laitteiden sekä terveydelle haittaa aiheuttavien aineiden käytön vaikutukset työntekijöiden turvallisuuteen sekä terveyteen.

Työnantajan on varmistuttava, että työturvallisuuslaki täyttyy suunniteltaessa uutta työympäristöä, sekä otettava huomioon vammaiset ja muut työntekijät, jotka työn turvalliseen tekemiseen tarvitsevat erityisiä toimenpiteitä. /1, 12§./

2.6 Ilmanvaihto

Työnantajan on huolehdittava, että työpaikalla on riittävästi kelpollista hengitysilmaa. Ilmanvaihdon on oltava riittävän tehokas sekä tarkoituksen mukainen. /1, 33§./

2.7 Ilman epäpuhtaudet

Työpaikalla esiintyviä epäpuhtauksia, kuten pölyä, savua, kaasua tai höyryä, jotka aiheuttavat työntekijälle vahinkoa tai vaara, on mahdollisuuksien mukaan estettävä leviämistä hengitysilmaan. Epäpuhtauksien leviäminen voidaan estää sijoittamalla epäpuhtauksien lähde suljettuun tilaan tai ilman epäpuhtaudet on koottava ja poistettava tarkoituksenmukaisella ilmanvaihdolla. /1, 37§./

Työstettäessä puuta erilaisilla menetelmillä on purun- ja pölynpoistosta huolehdittava ja varmistuttava, että työskentelytilojen hengitysilman puupölypitoisuus ei ylitä arvoa 1mg/m^3 . /2./

2.8 Koneiden, työvälineiden ja muiden laitteiden turvallisuus

Kaikkien laitteiden, koneiden ja muiden työvälineiden pitää olla työhön ja työolosuhteisiin soveltuvia ja niiden tulee olla niitä koskevien säännösten mukaisia. Näiden kaikkien tulee olla asennettu oikein ja kaikkien suojalaitteiden tulee toimia sekä merkintöjen ol-tava ajan tasalla. Ne eivät myöskään saa aiheuttaa vaaraa niillä työskenteleville tai muille työpaikalla oleville henkilöille. /1, 41§./

Koneiden, työvälineiden ja muiden laitteiden käytön ja huollon on oltava asianmukaista. Rakentein ja erilaisten suojavälineiden tai turvalaitteiden avulla on estettävä vaara-alueelle pääseminen. Myös huoltotöihin tai muihin poikkeustilanteisiin on varauduttava, jotta niistä ei aiheudu vaaraa tai haittaa työntekijöille.

Kaikille työvälineille, koneille ja muille laitteille on suoritettava käyttöönotto- ja määräai-kaistarkastukset. Käyttöönottotarkastuksella varmistetaan näiden oikeanlainen ja tur-vallinen toiminta. Käyttöönottotarkastus pitää tehdä myös, jos on suoritettu turvallisuus-den kannalta merkittäviä muutoksia. Lisäksi koneille, laitteille ja muille työvälineille on suoritettava määräaikaistarkastuksia, jotta varmistutaan näiden oikeanlaisesta toimin-nasta. /1, 43§./

Työpaikka on varustettava tarpeellisilla hälytys-, paloturvallisuus-, hengenpelastus-, pelastautumislaitteilla. Kaikille työntekijöille on annettava koulutusta kyseisten välinei-den käytöstä sekä toiminnasta tulipalon tai muun vaaratilanteen varalta. /1, 45§./

3 ATEX

3.1 ATEX-työolosuhdedirektiivi

Euroopan yhteisön laitedirektiivistä 94/9/EY ja työolosuhdedirektiivistä 1992/92/EY, jotka koskevat räjähdysvaarallisia tiloja, niissä työskentelyä sekä tiloissa käytettäviä laitteita, käytetään nimitystä ATEX. Näiden direktiivien tarkoituksena on yhtenäistää Euroopan unionin jäsenvaltioiden turvallisuusvaatimuksia räjähdysvaarallisissa tiloissa, sekä suojella niissä työskenteleviä henkilöitä. Direktiivillä yhtenäistetään myös EU:n

alueella käytettävien koneiden ja laitteiden turvallisuusvaatimuksia ja taataan Ex-merkittyjen laitteiden vapaa kauppa EU:n alueella.

ATEX-laitedirektiivi on astunut voimaan 1.7.2003, ja sen nojalla räjähdysvaarallisiin tiloihin tarkoitettujen laitteiden ja suojausjärjestelmien tulee täyttää kaikki määräykset, jos niitä on tarkoitus myydä, luovuttaa tai ottaa käyttöön.

ATEX-työolosuhdedirektiivi on saatettu voimaan 1.9.2003 valtioneuvoston asetuksella 576/2003, ja se koskee kaikkia sellaisia tuotantolaitoksia ja työpaikkoja, joissa ilmenee räjähdyskelpoisia ilmaseoksia. Näitä seoksia voi ilmetä palavien nesteiden, kaasujen sekä pölyn muodossa. /3./

3.2 Työnantajan velvollisuudet

Työnantaja on velvollinen työntekijöiden terveyden ja turvallisuuden varmistamiseksi toteuttamaan kaikki tarvittavat toimenpiteet, jotta työ pystytään suorittamaan turvallisesti räjähdysvaarallisessa tilassa sekä varmistamaan asianmukainen valvonta niiden periaatteiden mukaisesti, jotka koskevat vaaran merkityksen arviointia. /3, 4§./

Työnantajan on selvitettävä ja tunnistettava vaarat, joita räjähdyskelpoiset ilmaseokset saattavat aiheuttaa sekä arvioitava niiden merkitys huomioimalla ilmaseosten syntymisen ja esiintymisen todennäköisyys ja kesto. On selvitettävä millä todennäköisyydellä syttymisen voi aiheuttaa sähköstaattinen purkaus sekä työpaikalla käytettävien laitteiden, aineiden, prosessien ja niiden mahdollisten yhteisvaikutusten laajuus. On myös huomioitava tilat, joista on tai saattaa olla avoin yhteys räjähdysvaarallisiin tiloihin. /3, 5§./

3.3 Räjähdyssuojausasiakirja

Räjähdyssuojausasiakirja on työnantajan puolesta pidettävä asiakirja, joka on pidettävä ajan tasalla jatkuvasti. Räjähdyssuojausasiakirja on aina laadittava ennen kuin voidaan aloittaa työskentely tilassa, jossa voi esiintyä räjähdysvaarallisia ilmaseoksia. Sitä on tarkistettava aina, jos työskentelytiloissa tapahtuu muutoksia työvälineissä tai muissa

työjärjestelyissä. Räjähdyssuojasiasiakirja voi olla osana muuta työpaikan turvallisuusasiakirjaa.

Räjähdyssuojasiasiakirjassa on erityisesti mainittava, että räjähdysvaara on määritelty ja sen merkitys arvioitu. Kaikki toimenpiteet asetuksen 576/2003 tavoitteista toteutuvat ja tilat luokitellaan asetuksen 576/2003 liitteiden 1 ja 2 mukaisesti. Työpaikan suunnittelu ja työvälaineet ovat asianmukaiset ja niitä huolletaan asianmukaisesti sekä varoituslaitteita käytetään oikein. /3, 8§./

3.4 Räjähdyssvaaralliset tilat

Räjähdyssvaaralliseksi tilaksi kutsutaan tilaa, jossa räjähdyskelpoinen ilmaseos normaaleissa olosuhteissa sekoittuu vaarallisiin kaasuihin, höyryihin, sumuun tai erilaisiin pölymäisiin aineisiin, josta seoksen syttyessä saattaa palo levitä vielä palamattomaan seokseen. Puunjalostusteollisuuden, kemianteollisuuden, lääketeollisuuden sekä palavien nesteiden ja kaasujen valmistuksessa ja varastonnissa käytetyissä tuotantolaitoksissa esiintyy yleisimmin räjähdysvaarallisia tiloja. /3, 3§./

Räjähdyssvaarallisiin tiloihin, jotka on merkittävä selvästi Ex-tunnuksella (kuva 2), saa asentaa vain laitteita jotka, täyttävät ATEX-laitedirektiivin 94/9/EY vaatimukset.



Kuva 2. Räjähdyssvaarallisen tilan merkintä

Iskulla tällaisia tiloja ovat pintakäsittelyaineiden varasto, pintakäsittelyosasto sekä nykyisen purun- ja pölynpoistojärjestelmän paineenalainen osuus sekä keräilysiilo, josta puru ja pöly siirretään kontteihin poiskuljetusta varten.

3.5 Tilaluokat

Ex-tila on sellainen tila, jossa saattaa esiintyä räjähdyskelpoista ilmaseosta siinä määrin, että työntekijöitä on tarpeen suojella räjähdysvaaralta. Tilaluokka on määritettävä sen perusteella, kuinka usein ja pitkään räjähdyskelpoinen ilmaseos tilassa esiintyy. /4./

Tilat voidaan jakaa eri tilaluokkiin sen mukaan ovatko ne alttiina kaasuräjähdykselle vai pölyräjähdykselle taulukon 1 mukaisesti.

Taulukko 1. Tilaluokkien määritelmät /5./

Tilaluokka	Määritelmä
0	Ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, usein tai pitkäaikaisesti
20	Ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, usein tai pitkäaikaisesti
1	Ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti
21	Ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti
2	Ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja kestoaltaan vain lyhytaikaista
22	Ilman ja palavan pölyn muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja kestoaltaan vain lyhytaikaista

3.6 EX-laite

EX-laitedirektiivin vaatimukset koskevat räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäväksi tarkoitettuja laitteita, näistä rakennettuja laitekoko-panoja sekä näiden suojausjärjestelmiä ja suojausjärjestelmien turva-, säätö-, ja ohjauslaitteita vaikka ne sijaitsisivat varsinaisen EX-tilan ulkopuolella. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi erilaiset sähkölaitteet ja -komponentit, pumput, vaihteistot, pneumaattiset laitteet, trukit ja polttomoottorit sekä kaikki näiden yhdistelmät. /5./

Kaikkien EX-laitteiden tulee täyttää kaikki olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset, jotka säädöksissä on määritelty. Näiden täytyminen on mahdollista jos noudatetaan kaikessa suunnittelussa ja rakentamisessa yhdenmukaistettujen standardien mukaisia suunnittelu- ja valmistusperiaatteita sekä testausmenettelyjä. Ex-laitedirektiivin mukaiset laitteet pitää merkitä Ex-merkillä (kuva 3).



Kuva 3. Räjähdysvaaralliseen tilaan asennettavan laitteen merkintä

3.7 Laiteluokittelu

Tilaluokkien määrittely asettaa tiettyjä vaatimuksia sinne asetettavalta laitteelta, riippumatta siitä, osallistuuko se prosessiin tai onko se yhteydessä palaviin aineisiin, riittää että ne sijaitsevat samassa tilassa tai ne tuodaan sinne. Tämän kaltaisia laitteita voivat olla esimerkiksi valaisimet ja erilaiset sähkötyökalut. /5./

Laitteen luokittelussa otetaan huomioon kaikki tilaluokat, joihin kyseinen laite mahdollisesti saatetaan viedä. Huomioitava on myös tilaluokituksessa käytetty peruste kaasujen ja nesteiden räjähdys- ja syttymisryhmistä. Pölypilven ja -kerroksen syttymislämpö-

tilat on huomioitava pölyjen osalta. Laite voidaan luokitella käytettäväksi kummassa tahansa yksinään tai molempien aineiden läsnä ollessa. /5./

Räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäväksi suunnitellut laitteet jaetaan kahteen eri ryhmään, I-ryhmä ja II-ryhmä. Ryhmän I laitteet on tarkoitettu käytettäväksi kaivoksissa ja kaivosten maanpäällisissä osissa, joissa räjähdysvaaran aiheuttaa metaani ja/tai pöly. II-ryhmään kuuluvat kaikki muissa paikoissa käytettäväksi tarkoitetut laitteet. Edellä mainitut ryhmät jaetaan vielä erilaisiin laiteluokkiin. I-ryhmän laitteet kahteen luokkaan M1 ja M2 ja II-ryhmän laitteet kolmeen luokkaan, luokat 1, 2 ja 3. Luokkien määrittely perustuu siihen, kuinka suurta turvallisuustasoa niiltä vaaditaan ja minkälaiseen tilaan kyseinen laite voidaan asentaa. Ryhmän II laiteluokat jaetaan vielä kahteen omaan luokkaansa, G on kaasuräjähdyksille ja D on pölyräjähdyksille alttiisiin tiloihin asennettava laite. Taulukossa 2 on esitetty laiteluokkien vaatimukset. /5./

Taulukko 2. Laiteluokkien käyttö eri tilaluokissa /5./

Laiteluokka	Määritelmä
1G/D ja M1	Erittäin korkea turvallisuustaso. Suunniteltu niin että valmistajan ilmoittamilla toiminta-arvoilla taataan erittäin korkea turvallisuustaso, myös harvoin esiintyvissä virhetoiminnoissa. Kaksi toisistaan riippumatonta suojauskeinoa ja turvallisuuden säilyttävä kahden vian esiintyessä samanaikaisesti. Voidaan käyttää tilaluokissa 0 ja 20.
2G/D ja M2	Korkea turvallisuustaso. Suunniteltu niin että valmistajan ilmoittamilla toiminta-arvoilla taataan korkea turvallisuustaso, toistuvasti esiintyvissä häiriöissä tai normaaleissa laitevioissa. Yksi vika ei saa aiheuttaa vaaraa. Voidaan käyttää tilaluokissa 1 ja 21.
3	Normaali turvallisuustaso. Suunniteltu niin että valmistajan ilmoittamilla toiminta-arvoilla taataan normaali turvallisuustaso normaalitoiminnassa. Voidaan käyttää tilaluokissa 2 ja 22

Lisäksi laitteille voidaan määritellä lämpötilaluokka, johon laite voidaan asentaa. Tämä määräytyy sen mukaan, mikä on räjähdysvaarallisen aineen kaasun, höyryn tai pölyn alhaisin syttymislämpötila. Asennettavan laitteen pintalämpötila ei saa missään vaiheessa ylittää tilassa vallitsevan aineen alinta itsesyttymislämpötilaa. Laitteiden lämpötilaluokat on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Laitteiden lämpötilaluokat /9, s 28./

Aineen syttymislämpötila (°C)	Laitteen lämpötilaluokka	Laitteen suurin sallittu pintalämpötila (°C)
> 450	T1	450
300 - 450	T2	300
200 - 300	T3	200
135 - 200	T4	135
100 - 135	T5	100
85 - 100	T6	85

Laittevalinnat on tehtävä niin, että kaikki ATEX-direktiivissä mainitut kohdat täyttyvät, jotta työpaikalla työskentely olisi mahdollisimman turvallista. Mikäli ei pystytä estämään räjähdyskelpoisten ilmaseosten syntymistä, on pyrittävä estämään niiden syttyminen. Usein ei pystytä toteuttamaan täysin varmoja räjähdys-suojauksitoimenpiteitä räjähdyskelpoisten ilmaseosten syntymisen estämiseksi eikä syttymislähteiden esiintymisiä pystytä estämään. Tällöin pitää suorittaa toimenpiteitä mahdollisten räjähdysten vaikutusten rajoittamiseksi. Toimenpiteitä voivat olla rakennustapa, räjähdyspaineen alentaminen, räjähdysten vaimentaminen sekä estää räjähdysten ja siitä syntyvien liekkien leviäminen. /5./

4 Puupöly

4.1 Puupölylle altistuminen

Työperäisen puupölyaltistumisen tiedetään lisäävän astmaa ja muita hengityselinten sairauksia. Muita tyypillisiä puupölyaltistumisen oireita ovat pitkään jatkunut nuha ja yskä, muutokset nenän toiminnassa, hengenahdistus sekä keuhkoärsytys. Näistä terveysriskeistä on nykyään paljon tutkimustietoa. Jo suhteellisen alhaisilla määrillä, 1 - 2 mg/m³, puupölyn altistumisilla on saatu näyttöä hengitysteiden tulehdus- ja hengenahdistusoireista. Näistä seurauksena saattaa olla kohonnut riski sairastua nenän ja nenäontelon syöpiin. /2./

Suomessa altistuu vuosittain noin 65 000 henkilöä puupölylle EU:n WOODEX-hankkeen tietojen mukaan. Määrä on noin 2.7 % kaikista työntekijöistä. WOODEX-hankkeessa ilman puupölypitoisuuksille määrättiin erilaisia raja-arvoja. Näiden raja-

arvojen puitteissa Suomen 65 000 henkilöstä noin 6 000 henkilöä altistuu suurelle määrälle puupölyä, eli yli 5 mg/m^3 , 11 000 altistuu $2 - 5 \text{ mg/m}^3$, 12 000 henkilöä altistuu sekä $1 - 2 \text{ mg/m}^3$ että $0,5 - 1 \text{ mg/m}^3$ ja noin 24 000 henkilöä $<0,5 \text{ mg/m}^3$ puupölymäärille. /6./

4.2 Räjähdyksivaarallinen puupöly

Jos puupölyn hiukkaskoko on alle $0,5 \text{ mm}$, saattaa siitä aiheutua räjähdysvaarallisia pölyseoksia. Pölyilmaseos on räjähdysvaarallinen, jos siinä olevan pölyn pitoisuus ylittää $15 - 30 \text{ g/m}^3$ arvon. /4./

5 Kiinteästi asennettujen lastujen- ja pölynerottelujärjestelmien standardi SFS-EN 12779

5.1 Tarkoitus

SFS-EN 12779 standardin tarkoitus on yhdenmukaistaa ja tarjota yksi tapa EFTAn olennaisten terveys- ja turvallisuusvaatimusten sekä säädösten täyttämiseksi. Standardissa esitetään, mitä kaikkia koneita standardi koskee ja mitkä vaarat, vaaratilanteet ja vaaralliset tapahtumat standardi kattaa. Standardin vaatimukset on ensisijaisesti kohdennettu lastun- ja pölynpoistojärjestelmien valmistajille sekä heitä edustaville valtuutetuille tahoille. Standardista on hyötyä myös suunnittelijoille ja se sisältää myös tietoa jota valmistajat tai heidän edustajansa voivat toimittaa käyttäjille. /7, s. 8./

5.2 Soveltamisala

Standardia sovelletaan kaikkiin kiinteästi asennettuihin lastun- ja pölynpoistojärjestelmiin, joiden ilmanvirtausmäärä on alle 6 000 m³/h ja joissa on tarkoitettu käytettäväksi vain puuta, lastulevyä, kuitulevyä tai vanereita sellaisenaan tai kun niissä on muovinen päällyste tai reunalista. Lastun- ja pölynpoistojärjestelmä toimii -0,3 ja +0,3 bar alipaineella tai paineella. /7, s. 10./

Standardi ei käsittele raitisilman tuloa työpaikalle eikä lastun- ja pölynpoistojärjestelmän siilon tyhjennysjärjestelmää muuten kuin siilon tyhjennysjärjestelmän ja lastun- ja pölynpoistojärjestelmän välisiä vaikutuksia. Standardi ei myöskään koske puuntyöstössä käytettävien koneiden sisäisiä poistolaitteita kuten kupuja ja kanavia. /7, s. 10./

Standardi ei koske lastun- ja pölynpoistojärjestelmiä, jotka on tarkoitettu yli 200 bar m/s oleville K_{st} arvoille. K_{st} arvo on ilmassa olevan palavan pölyn räjähdysominaisuus ja sen arvot on esitetty standardissa EN 26184-1. /7, s. 20./

Direktiivi 94/9/EY saattaa koskea tässä standardissa käsiteltäviä kone- ja laitteistotyyppejä. Standardia SFS-EN 12779 ei ole kuitenkaan tarkoitettu esittämään menettelytapoja, joilla direktiivin 94/9/EY olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset täytyisivät. /7, s. 10./

5.3 Lastun- ja pölynpoistojärjestelmä

Lastun- ja pölynpoistojärjestelmä on puuntyöstöstä syntyvän jätteen käsittelyyn tarkoitettu laitteisto. Järjestelmä koostuu kanavistoista, puhaltimista, suodatinyksiköistä, syk-loneista sekä erilaisista varastointilaitteista, joihin myös siilot luetaan pois lukien siilon tyhjennysjärjestelmä. /7, s. 16./

Kanavisto on puuntyöstökoneiden, puhaltimien ja erottimien välinen putkisto. Puhallin on kanavistoon kytkettävä laite, joka saa aikaiseksi kanavistossa olevan ilmavirtauksen. Erotin on laite, joka erottaa kuljetettavasta ilmavirrasta lastut ja pölyn. Erottimia ovat suodattimet ja syklonit. Pääkanava on putki, johon yhdistyy kaikki eri puuntyöstökoneista tulevat haarat. Palautusilma on järjestelmän työtilaan palautettavaa suodatettua ilmaa. /7, s. 18./

5.4 Vaarat

Standardissa käsiteltävien koneiden ja laitteiden merkittäväksi tunnistetut vaarat, vaaratilanteet ja vaaralliset tapahtumat on lueteltu standardin EN 1050:1996 liitteen A mukaisesti. Tällaisia vaaroja ovat esimerkiksi seuraavat. /7, s. 24./

Mekaaniset vaarat joiden aiheuttajana voi olla koneenosien tai työkappaleiden muoto, sijainti, massa ja vakavuus, massa ja nopeus sekä paineenalaiset nesteet ja kaasut. Muita mekaanisia vaaroja ovat puristumis-, leikkautumis-, takertumisvaara sekä viilto- tai irtileikkautumisvaara. /7, s. 24./

Sähköstä johtuvat vaarat saattavat aiheutua henkilöiden koskettaessa vian seurauksesta jännitteellisiksi tulleita osia tai sähköstaattisista ilmiöistä. /7, s. 24./

Lämpötilasta johtuvia vaaroja ovat palo- ja paleltumisvammat jotka aiheutuvat koskettaessa hyvin kuumiin tai kylmiin kappaleisiin tai aineisiin sekä liekit ja lämpösäteily. /7, s. 24./

Melu saattaa aiheuttaa kuulon heikkenemistä ja jopa kuuroutta sekä muita fysiologisia häiriöitä kuten tasapainon menettämistä. /7, s. 24./

Vaarat voivat olla seurausta haitallisten nesteiden, kaasujen ja pölyjen kosketuksesta tai hengityksestä. Saattavat aiheuttaa myös tulipalon vaaraa. /7, s. 24./

Odottamaton käynnistyminen saattaa olla seurausta ohjausjärjestelmän vikaantumisesta tai toimintahäiriöstä. Ulkoisista vaikutuksista sähkölaitteisiin tai käyttäjän virheestä. /7, s. 26./

Muita virheitä tai vaaroja ovat asennusvirheet, putoavat tai sinkoutuvat osat, nesteet tai kaasut sekä henkilöiden liukastuminen kompastuminen tai putoaminen. /7, s. 26./

5.5 Ohjausjärjestelmä

Ohjausjärjestelmällä tarkoitetaan sitä järjestelmää, jota käytetään lastun- ja pölynpoistojärjestelmän ohjaamiseen. Järjestelmä alkaa puuntyöstökoneisiin mahdollisesti kytketystä ilmaisimella varustetuista säätöpelleistä ja päättyy siilossa olevaan siilon täyttöjärjestelmän pinnankorkeuskytkimeen. /7, s. 28./

5.6 Ohjausjärjestelmän turvallisuus ja luotettavuus

Turvallisuuteen vaikuttavia koneen ohjausjärjestelmiä käytetään hätäpysäytykseen, toimintaan kytkentään, palontunnistukseen, käynnistykseen, normaaliin pysäytykseen, työvaiheiden yhteen kytkemiseen ja poistoputkessa olevan alipaineen ilmaisemiseen. Sillä valvotaan myös erottimien paine-eroa, tyhjennysjärjestelmän toimintaa sekä siilon ja säilytysastian täyttymistä. /7, s. 28./

Hätäpysäytykseen ja toimintaan kytkentään käytettävien laitteiden on oltava standardin EN ISO 13849-1:2008 mukaisia ja kiinteästi langoitettuja. Ohjausjärjestelmän muissa osissa voidaan käyttää elektroniikkaa. Kaikki sähköiset laitteet, joilla hallitaan lastun- ja pölynpoistojärjestelmää, on sijoitettava vähintään 600 mm:n ja enintään 1800 mm:n korkeudelle työskentelytasosta. /7, s. 28./

5.6.1 Käynnistys

Mikäli lastun- ja pölynpoistojärjestelmä on varustettu automaattisella tyhjennystoiminnolla, on varmistettava, että tyhjennysjärjestelmä on käynnissä ennen kuin lastun- ja pölynpoistojärjestelmä käynnistyy. Huomioitavaa on myös se, että suodattimen ja siilon välisen siirtojärjestelmän on toimittava normaalisti ennen kuin puuntyöstökoneisiin kytketty lastun- ja pölynpoistojärjestelmä voidaan käynnistää.

Jos on jouduttu käyttämään hätäpysäytystä ja hätäpysäytin on palautettu takaisin toimintakuntoon, on järjestelmän suoritettava toimintajakso, jolla se palautuu siihen tilaan, että se voidaan käynnistää uudelleen. /7, s. 30./

5.6.2 Normaali pysäytys

Normaali pysäytys tapahtuu valmistajan ennalta määrittämässä järjestyksessä. Jos osa järjestelmää pysäytetään, on hallintaelimen pysäytettävä vähintään kaikki ennen tätä osaa olevat osat valmistajan ennalta määräämässä järjestyksessä. /7, s. 30./

5.6.3 Hätäpysäytys

Hätäpysäytykseen käytettävän laitteen on täytettävä standardien EN ISO 13850 ja EN 60204-1:2006 vaatimusten lisäksi seuraavat vaatimukset /7, s. 32./:

- Hätäpysäyttimen on sijaittava taulussa, jossa normaalit käynnistykseen ja lastun- ja pölynpoistonjärjestelmään kuuluvat hallintalaitteet sijaitsevat.
- Hätäpysäytyskytkimen on sijaittava korkeintaan 50 m etäisyydellä kaikista lastun- ja pölynpoistojärjestelmään sähköisesti liitetyistä osista.
- Kaikissa niissä tiloissa joissa sijaitsee lastun- ja pölynpoistojärjestelmään yhdistettyjä sähköisiä tai mekaanisesti käytettäviä osia, pitää olla vähintään yksi hätäpysäytyskytkin.
- Jokaisen usein tapahtuvaan käyttöön tarkoitetun toimintaan kytketyn suojuksen välittömästä läheisyydestä on löydyttävä hätäpysäytyskytkin, tarvittaessa myös muidenkin järjestelmän pääsykohtien kohdalta.
- Käyttöohjeissa pitää olla suositus lastun- ja pölynpoistojärjestelmän uudelleen käynnistämisestä heti, kun hätäpysäytykseen johtanut tilanne on selvitetty.

5.7 Energiansyötön häiriöt

Mikäli lastun- ja pölynpoistojärjestelmään tulee energiakatkos, pitää automaattisen uudelleenkäynnistymisen olla estetty. Energiansyöttöhäiriön jälkeen lastun- ja pölynpoistojärjestelmää uudelleen käynnistettäessä on järjestelmän suoritettava aiemmin mainittu toimintajakso, jolla laitteisto saatetaan tilaan, jossa normaali käynnistys voi tapahtua. /7, s. 36./

5.8 Suojaus mekaanisilta vaaroilta

5.8.1 Tukirakennelmien vakavuus

Kaikki osat lastun- ja pölynpoistojärjestelmässä on suunniteltava siten, että ne kykenevät kantamaan yhtä aikaa rakenneosan kuten puhallin, erotin tai sulkusyötin, oman painon sekä kaikki ennakoitavissa olevat lisäkuormat, kuten puusta syntyvä työstöjäte (150 kg/m^3) tai kunnossapitohenkilöiden (100 kg/hlö) paino sekä telineet ja sisäiset voimat. Jos järjestelmä on varustettu räjähdysten kevennysjärjestelmällä, tulee sen tukirakenteiden kestää räjähdysten paineesta johtuvat voimat. /7, s. 36./

Myös puhaltimien tukirakenteiden on kestettävä epätasapainosta ja tärinästä johtuvat rasitukset, sillä tärinä saattaa aiheuttaa aineen väsymisestä johtuvia vikaantumisia tukirakenteissa. /7, s. 82./

5.8.2 Liikkuvat osat

Kaikki lastun- ja pölynpoistojärjestelmän koneellisesti liikkuvat osat kuten puhaltimien siipipyörät, ruuvikuljettimet, sulkusyöttimet ja automaattiset sulkupellit on suojattava kiinteällä suojuksella. Mikäli järjestelmässä on aukkoja useasti tapahtuvaa koneeseen pääsyä varten, on aukossa oltava avattava suojus, joka on kytketty lastun- ja pölynjärjestelmän vaarallisiin liikkeisiin (häätäpysäytys). Tällaisia toimenpiteitä voi olla esimerkiksi asetusten tekeminen, säätö tai puhdistus. Jos suojus on auki yhtäjaksoisesti pidempään kuin 10 s, on suojuksessa oltava myös lukitus. /7, s. 38./

5.9 Muilta vaaroilta suojautuminen

Kun lastun- ja purunpoistojärjestelmää rakennetaan, on sen sijoitus otettava huomioon. Poistojärjestelmän paikan on oltava sellainen, ettei tulipalon tai räjähdysen aiheuttavia syttymislähteitä ole. Myös mahdollisesta tulipalosta tai räjähdyksestä syntyvät vaarat on pyrittävä minimoimaan. /7, s. 38./

Suunniteltaessa lastun- ja pölynpoistojärjestelmää pelkästään puuta käsitteleviin puun-työstökoneisiin on K_{st} -arvona käytettävä arvoa 200 bar m/s. Mikäli lastun- ja pölynpoistojärjestelmä on yhdistetty koneisiin, joilla käsitellään puuhun yhdistettyjä muita aineita kuten laminaattia, lakkausta tai alumiinia, on suositeltavaa käyttää suurempaa K_{st} -arvoa. Myös toimenpiteet lisäturvallisuuden lisäämiseksi ovat paikallaan. Tällaisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi palonsammutuslaitteiston asentaminen, erilaiset varoventtiilit, räjähdysen lisäkeventäminen ja rakenteiden vahvistaminen. /7, s. 38./

5.9.1 Sijoittaminen

Erottimet, puhaltimet ja muut puujätteen keräysjärjestelmät on sijoitettava työskentelyalueen ulkopuolelle, joko ulos, erilliseen huoneeseen tai erilliseen rakennukseen. Kaikki edellä mainitut laitteet on sijoitettava turvalliselle alueelle. /7, s. 40./

5.9.2 Puujäte kanavissa ja erottimissa

Lastun- ja pölynpoistojärjestelmässä siirrettävän ilman nopeuden on oltava yli 20 m/s laskettuna keskiarvona jokaista tuntia kohden. Tällä estetään puujätteen kertyminen kanavistoon. Kanavistoon on tehtävä tarkistusluukkuja tai siihen on tehtävä helposti irrotettavia osia, jotta sen kuntoa voi tarkkailla ja kanavistoa pystytään puhdistamaan. /7, s. 40./

Kaikki kanavistossa olevat osat on suunniteltava ja asennettava niin, etteivät kanavistossa virtaavan ilman seassa olevat puun-työstöstä syntyneet jätteet pääse takertumaan mihinkään. Mikäli on kuitenkin tarpeellista käyttää kanavistossa verkkoa, johon puujäte saattaa takertua on sen silmämääräisen tarkastamisen oltava mahdollista tai siihen on liitettävä painehäviön mittaus- ja ilmaisulaitteisto. /7, s. 40./

Lastun- ja pölynpoistolaitteistoon kytketyt erottimet on suunniteltava siten, että suodattimen koteloon kertyvän materiaalin enimmäismäärä on alle 200 litraa 1000 m³/h ilmanvirtausmäärää kohden. Tämä arvo perustuu suodatinkankaan pinnalle kerääntyvään jätteeseen sekä jätteen kertymiseen suodattimessa olevaan suppiloon ennen jätteen pääsyä kuljetusjärjestelmään. /7, s. 42./

5.9.3 Syttymislähteet

Lastun- ja pölynpoistojärjestelmä ja siihen kaikki liittyvät osat tulisi suunnitella siten, että järjestelmää normaalisti käytettäessä tai kulumisen vuoksi ei syntyisi syttymislähteitä. Lastun- ja pölynpoistojärjestelmään liitettyjen koneiden laadun vuoksi kaikista syttymislähteistä ei voida päästä kokonaan eroon ja riski on riippuvainen konetyypistä. Kaikissa järjestelmissä suositellaan käytettäväksi syttymisen havaitsemiseen tarkoitettuja laitteita sekä sammutuslaitteita, varsinkin jos käytetään hiomakoneita tai moniteräisiä sahoja. /7, s. 42./

Kiinteästi asennettujen lastujen- ja pölynerottelujärjestelmien standardi SFS-EN 1277 määrittelee pölypilven alhaisimmaksi syttymislämpötilaksi 400 °C ja pölykerroksen alhaisimmaksi syttymislämpötilaksi 300 °C. /7, s. 44./

Lastun- ja pölynpoistojärjestelmään kytketty laite, joka on teräksestä tehty ja toimii olosuhteissa, jossa voi aiheutua kipinöintiä, on päällystettävä kuparilla tai vastaavalla aineella kipinöinnin estämiseksi. /7, s. 44./

Koko lastun- ja pölynpoistojärjestelmä on maadoitettava. Tästä johtuen kaikki suodatinelementtien tukikehikot ja -renkaat on maadoitettava ja kanavisto on valmistettava aineesta joka johtaa sähköä. Järjestelmässä ei myöskään saa olla potentiaalieroja, jotta staattinen sähkö ei pääse purkautumaan. Kaikkien letkujen on pystyttävä johtamaan varaus maahan ja yli 0,5 m pituiset letkut ovat sallittuja vain jos se on lastun- ja pölynpoistojärjestelmään liitetyn koneen toimimisen kannalta välttämätöntä. /7, s. 46./

Jokaisen sähkölaitteen, joka on sijoitettu lastun- ja pölynpoistojärjestelmän pölylle alttiin tai pölyttömään osaan, on täytettävä pölyistä ympäristöä ja räjähdysvaaraa koskevat määräykset ja vaatimukset (ATEX). Lastun- ja pölynpoistojärjestelmän erottimen pölyllä kuormitettu osa sekä erottimen ja siilon välinen kuljetusjärjestelmä kuuluvat tila-

luokkaan 20, puuntyöstökoneiden ja erottimien välinen kanavisto tilaluokkaan 21 ja pölyttömät osat tilaluokkaan 22. /7, s. 48./

5.9.4 Vahinkojen rajoittaminen tulipalon tai räjähdysen sattuessa

Standardi 1127-1:2007 määrittelee vaatimukset lastun- ja pölynpoistojärjestelmään kytketyille erottimille, siloille ja säilytysastioille. Mahdollisen räjähdysen sattuessa on räjähdysen kevennyselementeistä syntyvä paineaalto ohjattava turvalliseen paikkaan pois työskentelytiloista ja kulkuteiltä, joihin on vapaa pääsy. Myös räjähdysen pääseminen ja eteneminen kanavistoissa on estettävä takaiskulupillä, sulkusyöttimillä tai muilla räjähdysen eristävillä laitteilla. /7, s. 48./

5.9.5 Palontorjunta

Kiinteästi asennettujen lastujen- ja pölynpoistojärjestelmien standardi SFS-EN 12279 määrää, että kaikkiin suodattimiin ja siloihin on vähimmäisvaatimuksena asennettava kuivasprinklerijärjestelmä, jossa veden syöttöä varten oleva liitoskappale on 0,4 - 0,8 m korkeudella maasta ja vähintään 5 m etäisyydellä suodattimesta.

Kaikki sprinklerijärjestelmän määrittelyt ja vaatimukset on sovittava lastun- ja pölynpoistojärjestelmän valmistajan ja ostajan kesken. Poistojärjestelmän valmistajan on kuitenkin määriteltävä tarvittavan veden paine ja kulutus. /7, s. 52./

5.9.6 Siilot

Standardin SFS-EN 12279 turvallisuusvaatimukset ja -toimenpiteet siloja koskien ovat, että siilon on oltava vapaasti seisova ja sen sijoituspaikka on ulkona. Pohja jonka päälle lastut ja pöly kerääntyvät, ei saa sijaita maanpinnan alapuolella. Siilon sisäpinnoilla ei saa olla mitään ulokkeita, joihin puuntyöstöstä syntyvä jäte saattaa kerääntyä, ja siilon poikkileikkauksen on oltava vakio tai pienennyttävä korkeuden kasvaessa.

Täyttöjärjestelmä, jolla puuntyöstöstä syntyvä jäte tuodaan siiloon, on suunniteltava siten että lastut ja pöly jakaantuvat siiloon tasaisesti. Käsintehdävää tyhjennystä varten siilossa on oltava aukko, jonka on oltava vähintään 1,2 m leveä ja 2,0 m korkea ja sijaittava siilon pohjan kanssa samalla tasolla. /7, s. 58./

Siilossa vaaditaan olevaksi tietty määrä aukkoja ja niiden täytyy sijaita siilon etuseinässä ja johtaa suoraan ulos. Mikäli siilon mitta ylittää 6 m poistoaukon suunnassa, on siilon vastakkaiselle puolelle sijoitettava sama määrä aukkoja. Vaadittavien aukkojen määrä riippuu siilon koosta seuraavan taulukon 4 mukaisesti.

Taulukko 4. Siilossa vaadittavien luokkien määrä /7, s. 60/

Siilon malli	Sisähalkaisija tai leveys	Vaadittava aukkojen lkm
Neliö tai suorakaide	< 4 m	1
	4 < 6,5 m	2
	6,5 < 8,5 m	3
	> 8 m	4
Pyöreä	< 5 m	1
	5 < 7 m	2
	> 7,5 m	4

Yli 6 m korkeissa siiloissa pitää olla myös aukkoja, joiden kautta voidaan työntää pitkä tanko ulostuloaukkojen suuntaan, ja ne on sijoitettava suoraan poistoaukkojen yläpuolelle. Täyttökorkeuden ylittäessä 9 m vaaditaan lisää aukkoja, ja niiden väli pystysuunnassa saa olla korkeintaan 6 m. Aukkojen koko riippuu siilon seinämäpaksuudesta ja 0,8 m x 0,8 m kokoinen aukko on suositeltava koko betonisiiloissa. Jos siilo on valmistettu teräksestä, voivat aukot olla myös pienempiä. /7, s. 60./

Kaikki siilossa olevat tyhjennysaukot ja tarkastusaukot pitää varustaa lukittavilla ovilla, jotka avautuvat ulospäin. Koetteluaukot on myös suunniteltava siten, että niistä ei pääse siiloon. Aukkoon voi esimerkiksi asentaa kalterit estämään putoaminen. /7, s. 62./

5.10 Lastun- ja pölynpoistojärjestelmän suunnittelu

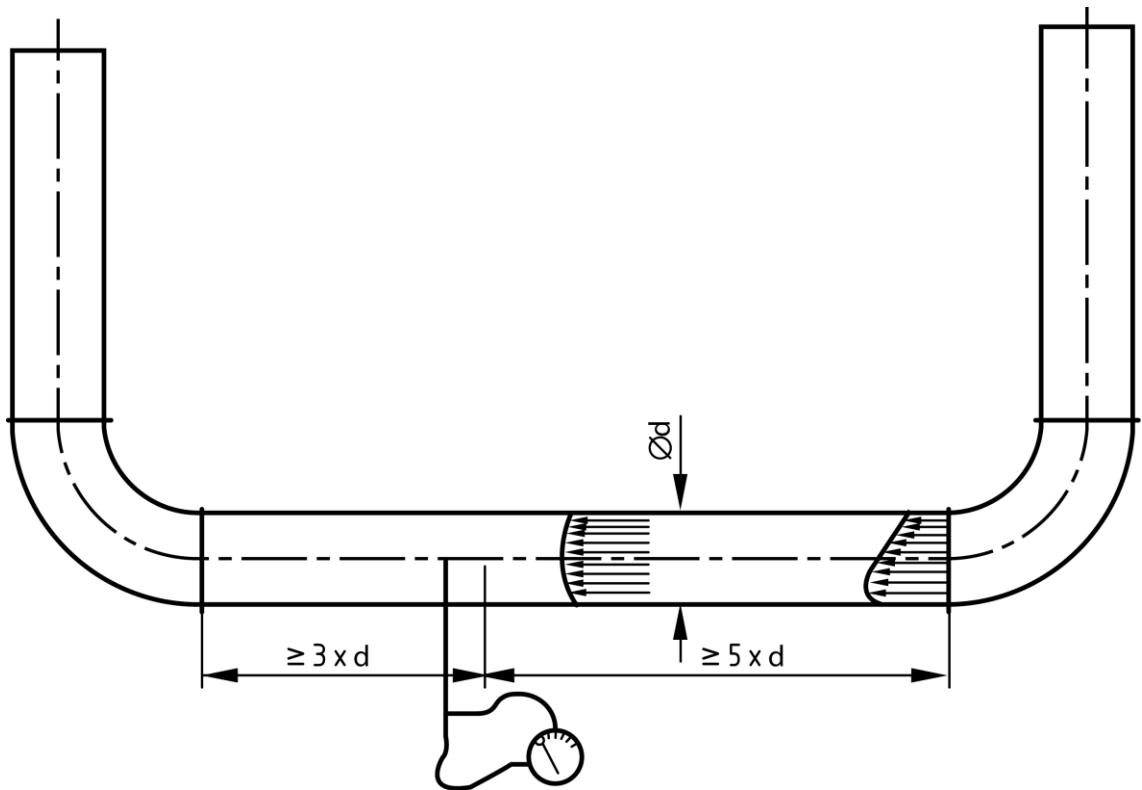
Lastun- ja pölynpoistojärjestelmä on lähtökohtaisesti suunniteltava koneen valmistajan tai asiantuntijalaitoksen tietojen perusteella poistoliitännöiden vaatimista ilman virtausmääristä ja poiston alipaineesta tai käyttäjän antamien tietojen pohjalta kuitenkin niin, että ilman virtausmäärä on vähintään yhtä suuri kuin suurimmillaan tarvittava ilman virtausmäärä. /7, s. 72./

5.10.1 Toiminnan osoittaminen

Poistojärjestelmän jokaisessa pääkanavassa pitää olla osoitinlaite, josta nähdään että vaadittavat ilmanvirtausmääritykset on saavutettu. Jos poistojärjestelmä on ennalta määritellyn toiminta-alueen ulkopuolella, voi siihen kytkettynä oleva valohälytysmerkki syttyä. /7, s. 74./

5.10.2 Ilman virtausmäärän mittaaminen

Kun kanavistoa suunnitellaan, on otettava huomioon kanavassa pitot-putkella tehtävien virtausmittausten vaatimukset. Vaatimusten täyttymiseksi kanavassa, jonka halkaisija on D ja suoran osan pituus $8 \times D$, olevan mittauspisteen oltava vähintään $5 \times D$ jälkeen mutkan ja $3 \times D$ mittauspisteen jälkeen (kuva 4).



Kuva 4. Mittauspisteen sijainti kanavistossa. /7 s. 76./

Mittaus voidaan suorittaa vasta, kun poistojärjestelmän paine-ero on vakiintunut ja ilmanvirtaus on tasaista. Mittaus on suoritettava jokaisen koneen poistoaukossa, jotka on yhdistetty poistojärjestelmään siten, että suunnitelman mukainen maksimimäärä koneita on yhtä aikaa käytössä. /7, s. 76./

5.10.3 Vuodot

Kaikkien työskentelytiloissa sijaitsevien kanavistojen on toimittava alipaineisena, mikä tarkoittaa sitä että kanavistoon liitetty puhallin on työskentelytilan ulkopuolella. Vuotoja saattaa silti aiheutua lastun- ja pölynpoistojärjestelmän rakenneosien vioista, asennuksen aikana sattuneista asennus- tai kiinnitysvirheistä, rakenneosien tai laitekokoospanojen ylipaineesta tai mekaanisesta ylikuormituksesta. /7, s. 76./

5.10.4 Jäännöspöly

Mikäli poistojärjestelmän ilmaa johdetaan suodatuksen jälkeen takaisin työskentelytilaan, on siinä olevan jäännöspölyn määrän painotetun keskiarvon oltava alle $0,2 \text{ mg/m}^3$ ja pölyn määrän oltava alle $0,3 \text{ mg/m}^3$ jokaisessa ulostuloaukossa. Pölyn pitoisuus on vain järjestelmän suunnittelua koskeva luku eikä sitä voi pitää työpaikan ilman pölypitoisuuden raja-arvona. /7, s. 78./

Usein jäännöspölyn lähdettä ei voi täysin määrittellä, mutta se voi aiheutua esimerkiksi poistojärjestelmässä olevan erottimen suodatinelementin epätäydellisestä suodatuksesta tai kotelossa olevasta vuodosta. Jäännöspölyä voi aiheuttaa myös tukkeutunut suodatinmateriaali. /7, s. 78./

Lastun- ja pölynpoistojärjestelmän jäännöspölyn on asetuttava edellä kerrottujen arvojen alle neljän viikon kuluessa laitteiston käyttöönotosta. Kaikissa poistojärjestelmissä, joiden ilmanvirtausmäärä ylittää $10\,000 \text{ m}^3/\text{h}$, on oltava jatkuvatoiminen valvontaelin, joka ohjaa palautusilman ulos, kun jäännöspölyn määrä ylittää $0,3 \text{ mg/m}^3$ ja laitteiston on annettava tilanteesta hälytys tai pysytettävä poistojärjestelmä. Jäännöspölyn mitaamisen vaatimukset on esitetty Standardissa EN 13284-1:2001. /7, s. 78./

6 Purun- ja pölynpoiston nykytilanne Isku Oy:ssä

6.1 Lähtötilanne

Isku Oy:ssä päätettiin vuonna 2014 investoida uusiin tuotantolinjoihin ja -koneisiin. Lisäksi osoitteessa Mikkulankatu 19 olevien tuotantotilojen muuttaminen toimistokäyttöön sopiviksi vuokratiloiksi vauhditti siellä sijaitsevien tuotantoyksiköiden siirtämistä osoitteeseen Mikkulankatu 23, jonne keskitetään kaikki Iskun tuotanto. Investointipäätöksen myötä alettiin kartoittaa konekantaan sekä miettimään, minkälaisia uusia ja tehokkaampia koneita ja tuotantolinjoja tarvitaan nykyaikaistamaan Iskun konekanta ja tuotantomenetelmät.

Samalla alettiin tarkastella nykyisen purun- ja pölynpoistojärjestelmän kuntoa ja miettiä, pitääkö se uusia. Päätettiin tehdä perusteellinen tarkistus ja mitata kaikkien puhaltimien tuottama ilmanvirtausmäärä putkistossa. Samassa tarkastettiin kiinteistön katolla sijaitsevien suodatinyksiköiden kunto ja selvitettiin niistä aiheutuvat kustannukset.

6.2 Järjestelmä

Osoitteessa Mikkulankatu 23 sijaitsevan tehdaskiinteistön purun- ja pölynpoistojärjestelmä koostuu kahdeksasta suodatinyksiköstä, 43 puhaltimesta joiden teho vaihtelee 2,2 - 55 kW:n välillä sekä sadoista metreistä kanavistoa. Järjestelmään on kytketty GreCon-kipinänilmaisu- ja sammutuslaitteisto, mikä valvoo viittä eri kanavaa. Suodatinyksiköt ja puhaltimet sijaitsevat tehdaskiinteistön katolla.

Katolla sijaitsevista suodattimista viisi suodatinyksikköä suodattaa puuntyöstöstä syntyvää työstöjätettä. Suodattimiin kertynyt puru ja pöly siirretään siirtopuhaltimilla keräily-suodattimeen josta jäte siirtyy sulkusyöttimen kautta keräilysiiloon. Siilosta puuntyöstä syntynyt jäte puretaan kahteen konttiin täyttymistä vahtivan vaihtimen läpi. Pintakäsittelyosastolla puhtaasta puun hionnasta syntyvä hiontapöly kerätään myös näihin viiteen suodatinyksikköön, mutta väliahionnasta syntyvä pintakäsittelyaineita, kuten lakkaa ja maalia sisältävä hiontapöly suodatetaan kahdessa erillisessä suodattimessa ja syntyvä jäte puretaan erilliseen keräilyastiaan.

Suodattimien ja putkistojen sijainnit ilmenevät liitteen 1 layout-kuvasta. Kuva on päivätty 26.3.2003 eikä siihen ole merkitty kaikkia purun- ja pölynpoistojärjestelmään vuosien varrella tehtyihin muutoksiin tai lisäyksiin liittyviä kanavia ja puhaltimia.

6.3 Sisäpuolinen järjestelmä

6.3.1 Koneosasto

Tehdaskiinteistön sisäpuolella työskentelytiloissa sijaitsevien kanaviston putkien ja puhaltimien sijainnit ovat välillä epäloogisia. Putkistojen pituudet puhaltimelta kohteeseen, jonne imun on tarkoitus vaikuttaa, ovat joissain paikoissa tarpeettoman pitkiä. Pitkistä putkista aiheutuu liikuteltavaan väliaineeseen, tässä tapauksessa purua ja pölyä sisältävään ilmaan, kitkaa ja paine-erosta johtuvaa hyötysuhteen alenemaa.

Sisäpuolisten putkistojen pituudet ja puhaltimien epäloogiset sijainnit ovat luultavasti vuosien varrella tehtyjen koneiden siirtojen tai muiden tuotantotiloja koskevien muutosten seurauksena. Joidenkin puuntyöstökoneiden purunpoiston havaittiin olevan erittäin heikkoa, mikä ilmenee suurena määränä pölyä ja purua työstettävän kappaleen ja työstökoneen pinnalla. Pölyn ja purun jäämiseen työkappaleen ja työstökoneen pinnoille saattaa vaikuttaa myös työstökoneen heikosti suunniteltu purunpoisto. Osassa työstökoneita on havaittavissa myös heikkokuntoisia imuputkiston osia ja liitoksia. Erityisesti TL-4 tuotantolinjan muoviset haitariputket ovat erittäin heikkokuntoiset (kuva 5).



Kuva 5. TL-4 tuotantolinjan haitariputkien kunto

Seurauksena heikosta purun- ja pölynpoistosta konetta käyttävä henkilö joutuu käyttämään paineilmaa työkappaleen ja työstökoneen pintojen puhdistukseen. Paineilman käyttäminen puhdistukseen saa aikaan epäpuhtauksien siirtymisen tuotantotilojen hengitysilmaan aiheuttaen terveydellistä vaaraa henkilöstölle. Purua ja pölyä kerääntyy myös työstökoneiden sisäpuolelle, joka on myös seurausta koneiden heikosta purunpoistosta. Koneen sisälle liikkuviin osiin ja mekanismeihin kertyvä pöly ja puru saattaa haitata koneen toimintaa. Lisäksi puhdistamiseen joudutaan käyttämään paineilmaa joka pahimmassa tapauksessa työntää epäpuhtaudet vain syvemmälle koneen liikkuviin osiin ja laakereihin. Seurauksena saattaa olla mittatarkkuuden heikkenemistä ja toimintahäiriöitä. Myös pölyräjähdysten mahdollisuus kasvaa. Paineilmalla puhdistamisesta seuraa tässäkin tapauksessa pölyn ja purun leviämisen hengitysilmaan vaikuttan terveyteen haitallisesti.

6.3.2 Pintakäsittelyosasto

Pintakäsittelyosastolla olevien puuhiontaan käytettyjen hiomakoneiden sekä lakan välihiontaan käytettävän hiomakoneen pölynpoisto toimii hyvin. Pintakäsittelyosastolla käytetään puhaltimia myös käsimaalaus ja -lakkausasteilla sekä käsihiontapisteillä. Putkistot on kiinnitetty erityisvalmisteisiin imuseiniin joiden kautta työskentelytilasta imetään ilman epäpuhtauksia pois. Lisäksi käsihiontapisteillä on käytössä hiontapöydät, joissa on ritilämäinen pöytätaso ja pöytätason alapuolelta toteutettu pölynpoisto.

Pintakäsittelylinjassa UV-3 hyödynnetään lämmöntalteenottoa kaikissa ultraviolettilampuissa, joita käytetään pintakäsittelyaineiden kovettamiseen. Myös linjassa olevan petsinkuivausuunin lämpö otetaan talteen lämmöntalteenotossa. RAM-ruiskumaalauslinjassa olevien ultraviolettilamppujen jäähdytykseen käytettävien puhaltimien ilma johdetaan suoraan ulos, ja näistä puhaltimista johtuva lämpöhäviö on huomioitu laskelmissa.

Lämmöntalteenottojärjestelmään on myös liitetty kolmen käsiruiskutuspaikan ympäristöstä epäpuhtauksia imevät imuseinät. Ruiskutuskaapit, joissa käsiteltävä kappale on ruiskutuksen aikana, on kytketty puhaltimiin, jotka puhaltavat kaiken pois imetyn ilman suoraan ulos.

6.4 Ulkopuolinen järjestelmä

Tehdaskiinteistön katolla sijaitsevat kaikkien pölyn- ja purunpoistoon käytettävien kanavistojen runkoputket, jotka kuljettavat pölyn ja purun suodattimille. Suodattimissa epäpuhtaudet erotetaan ilmasta niin että pöly ja puru putoavat suodatinyksikön pohjalle, josta se kuljetetaan kolakuljettimella sulkusyöttimien läpi putkistoon, jossa se siirtopuhaltimien avulla puhalletaan keräily-suodattimen kautta keräilysiiloon.

Katolle asennettujen suodatinyksiköiden kunto on ajan kuluessa päässyt heikentymään ja huollettavuus on sijainnista johtuen hankalaa, koska tarvittavien varaosien vieminen katolle on hankalaa. Lisäksi jos huollossa tarvittavan kappaleen koko on iso voi sen vieminen tarvittavaan paikkaan olla haasteellinen kaikkien putkistojen vuoksi.

Katolla sijaitsevien suodatinyksiköiden kunto on heikko ja etenkin suodatinyksiköiden päädyissä sijaitsevat sulkusyöttimet vuotavat runsaasti päästäten epäpuhtaudet tehtaan katolle. Puhaltimien siipipyörien koteloiden liitokset vuotavat myös runsaasti päästäten purua ja pölyä katolle, josta tuuli levittää sitä pitkin ympäristöä. Kuvat 6 ja 7 selventävät asiaa.



Kuva 6. Puru-Moldow 5:n sulkusyöttimen ympäristö



Kuva 7. Siirtopuhaltimen 281 328 ympäristö

Huoltamisen hankaluudesta esimerkkinä voidaan pitää puhaltimien siipipyörien koteloiden sekä liitosten korjaamista ilmastointiteipillä. Joissain kohteissa ilmastointiteipillä oli korjattu edellistä teippikerrosta sen petettyä (kuva 8).



Kuva 8. Siirtopuhaltimen 281 321 teippikorjauksia ja ympäristö

Suodatinyksiköiden regenrointipuhaltimet, joilla on tarkoitus puhdistaa suodattimien sisällä olevat suodatinpussit, eivät kykene putsamaan pusseja tarpeeksi tehokkaasti, koska koteloissa vallitseva ylipaine on sen verran suuri. Tästä on seurauksena purun- ja pölynpoistolaitteiston heikentynyt imukyky. Keräily-suodattimissa olevista regenrointipuhaltimista yksi päästää läpi suodattimen sisään kertyvän purun ja pölyn, joka tuulen mukana lentää pitkin kiinteistön parkkipaikkaa ja ympäristöä.

6.5 Seuraukset

Järjestelmästä aiheutuu mittavia energiahävikkejä heikosti toimivien suodattimien johdosta. Purun- ja pölynpoistojärjestelmässä virtaavan ilman määrä on niin suuri, etteivät suodattimet kykene käsittelemään sitä. Regeneroinnin epätäydellisestä toiminnasta johtuen suodatinyksiköiden suodattimet tukkeutuvat eivätkä puhdistu kunnolla aiheuttaen ilman virtausta vastustavaa painetta suodatinyksikön sisälle. Osassa suodatinyksiköitä on avattu suodatinkotelon huoltoluukkuja suodattimen sisällä vallitsevan paineen vähentämiseksi, jotta ilma pääsisi paremmin virtaamaan. Näiden luukkujen kautta lämmintä ilmaa pääsee ulkoilmaan eikä sitä saada hyödynnettyä palautusilmana työskentelytiloihin.

Vuonna 2005 tehdyissä työterveyslaitoksen työhygieenisissä pölymittauksissa todettiin puru-Moldow 3-suodatinyksikön neljännen lohkon palautusilman pölypitoisuudeksi yli 1 mg/m^3 , mikä on reilusti yli standardissa SFS-EN12779 mainitun $0,2 \text{ mg/m}^3$ raja-arvon. Purun- ja pölynpoistojärjestelmän paluuilmanavien talvi- ja kesäkäytön kääntöpellit ovat olleet käännettynä kesäasentoon, eli suodatettu ilma puhalletaan suoraan ulos suodattimesta, vuoden 2013 kesästä asti. Kääntöpellit on jouduttu pitämään ulospuhallusasennossa myös talvisin, koska muuten paluuilman seassa olisi ollut liikaa jäännöspölyä, mikä olisi kulkeutunut työskentelytilojen hengitysilmaan. Paluuilmanavistoissa on havaittavissa myös silmämääräisessä tarkastelussa puru- ja pölyjämiä, joiden seassa on myös lintujen ulostetta (Kuva 9).



Kuva 9. Suodatinyksikön paluuilmanakanavan epäpuhtauksia

Purun- ja pölynpoistojärjestelmän paluuilmanakanavien kääntöpeltien pitäminen ulospuhallusasennossa talvisin aiheuttaa mittavia kustannuksia, koska työskentelytiloista pois imettyä lämmintä ilmaa ei voida palauttaa takaisin sisälle. Kustannukset syntyvät kun kiinteistön sisälle otettava korvausilma pitää lämmittää. Järjestelmän käytettävyys on myös vanhanaikainen, koska jos halutaan käyttää vain muutamaa työstökoneetta, joudutaan kuitenkin käynnistämään koko järjestelmä.

7 Mittaukset

7.1 Mittalaitteet

Purun- ja pölynpoistojärjestelmän mittaukset suoritettiin tehdaskiinteistön katolla sijaitseviin kokoojaputkiin, jotta saatiin selville työskentelytiloista pois imetyn ilman kokonaiskuutiomäärä. Mittaukset suoritettiin Alnor MP6KSR-mikromanometrillä ja siihen kytketyllä pitot-putkella viidestä eri virtauspinta-alan kohdasta. Mittaustuloksista saatua keskiarvoa käytettiin ilmamäärän laskemisessa.

Siipipyöranemometrillä mitattiin kiinteistön päässä olevan liukuoven (kuva 10) auki ollessa sisään virtaavan ilman virtausnopeus. Mittauksilla haluttiin selvittää, minkälainen energiahäviö syntyy, kun ovea pidetään auki kuorma-auton hakiessa kiinteistön sisällä olevaa siirtolavaa, johon kerätään työstöstä ylijääneitä tuotantoon kelpaamattomia kappaleita.



Kuva 10. Kiinteistön päädyssä oleva liukuovi

Ovesta aiheutuvat energiahävikin kustannukset haluttiin selvittää, jotta tiedetään kuinka paljon saadaan säästöjä, jos sisällä olevasta siirtolavasta päästään eroon.

7.2 Menetelmät

Kaikki mittaukset pyrittiin tekemään jo järjestelmässä valmiina olevien mittausreikien kautta, joita putkistoon oli tehty aikaisemmin. Olemassa olevista mittausrei'istä kaikki eivät sijainneet standardin SFS-EN 12779 määrittämässä paikoissa, mutta uusia reikiä ei ryhdytty tekemään putkiin, joissa jo oli mittausreikä. Myöskään kaikkia tarvittavia uusia reikiä ei pystynyt tekemään standardin SFS-EN 12779 mukaisiin paikkoihin putkiston epäsäännöllisen muodon vuoksi tai jos halkaisija oli suuri verrattuna putken suoraan osuuteen. Uusia mittausreikiä tehdessä oli myös varottava tekemästä reikää sellaiseen kohtaan putkistoa, jossa GreCon kipinäilmaisulaitteisto olisi reagoinut siihen.

Mittauksista saaduista tuloksista tarkasteltiin myös laskennallisesti sisäpuolisen järjestelmän virtausnopeuksia putkistossa. Sisäpuolella olevissa putkissa ei ollut valmiita reikiä missään eikä niitä lähdetty tekemään, koska niillä ei olisi ollut merkitystä kokonaisilmamäärien mittaamiselle. Pääsääntöisesti kaikissa purun- ja pölynpoistojärjestelmän työstökoneisiin liitetyissä putkiston osissa ilman virtausnopeus ylitti 25 m/s.

7.3 Laskut

Tehtaan katolla sijaitsevilla purun- ja pölynpoistojärjestelmän putkistoissa virtaavan ilman määrä saatiin selville seuraavalla kaavalla

$$\dot{V} = vA \quad (1)$$

missä

\dot{V} on tilavuusvirta m³/s

v on ilman virtausnopeus m/s, viiden mittauksen keskiarvolla virtauspinta-alasta

A on putken läpileikkauksen pinta-ala m², joka on pyöreälle putkelle $A = \pi \cdot r^2$.

Kun jokaisen kiinteistön sisältä ilmaa pois imevän puhaltimen tulokset lasketaan yhteen, saatiin imureiden poistaman ilman kokonaismäärä selville. Tulokset ovat luettavissa liitteessä 2 olevasta mittauspöytäkirjasta.

Kaavalla (1) saaduista tuloksista lasketun kokonaisilmamäärän perusteella laskettiin korvattavan ilman lämmittämiseen tarvittava energia seuraavasti

$$H_{imurit} = C_p \cdot \rho \cdot \dot{V}_i \cdot T_s \cdot T_u \quad (2)$$

missä

H_{imurit} on imureiden poistaman ilman energiahäviö

C_p on ilman ominaislämpökapasiteetti ($1,004 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$)

ρ on ilman tiheys ($1,225 \frac{kg}{m^3}$)

\dot{V}_i on ilman tilavuusvirta ($\frac{m^3}{s}$)

T_s on sisäilman lämpötila ($^\circ C$)

T_u on ulkoilman lämpötila ($^\circ C$).

Kiinteistön päässä olevan liukuoven energiahäviön laskennassa on käytetty samoja kaavoja (1) ja (2).

8 Tulokset

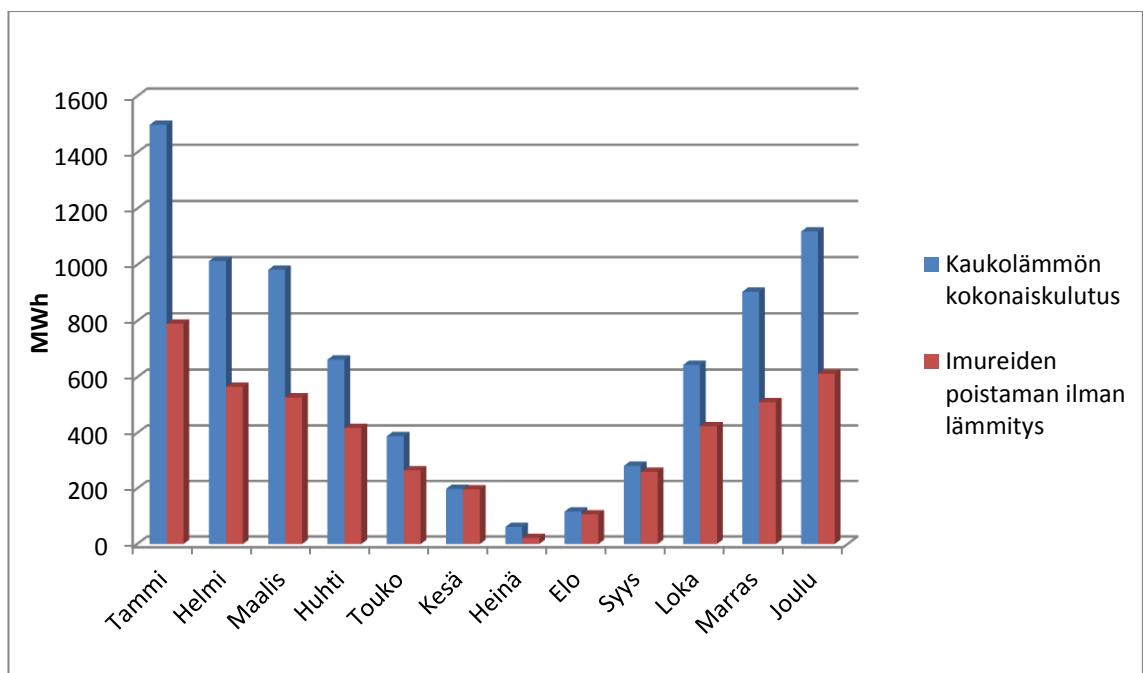
8.1 Imurit

Tulokset on saatu käyttämällä Ilmatieteen laitoksen vuoden 2014 vuorokauden keskilämpötiloja Lahdessa. Laskuissa kiinteistön sisäilman tavoitelämpötilana on käytetty $20^\circ C$:ta, koska tiloihin tulee sijoittumaan työpisteitä joissa ei ole fyysistä rasittavuutta joten, lämpötilan on oltava tarpeeksi korkea.

Eri osastojen työpisteillä tehdyn haastattelututkimuksen ja paperikyselynä suoritettun selvityksen perusteella purun- ja pölynpoistojärjestelmän puhaltimet ovat käytössä koko ajan ja niitä ei myöskään sammuteta lounas- ja kahvitaukojen ajaksi. Laskuissa imureiden käyttöajaksi on otettu 250 t/kk mikä vastaa 3000 t/a.

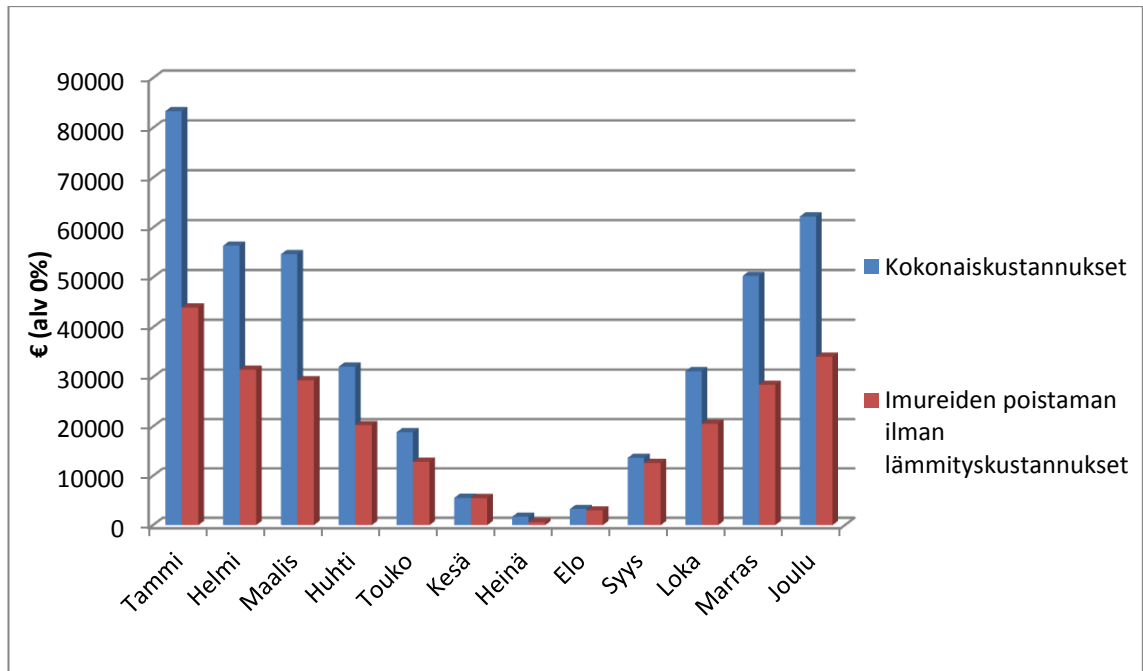
Kun muutetaan kaavasta 2 saatu tulos megawattitunneiksi, saatiin selvitettyä korvattavan ilman lämmittämisestä aiheutuva kustannus. Seuraavissa taulukoissa on esitetty graafisesti energian kulutus (kuvio 1) ja kustannukset (kuvio 2). Laskuissa on käytetty Lahti Energian vuoden 2014 teollisuuden kaukolämpöhintoja eikä niissä ei ole huomioitu minkäänlaisia siirtokustannuksia tai muita kustannuksia mitkä tulevat lisäksi.

Kaukolämmön kokonaiskulutus kiinteistössä vuonna 2014 oli 7872 MWh joista imureiden pois imemän ilman osuus oli 4701 MWh eli noin 60 % kaukolämmön kokonaiskulutuksesta. Kaukolämmön kokonaiskulutuksen määrä on saatu Lahti Energian online-palvelusta sekä kiinteistön energiaselvitystä varten saadusta yhteenvedosta.



Kuvio 1. Kiinteistön imureiden poistaman ilman korvaamiseen tarvittavan ilman lämmitys verrattuna kaukolämmön kokonaiskulutukseen vuonna 2014.

Kaukolämmön kulutuksesta korvaavan ilman lämmittämisen osalta kustannukset ovat vuositasolla 242 559 euroa. Kuviossa 2 on esitetty kustannusten jakautuminen kuukausittain vuodelle 2014. Liitteessä 3 on Excelillä laskettujen laskujen tulokset.

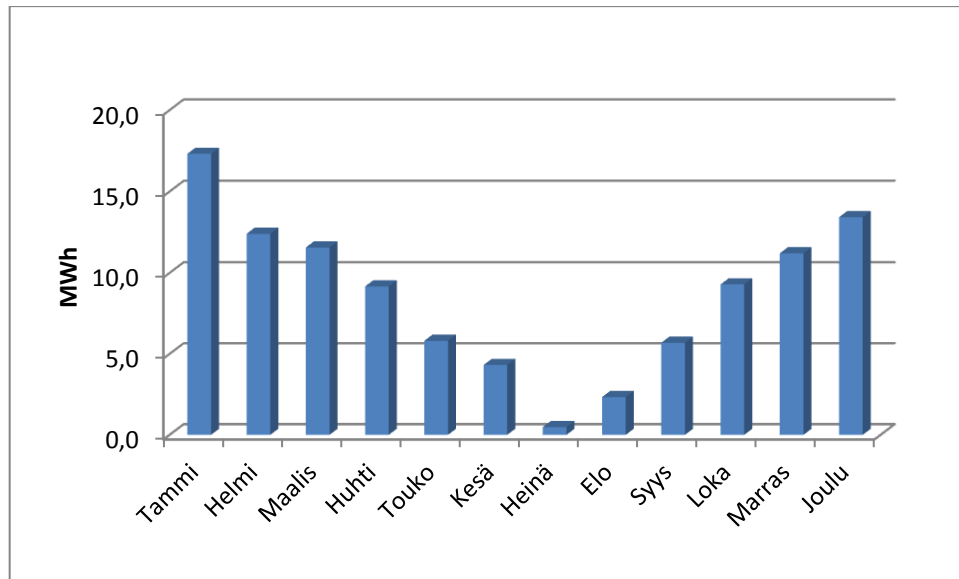


Kuvio 2. Kiinteistön imureiden poistaman ilman korvaamiseen tarvittavan ilman lämmityskustannukset verrattuna kokonaiskustannuksiin vuonna 2014.

Kesä-, heinä- ja elokuussa lämmittämiseen ei ole suurta tarvetta ja niiden kuukausien lukemat perustuvat pelkästään Ilmatieteen laitoksen kuukausikeskilämpötilan ja kiinteistön tavoitteellisen sisälämpötilan erotukseen, mutta käytännössä se on siis lähellä nollaa.

8.2 Liukuovi

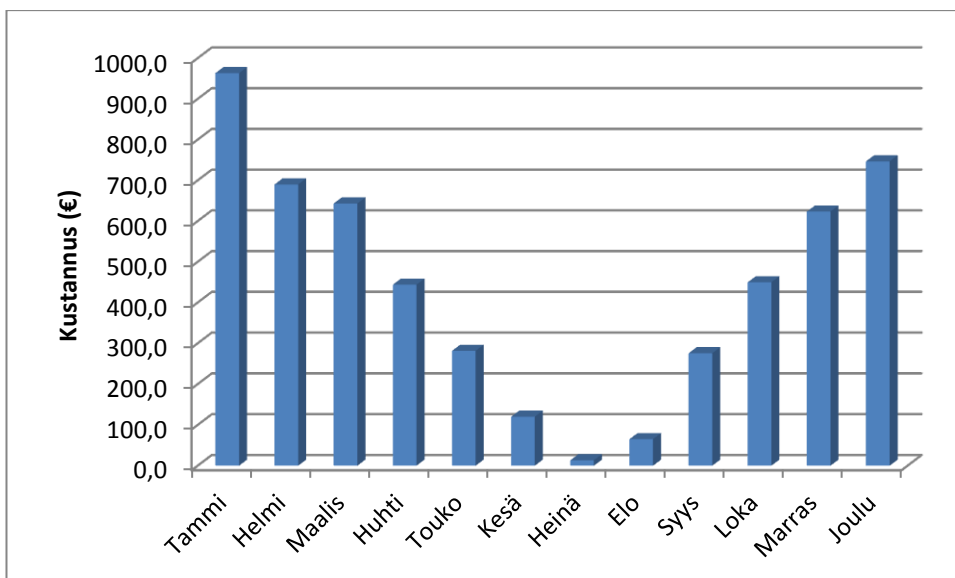
Kiinteistön päädyssä sijaitsevan liukuoven tulokset perustuvat suoraan oletukseen siitä, kuinka kauan ovi on auki päivittäin. Saadut tulokset perustuvat yhden tunnin päivittäiseen aukioloaikaan. Oven pinta-ala on $23,2 \text{ m}^2$ ja siitä työskentelytiloissa vallitsevan alipaineen vuoksi sisään virtaavan ilman nopeus $1,1 \text{ m/s}$. Kuviosta 3 voidaan nähdä energiamäärä, mikä kuluu vastaavan ilmamäärän lämmittämiseen kuin liukuovesta tulee sisään silloin, kun kuorma-auto käy hakemassa täyden siirtolavan kiinteistön sisältä ja vaihtaa sen tyhjään.



Kuvio 3. Liukuovesta aiheutuva energiahäviö

Yllä oleva energiankulutuksen määrä on suuntaa antava ja perustuu oletukseen, että liukuovi on auki yhden tunnin vuorokaudessa. Liukuoven aukiolo on suoraan riippuvainen siitä kuinka usein siirtolava joudutaan vaihtamaan. Yhteen vaihtokertaan kuluu aikaa 15 - 20 minuuttia ja ovea on pidettävä auki koko tuon ajan kuorma-auton pakokaasujen vuoksi.

Kustannukset vuositasolla liukuoven ollessa auki yhden tunnin vuorokaudessa ovat 5 315 euroa. Alla olevasta kuvioista 4 nähdään kustannusten jakautuminen eri kuukausille. Kustannukset eivät ole kokonaismäärällisesti kovin suuret, mutta työssä viihtyvyyden kannalta liukuoven pitäminen kiinni pienentää huomattavasti vedon tunnetta kiinteistön sisällä.



Kuvio 4. Kustannukset liukuoven ollessa auki yhden tunnin vuorokaudessa

8.3 Sähkö

Purun- ja pölynpoistojärjestelmän puhaltimien käyttämä sähköteho on laskettu suoraan sähkömoottoreiden tyyppikilpien arvoista ja siinä ei ole huomioitu taajuusmuuttajia, joita on yhteensä viidessä sähkömoottorissa. Sähkömoottoreita on järjestelmässä yhteensä 43 kpl, joten niiden tuoma prosentuaalinen hyöty on minimaalinen.

Puhaltimien sähkömoottoreiden kokonaissähköteho on 841,3 kW ja niistä saadut tulokset on laskettu 3 000 tunnin vuotuisella käyntiasteella. Hintana on käytetty Lahti Energian teollisuussähkön hintaa, joka on 4,35 senttiä/kWh kohti. Näin ollen sähkömoottoreiden vuotuinen kustannus on noin 110 000 euroa. Hinnassa ei ole huomioitu lainkaan siirtomaksuja eikä loistehosta syntyviä kustannuksia, jotka nostavat kustannuksia sähkön osalta.

8.4 Kustannukset

Vuositasolla purun- ja pölynpoistojärjestelmästä aiheutuvat kustannukset ovat yhteensä noin 358 000 euroa. Näistä kustannuksista suurimman osan, 242 000 euroa, aiheuttaa järjestelmän puhaltimien työskentelytiloista pois imemä ilma. Kustannukset syntyvät siitä, kun kaikki kiinteistön sisälle otettava korvausilma pitää erikseen lämmittää.

9 Uusi purun- ja pölynpoistojärjestelmä

9.1 Huomioitavaa

Uutta purun- ja pölynpoistojärjestelmää suunniteltaessa on otettava huomioon uusien koneiden tarvitsema ilmanvirtausmäärä m^3/h . Tiedot löytyvät koneiden teknisistä tiedoista, jotka laitetoimittaja antaa koneen mukana. Koneiden sijoittuminen työskentelytiloissa vaikuttaa myös putkistojen suunnitteluun ja kokoon, jotta tilavuusvirrat putkistossa pysyisivät laitevalmistajan vaatimalla tasolla. On myös varmistettava että virtausnopeudet pysyvät vähintään standardin SFS-EN 12279 määrittämässä yli 20 m/s arvossa. Mikäli laitetoimittaja antaa jotain muita arvoja, on ne pystyttävä täyttämään.

Pintakäsittelyosastolla hiotaan myös pintakäsittelyaineita sisältäviä kappaleita, joista irtoava pöly voidaan sekoittaa muun pöly- ja purujätteen sekaan, mutta ilmaa ei voida takaisin kierrättää työskentelytiloihin vaan se täytyy puhaltaa suoraan ulos suodattimen jälkeen. Myös RAM-linjassa olevien UV-lamppujen jäähdytykseen käytettyjen puhaltimien ilma täytyy puhaltaa suoraan ulos, koska siinä on lämmön vaikutuksesta pintakäsittelyaineesta irtoavaa kaasua, joka on hengitettynä terveydelle haitallista. Puhaltimet, jotka imevät ilmaa kyseisiltä hiomakoneilta ja UV-lampuilta, pitää kytkeä erilliseen suodattimeen, jossa saadaan hiontapöly eroteltua ilmasta ja puhallettua ilma ulos suodattimesta.

Tulevan purun- ja pölynpoistojärjestelmän putkistoista suurin osa kannattaa mahdollisuuksien mukaan asentaa kiinteistön sisälle. Tällöin putkistoista ei synny lämpöhäviötä niin paljon ja lisäksi uuden järjestelmän kipinänilmaisulaitteisto voidaan asentaa sisätiloihin. Sisätiloihin asentamisen etuna on, ettei järjestelmään tarvitse asentaa jäätymisen estävää lämmitystä. Ulkona olevat suodattimet pitää ajatella ulkoseinänä, joten ne kannattaa eristää lämpöhäviöiden minimoimiseksi. /8./

Kiinteistön sisällä olevasta siirtolavasta, joka tyhjennetään ison liukuoven kautta, päästäisiin eroon hankkimalla muutama murskain, joilla murskattaisiin kaikki jätte mikä nyt viedään siirtolavalle. Murskaimet voitaisiin sijoittaa lähelle niitä työstökoneita, joilta syntyy eniten tällä hetkellä siirtolavalle vietävää jättestä. Murskainten sijoituksessa on kuitenkin huomioitava putkistossa kulkevan jätteen tuottama meluhaitta, joten mahdol-

lisuuksien mukaan putket on vietävä työskentelytilojen ulkopuolella tai vaihtoehtoisesti äänieristettävä.

9.2 Järjestelmän rakentaminen

Purun- ja pölynpoistojärjestelmä rakennetaan kahdessa vaiheessa sitä mukaa kuin tehtaan uudistus ja nykyaikaistaminen etenee. Ensimmäisessä vaiheessa uudistetaan muotopuristus- ja pintakäsittelyosaston purun- ja pölynpoistojärjestelmä. Ensimmäiseen vaiheeseen sijoittuu pintakäsittelyaineita hiovien hiomakoneiden sekä RAM-linjan poistomureiden asentaminen. Ensimmäisen vaiheen suodattimet sijoitetaan tehtaan pohjoispäätyyn idän puoleiselle seinustalle. Suodattimien sijoituspaikka on valittu kyseiseen paikkaan, jotta järjestelmän putkisto ei tulisi liian pitkäksi ja puhaltimien tehoa ei tarvitse kasvattaa tarpeettoman suureksi. Paikka on järkevä siitä huolimatta, että siellä joudutaan tekemään maanrakennustöitä, jotta kuorma-auto kykenee hakemaan jätteet pois.

Ensimmäisessä vaiheessa toteutettavan järjestelmän pitäisi pystyä käsittelemään noin $34\,000\text{ m}^3 + 70\,000\text{ m}^3$ ilmamäärät tunnissa. Pienempi luku on pintakäsittelyaineita hiovien hiomakoneiden suodatukseen tarvittava ilmamäärä, joka puhalletaan suodattimesta suoraan ulos. $70\,000\text{ m}^3/\text{h}$ sisältyy kaikki muut pintakäsittelyosaston koneet sekä muotopuristusosaston koneet. Mikäli pintakäsittelyosasto halutaan pitää ylipaineisena verrattuna viereisiin tuotanto-osastoihin, pitää sinne palauttaa enemmän ilmaa kuin sieltä imureilla poistetaan. $34\,000\text{ m}^3/\text{h}$ ilmaa mikä poistetaan pintakäsittelyosastolta ja puhalletaan suodattimen jälkeen ulos pitää korvata jollakin tavalla. Yhtenä vaihtoehtona on hankkia lämmönvaihdin, jonka kautta raitista ilmaa otetaan sisälle kiinteistöön lämmitettynä.

Toisessa vaiheessa toteutetaan pääkoneistuksen ja muiden tuotantotilojen vaatima purun- ja pölynpoistojärjestelmä. Pääkoneistuksen vaatima järjestelmä kannattaa sijoittaa tehdaskiinteistön eteläpäätyyn, missä sille olisi runsaasti tilaa. Toisessa vaiheessa rakennettavan järjestelmän olisi kyettävä käsittelemään noin $110\,000\text{ m}^3/\text{h}$ ilmamäärä. Putket vedettäisiin mahdollisuuksien mukaan kiinteistön sisällä lämpöhäviöiden minimoimiseksi ja suodattimet eristettäisiin kuten ensimmäisessä vaiheessakin. Myös toisessa vaiheessa rakennettavan järjestelmän kipinäilmaisulaitteisto voitaisiin asentaa sisäpuolelle.

Molempien järjestelmien ilma, pois lukien pintakäsittelyaineita hiovien hiomakoneiden ja UV-lamppujen jäähdetyksen ilmat, palautettaisiin takaisin työskentelytiloihin, jolloin saataisiin suuret säästöt ilman lämmityskustannuksissa. Mikäli järjestelmän poistoputkistot asennetaan kiinteistön sisälle, on järjestelmästä tehtävä alipaineisena toimiva, koska standardin SFS-EN 12279 mukaan työskentelytiloissa olevat purun- ja pölynpoistolaitteiston putkistot eivät saa olla ylipaineisia. Alipaineisena toimiva järjestelmä tarkoittaa, että puhaltimet on asennettava suodattimen jälkeen, jolloin ne toimivat puhtaalla puolella eivätkä ole suorassa kosketuksessa siirrettävään puruun tai pölyyn. Tällä tavalla voidaan käyttää myös hyötysuhteeltaan parempia puhaltimia. Puhtaalla puolella toimivien puhaltimien on oltava teholtaan hieman suurempia kuin likaisella puolella eli ylipaineella toimivan järjestelmän puhaltimien, jotta saadaan aikaiseksi tarpeeksi suuri ilman virtausnopeus.

9.3 Järjestelmän vaatimukset

Toteutettavan purun- ja pölynpoistojärjestelmän on täytettävä kaikki standardin SFS-EN 12279 palo- ja räjähdysturvallisuusvaatimukset sekä ATEX-direktiivien vaatimukset. Putkistot on varustettava palopellein, jotka estävät mahdollisen palon etenemisen putkistossa. Järjestelmän virtausnopeuksien on oltava tarpeeksi suuret riippumatta siitä, onko siinä taajuusmuuttajakäyttö vai ei. Virtausnopeuksien on oltava tarpeeksi suuret myös silloin, kun käytössä on normaalia pienempi tai suurempi määrä työstökoneita.

Järjestelmän toimittajan on kyettävä näyttämään, että laitteisto täyttää edellä mainittujen standardien ja direktiivien vaatimukset.

10 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli selvittää ja mitata nykyisen laitteiston kunto sekä suorituskyky. Samalla selvitettiin myös, onko kannattavaa korjata nykyistä järjestelmää vai uudistaaanko koko systeemi nykyaikaiseksi. Mittauksilla, jotka suoritettiin tehtaan katolla sijaitsevista putkista, selvitettiin kuinka paljon lämmintä ilmaa imetään pois kiinteistön työskentelytiloista. Kiinteistön katolla sijaitsevista putkista mitatun ilman kokonaismäärä on 320 000 m³/h. Järjestelmän putkistojen, suodatinyksiköiden ja puhaltimien kunto arvioitiin silmämääräisesti. Työssä otettiin myös selvää laeista, standardeista, säädöksistä ja direktiiveistä, jotka ohjaavat ja määräävät kuinka uusi purun- ja pölynpoistojärjestelmä tulisi rakentaa.

Nykyisen purun- ja pölynpoistojärjestelmän kunto todettiin erittäin heikoksi. Järjestelmän suodattimet eivät kykene suodattamaan ilmasta epäpuhtauksia, minkä johdosta kaikki ilma pitää puhaltaa suoraan ulos suodattimesta. Järjestelmässä itsessään on paljon vuotoja putkistoissa, puhaltimien siipipyörien koteloissa ja sulkusyöttimien liitoksissa. Kaikki vuodot aiheuttavat järjestelmän hyötysuhteen heikkenemistä sekä epäpuhtauksien pääsemistä ulkoilmaan ja sitä kautta ympäristöön.

Nykyisen järjestelmän korjaaminen toimivaksi ei poistaisi ongelmaa järjestelmän loogisessa ohjauksessa. Joitain yksittäisiä koneita voidaan käyttää ns. ohituskäytöllä mutta pääsääntöisesti joudutaan käynnistämään kaikki suodatinyksiköt ja siirtopuhaltimet, jotta järjestelmä toimisi vaikka käytettäisiin vain yhtä konetta. Käytössä olevassa järjestelmässä on myös erittäin paljon pieniä puhaltimia, joita on asennettu sitä mukaan kun on hankittu jotain uusia työstökoneita. Puhaltimien suuresta määrästä johtuen myös vikaantumisia on enemmän.

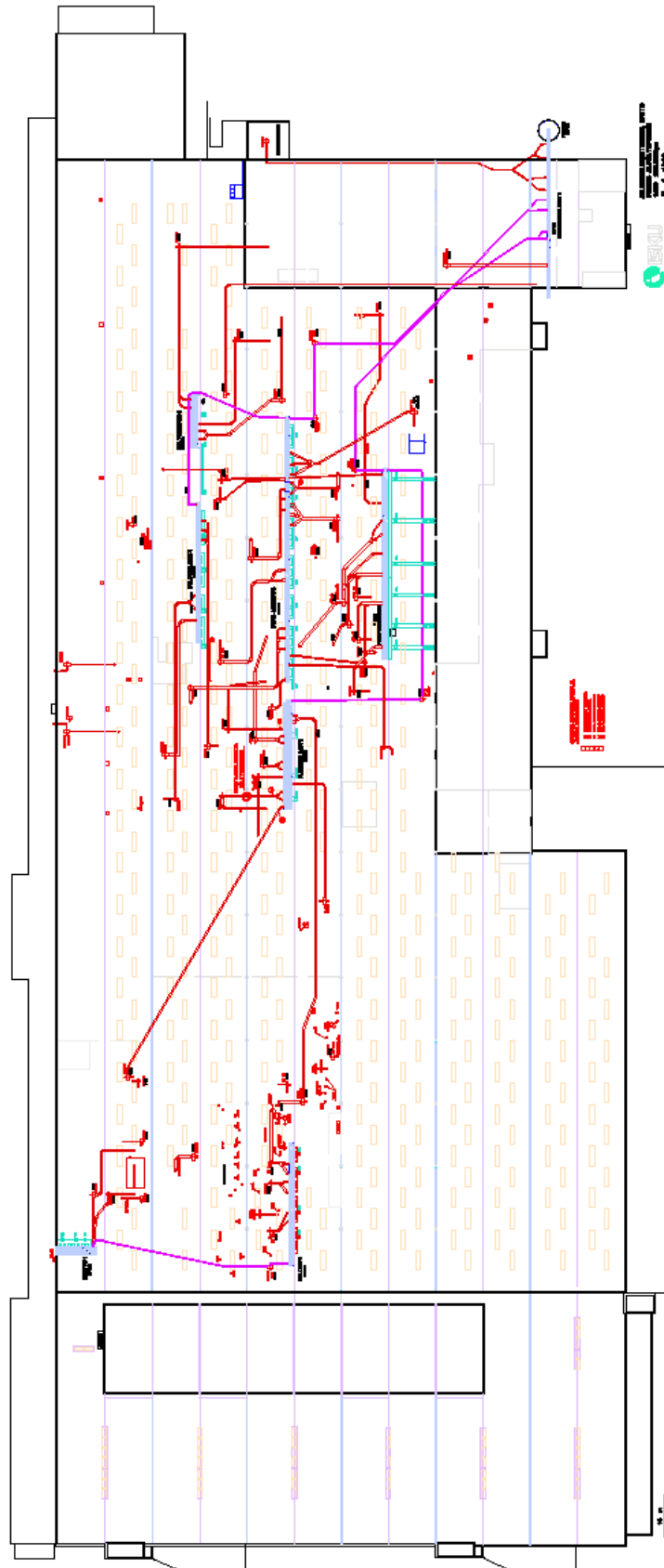
Kaikki laskuissa saadut arvot ovat teoreettisia laskennallisia arvoja. Kaukolämmön kustannuksissa ei ole huomioitu ollenkaan siirtokustannuksia ja sähkön osalta ei ole huomioitu loistehoa tai siirtomaksua, jotka tulevat vielä lisäksi. Kaukolämmön kokonaiskulutus kiinteistössä vuonna 2014 oli 7 872 MWh, joista imureiden pois imemän ilman osuus oli 4 701 MWh eli noin 60 % kaukolämmön kokonaiskulutuksesta.

Uudesta purun- ja pölynpoistojärjestelmästä pyydetään tarjoukset usealta eri laitetoimittajalta, ja niistä valitaan parhaiten lskun käyttöön sopiva. Takaisinmaksuaikaa ei voida tarkasti määrittää, koska ei tiedetä uuden järjestelmän hintaa eikä tiedetä lämmitystarvetta tulevina vuosina. Uuden purun- ja pölynpoistojärjestelmän sijoittaminen maan tasalle kehikoiden päälle helpottaa jatkossa huoltotoimenpiteiden tekemistä.

Lähteet

- 1 Työturvallisuuslaki 738/2002
- 2 Työturvallisuuskeskus. [www-dokumentti]
[<http://www.tyoturva.fi/toimialat/puuteollisuus/puupoly>]. Luettu 25.3.2015.
- 3 576/2003 Valtioneuvoston asetus räjähdyskelpoisten ilmaseosten työntekijöille aiheuttaman vaaran torjunnassa.
- 4 Mekaanisen puunjalostusteollisuuden pölynpoistojärjestelmän palo- ja räjähdysturvallisuus; Ohje 2011 [www-dokumentti]
[https://www.fkl.fi/materiaalipankki/ohjeet/Dokumentit/Polynpoistojarjestelman_palo_ ja_rajahdysturvallisuus.pdf]. Luettu 25.3.2015
- 5 TUKES, ATEX Räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus [www-dokumentti]
[http://www.tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ ja_oppaat/ATEX_opas.pdf]. Luettu 20.3.2015
- 6 Kauppinen, Timo. 2006. Occupational Exposure to Inhalable Wood Dust in the Member States of the European Union [www-julkaisu]
[<http://annhyg.oxfordjournals.org/content/50/6/549.full.pdf>]. Luettu 19.3.2015
- 7 Kiinteästi asennettujen lastujen- ja pölynerottelujärjestelmien standardi SFS-EN 12779
- 8 Niiniö, Jukka. 2015. Eurotec. Lahti, Keskustelu 28.2.2015
- 9 Räjähdysvaaralliset tilat. osa 14: Sähköasennusten suunnittelu, laitevalinta ja asentaminen SFS-EN 60079-14

Imureiden sijainnit ja putkistot



Laskujen tulokset

Poistetun ilman korvausilman lämmitys kaukolämmöllä					
	Kiinteistö °C	2014 °C	erotus °C	MWh	Kustannus/kk (€)
Tammi	20	-8,9	28,9	790,3	43958,3
Helmi	20	-0,7	20,7	566,1	31485,7
Maalis	20	0,7	19,3	527,8	29356,2
Huhti	20	4,7	15,3	418,4	20255,3
Touko	20	10,3	9,7	265,3	12841,6
Kesä	20	12,8	7,2	196,9	5475,8
Heinä	20	19,2	0,8	21,9	608,4
Elo	20	16,1	3,9	106,7	2966,0
Syys	20	10,5	9,5	259,8	12576,8
Loka	20	4,5	15,5	423,9	20520,1
Marras	20	1,3	18,7	511,4	28443,6
Joulu	20	-2,4	22,4	612,6	34071,5
YHTEENSÄ				4701,0	242559,3

Päätyovi -> avoinna 1 tunnin/pv kaukolämpö					
	Kiinteistö °C	2014 °C	erotus °C	MWh	Kustannus/kk (€)
Tammi	20	-8,9	28,9	17,3	963,2
Helmi	20	-0,7	20,7	12,4	689,9
Maalis	20	0,7	19,3	11,6	643,2
Huhti	20	4,7	15,3	9,2	443,8
Touko	20	10,3	9,7	5,8	281,4
Kesä	20	12,8	7,2	4,3	120,0
Heinä	20	19,2	0,8	0,5	13,3
Elo	20	16,1	3,9	2,3	65,0
Syys	20	10,5	9,5	5,7	275,6
Loka	20	4,5	15,5	9,3	449,6
Marras	20	1,3	18,7	11,2	623,2
Joulu	20	-2,4	22,4	13,4	746,5
YHTEENSÄ				103,0	5314,8

Kaukolämmön hinta/MWh		
Tammi	55,62	€
Helmi	55,62	€
Maalis	55,62	€
Huhti	48,41	€
Touko	48,41	€
Kesä	27,81	€
Heinä	27,81	€
Elo	27,81	€
Syys	48,41	€
Loka	48,41	€
Marras	55,62	€
Joulu	55,62	€

Tehtaan tuleva layout

