



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

MELUNTORJUNTAOHJELMAN LAATIMINEN FISKARSIN SORSAKOSKEN ASTIATEHTAALLE

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Ympäristötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Juuso Turunen			
Työn nimi Meluntorjuntaohjelman laatiminen Fiskarsin Sorsakosken astiatehtaalle			
Päiväys	27.4.2017	Sivumäärä/Liitteet	20/1
Ohjaaja(t) yliopettaja Merja Tolvanen, lehtori Teemu Räsänen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Fiskars Finland Oy Ab, tekninen kehityspäällikkö Markku Husso			
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli työsuojelulain (738/2002) mukaiseen valtioneuvoston asetukseen (85/2006) "työntekijöiden suojeleminen melusta aiheutuville vaaroille" perustuen meluntorjuntaohjelman laatiminen Fiskarsin Sorsakosken astiatehtaalle. Sorsakosken astiatehtaalla oli havaittu raja-arvot ylittäviä melulukemia ja niiden perusteella tehdas oli veloitettu laatimaan meluntorjuntaohjelma. Meluntorjuntaohjelma on vapaamuotoinen asiakirja, jossa tunnistetaan ongelmakohteet, sekä määritetään päätetyt meluntorjuntakeinot sekä niiden aikataulu.</p> <p>Kohteessa oli aikaisemmin tehty melumittauksia, mutta tarkkuuden varmistamiseksi päätettiin, että meluntorjuntaohjelmaa varten suoritetaan uusintamittaukset. Mittaustuloksista voitiin selkeästi havaita raja-arvot ylittäviä melulukemia ja pahimmat ongelmakohdat. Ongelmakohtien havainnollistamiseksi tehtaalla pohjakuvaan merkattiin värikoodien avulla melualueita.</p> <p>Työn tuloksena saatiin noin 20-sivuinen meluntorjuntaohjelma, joka toimii perustana tehtaalla henkilökunnalle meluntorjuntatoimenpiteiden läpiviennissä. Saatujen tulosten perusteella meluntorjuntaohjelmassa otettiin kantaa mahdollisista meluntorjuntakeinoista, niiden kustannuksista, sekä minkälaisia meluarvojen alenemisiä niillä voidaan perustellusti saada aikaan. Meluntorjuntaohjelmassa kartoitettiin lisäksi meluntorjuntaratkaisuja tarjoavia yrityksiä. Meluntorjuntaohjelman perusteella tehtaalla käynnistetään erillinen projekti.</p>			
Avainsanat meluntorjunta, melunmittaus, teollisuusmelu, työturvallisuus, työhyvinvointi, työturvallisuuslaki, ääni,			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Juuso Turunen			
Title of Thesis Noise Control in Manufacturing Industry			
Date	27 April 2017	Pages/Appendices	20/1
Supervisor(s) Ms. Merja Tolvanen, Principal Lecturer, Mr Teemu Räsänen, Lecturer			
Client Organisation /Partners Fiskars Finland Oy Ab, Mr. Markku Husso, Technical Development Manager			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to create a noise control manual for the Fiskars consumer products factory in Sorsakoski. The noise control manual is required by the occupational safety and health act (738/2002) commandment (85/2006) "protection of workers from noise related hazards". The need for the noise control manual was discovered after measuring noise levels which surpass threshold values. The noise control manual is an informal document where issues are being recognized and a timetable for needed changes is discussed.</p> <p>First, for the theory noise controlling was studied more in-depth. Second, the manufacturing process of consumer products in the factory was studied more precisely as well as the physics behind noise and health effects when exposed to a high amount of noise. Third, noise levels were measured to get a better idea of what kind of procedures were needed.</p> <p>After analyzing the results, it was easy to see where and how much threshold values were surpassed. As a result of this thesis, a noise control manual was created with suggestions on procedures to achieve lower noise levels in the area. Companies that offer noise reduction services were included. The noise control manual will function as the base for a new project. The manual will be updated according to the chosen noise reduction plan.</p>			
<p>Keywords noise control, noise measuring, industrial noise, work safety, occupational safety and health act,</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	4
2	FISKARS FINLAND OY AB JA SORSAKOSKEN KEITTO- JA PAISTOASTIATEHDAS	5
3	ÄÄNEN JA MELUNMITTAAMISEN TEORIA	7
3.1	Äänen nopeus.....	7
3.2	Äänen paine	8
3.3	Melunmittaamisen periaatteet.....	9
4	MELUNVAIKUTUS IHMISIIN JA YMPÄRISTÖÖN	10
5	MELUNTORJUNTAOHJELMA.....	11
6	MELUNTORJUNTAOHJELMAN LAATIMINEN FISKARSIN ASTIATEHTAALLE	15
6.1	Tausta-aineiston kokoaminen	15
6.2	Lisämittaukset ja mittaustulosten analysointi	15
6.3	Meluntorjuntaehdotukset havaintojen perusteella	16
6.3.1	Akustiikkaseinät	16
6.3.2	Kotelointi	17
6.3.3	Akustointilevyt	18
6.3.4	Puhallussuuttimet.....	18
7	KÄYTTÖÖNOTTOSUUNNITELMA	19
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	20
	LÄHTEET	21
	LIITE 1 SORSAKOSKEN ASTIATEHTAAN MELUNTORJUNTAOHJELMA	22

1 JOHDANTO

Melu määritellään häiritseväksi tai kuulolle haitalliseksi ääneksi. Tyypillisesti kuulolle haitallista melua esiintyy tuotannossa, jossa tarvitaan suuria energiamääriä joko tuotteiden valmistuksessa tai niiden kuljetuksessa. Metalli- ja rakennusteollisuus ovat pääasiallisia lähteitä erityisen haitalliselle impulssimelulle. Melulle on olemassa ennalta määrättyjä raja-arvoja, joiden perusteella sen aiheuttamia haittoja voidaan helposti arvioida. 80 dB(A) ylittävä ääni tai melu luokitellaan mahdollisesti kuulolle haitalliseksi. Meluntorjuntatoimenpiteitä vaativa ylempi toiminta-arvo on 85 dB(A). Päivittäinen raja meluallistukselle on 87 dB(A) Koska tiedetään, että melu on aiheuttanut kuulovaurioita sekä osaltaan vaikuttanut työpaikoilla tapahtuneisiin työtapaturmiin, on työturvallisuuslaissa (738/2002) sekä asetuksissa (85/2006 ja 831/2005) määritelty työnantajan velvollisuuksia haittojen torjumiseksi. (Työterveyslaitos 2010)

Työnantaja on veloitettu selvittämään, altistuuko työntekijät mahdollisesti sellaiselle äänelle, eli melulle joka voi olla vaaraksi ja haitaksi työntekijän terveydelle. Jos tällainen tilanne havaitaan, niin työnantajan kuuluu ottaa selville mahdolliset melunlähteet ja ketkä kaikki ovat mahdollisesti melulle altistuvia. (Työsuojelu 2015)

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on meluntorjuntaohjelman laatiminen Fiskarsin Sorsasalon astiatehtaalle. Meluntorjuntaohjelma on valtioneuvoston asetuksen mukaisesti (85/2016) määrätty tehtäväksi silloin, kun työntekijän meluallistus ylittää 4 §:n 1 momentissa säädetyn ylemmän toiminta-arvon. Tehtailla on tehty aikaisemmin melunmittauksia, mittaustulokset ilmaisivat tietyissä paikoissa raja-arvot ylittäviä melutasoja. Tässä työssä tarkoituksena on suorittaa uusia melumittauksia arvojen paikkansa pitävyyden varmistamiseksi. Myöhemmin mittaustuloksia hyödynnetään meluntorjuntaohjelman laadinnassa, sekä tässä opinnäytetyössä. Opinnäytetyön pääasiallisena tavoitteena on meluntorjuntaohjelman ensimmäinen versio, jota Fiskars voi myöhemmin täydentää ja käyttää, mutta opinnäytetyön tekijältä halutaan myös omia ehdotuksia melutasojen alentamiseksi. (Työsuojelu 2015)

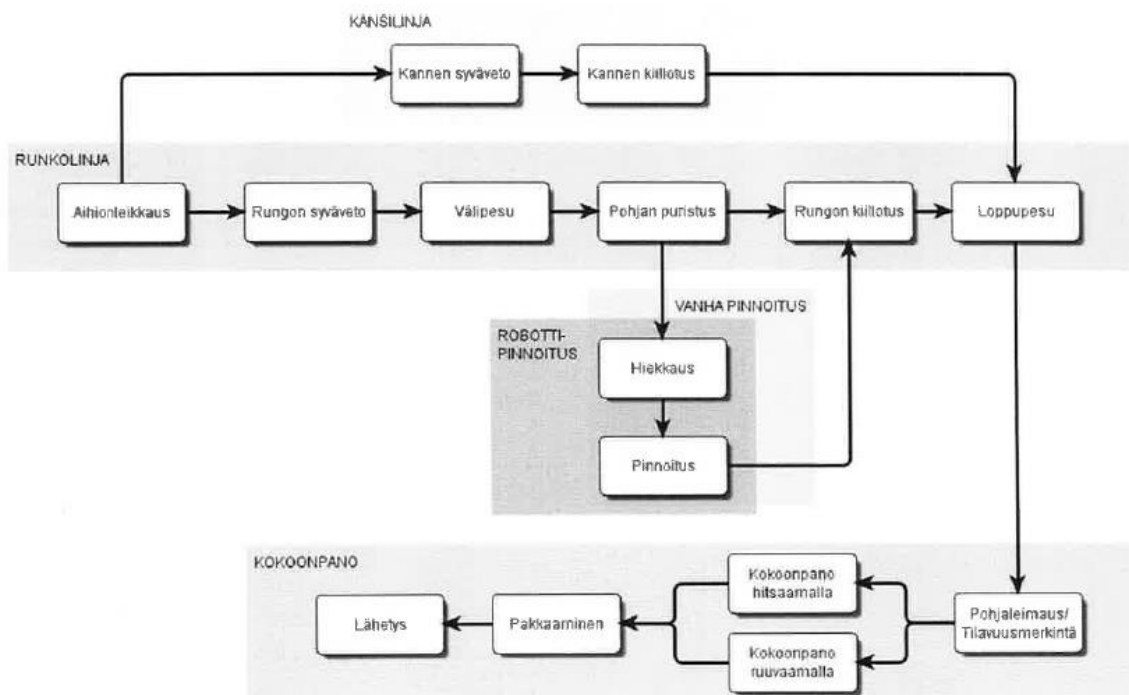
2 FISKARS FINLAND OY AB JA SORSAKOSKEN KEITTO- JA PAISTOASTIATEHDAS

Fiskars Finland Oy Ab on osa kansainvälistä Fiskars-konsernia, joka perustettiin vuonna 1649 Pohjan kunnan alueella, samalla Fiskars on toiminnassa olevista suomalaisista yrityksistä kaikista vanhin. Fiskars on johtava toimija kuluttajatuotteissa, ja sen brändejä ovat mm. Fiskars, Gerber, Iittala, Royal Copenhagen, Waterford ja Wedgwood. 31.12.2015 alkaen viennistä noin 58 % menee Eurooppaan, 27 % Aasiaan ja 16 % Pohjois-Amerikkaan. Maailmanlaajuisesti Fiskars työllistää noin 9 000 henkilöä. (Fiskarsgroup.com)

Sorsakosken tehtaalla valmistetaan erikoispinnoitettuja keitto- ja paistoastioita sekä alihankintana, että omalla tuotemerkillä. Noin 60 - 70 % tehtaalla valmistetuista astioista ovat alumiinikattiloita. Tehtaalla työskentelee noin 80 työntekijää joista suurin osa tuotantotyöntekijöitä, sekä noin 10 toimihenkilöä. Roboteilla on iso osa tuotteiden valmistuksessa ja tuotantolinjaa ollaankin uudistettu, esimerkiksi vuonna 2013 tehtaalla otettiin käyttöön robottipinnoitus sekä uusi kiillotusrobotti. Uusia robotteja on myös mahdollisesti tulossa lähitulevaisuudessa. Tuotanto on käynnissä kolmessa vuorossa kovimman kysynnän ollessa syksyllä, tähän liittyen työntekijöille tarjotaan kannustavia ylityökorvausmalleja kiireisempien aikojen tuotantomäärien kasvun saavuttamiseksi. (Työselvitysraportti 13.11.2013; Husso)

Ruostumattomasta teräksestä valmistettuja keitto- ja paistoastioiden runkoja tehdään kahdella tuotantolinjalla ja alumiinituotteita yhdellä tuotantolinjalla (kuvio 1).

SORSAKOSKEN ASTIATEHTAAN PROSESSIKAAVIO



Kuvio 1. Prosessikaavio tehtaan tuotannon vaiheista (Husso)

Teräsastian valmistus alkaa, kun ruostumattomasta teräksestä leikataan sopiva aihio. Aihiot leikataan suurista keloista, jotka toimitetaan valmiina tehtaalte. Ennen leikkausta kela puretaan auki ja oikaistaan. Leikatut aihiot ohjataan syvävetokoneelle runkovetoon, jonka jälkeen syötetään vetoaine eli mäntysuopaliuos. Mäntysuopaliuosta käytetään apuaineena, kun aihioita vedetään oikeaan muotoon kahden vetokappaleen avulla. Tämän jälkeen kappaleet kuljetetaan välipesuun. Välipesun jälkeen rungot menevät pohjanpuristukseen (kuva 1), missä niihin kuumuuden ja paineen avulla puristetaan induktiopohja, tämä vaihe on yksi tuotantoprosessin meluisimmista. Tämän jälkeen rungot kuljetetaan kiillotuslinjalle, jossa niiden sisä- ja ulkopinnat kiillotetaan automatisoidusti kiillotus- laikoilla suljetussa tilassa. Kiillotuksessa runkoihin lisätään hionta- ja kiillotusapuainetta mahdollisimman hyvän tuloksen saamiseksi. Kiillottamisen jälkeen rungot pestään, jotta niissä ei ole ylimääräisiä pesu- tai apuaineita. Seuraavaksi rungot kuljetetaan runkolinjalta kokoonpanoon laatutarkastusta varten. (Husso)

Tarkastuksen jälkeen halutut rungot pinnoitetaan. Pinnoituksen jälkeen rungot pestään, jonka jälkeen ne kuljetetaan hiekkapuhalluskopeille. Rungoista hiekataan sisä- ja ulkopinta kumpikin eri puhalluskopeissa. Hiekkapuhalluksessa runkoja hiotaan paineilman ja kiinteiden hiukkasten, eli alumiinioksidien avulla, alumiinioksidista on olemassa eri raekoon hiekkvoja eri tuotteita varten. Tämän jälkeen rungot huuhdellaan, jotta ylimääräinen hiekka saadaan niistä pois. Puhdistetut rungot kuljetetaan pinnoitukseen jossa, hiekkapuhallettuun metallipintaan ruiskutetaan pinnoiteaine. Lopuksi tuote viedään uuniin polttoa varten. (Husso)



Kuva 1. Kuvassa pohjanpuristus missä runkoihin puristetaan induktiopohjat kuumuuden ja paineen avulla. (Turunen 2016)

3 ÄÄNEN JA MELUNMITTAAMISEN TEORIA

3.1 Äänen nopeus

Ääni syntyy väliaineessa syntyvän paineenvaihtelun takia. Äänen eteneminen väliaineessa saa aikaan paineaallon, tällöin väliaine vuoron perään puristuu kasaan tiheyden ja paineen maksimikohdissa ja taas vuoroin harvenee tiheyden ja paineen minimikohdissa. Ääni on siis pitkittäissuuntaista aaltoliikettä, joka etenee yli- ja alipaineisina vyöhykkeinä (kuva 2). Aineiden ollessa kiinteitä puristus- ja vetotilanteisiin liittyy kimmokerroin E , kaasujen ollessa kyseessä taas puristuvuuskerroin K . Molemmilla on sama yksikkö Pa eli pascal. Väliaineen rakenneosasia eli atomeja ja molekyyliä on liikuteltava, tai niiden nopeutta on muuteltava, jotta väliaineen puristumat ovat mahdollisia. Atomien ja molekyylien massasta riippuu se, miten helposti reaktio saadaan aikaiseksi. Tähän pätee kiinteässä aineessa kaava (1): (Blomberg ja Lepoluoto 2005; Peltonen Perkkiö ja Vierinen 2007, 35-36)

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (1)$$

jossa

v = äänen nopeus

E = kimmokerroin

ρ = paine

sekä kaasussa kaava (2):

$$v = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \quad (2)$$

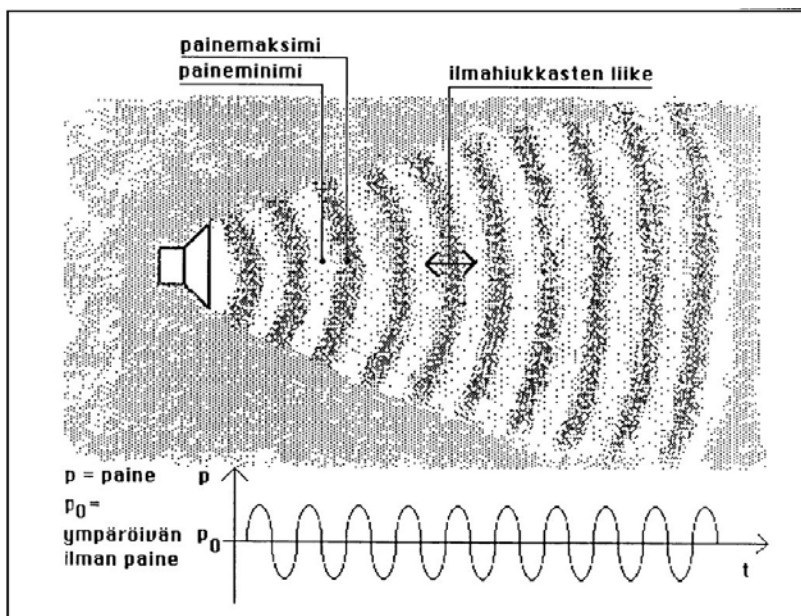
jossa

v = äänen nopeus

K = kimmokerroin

ρ = paine

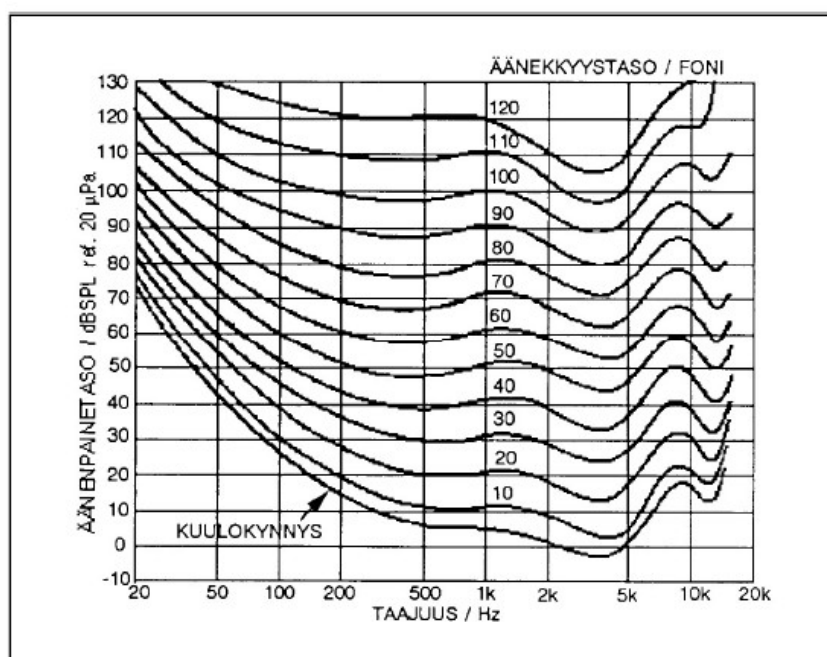
Normaaliolosuhteiden vallitessa äänen etenemisnopeus ilmassa on n. 342 m/s, eli pakkasella ääni kulkee hitaammin ja taas lämpimässä eteneminen on nopeampaa. Ilman kosteus, paine ja lämpötila vaikuttavat osaltaan äänen nopeuteen. Ihminen kuulee ääntä keskimäärin 20 - 20 000 hertsin (Hz) alueella, vanhemmilla ihmisillä taajuuden yläpää jää vähitellen kuulematta. (Blomberg ja Lepoluoto)



Kuva 2. Kuvassa esitetään äänen liike väliaineessa pysäytettynä (Blomberg ja Lepoluoto)

3.2 Äänen paine

Äänenpaineen eli äänenvoimakkuuden (Sound Pressure Level) yksikkö on desibeli (dB). Ihmisen kuuloaisti ei toimi lineaarisesti äänenvoimakkuuden suhteen, eli jos äänenpaine on kaksinkertainen se ei kuulosta kaksinkertaiselta vaan ainoastaan vähän kovemmalta. Kuulokynnys ja äänenpainetasojen aistiminen ovat riippuvaisia äänenpaineesta sekä taajuudesta kuvan 3 mukaisesti. Ihminen aistii parhaiten äänet jotka asettuvat taajuudeltaan välille 3 kHz - 4 kHz. Kun tästä poiketaan ylös, tai alaspäin äänelle herkistyminen vähenee. Äänen tasoa nostamalla voidaan kuitenkin vaikuttaa alentavasti eri- taajusten äänten herkkyyseroihin. (Blomberg ja Lepoluoto)

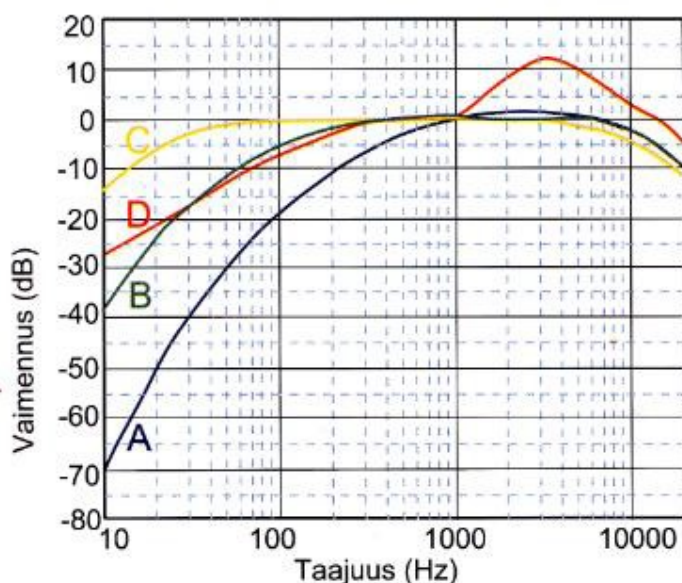


Kuva 3. Fletcher-Munson vakioäännekkyysskäyrät. Kuvasta voidaan havaita, miten tietyn äänenpaineen aistimisherkyys paranee taajuuden kasvaessa noin 3 kHz - 4 kHz asti. (Blomberg ja Lepoluoto)

3.3 Melunmittaamisen periaatteet

Äänen voimakkuuden eli melun mittaamiseen käytetään melu- eli desibelimitaria. Ääni liikkuu paineaaltona mikrofonin aiheuttaen samalla jännitteen. Syntyvää jännitettä joko vahvistetaan tai tarpeen mukaan vaimennetaan. Suodattimia käytetään taajuuksien vahvistamiseen tai vaimentamiseen. Ääniaallon liikkeestä riippuen mikrofonista saadaan vaihtojännite, joka johdetaan esimerkiksi desibeli- mittarissa olevaan ulostuloon. Tasasuuntaamalla jännitteestä saadaan tasajännite, joka on äänen voimakkuuden kanssa verrannollinen. Tämä ei tarkoita kuitenkaan sitä, että tasajännite olisi vakio, vaan tasajännite muuttuu samalla kun äänen voimakkuus muuttuu. Melumittarin näyttöön saadaan äänenpainetaso esimerkiksi edellisen sekunnin ajalta tai keskimääräinen arvo tietyltä aika- väliltä. (Blomberg ja Lepoluoto)

Kuvassa 4 esitetään A-, B- C- ja D-suodattimien vaimennus taajuuden funktiona. Äänenpainetaso yksikköä dB(A) käytetään ilmaisemaan eri suodatuksilla mitattua melutasoa. Tällä tavoin melumittarin antama lukema saadaan vastaamaan korvan aistimaa äänen voimakkuutta. Kuuloaistimus on riippuvainen sekä äänen taajuudesta, että äänenpainetasosta. Tämän takia melumittarin suodatuskin tulisi valita sen mukaisesti, miten äänen taajuus ja voimakkuus muuttuvat. Kuitenkin muutaman eri suodattimen käytöllä saavutetaan riittävä tarkkuus, nämä suodattimet voivat olla esimerkiksi A-, B- ja C-suodattimet. A-suodatusta käytettiin alun perin äänen ollessa alle 55 fonia, B-suodatusta välillä 55 - 85 fonia ja C-suodatusta kun äänen ollessa yli 85 fonia. D-suodatus on käyttökelpoinen korkeiden taajuuksien vahvistamisen takia, joten sitä käytetään esimerkiksi lentomelun mittaamisessa. A-suodatus on kuitenkin tänä päivänä kaikista yleisimmän käytössä riippumatta äänen voimakkuudesta. Lineaarinen suodatus tarkoittaa sitä, että koko taajuusalueen vaimennus on 0 dB. (Blomberg ja Lepoluoto)



Kuva 4. Kuvassa esitetään eri suodattimien vaimennus taajuuden funktiona (Blomberg ja Lepoluoto)

4 MELUNVAIKUTUS IHMISIIN JA YMPÄRISTÖÖN

Melusta aiheutuvat haitat kuormittavat kansantaloutta miljardien eurojen edestä. Vuosittain Suomessa todetaan 1 000 melusta aiheutuvaa ammattitautitapausta. Ihmiselle melusta aiheutuvat haitat jaetaan kahteen luokkaan, kuulovaikutuksiin ja kuulon ulkopuolisiin vaikutuksiin. Kuulovauriota pidetään ainoana varmana melusta aiheutuvana terveysvaikutuksena, tämän lisäksi on kuitenkin ole- massa havaintoja sekä tutkimuksia jotka tukevat käsitystä siitä, että melulla on myös muita terveyttä heikentäviä vaikutuksia. Kuulovaurion lisäksi muut fyysiset ja psyykkiset haitat ovat mahdollisia. Melusta johtuvia fysiologisia reaktioita ovat esimerkiksi unihäiriöt, lihasjännitykset ja pulssin kohoaminen, joka osaltaan liittyy korkeampiin stressitasoihin. (Starck ja Teräsvirta)

Lisääntynyt tapaturmavaara

Melu voi heikentää havainnointikykyä peittämällä muita ääniä, tämä lisää riskiä tapaturmien syntymiselle. Yllättävästä melupiikistä johtuva säikähdys voi johtaa herpaantumiseen ja onnettomuuteen.

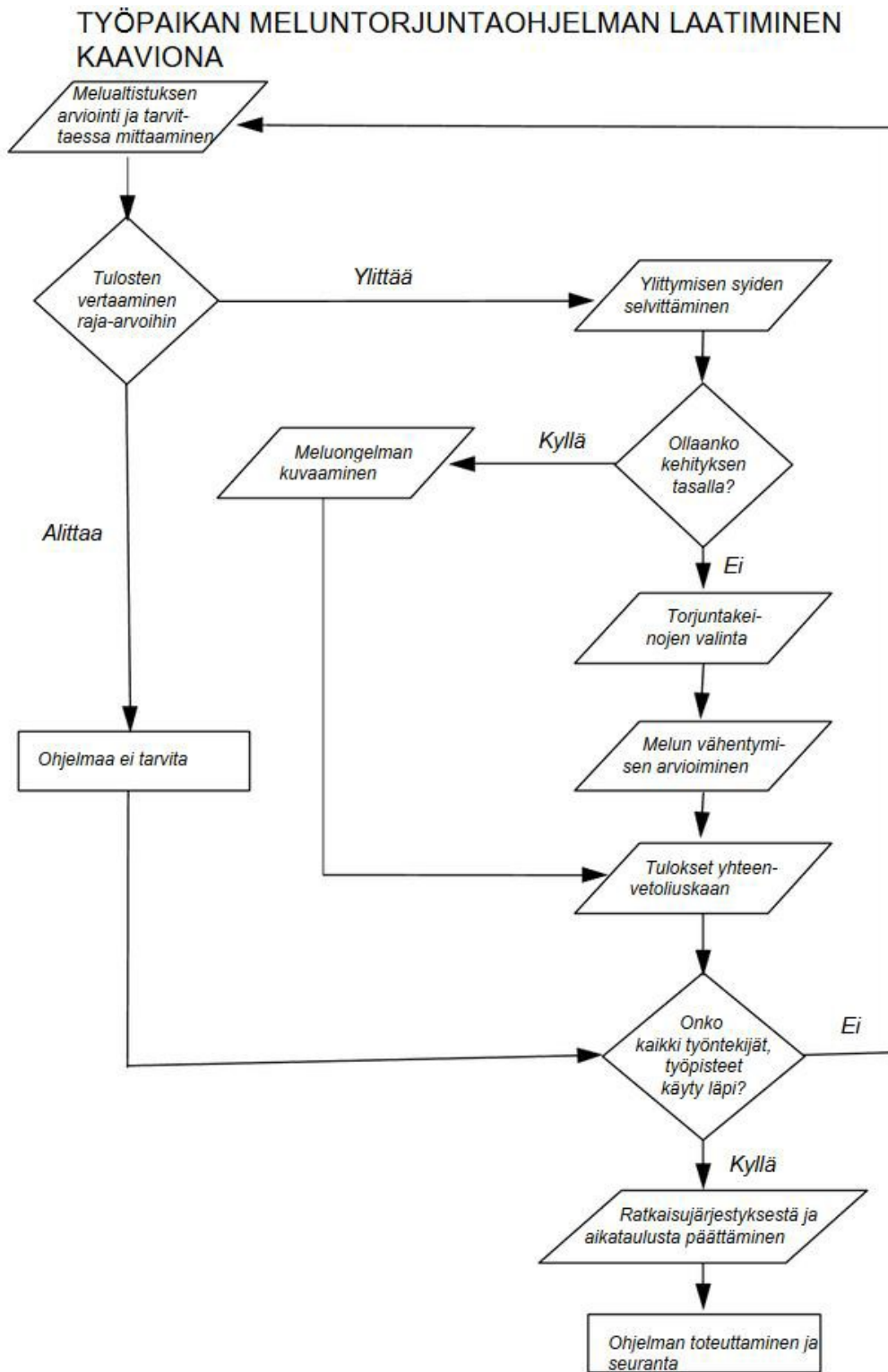
Kommunikointi voi myös olla vaikeampaa meluisassa tilassa, tämä muodostaa turvallisuusriskin, sillä hätätilanteessa ohjeet ja neuvot saattavat jäädä kuulematta. Riskitilanne voi syntyä esimerkiksi, kun henkilöä lähestyy ajoneuvo joka jää melun takia havaitsematta. (Starck ja Teräsvirta)

Unen ja levon häiriintyminen

Unen laatu heikkenee noin 40 dB:n liikennemelusta, 50 - 60 dB:n tasossa unen aikainen heräily lisääntyy. Myös heikommatkin äänet saattavat aiheuttaa unesta heräämisen, jos ääni on yllättävä. Jo 40 dB:n ylittävä ääni saattaa aiheuttaa psykofysiologisia reaktioita, kuten sykkeen muutoksia tai motorisia reaktioita. (Starck ja Teräsvirta)

5 MELUNTORJUNTAOHJELMA

Tarve meluntorjuntaohjelman tekemiseksi lähtee yleensä siitä, että työpaikalla havaitaan esimerkiksi työpaikkaselvityksen kautta liian korkeita melutasoja. Jos työpaikalla saadaan mittaamalla raja-arvot ylittäviä meluarvoja, niin seuraava vaihe on selvittää syyt näille tuloksille. Tyypillisiä melunlähteitä teollisuudessa ovat koneet ja eri työvaiheet. Jos jo ennakkoon tiedetään, että mikä on melun pääasiallinen syy, mietitään ratkaisuehdotuksia, eli millä tavoin melua voidaan eristää alueella. Jos taas syy ei ole tiedossa, selvitetään mikä on melun syntymekanismi. Korjaustoimenpiteistä päätettäessä otetaan huomioon paljonko tehdyt ratkaisut todennäköisesti tulevat alentamaan alueen melua, sekä ovatko ne työmäärään nähden kannattavia. Kun päätökset meluongelman ratkaisemiseksi on tehty, laaditaan suunnitelmat, miten ja missä aikataulussa töitä viedään eteenpäin ja kuka on vastuussa.



Kuvio 2. Meluntorjuntaohjelma hahmoteltuna kaaviomuodossa (Työsuojelu)

1) Selvitetään miksi melulle asetettuja raja-arvoja on ylitetty

Ensiksi selvitetään syy raja-arvot ylittävälle melunlähteelle. Yleensä melua syntyy eri työvaiheiden yhteydessä ja onkin hyvä selvittää, että onko kyseinen työvaihe tarpeellinen tai minkälaisia työ- ja valmistusmenetelmiä siinä käytetään. Seuraavaksi otetaan selvää melun syntymekanismista, kuten kuviossa 3 on havainnollistettu. Värähtelyn aiheuttava tekijä eli heräte tunnistetaan ja paikannetaan; äänen siirtotiet herätteeltä säteilypinnalle ja säteilypinnalta työntekijälle tunnistetaan. Tuntemalla työkoneen toimintaperiaatteen tai eri työvaiheet päästään yleensä eteenpäin ongelman ratkaisemisessa, joskus kuitenkin tarvitaan asiantuntijan apua. (Työsuojelu 2015)

2) Melualtistuksen ja huipputasojen alentamiseksi esitetään suunnitelmat

Pyritään siihen, että melua syntyisi mahdollisimman vähän. Vaatimustaso on riippuvainen siitä, millaista tekniikkaa on saatavilla tai esimerkiksi minkälaisia meluntorjuntamahdollisuuksia suoraan melunlähteeseen on olemassa. (Työsuojelu 2015)

3) Jokaiselle meluongelmalle esitetään ratkaisuehdotus sekä arvioidaan sen vaikutusta

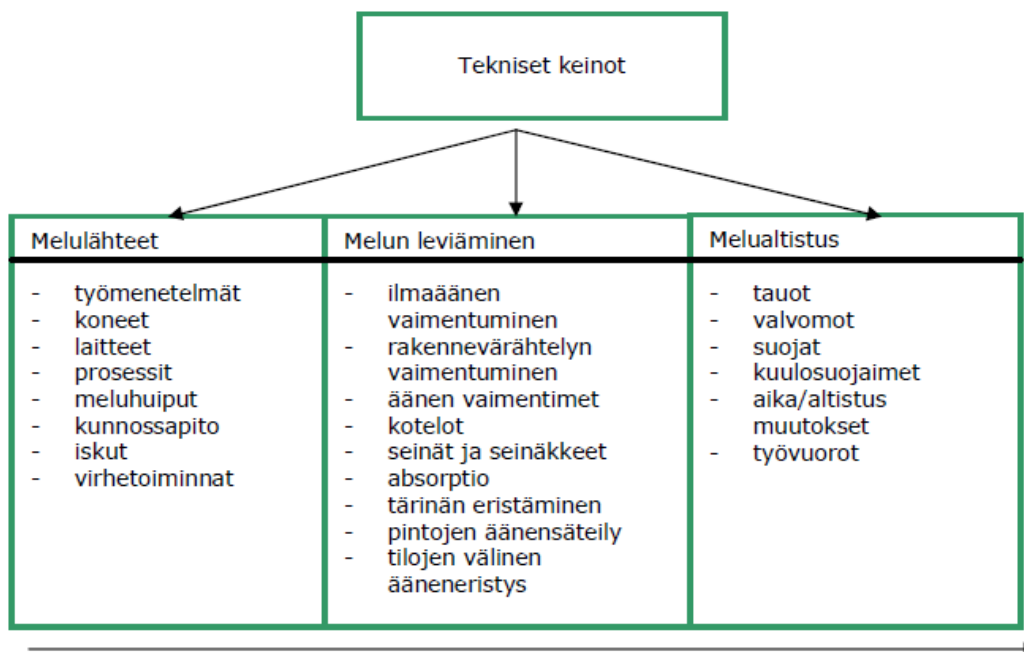
Ratkaisuehdotuksia arvioidaan niiden toteuttamishelpouden perusteella, sekä miten paljon melutaso mahdollisesti alenee. Ratkaisujen taloudelliset rasitteet ovat yksi valintaperuste, kuitenkin on hyvä pitää mielessä kustannuksien suhdetta mahdollisesti saatavissa olevaan hyötyyn. Lisäksi otetaan huomioon, miten ratkaisut vaikuttavat työntekijöihin ja työturvallisuuteen muista kuin meluun liittyvistä näkökulmista. (Työsuojelu 2015)

4) Valittujen torjuntatoimien käyttöönotto aikataulutetaan

Ratkaisuja tehdään meluongelmien vaarallisuuden mukaan, eli kohteet tai alueet joissa kuulo altistuu kaikista pahiten melulle niin voimakkuuden, melutason ja keston perusteella sekä altistuneiden lukumäärän mukaan ovat ensimmäisinä toimenpidelistalla. Melutorjuntaohjelmassa kerrotaan missä järjestyksessä ja aikataulussa meluongelmia pyritään korjaamaan. (Työsuojelu 2015)

5) Päätetään vastuuhenkilöt sekä miten seuranta ja päivittäminen toteutetaan

Meluntorjuntaohjelmassa kerrotaan, kuka on vastuussa ohjelman läpiviennistä, sekä voidaan sopia, miten kohteiden jatkoseuranta toteutetaan. Jos työpaikalla on kohteita joita ei pystytä meluntorjuntaohjelman laatimishetkellä ratkaisemaan, sovitaan, että milloin tilannetta tarkastellaan uudelleen. (Työsuojelu 2015)



Kuvio 3. Melun tarkastelu sen synnyn, leviämisen ja altistujan suhteen (Työhygieniä)

Toiminnanharjoittaja tekee ja täyttää esimerkiksi seurantalomaketta, jossa jokainen meluntorjuntaohjelmaan sisältyvä kohde on kirjattuna ylös. Lomakkeessa on kirjattuna melutasot ennen toimenpiteitä ja toimenpiteiden jälkeen, sekä maininta missä aikataulussa ohjelmaa toteutetaan.

6 MELUNTORJUNTAOHJELMAN LAATIMINEN FISKARSIN ASTIATEHTAALLE

6.1 Tausta-aineiston kokoaminen

Opinnäytetyössä laadittiin meluntorjuntaohjelma, jota varten materiaalia on koottu muun muassa työterveyslaitoksen nettisivuilta, josta löytyy valmiit mallit meluntorjuntaohjelmaa varten. TTL:n vuonna 2013 tekemää työpaikkaselvitysraporttia on myös käytetty lähteenä.

Tehtaalle oli tehty aikaisemmin melumittauksia työterveyslaitoksen toimesta, päätimme kuitenkin tehdä mittaukset vielä uusiksi, jotta saatavilla olisi varmasti ajan tasalla olevaa ja mahdollisimman paikkansa pitävää mittaustietoa. Mittaustulokset esitetään Meluntorjuntaohjelman liitteissä 1 - 6 (liite 1).

6.2 Lisämittaukset ja mittaustulosten analysointi

Melumittaukset tehtiin 30.9.2016 teknisen kehityspäällikön Markku Husson ohjauksessa tehtaalla niissä kohdissa, joissa tiedettiin ennalta löytyvän suuria melumääriä. Melumittarina käytössä oli TES-1352S Sound Level Meter, jolla pystytään mittaamaan sekä A-, että C-painotettua äänentasausta. Melumittauksissa käytettiin kuitenkin pääasiassa A-painotusta, jota käytetään, kun halutaan mitata pitkäkestoista meluallistusta. Suositusten mukaisesti vähimmäisaika mitattaessa olisi noin 15 minuuttia, mutta aikataulullisista syistä mittaamiseen käytettiin noin 5 minuuttia yhtä aluetta kohden. Tällä asialla ei kuitenkaan ole oleellisesti merkitystä, sillä rajat-arvot ylittävät melulukemat toistuvat kohteissa varsin useasti lyhyen ajan sisällä.

Mittauskohdeet jaettiin karkeasti neljään eri alueeseen:

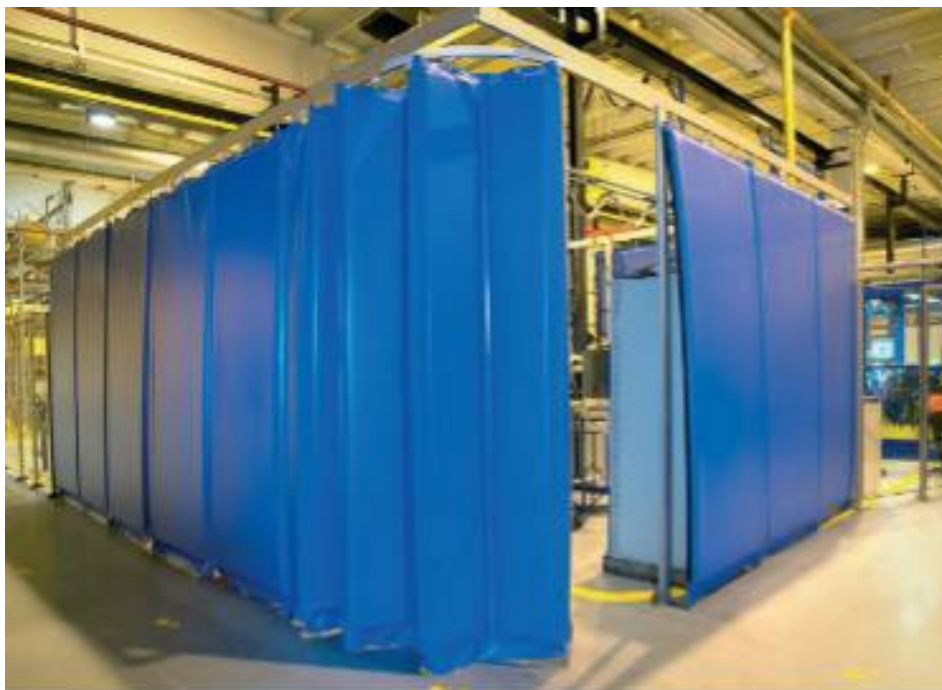
- runkolinja
- pakkaamo
- vanha pinnoitelinja
- uusi pinnoitelinja.

Runkolinja tiedettiin ennakkoon kaikista ongelmallisimmaksi kohteeksi, sillä tähän vaiheeseen kuuluva pohjanpuristus (kuva 1) on yksittäisistä vaiheista kaikista meluisin. Mittaamalla korkein melulukema oli 106 dB, lukema ylittää meluntorjuntaohjelman laatimista vaadittavat raja-arvot (87 dB). Pohjanpuristuksen jälkeen kansilinjalla kiillotuskoneen lähistössä mitatut meluarvot olivat 90 dB luokkaa.

6.3 Meluntorjuntaehdotukset havaintojen perusteella

6.3.1 Akustiikkaseinät

Pohjanpuristuksesta syntyvä iskumelu kantautuu myös käytäville, sekä kansinlinjan kiillotuskoneelle saakka. Melun kantautumista olisi mahdollista eristää akustiikkaseinillä, esimerkkitilanteessa koneistuksesta syntyvää melua saatiin eristettyä niin, että äänenvaimennus oli 10 dB. (Hongisto, melun- torjunta 2015, 40.) Akustiikkaseinää voidaan käyttää käytävillä tietyn alueen melun eristämiseksi toisesta alueesta, tai sitten eristämällä tietty työvaihe. Yksi vaihtoehto on palosuojatusta raskaasta komposiittimateriaalista valmistettu T-50 akustiikkaseinä (kuva 5). Valmistajan mukaan T-50 alentaa melua keskimäärin 25,2 dB. Akustiikkaseinä voi olla joko kiinteärakenteinen, tai tarpeen mukaan irrallinen seinäke kuten kuvasta 6 voidaan havaita. (Intolog, tuotekuvasto 2016, 108).



Kuva 5. Valtran voimansiirtotehtaalla akustiikkaseinillä eristetty työpiste (Intolog, tuotekuvasto 2016, 108).



Kuva 5. Konecranesilla käytössä oleva irrallinen akustiikkaseinäke (Intolog, tuotekuvasto 2016, 108).

6.3.2 Kotelointi

Koneen kotelointi tai osittainen kotelointi on tehokas (taulukko 1) ja yleinen tapa, sillä on kuitenkin tiettyjä rajoituksia. Kotelointi saattaa aiheuttaa koneen kuumenemista, jos tarvittavaa jäähdytystä ei ole olemassa. Myös koneella työskentely tai sen huoltaminen saattavat hankaloitua. Koteloinnilla saadaan parhaat tulokset korkeataajuisen melun vaimentamisessa, kun taas pienitaajuisen melu vaimenee heikommin. Tehokas kotelointi tarkoittaa sitä, että kotelo on tiivis, jäykkä, painava ja eristetty värinältä ja sen sisäpinta vuorattu absorptiomateriaalilla. (Työhygieniä)

Taulukko 1. Meluntorjuntatoimenpiteiden keskimääräisiä tuloksia keskitasoista teollisuusmelua vastaan (Työhygieniä)

toimenpide	melun vaimentaminen, db
tiivis kotelo	10-40
osittainen kotelo	3-15
valvomo	10-50
seinä	5-35
seinäke	3-20
katon absorptio	0-8
kuulonsuojaimet	10-30

6.3.3 Akustointilevyt

Kaikua vähennetään akustointilevyillä, joita asennetaan seinä- ja kattopinnoille. Suuret ja tasaiset pinnat heijastavat tehokkaasti ääniaaltoja, ja näin ollen ääniaaltoja absorboivat materiaalit ovat varsin tehokkaita kaiun pienentämisessä. Mineraalivilla on yleisimpiä akustointimateriaaleja, mineraalivilla kiinnitetään joko liimaamalla tai asentamalla asennuskiskojen varaan.

6.3.4 Puhallussuuttimet

Puhaltimista aiheutuu myös jonkin verran melua, näihin on olemassa tehokkaita puhallussuuttimia melua rajoittamaan kuten esimerkiksi Projectan EXAIR (kuva 7). Suuttimissa on saatavilla eri kokovaihtoehtoja tarpeen mukaan.



Kuva 6. Projecta EXAIR puhallussuutin (Projecta)

7 KÄYTTÖÖNOTTOSUUNNITELMA

Runko- ja kansilinjän ympäristö ovat tärkeimmät kohteet, kun meluntorjuntaohjelman mukaisia toimenpiteitä ryhdytään toteuttamaan. Yhdessä valittujen meluntorjuntaratkaisujen kanssa tehdään päätökset tavoitelluista melutasoista, joihin ratkaisuilla pyritään pääsemään. Meluntorjuntaohjelmaa voidaan säilyttää esimerkiksi tehtaan toimistotiloissa, kuitenkin viranomaisilla kuten työsuojeluvaltuutetuilla ja työsuojelutarkastajilla on oikeus saada ohjelma nähtäväkseen ja myös jäljennökset, jos tarve vaatii.

Tehtyjen muutosten jälkeen suoritetaan tarkistusmittaukset, jolloin havaitaan, onko tehdyillä ratkaisuilla ollut ennakkoon oletetun kaltaisia vaikutuksia alueen meluarvoihin. Työn lopussa olevassa liitteessä on astiatehtaan pohjapiirustukseen hahmoteltu mahdollisia mittauspaikkoja tarkistusmittauksia varten.

Tuotantolinjastoilla tehtyjen muutosten kuten robottien tai koneiden hankinnan jälkeen kannattaa myös tehdä uusintamittauksia, jotta meluntorjuntaohjelmasta vastaavat henkilöt tietävät aiheutuuko näistä mahdollisesti melutasojen kasvua.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli meluntorjuntaohjelman laatiminen Fiskarsin Sorsakosken astiatehtaalle. Valmis meluntorjuntaohjelma on noin 20-sivuinen dokumentti, joka toimii perustana tehtaan henkilökunnalle meluntorjuntatoimenpiteiden läpiviennissä. Meluntorjuntaohjelmassa on teoriaosuus, jossa käsitellään melua ja sen haittavaikutuksia ihmiseen, meluntorjuntaohjelman perusteita ja vaatimuksia, sekä minkälaisia meluntorjuntavaihtoehtoja on olemassa. Meluntorjuntaohjelmaa muokattiin ja siihen tehtiin lisäyksiä tilaajan toiveiden mukaan, lopputuloksena saatiin valmis meluntorjuntaohjelma, joka täyttää sille asetetut vaatimukset niin asetusten, kuin tilaajan toimesta.

Tehtaalla suorittujen mittausten jälkeen oli selvästi havaittavissa pahimmat ongelmakohdat, lisäksi saadut meluarvot olivat paikoitellen varsin korkeita, ylittäen jopa 100 desibelin rajan. Saatujen tulosten perusteella meluntorjuntaohjelmaan lisättiin ehdotuksia meluarvojen alentamiseksi käyttämällä erilaisia meluntorjuntakeinoja, kuten meluseinämiä tai koneiden kotelointia. Vaikka melulukemat olivat paikoitellen korkeita, on kuitenkin olemassa tehokkaita ratkaisuja melun alentamiseksi, ja uskonkin, että tehtaalla päästään hyvään lopputulokseen asetettujen meluntorjunnallisten tavoitteiden saavuttamiseksi.

LÄHTEET

BLOMBERG, Esa & LEPOLUOTO, Ari, 2005. Audiokirja. [verkkojulkaisu]. [viitattu 2.11.2016] Saatavissa: <http://ari.lepoluo.to/audiokirja/>

FISKARSGROUP.COM [verkoaineisto]. [viitattu 15-10-2016] Saatavissa: <http://www.fiskarsgroup.com/fi/sijoittajat/fiskars-lyhyesti>

HONGISTO, Valtteri. *Teollisuusmeluntorjunta* [verkkojulkaisu]. [viitattu 2-11-2016] Aalto-yliopisto. Saatavissa: https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/107661/mod_folder/content/0/10%20Teollisuusmeluntorjunta.pdf

HUSSO, Markku. 2016-9-9. Tekninen kehityspäällikkö. [haastattelu]. Leppävirta. Fiskars Finland Oy Ab.

HUSSO, Anniina. 2011. *Sorsakosken astiatehtaan jätehuollon nykytila ja kehittäminen*. Kuopio: Savonia ammattikorkeakoulu, Ympäristötekniikan koulutusohjelma. AMK-opinnäytetyö

INTOLOG.FI Akustiikkaseinä. [digikuva]. Intolog-kuvasto 2016. [verkkojulkaisu]. Saatavissa: <http://www.intolog.fi/fi/ohjeet/suunnitteluohjeet/meluntorjunta>

PELTONEN, Hannu & PERKKIÖ, JUHA & VIERINEN, Kari, 2007. Insinöörin (AMK) FYSIIKKA OSA II. Lahti: Lahden Teho-Opetus Oy.

PROJECTA.FI EXAIR Puhallussuutin. [digikuva]. Teollisuustuotteet. [verkkojulkaisu]. Saatavissa: <https://www.projecta.fi/exair-puhallussuuttimet.html>

SÄILA, Mikko. 2015. *Meluntorjunta teräspuutkipalkin valmistuksessa*. Lahti: Lahden ammattikorkeakoulu, Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. AMK-opinnäytetyö

SEPPÄNEN, S. 2015. *Metalliteollisuudessa esiintyvän melun mittaaminen, arviointi ja mittausten menetelmien kehittäminen työturvallisuuden näkökulmasta*. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö

STARCK, Jukka & TERÄSVIRTA, Laura, 2009. Melu. Tampere: Esa Print Oy.

TTL.FI [verkoaineisto]. [viitattu 18-7-2016] Saatavissa: <http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/melu/meluntorjunta/meluntorjuntaohjelma/sivut/default.aspx>

TURUNEN, Juuso. 2016. Kuvat: 1

TYÖHYGIENIA. 2008. Kemiaalliset ja fysikaaliset tekijät. [verkkojulkaisu]. [viitattu 24-11-2016] Saatavissa: tyosuojelujulkaisut.wshop.fi/documents/2009/09/TSJ_86.pdf

TYÖSUOJELU. 2001. Meluntorjuntakaavio. [digikuva]. Työpaikan meluntorjuntaohjelman laatiminen. [verkkojulkaisu]. Saatavissa: <http://www.tyosuojelu.fi/upload/meluntorjuntakaavio.pdf>

TYÖSUOJELU.FI [verkoaineisto]. [viitattu 18-7-2016] Saatavissa <http://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/fysikaaliset-tekijat/melu/meluntorjunta>

Fiskars Finland Oy Ab

Sorsakosken astiatehtaan meluntorjuntaohjelma

SISÄLLYS

1.1 Perusteet	26
1.2 Määritelmä	26
1.3 Tarpeen havaitseminen	26
1.4 Melun raja-arvot	27
1.4.1 Alempi toiminta-arvo	27
1.4.2 Ylempi toiminta-arvo.....	27
1.4.3 Raja-arvo ja sen ylittäminen.....	27
1.5 Melun haittavaikutukset	28
1.5.1 Lisääntynyt tapaturmavaara	28
1.5.2 Unen ja levon häiriintyminen.....	28
1.5.3 Työtehon heikentyminen.....	28
1.6 Eri meluntorjuntakeinot	29
1.6.1 Ääniaaltojen vaimennus vastameluperiaatteella	29
1.6.2 Meluseinäkkeet	30
1.6.3 Melun etenemisen estäminen koteloinnilla.....	30
1.7 Meluntorjuntaohjelman laatiminen	31
1.7.1 Selvitetään syyt raja-arvojen ylityksille.....	31
1.7.2 Suunnitelmat meluallistuksen alentamiseksi kohteessa	31
1.7.3 Esitetään ratkaisuehdotukset.....	32
1.7.4 Laaditaan aikataulut valituille toimenpiteille.....	32
1.7.5 Seuranta ja vastuuhenkilöiden valinta	32
1.7.6 Projektin käynnistäminen	32
2 MELUNTORJUNTAOHJELMAN LAATIMINEN SORSAKOSKEN ASTIATEHTAALLE	34
2.1 Tausta-aineiston kokoaminen	34
2.2 Lisämittaukset ja mittaustulosten analysointi	34
2.3 Meluntorjuntaehdotukset havaintojen perusteella	35
2.3.1 Akustiikkaseinät.....	35
2.3.2 Kotelointi	36
2.3.4 Puhallussuuttimet.....	37
3 KÄYTTÖÖNOTTOSUUNNITELMA	38

3.1 Muutosten jälkeiset tarkistusmittaukset	38
3.2 Ylläpito jatkossa.....	38
LIITE 1: MELUMITTAUSTULOKSET 30.9 KOKOONPANO JA PAKKAUS	39
LIITE 2: MELUMITTAUSTULOKSET 30.9 PESU, HIEKKAUS JA HUUHTELU	40
LIITE 3: MELUMITTAUSTULOKSET 30.9 PAINOSORVAUS JA VANHA PINNOITELINJA	40
LIITE 4: MELUMITTAUSTULOKSET 30.9 KANSILINJA JA KIILLOTUSKONE	42
LIITE 5: MELUMITTAUSTULOKSET 30.9 VETOKONEEN YMPÄRISTÖ JA STAM	43
LIITE 6: MELUMITTAUSTULOKSET 30.9 RUNKOLINJA JA POHJANPURISTUSKONE	44
LIITE 7: ASTIATEHTAAN MELUALUEET POHJAKUVAAN MERKITTYNÄ	45

1 MELUNTORJUNTAOHJELMA

1.1 Perusteet

Melu määritellään häiritseväksi tai kuulolle haitalliseksi ääneksi. Tyypillisesti kuulolle haitallista melua esiintyy tuotannossa, jossa tarvitaan suuria energiamääriä joko tuotteiden valmistuksessa tai niiden kuljetuksessa. Metall- ja rakennusteollisuus ovat pääasiallisia lähteitä erityisen haitalliselle impulssimelulle. Melulle on olemassa ennaltamääräytyjä raja-arvoja, joiden perusteella sen aiheuttamia haittoja voidaan helposti arvioida. 80 dB(A) ylittävä ääni tai melu luokitellaan mahdollisesti kuulolle haitalliseksi. Meluntorjuntatoimenpiteitä vaativa ylempi toiminta-arvo on 85 dB(A). Päivittäinen raja meluallistukselle on 87 dB(A). Koska tiedetään, että melu on aiheuttanut kuulovaurioita sekä osaltaan vaikuttanut työpaikoilla tapahtuneisiin työtapaturmiin, on työturvallisuuslaissa (738/2002) sekä asetuksissa (85/2006 ja 831/2005) määritelty työnantajan velvollisuuksia haittojen torjumiseksi. (Työsuojelu 2015)

Melumittauksessa käytetään yleisesti A-painotusta koska se vastaa parhaiten ihmiskorvan aistimaa melutasoa. Kuitenkin työtä varten tehdyissä melumittauksissa kokeilin myös testausmielessä C-painotusta, joka tarkoittaa käytännössä taajuusalueella painottamatonta äänitasoa, nähdäkseni minkälaisia muutoksia tuloksissa siitä aiheutuu. Ihminen aistii parhaiten noin 3 kHz - 4 kHz taajuudelle asettuvat äänet.

1.2 Määritelmä

Meluntorjuntaohjelmalla tarkoitetaan yksinkertaista suunnitelmaa, jolla pyritään saamaan toimintaympäristön melutaso alle 85 dB(A) tason. Meluntorjuntaohjelmassa todetaan mitä tehdään, kuka on vastuussa muutosten toteuttamisesta ja kenelle raportoidaan. Meluntorjuntaohjelmaa kehitetään ja jatketaan siihen asti, kunnes melu saadaan ylemmän toiminta-arvon alapuolelle.

1.3 Tarpeen havaitseminen

Tarve meluntorjuntaohjelman tekemiseksi lähtee yleensä siitä, että työpaikalla havaitaan esimerkiksi työpaikkaselvityksen kautta liian korkeita melutasoja. Jos työpaikalla saadaan mittaamalla raja-arvot ylittäviä meluarvoja, niin seuraava vaihe on selvittää syyt näille tuloksille. Tyypillisiä melunlähteitä teollisuudessa ovat koneet ja eri työvaiheet. Jos jo ennakkoon tiedetään, että mikä on melun pääasiallinen syy, mietitään ratkaisuehdotuksia, eli millä tavoin melua voidaan eristää alueella. Jos taas syy ei ole tiedossa, selvitetään mikä on melun syntymekanismi. Korjaustoimenpiteistä päätettäessä otetaan huomioon paljonko tehdyt ratkaisut todennäköisesti tulevat alentamaan alueen melua, sekä ovatko ne työmäärään nähden kannattavia. Kun päätökset meluongelman ratkaisemiseksi on tehty, laaditaan suunnitelmat, miten ja missä aikataulussa töitä viedään eteenpäin ja kuka on vastaava henkilö. Muutosten jälkeen on tärkeää tehdä tarkistusmittauksia, jotta tiedetään, saatiinko haluttuja tuloksia aikaiseksi. (Työsuojelu 2015)

1.4 Melun raja-arvot

Työnantajalle on määritelty valtioneuvoston asetuksen 85/2006 meludirektiivin (2003/10/EY) mukaisesti selvillä olovelvoite, jolloin työnantajan on tiedettävä miten paljon työntekijät altistuvat melulle sekä melun syntymekanismit. Alla olevassa taulukossa valtioneuvoston asetuksen 85/2006 mukaiset melun raja-arvot kahdeksan tunnin altistuksena dB(A), sekä impulssimeluna dB(C).

Taulukko 7. Valtioneuvoston asetuksen mukaiset melun raja-arvot kahdeksan tunnin altistuksena sekä impulssimeluna.

	L _{Aeq8h}	L _{Cpeak,max}	Huom.
Alempi toiminta-arvo	80 dB(A)	135 dB(C)	(kuulosuojainten päältä)
Ylempi toiminta-arvo	85 dB(A)	137 dB(C)	(kuulosuojainten päältä)
Raja-arvo	87 dB(A)	140 dB(C)	(kuulosuojaimen sisällä)

1.4.1 Alempi toiminta-arvo

Työntekijä altistuu kuulovauriolle, jos A-painotettu melutaso ylittää 80 desibelin rajan. Työnantajalla on velvollisuus toimittaa työntekijälle kuulosuojaimet, jos työntekijä altistuu päivittäin suuremmalle kuin alemman toiminta-arvon mukaiselle melulle. Lisäksi jos melumittukset ja arvioinnit osoittavat riskejä on työntekijällä oikeus käydä audiometrisessä kuulotestissä. (Työsuojelu 2015)

1.4.2 Ylempi toiminta-arvo

Jos ylemmät toiminta-arvot ylittyvät on työntekijän käytettävä kuulosuojaimia. Ylemmän toiminta-arvon ylitys oikeuttaa työntekijälle mahdollisuuden säännölliseen kuulontarkastukseen. Tällä tasolla työnantajalla on velvollisuus meluntorjuntaohjelman laatimiseen, ja sen toteuttamiseen jolloin tavoitteena on päästä alle määritetyn toiminta-arvon. (Työsuojelu 2015)

1.4.3 Raja-arvo ja sen ylittäminen

Melun ylittäessä raja-arvon on työnantajan ryhdyttävä heti sellaisiin toimenpiteisiin, jolla meluallistus saadaan raja-arvon alittavalle tasolle. Syyt ylitykselle on selvitettävä sekä ryhdyttävä tarvittaviin toimenpiteisiin, jotta ylityksiä ei tapahdu. (Työsuojelu 2015)

1.5 Melun haittavaikutukset

Melusta aiheutuvat haitat kuormittavat kansantaloutta miljardien eurojen edestä. Vuosittain Suomessa todetaan 1000 melusta aiheutuvaa ammattitautitapausta. Ihmiselle melusta aiheutuvat haitat jaetaan kahteen luokkaan, kuulovaikutuksiin ja kuulon ulkopuolisiin vaikutuksiin. Kuulovauriota pidetään ainoana varmana melusta aiheutuvana terveysvaikutuksena, tämän lisäksi on kuitenkin olemassa havaintoja sekä tutkimuksia jotka tukevat käsitystä siitä, että melulla on myös muita terveyttä heikentäviä vaikutuksia. Kuulovaurion lisäksi muut fyysiset ja psyykkiset haitat ovat mahdollisia. Melusta johtuvia fysiologisia reaktioita ovat esimerkiksi unihäiriöt, lihasjännitykset ja pulssin kohoaminen, joka osaltaan liittyy korkeampiin stressitasoihin. (Starck, Teräsvirta)

1.5.1 Lisääntynyt tapaturmavaara

Melu voi heikentää havainnointikykyä peittämällä muita ääniä, tämä lisää riskiä tapaturmien syntymiselle. Yllättävästä melupiikistä johtuva säikähdys voi johtaa herpaantumiseen ja onnettomuuteen. Kommunikointi voi myös olla vaikeampaa meluisassa tilassa, tämä muodostaa turvallisuusriskin, sillä hätätilanteessa ohjeet ja neuvot saattavat jäädä kuulematta. Riskitilanne voi syntyä esimerkiksi, kun henkilöä lähestyy ajoneuvo joka jää melun takia havaitsematta. (Starck, Teräsvirta)

1.5.2 Unen ja levon häiriintyminen

Unen laatu heikkenee noin 40 dB:n liikennemelusta, 50-60 dB:n tasossa unen aikainen heräily lisääntyy. Myös heikommatkin äänet saattavat aiheuttaa unesta heräämisen, jos ääni on yllättävä. Jo 40 dB:n ylittävä ääni saattaa aiheuttaa psykofysiologisia reaktioita, kuten sykkeen muutoksia tai motorisia reaktioita. (Starck, Teräsvirta)

1.5.3 Työtehon heikentyminen

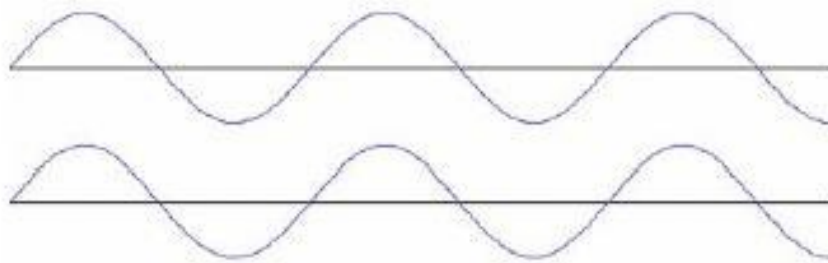
Melulla on työtehoa alentava vaikutus, vaikka se ei vaikuttaisikaan suoraan kuuloon. Työympäristön viihtyisyyden sekä työntekijöiden työkyvyn kannalta hiljaisemmankin melun alentamisella on positiivisia vaikutuksia. Teollisuudessa työntekijät työskentelevät kovemmassa melussa kuin toimistotyön- tekijät ja siltä osataan myös suojautua. Silti vaikeasti ennakoitavaan impulssimeluun reagoidaan vahvasti, sillä kun äänenlähde tulee jostakin yllättävästä suunnasta itsestä riippumattomasti, ihmisen on silloin vaikea tottua siihen ja nämä yllättävät äänet aiheuttavat stressiä. (Starck, Teräsvirta)

1.6 Eri meluntorjuntakeinot

1.6.1 Ääniaaltojen vaimennus vastameluperiaatteella

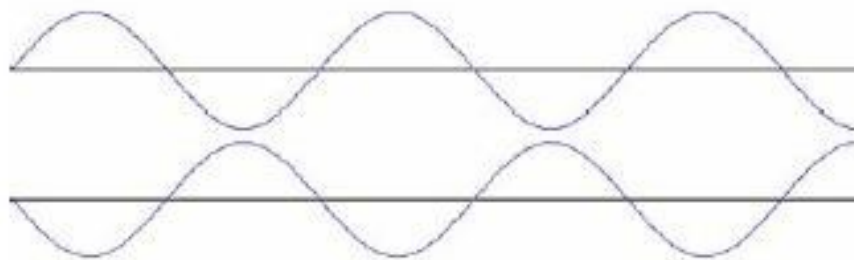
Ääniaalto värähtelee uudelleen toistuvissa jaksoissa. Kokonainen jakso voidaan jakaa erikseen aste-luvuilla ilmaistaviksi vaiheiksi, yhden kokonaisen jakson ollessa 360 astetta. Ääntä voidaan vaimentaa käyttämällä ns. interferenssiin perustuvaa menettelyä jolloin kaksi ääniaalltoa joko vahvistavat (kuvio 1) tai vaimentavat toisiaan. (Otavan opisto, äänitekniikan perusteet 2014.)

Vastamelulla voidaan parhaiten vaimentaa tasaista yhtäjaksoisesti jatkuvaa ääntä, kun taas esimerkiksi teollisuuslaitoksissa on usein monia eri melunlähteitä sekä myös yllättäviä impulssiääniä kuten kuviossa 3 voi nähdä. Tällöin muut melunvaimennuskeinot ovat yleensä parempia. (Otavan opisto, äänitekniikan perusteet 2014.)

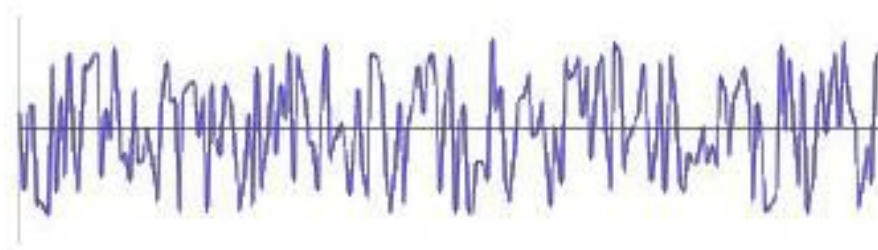


Kuvio 1. Ääniaallot ovat samassa vaiheessa jolloin ääni vahvistuu + 6 db.
(Otavan opisto, äänitekniikan perusteet 2014.)

Kuviossa 2 näkyy miten ääniaallot ovat täysin vastakkaisissa vaiheissa vaimentaen äänen täysin.



Kuvio 8. Vastameluun perustuva vaimennus kahden ääniaallon ollessa vastakkaisissa vaiheissa. (Otavan opisto, äänitekniikan perusteet 2014.)



Kuvio 9. Useiden erilaisista lähteistä olevien ääniaaltojen monimutkainen summa.

1.6.2 Meluseinäkkeet

Meluseinäkkeillä rajataan melun etenemistä yksittäisistä melulähteistä sekä suojataan muita työpisteitä. Seinäkkeen taakse jäävällä alueella melun voimakkuus voi olla 10 dB(A) pienempi verrattuna tilanteeseen jossa seinäkettä ei ole. Meluseinäkkeen toiminta perustuu siihen, että melun suora kulku katkeaa akustoivalla materiaalilla verhoiltuun levyyn. Jotta melun kulku saadaan katkaistua, seinäkkeen tulee ulottua huomattavasti melulähdettä korkeammalle yli puolen välin tilan kokonaiskorkeuteen nähden. Seinäkkeen vaikutusta voidaan tehostaa läheisten seinien ja katon akustoinnilla. (Työsuojelu 2015)

1.6.3 Melun etenemisen estäminen koteloinnilla

Kotelointi on yksi varsin tehokas tapa rajoittaa melun etenemistä. Kotelon tehokkuuteen vaikuttaa kotelon paino, rakenne ja sen seinämateriaali sekä äänilähde mitä kotelolla pyritään eristämään. Kotelon seinän resonanssit vaikuttavat äänieristykseen eniten silloin, kun melu on matalataajuuksista. Kun melun taajuus kasvaa samalla kasvaa myös seinän eristävyys massan vaikutuksesta. Lopulta korkeilla taajuuksilla seinän äänieristävyys heikkenee seinän ääniaallon nopeuden ja taivutusaallon nopeuden ollessa samoja. Kaksinkertaistamalla kotelon seinä saadaan aikaan parempi eristävyys kuin panostamalla seinän massa. Kuitenkin matalilla taajuuksilla seinät resonoivat. (Työsuojelu 2015)

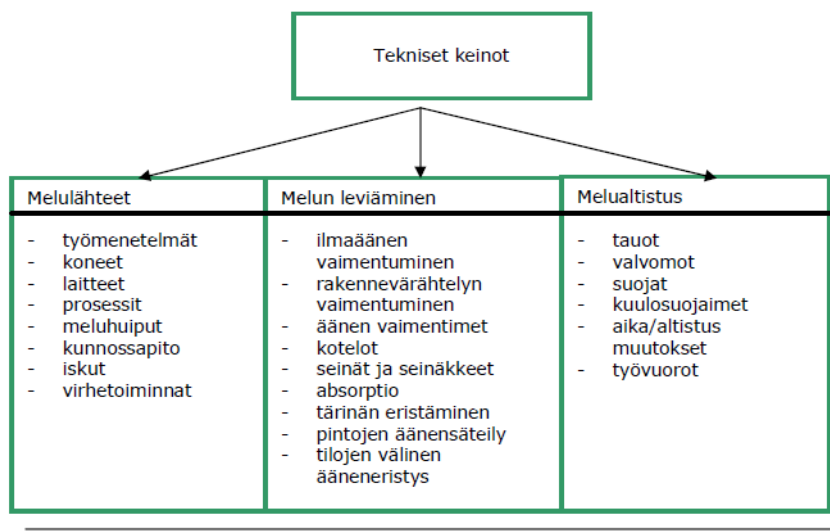
Kotelon aukkojen suuruudella on vaikutusta sen äänieristävyteen. Mahdollisimman pienillä kotelon aukkojen pinta-aloilla saadaan aikaan tehokas vaimennus, esim. jos kotelon kokonaispinta-alasta aukkoja on yhden prosentin verran, saadaan aikaan 20 dB vaimennus, jos seinämateriaalien vaimennus on 30 dB. Jos taas aukkojen pinta-ala on 10 % vaimennus on enää 10 dB. (Työsuojelu 2015)

1.7 Meluntorjuntaohjelman laatiminen

1.7.1 Selvitetään syyt raja-arvojen ylityksille

Ensiksi selvitetään syy raja-arvot ylittävälle melunlähteelle. Yleensä melua syntyy eri työvaiheiden yhteydessä ja onkin hyvä selvittää, että onko kyseinen työvaihe tarpeellinen tai minkälaisia työ- ja valmistusmenetelmiä siinä käytetään. Seuraavaksi otetaan selvää melun syntymekanismista, kuten kuviossa 1 on havainnollistettu. Värähtelyn aiheuttava tekijä eli heräte tunnistetaan ja paikannetaan. Äänen siirtotiet herätteeltä säteilypinnalle ja säteilypinnalta työntekijälle tunnistetaan. Tuntemalla työkonene toimintaperiaatteen tai eri työvaiheet päästään yleensä eteenpäin ongelman ratkaisemisessa, joskus kuitenkin tarvitaan asiantuntijan apua. (Työsuojelu 2015)

Sorsakosken astiatehtaalla pohjanpuristuksesta syntyvä iskumelu aiheuttaa kohteessa suurimmat melulukemat ja työssä keskitytäänkin tällä alueella syntyvän melun vähentämiseen. Muita melunlähteitä ovat esimerkiksi hiekkapuhalluksessa syntyvät puhallusäänet, sorvaus ja ilmastointi. Hallimaisessa rakennuksessa äänen kaikupinta-ala on paljon ja äänet leviävätkin herkästi eri pintojen kautta lähiympäristöön sekä myös pitempiä matkoja hallin toisesta päästä toiseen. (Työsuojelu 2015)



Kuvio 3. Melun tarkastelu sen synnyn, leviämisen ja altistujan suhteen

1.7.2 Suunnitelmat melualtistuksen alentamiseksi kohteessa

Pyritään siihen, että melua syntyisi mahdollisimman vähän. Vaatimustaso on riippuvainen siitä, millaista tekniikkaa on saatavilla tai esimerkiksi minkälaisia meluntorjuntamahdollisuuksia suoraan melunlähteeseen on olemassa.

Sorsakosken astiatehtaalla merkittävin melunlähde on pohjanpuristuskoneesta syntyvä melu, joka leviää myös lähiympäristöön muille työpisteille kuten välipesukoneelle. Yksi ratkaisumalli on esimerkiksi pohjanpuristuskoneen eristäminen koteloimalla se omaksi työpisteekseen jolloin siinä työskentelevällä henkilöllä täytyisi olla käytössä kuulonsuojaimet. Tällöin melualtistus rajattaisiin tälle alueelle samalla vähentäen melun leviämistä ympäröiville työpisteille. Koteloinnista voi aiheutua lämpö- tilojen nousua jolla on haitallisia vaikutuksia koneiden sähköosien käyttöikään ja toimivuuteen, näihin on kuitenkin olemassa tehokkaita jäähdytysratkaisuja. Melun leviämistä voidaan rajoittaa myös asentamalla seinä- ja kattopinnoille melua vaimentavia absorptiomateriaaleja kuten mineraalivillaa.

Tehdashallin katon ollessa varsin korkealla yli 10 metrin korkeudessa, harkinnassa voisi olla myös kaikkialueen pienentäminen välikattoratkaisulla, jolloin tehtaan katto tuotaisiin keinotekoisesti alemmaksi. Meluseinäke voi olla myös tehokas keino melun ja kaiun rajaamiseen. Seinäke voitaisiin sijoittaa esimerkiksi pohjanpuristuskoneen jälkeiselle kapeammalla käytävälle, jolloin paistoastoiden valmistuksen alkuvaiheessa syntyvää melua rajattaisiin seuraavista vaiheista.

Sopivia yrityksiä ratkaisujen tekemiseen voisivat olla esimerkiksi, Savon Eristystekniikka joka tarjoaa erilaisia kylmä-, lämpö-, ääni-, palo- ja LVI-eristyksiä teollisuuslaitoksille. Pintojen akustointiin liittyen mahdollisia palveluntarjoajia voisivat olla ainakin Lumir Oy. Toinen yritys jolla on myös referenssejä teollisuuslaitosten kattoratkaisuista ja akustoinnista, on Sisustus-Nummi Oy, tosin en saanut ihan varmuutta tekevätkö Kuopioon asti asennuksia. Noisetek Oy tarjoaa myös koneiden eristykseen ja muuhun akustointiin liittyviä palveluita.

1.7.3 Esitetään ratkaisuehdotukset

Ratkaisuehdotuksia arvioidaan niiden toteuttamishelpouden perusteella, sekä miten paljon melutaso mahdollisesti alenee. Ratkaisujen taloudelliset rasitteet ovat yksi valintaperuste, kuitenkin on hyvä pitää mielessä kustannuksien suhdetta mahdollisesti saatavissa olevaan hyötyyn. Lisäksi otetaan huomioon, miten ratkaisut vaikuttavat työntekijöihin ja työturvallisuuteen muista kuin meluun liittyvistä näkökulmista.

1.7.4 Laaditaan aikataulut valituille toimenpiteille

Ratkaisuja tehdään meluongelmien vaarallisuuden mukaan, eli kohteet tai alueet joissa kuulo altistuu kaikista pahiten melulle niin voimakkuuden, melutason ja keston perusteella sekä altistuneiden lukumäärän mukaan ovat ensimmäisinä toimenpidelistalla. Melutorjuntaohjelmassa kerrotaan missä järjestyksessä, ja aikataulussa meluongelmia pyritään korjaamaan.

1.7.5 Seuranta ja vastuuhenkilöiden valinta

Meluntorjuntaohjelmassa tulee ilmi vastuuhenkilö ohjelman läpiviennistä, sekä miten ohjelman jakoseuranta tapahtuu. Jos työpaikalla on kohteita joita ei pystytä meluntorjuntaohjelman laatimishetkellä ratkaisemaan, sovitaan, että milloin tilannetta tarkastellaan uudelleen.

1.7.6 Projektin käynnistäminen

Laaditun meluntorjuntaohjelman perusteella tehtaalla käynnistetään erillinen projekti, jolloin valitaan sopivat vaihtoehdot meluongelmien ratkaisemiseksi. Projekti on tarkoitus käynnistää helmikuussa jolloin huhti- tai toukokuuhun mennessä olisi tiedossa valitut meluntorjuntakeinot sekä palvelujen tarjoajat. Tärkeää on asennustöiden valmistuminen ennen syksyä, jolloin tehtaalla on kaikista kiireisintä.

2 MELUNTORJUNTAOHJELMAN LAATIMINEN SORSAKOSKEN ASTIATEHTAALLE

2.1 Tausta-aineiston kokoaminen

Meluntorjuntaohjelmaa varten materiaalia on koottu muun muassa työterveyslaitoksen nettisivuilta, josta löytyy valmiit mallit meluntorjuntaohjelmaa varten. TTL:n vuonna 2013 tekemää työpaikkaselvitysraporttia on myös käytetty lähteenä. Tehtaalle oli tehty aikaisemmin melumittauksia työterveyslaitoksen toimesta, päätimme kuitenkin tehdä mittaukset vielä uusiksi, jotta saatavilla olisi varmasti ajan tasalla olevaa ja mahdollisimman paikkansa pitävää mittaustietoa. Mittaustulokset esitetään liitteissä 1 – 6.

2.2 Lisämittaukset ja mittaustulosten analysointi

Melumittaukset tehtiin 30.9.2016 teknisen kehityspäällikkö Markku Husson ohjauksessa tehtaalla niissä kohdissa, joissa tiedettiin ennalta löytyvän suuria melumääriä. Melumittarina käytössä oli TES-1352S Sound Level Meter, jolla pystytään mittaamaan sekä A-, että C-painotettua äänentasausta. Melumittauksissa käytettiin kuitenkin pääasiassa A-painotusta, jota käytetään, kun halutaan mitata pitkäkestoista meluallistusta. Suositusten mukaisesti vähimmäisaika mitattaessa olisi noin 15 minuuttia, mutta aikataulullisista syistä mittaamiseen käytettiin noin 5 minuuttia yhtä aluetta kohden. Tällä asialla ei kuitenkaan ole oleellisesti merkitystä, sillä rajat-arvot ylittävät melulukemat toistuvat kohteissa varsin useasti lyhyen ajan sisällä.

Mittauskohteet jaettiin karkeasti neljään eri alueeseen:

- runkolinja
- pakkaamo
- vanha pinnoitelinja
- uusi pinnoitelinja.

Runkolinja tiedettiin ennakkoon kaikista ongelmallisimmaksi kohteeksi, sillä tähän vaiheeseen kuuluva pohjanpuristus on yksittäisistä vaiheista kaikista meluisin. Mittaamalla korkein melulukema oli 106 dB, lukema ylittää meluntorjuntaohjelman laatimista vaadittavat raja-arvot (87 dB). Pohjanpuristuksen jälkeen kansilinjalla kiillotuskoneen lähistössä mitatut meluarvot olivat 90 dB luokkaa.

2.3 Meluntorjuntaehdotukset havaintojen perusteella

2.3.1 Akustiikkaseinät

Pohjanpuristuksesta syntyvä iskumelu kantautuu myös käytäville, sekä kansilinjän kiillotuskoneelle saakka. Melun kantautumista olisi mahdollista eristää akustiikkaseinillä, esimerkkikohteessa koneistuksesta syntyvää melua saatiin eristettyä niin, että äänenvaimennus oli 10 dB. (Hongisto, melun- torjunta 2015, 40.) Akustiikkaseinää voidaan käyttää käytävällä tietyn alueen melun eristämiseksi toisesta alueesta, tai sitten eristämällä tietty työvaihe. Yksi vaihtoehto on palosuojatusta raskaasta komposiittimateriaalista valmistettu T-50 akustiikkaseinä (kuva 1). Valmistajan mukaan T-50 alentaa melua keskimäärin 25,2 dB. Akustiikkaseinä voi olla joko kiinteärakenteinen, tai tarpeen mukaan irrallinen seinäke kuten kuvassa 2. (Intolog, tuotekuvasto 2016, 108).



Kuva 1. Valtran voimansiirtotehtaalla akustiikkaseinillä eristetty työpiste. (Intolog, tuotekuvasto 2016, 108).



Kuva 2. Konecranesilla käytössä oleva irrallinen akustiikkaseinäke.
(Intolog, tuotekuvasto 2016, 108).

2.3.2 Kotelointi

Koneen kotelointi tai osittainen kotelointi on tehokas (taulukko 1) ja yleinen tapa, sillä on kuitenkin tiettyjä rajoituksia. Kotelointi saattaa aiheuttaa koneen kuumenemista, jos tarvittavaa jäähdytystä ei ole olemassa. Myös koneella työskentely tai sen huoltaminen saattavat hankaloitua. Koteloinnilla saadaan parhaat tulokset korkea- taajuisen melun vaimentamisessa, kun taas pienitaajuisen melu vaimenee heikommin. Tehokas kotelointi tarkoittaa sitä, että kotelo on tiivis, jäykkä, painava ja eristetty värinältä ja sen sisäpinta vuorattu absorptiomateriaalilla.

Taulukko 2. Meluntorjuntatoimenpiteiden keskimääräisiä tuloksia keskitasoista teollisuusmelua vastaan. (Työhygieniä)

toimenpide	melun vaimentaminen, db
tiivis kotelo	10-40
osittainen kotelo	3-15
valvomo	10-50
seinä	5-35
seinäke	3-20
katon absorptio	0-8
kuulonsuojaimet	10-30

2.3.3 Akustointilevyt

Kaikua vähennetään akustointilevyillä, joita asennetaan seinä- ja kattopinnoille. Suuret ja tasaiset pinnat heijastavat tehokkaasti ääniaaltoja, ja näin ollen ääniaaltoja absorboivat materiaalit ovat varsin tehokkaita kaiun pienentämisessä. Mineraalivilla on yleisimpiä akustointimateriaaleja, mineraalivilla kiinnitetään joko liimaamalla tai asentamalla asennuskiskojen varaan.

2.3.4 Puhallussuuttimet

Puhaltimista aiheutuu myös jonkin verran melua, näihin on olemassa tehokkaita puhallussuuttimia melua rajoittamaan kuten esimerkiksi Projectan EXAIR kuvassa 3. Suuttimissa on saatavilla eri kokovaihtoehtoja tarpeen mukaan.



Kuva 3. Projecta EXAIR puhallussuutin. (Projecta)

3 KÄYTTÖÖNOTTOSUUNNITELMA

Runko- ja kansilinjän ympäristö ovat tärkeimmät kohteet, kun meluntorjuntaohjelman mukaisia toimenpiteitä ryhdytään toteuttamaan. Yhdessä valittujen meluntorjuntaratkaisujen kanssa tehdään päätökset tavoitelluista melutasoista, joihin ratkaisuilla pyritään pääsemään. Meluntorjuntaohjelmaa voidaan säilyttää esimerkiksi tehtaan toimistotiloissa, kuitenkin viranomaisilla kuten työsuojeluvaltuutetuilla ja työsuojelutarkastajilla on oikeus saada ohjelma nähtäväkseen ja myös jäljennökset siitä, jos tarve vaatii. Alla on linkki PDF-muotoiseen seuranta-kaavioon, johon voidaan suoraan päivittää tehdyt toimenpiteet.



Seuranta-kaavio

3.1 Muutosten jälkeiset tarkistusmittaukset

Tehtyjen muutosten jälkeen suoritetaan tarkistusmittaukset, jolloin havaitaan, onko tehdyillä ratkaisuilla ollut ennakkoon oletetun kaltaisia vaikutuksia alueen meluarvoihin. Työn lopussa olevassa liitteessä on astiatehtaan pohjapiirustukseen hahmoteltu mahdollisia mittauspaiikkoja tarkistusmittauksia varten.

3.2 Ylläpito jatkossa

Tuotantolinjastoilla tehtyjen muutosten kuten robottien tai koneiden hankinnan jälkeen kannattaa myös tehdä uusintamittauksia, jotta meluntorjuntaohjelmasta vastaavat henkilöt tietävät aiheutuuko näistä mahdollisesti melutasojen kasvua.

LIITE 1: MELUMITTAUSTULOKSET 30.9 KOKOONPANO JA PAKKAUS

aika	dB ja painotus		mittausväli
08:29:05	66.5	A	30-130
08:29:20	68.3	A	30-130
08:29:35	74.0	A	30-130
08:29:50	67.2	A	30-130
08:30:05	66.8	A	30-130
08:30:20	65.7	A	30-130
08:30:35	70.4	A	30-130
08:30:50	69.9	A	30-130
08:31:05	68.8	A	30-130
08:31:20	69.7	A	30-130
08:33:52	71.1	A	30-130
08:34:07	76.6	A	30-130
08:34:22	71.1	A	30-130
08:34:37	71.8	A	30-130
08:34:52	75.6	A	30-130
08:35:07	75.0	A	30-130
08:37:25	64.1	A	30-130
08:37:40	62.3	A	30-130
08:37:55	69.4	A	30-130
08:38:10	68.0	A	30-130
08:38:25	68.8	A	30-130
08:38:40	62.0	A	30-130

LIITE 2: MELUMITTAUSTULOKSET 30.9 PESU, HIEKKAUS JA HUUHTELU

aika	dB ja painotus	mittausväli
09:06:14	76.9 A	30-130
09:06:29	76.7 A	30-130
09:06:44	78.2 A	30-130
09:06:59	76.4 A	30-130
09:07:14	77.0 A	30-130
09:07:29	77.6 A	30-130
09:07:44	76.9 A	30-130
09:17:05	84.0 A	30-130
09:17:20	85.6 A	30-130
09:17:35	85.3 A	30-130
09:17:50	83.5 A	30-130
09:18:05	83.6 A	30-130
09:18:20	83.2 A	30-130
09:21:43	82.8 A	30-130
09:21:58	82.9 A	30-130
09:22:13	82.1 A	30-130
09:22:28	83.9 A	30-130
09:22:43	84.5 A	30-130
09:22:58	82.5 A	30-130
09:23:13	82.7 A	30-130
09:23:28	82.0 A	30-130

LIITE 3: MELUMITTAUSTULOKSET 30.9 PAINOSORVAUS JA VANHA PINNOITELINJA

aika	dB ja painotus	mittausväli
09:41:45	82.0 A	30-130
09:42:00	81.7 A	30-130
09:42:15	81.0 A	30-130
09:42:30	82.3 A	30-130
09:42:45	82.3 A	30-130
09:45:18	78.8 A	30-130
09:45:33	82.7 A	30-130
09:45:48	82.3 A	30-130
09:46:03	82.5 A	30-130
09:46:18	85.6 A	30-130
09:46:33	83.9 A	30-130
09:47:16	75.2 A	30-130
09:47:31	75.8 A	30-130
09:47:46	75.3 A	30-130
09:48:16	79.7 A	30-130
09:48:31	82.7 A	30-130
09:48:46	76.1 A	30-130

LIITE 4: MELUMITTAUSTULOKSET 30.9 KANSILINJA JA KIILLOTUSKONE

Huomattavan korkeat 90-98 desibelin mittauslukemat aiheutuivat pohjanpuristuskoneen iskumelusta, jonka vaikutus on alueella varsin laaja-alaista. Tämäkin puoltaa omalta osaltaan aiemmin ohjelmassa mainittua kotelointia jolloin työvaiheesta syntyvän melun leviäminen saataisiin eristettyä varsin tehokkaasti.

aika	dB ja painotus	mittausväli
09:51:17	75.7 A	30-130
09:51:32	78.1 A	30-130
09:51:47	77.4 A	30-130
09:52:02	76.8 A	30-130
09:52:17	76.7 A	30-130
09:52:32	77.7 A	30-130
09:52:47	83.2 A	30-130
09:54:52	79.4 A	30-130
09:55:07	90.4 A	30-130
09:55:22	95.7 A	30-130
09:55:37	97.9 A	30-130

LIITE 5: MELUMITTAUSTULOKSET 30.9 VETOKONEEN YMPÄRISTÖ JA STAM

Korkeimmat mitatut 92 desibelin lukemat näkyvät piikkinä vetokoneen läheisyydessä pohjanpuristus-koneesta kantautuvan iskumelun vuoksi.

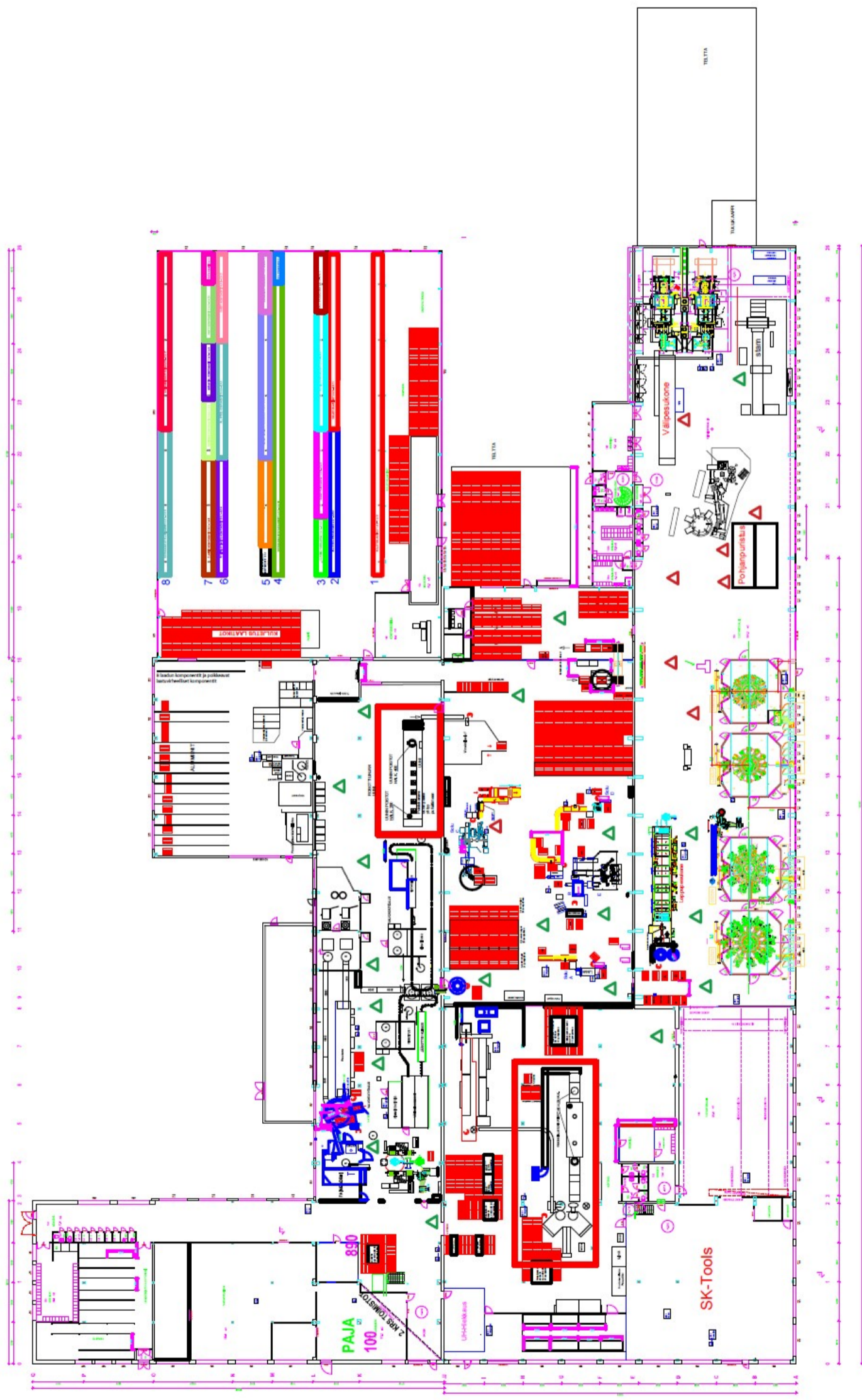
aika	dB ja painotus	mittausväli
10:14:32	80.8 A	30-130
10:14:47	79.5 A	30-130
10:15:02	80.2 A	30-130
10:15:17	80.3 A	30-130
10:15:32	82.7 A	30-130
10:15:47	86.8 A	30-130
10:16:02	92.0 A	30-130
10:20:37	84.3 A	30-130
10:20:52	77.0 A	30-130
10:21:07	78.0 A	30-130
10:21:22	78.8 A	30-130
10:21:37	79.3 A	30-130
10:21:52	77.8 A	30-130
10:22:07	77.8 A	30-130
10:22:22	78.0 A	30-130
10:22:37	78.7 A	30-130
10:22:52	78.8 A	30-130
10:23:07	78.2 A	30-130
10:23:22	81.0 A	30-130

LIITE 6: MELUMITTAUSTULOKSET 30.9 RUNKOLINJA JA POHJANPURISTUSKONE


Korkeimmat mitatut yli 100 desibelin meluarvot aiheutuivat pohjanpuristuksesta syntyvästä iskumelusta, joka leviää varsin tehokkaasti ympäristöönsä jopa kymmenien metrien säteellä. Mittaukset on suoritettu pääasiallisesti käyttämällä A-painotusta, mutta havainnollistamistarkoituksessa kokeilin myös C- eli taajuuspainottamatonta mittausta. Tällä tavoin mittaustuloksissa näkyi huippuarvoissa noin viisi desibeliä korkeampia lukemia.

aika	dB ja painotus	mittausväli
10:00:01	86.0 A	30-130
10:00:16	92.7 A	30-130
10:00:31	83.4 A	30-130
10:00:46	77.1 A	30-130
10:01:01	78.4 A	30-130
10:01:16	78.5 A	30-130
10:04:36	97.9 A	30-130
10:04:51	101.5 A	30-130
10:05:06	86.4 A	30-130
10:05:21	85.7 A	30-130
10:05:36	85.9 A	30-130
10:05:51	83.8 A	30-130
10:06:06	84.4 A	30-130
10:06:21	83.6 A	30-130
10:06:36	83.5 A	30-130
10:08:17	90.7 C	30-130
10:08:32	90.7 C	30-130
10:08:47	106.4 C	30-130
10:09:02	96.9 C	30-130

LIITE 7: ASTIATEHTAANMELLUALLUEET POHJAKUVANMERKITTYNÄ



SORSAKOSKEN ASTIATEHDAS

 85 > desibelin alueet

 87 < desibelin alueet

