

samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

INA LAINE

# Meluntorjuntaohjelma Luvian Sahalle

TUOTANTOTEKNIIKAN JA -TALOUDEN  
TUTKINTO-OHJELMA  
2023

## TIIVISTELMÄ

Laine, Ina: Meluntorjuntaohjelma Luvian Saha Oy:lle  
Opinnäytetyö, AMK  
Tuotantotekniikka ja -talous  
Lokakuu 2023  
Sivumäärä: 44

Tässä opinnäytetyössä luotiin meluntorjuntaohjelma työn tilaajayritykselle Luvian Sahalle. Yrityksellä oli tarve meluntorjuntaohjelmalle, koska Suomen laissa on määritelty työmelulle toiminta- ja raja-arvot, joiden ylittyessä tulee yrityksellä olla meluntorjuntaohjelma. Meluntorjuntaohjelma on osa työpaikan työsuojelua ja sillä pyritään suojelemaan työntekijöitä melusta aiheutuvilta terveysriskeiltä. Projekti toteutettiin vuoden 2023 kesällä.

Projekti lähti liikkeelle määrittelemällä yrityksen kaikki työpisteet ja kuinka kauan missäkin tullaan mittaamaan. Melumittaukset mitattiin yrityksen työterveyshuollosta vuokratulla meluannosmittarilla, jota työntekijät pitivät sovitun ajan mukanaan. Mittauksen jälkeen kirjattiin mittaustulokset ylös ja syötettiin ne Työsuojeluhallinnon melulaskimeen. Kun jokainen työpiste oli mitattu, tehtiin toiminta- ja raja-arvon ylittävillä työpisteillä lisämittauksia ja -tutkimuksia selvittääksemme melutasoa nostattavat asiat.

Mittaustuloksien ja lisätutkimuksista kerättyjen tietojen perusteella luotiin yritykselle meluntorjuntaohjelma. Lopullinen meluntorjuntaohjelma on 20-sivuisen asiakirja, johon on kirjattu työpisteiden mittaustulokset, erotettu toiminta- ja raja-arvot ylittävien työpisteiden tulokset ja niiden melunaiheuttajat sekä mitä toimenpiteitä tullaan tekemään, jotta melutasoa saadaan laskettua alle ylemmän toiminta-arvon.

Opinnäytetyössä käytettiin konstruktivistista tutkimusotetta, koska opinnäytetyössä pyrittiin löytämään ratkaisu, miten työpisteiden meluannoksia pystytään pienentämään. Lopullisessa meluntorjuntaohjelmassa on kirjattu ongelmaan erilaisia ratkaisuja, millä yritys lähtee ratkaisemaan meluongelmaa.

Avainsanat: melu, melumittaus, meluntorjunta, meluntorjuntaohjelma, työmelu, työturvallisuus

## Abstract

Laine, Ina: The noise control program for Luvian Saha  
Bachelor's thesis  
Technology and Industrial Management  
October 2023  
Number of pages: 44

In this thesis, a noise control program was created for the client company Luvian Saha. The company needed a noise control program because Finnish law defines operational and limit values for occupational noise. If these are exceeded, the company must have a noise control program. The noise control program is part of workplace safety and aims to protect workers from health risks caused by noise. The project was carried out in the summer of 2023.

The project began by defining all of the company's workstations and how long each will be measured. Noise measurements were taken with a noise dosimeter rented from the company's occupational health service, which the workers wore for the agreed period. After the measurement, the results were recorded and input into the Occupational Safety and Health Administration's noise calculator. Once each workstation had been measured, additional measurements and investigations were carried out at the workstations that exceeded the operational and limit values to identify the causes of increased noise levels.

Based on the measurement result and the information gathered from the additional studies, a noise control program was created for the company. The final noise control program is a 20-page document that records the measurement results of the workstations, separates the results of workstations that exceed the operational and limit values, identifies the causes of their noise, and states the measures to be taken to reduce the noise level below the higher operational value.

In the thesis, a constructive research approach was used because the aim was to find a solution on how to reduce the noise doses at the workstations. The final noise control program lists various solutions to the problem, which the company will use to address the noise issue.

Keywords: noise, noise measurement, noise control, noise control program, occupational noise, workplace noise, occupational safety, work safety

## ALKUSANAT

Haluan esittää erityiset kiitokset Luvian Sahalle mahdollisuudesta toteuttaa meluntorjuntaohjelma opinnäytetyönä heille. Suuret kiitokset myös Luvian Sahan henkilökunnalle avusta ja yhteistyöstä meluntorjuntaohjelman mittauksissa ja toteutuksessa.

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	6
2 METSÄTEOLLISUUS SUOMESSA & LUVIALLA .....	7
2.1 Luvian Saha Oy .....	7
2.1.1 Luvian Saha Oy:n tuotanto .....	9
3 ÄÄNI & SEN OMINAISUUDET .....	13
3.1 Äänenpaine .....	14
3.2 Äänen intensiteetti .....	15
3.3 Doppler-ilmiö .....	15
3.4 Äänen vaimentaminen .....	16
4 MELU .....	17
4.1 Työmelu .....	18
5 LAINSÄÄDÄNTÖ .....	21
5.1 Työturvallisuuslaki .....	21
5.2 Työterveyshuoltolaki .....	21
5.3 Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuvilta vaaroilta .....	21
6 MELUNTORJUNTAOHJELMA .....	23
7 MELUANNOSTEN TUTKIMUSMENETELMÄT .....	24
7.1 Mittausten aloitus .....	25
7.2 Meluannosmittari Larson Davis 706RC Serial 184 .....	26
7.3 Mittauslaitteen toiminta .....	26
7.4 Mittauslaitteen keräämät tiedot .....	28
8 TULOKSET .....	29
8.1 Jatkotutkimukset .....	30
8.2 Mittaustulosten epätarkkuudet .....	32
9 TOIMENPITEET JA PARANNUKSET .....	32
9.1 Koko alueen parannukset .....	33
9.2 Meluntorjunta tuotantotiloissa .....	34
10 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	38
LÄHTEET .....	40

## 1 JOHDANTO

Melu on yksi merkittävimmistä ammattitautien aiheuttajista 2010-luvulla. Kuitenkin viime vuosina on huomattavasti sen aiheuttamat kirjatut ammattitaudit vähentyneet. Erityisesti länsimaissa voimakkaalle melulle altistuvien määrä on laskenut (Karvala ym., 2019 s.100). Tämän opinnäytetyön aiheena on meluntorjuntaohjelman luominen sen tilaajayritykselle Luvian Saha Oy:lle. Opinnäytetyössä kartoitetaan ja mitataan yrityksen työpisteiden päivittäiset meluannokset ja selvitetään, mistä melu on peräisin. Näiden mittausten ja selvitysten pohjalta luodaan meluntorjuntaohjelma.

Meluntorjuntaohjelman luominen pohjautuu Suomen lainsäädännön työturvallisuuslakiin (738/2002) nojautuvaan ”Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuville vaaroille”-asetukseen. Asetuksen mukaan työnantajan tulee riskin arvioiden luoda ja toimeenpanna meluntorjuntaohjelma, jos jonkin työpisteen meluannos ylittää asetuksessa määritellyt toiminta-arvot.

Meluntorjuntaohjelman tavoitteena on vähentää työpaikan päivittäistä meluannosta niin, että sen toiminta-arvo on vähemmän mitä laissa määritetty ylempi arvo on. Meluntorjuntaohjelmassa on myös kehotuksia, miten työpisteiden meluannosta pystyttäisiin vähentämään. Yrityksen meluntorjuntaohjelmaan rajautuu sen omat työpisteet, eikä siihen kuulu sen ulkopuolelle kuuluva melu. Opinnäytetyö on tehty lopputyönä Satakunnan ammattikorkeakoulun tuotantotekniikan ja -talouden koulutusohjelmaan. Tutkimusongelmana ovat melu, melu-altistus ja sen vähentäminen. Itse ongelmaan lähestymistapa on tutkimus- ja kehittämistoiminta, koska meluntorjuntaohjelma on työpaikan kehittämistyötä. Opinnäytetyön tutkimusotteena on käytetty konstruktivistista tutkimusotetta.

## 2 METSÄTEOLLISUUS SUOMESSA & LUVIALLA

Suomessa on aloitettu jo 1800-luvun lopulla metsävarojen teollinen jalostaminen sekä paperituotteiksi että sahatavaraksi. Metsäteollisuus on Suomen yksi tärkeimmistä tavaravienneistä: vuonna 2022 sen arvo oli 15 miljardia euroa, josta sahatavaran osuus oli 18 %. Maailmankuvassa Suomi tukeutuu eniten metsäsektoriin ja on riippuvainen metsistään. Nykyään puuta pystytään hyödyntämään myös esimerkiksi lääkkeissä, muoveissa ja biopolttoaineiden valmistuksessa. Kuvassa 1 on Metsäteollisuus ry:n julkaisema tilasto metsäteollisuuden tuotantomääristä vuodelta 2022. Tilastossa näkee, että sahatavaran tuotantomäärä on korkein muista metsäteollisuuden tuotteista, mutta sen tuotantomäärä on vuosien 2021 ja 2022 välillä laskenut -5,9 %. (Maa- ja metsätalousministeriö, n.d., kohta 'Metsäteollisuus Suomessa'.)

### Metsäteollisuuden tuotantomäärät

	2022	2021	Muutos-%	
<b>Sahatavara*</b> (milj. m <sup>3</sup> ) 	11,2	11,9	- 5,9 %	↓
<b>Vaneri*</b> (milj. m <sup>3</sup> ) 	1,1	1,1	- 2,0 %	↓
<b>Sellu</b> (milj. tonnia) 	7,0	8,3	- 15,3 %	↓
<b>Paperi</b> (milj. tonnia) 	3,1	4,4	- 31,2 %	↓
<b>Kartonki</b> (milj. tonnia) 	4,2	4,2	- 1,6 %	↓

\*Kokonaistuotantomäärät arvioitu

Kuva 1. Metsäteollisuus ry:n tilasto metsäteollisuuden tuotantomääristä vuosilta 2021 ja 2022 (Metsäteollisuus ry, 2022)

### 2.1 Luvian Saha Oy

Satakunnassa valtatie 8 varrella Luvian kohdalla sijaitseva Luvian Saha Oy (kuva 2) on vuodesta 1976 asti toiminut puualan yritys. Yrityksen perustajat Matti Huhtamaa ja Jukka Lehtonen ostivat Haulan sahan sen entiseltä

omistajalta Erkki Haulalta, joka oli itse aloittanut sahan toiminnan jo vuonna 1959. Yrityksen henkilöstöön kuuluu noin 120 työntekijää (Luvian Saha, n.d., kohta 'Meistä'). Luvian Saha toimi vuoteen 2022 asti perheyrietyksenä, jonka jälkeen huhtikuussa 2022 itävaltalainen HS Timber Group -konserni osti yrityksen itselleen.



Kuva 2. Luvian Saha Oy (Luvian Saha Oy, n.d.)

Itävaltalainen HS Timber Group osti 29.4.2022 Luvian Sahan tavoitteenaan kasvattaa ja laajentaa sahan toimintaa sekä tuotevalikoimaa. HS Timber Group on Euroopassa toimiva puunjalostusyriety, jonka tuotteita viedään yli 70 maahan. Päätoimiala yrityksellä on puutuoteteollisuus ja sivualanaan puukauppa sekä bioenergian tuottaminen. Luvian Saha Oy on pitäytynyt omassa Luvia Wood -brändinimessään yritysoston jälkeen. (Puttonen, 2022, n.d.)

HS Timber Group -konsernin pääkonttori sijaitsee Itävallassa Wienissä. Konserni omistaa myös viisi muuta tuotantolaitosta Romaniassa, Saksassa sekä Suomessa; Kaikissa edellä mainituista maissa sijaitsee konsernin sahalaitokset, lisäksi Romaniassa on pylväs- ja palkkituotanto sekä rimalevytehdas (HS Timber Group, n.d., kohta "Production sites"). Lisäksi konsernille on valmistu-massa saha Argentiinaan vuonna 2023 (HS Timber Group, 2021, kohta "Sawmill project in Argentina").



### 2.1.1 Luvian Saha Oy:n tuotanto

Luvian Sahan tuotteisiin kuuluu sahatavara ja höylätuotteita, puuvalmiita sekä eri tavoin pintakäsiteltyjä puutuotteita. Puutuotteiden raaka-aineina käytetään mäntyä ja kuusta, joiden laatu valitaan tarkasti. Vuodessa sahan raaka-aineina kuusta on noin 70 % ja mäntyä 30 %. Vuonna 2022 sahaustuotanto on ollut 315 000 m<sup>3</sup> ja jalostetuotanto sen sijaan noin 45 000 m<sup>3</sup>. Jalostetuotannossa puuvalmiita jalosteita on 50 % ja pintakäsiteltyjä jalosteita myös 50 %. (Luvian Saha, n.d., kohta 'Tuotteemme'.)



Kuva 3. Ilmakuva Luvian Sahasta (Ramboll Oy, 2023).

Kuvassa 3 on ilmakuva Luvian Sahasta, jonka toimitilat ovat kummallakin puolella valtatie 8. Valtatien oikealla puolella on tukkikenttä, saha, kuivaamo, tassaamo, höyläämö ja lähettämö. Toisella puolella valtatieta on pintakäsittelylinja, koneistamo ja pääkonttori.



Kuva 4. Luvian Sahan tukkikenttä (Laine, 2023).

Puutavaran tullessa sahalle raaka-aine kuljetetaan tukkilajitteluun, jossa tukit lajitellaan laadun, läpimitan, pituuden ja muodon mukaisesti omiin lokeroihinsa. Tässä vaiheessa myös huonot puut valikoidaan kuormasta pois. Tukkilajittelun lokeroista puut kuljetetaan pyöräkuormaajalla tukkikentälle luokansa mukaisiin varastoteloihin (kuva 4). Varastoteloista ne suunnitelman mukaan kuljetetaan valitun sahalinjan syöttöön, josta tukit siirtyvät koneellisesti kuljettimia pitkin kuorimoon. Kuorimossa tukeista poistetaan kuorikerros koneellisesti ja kuljettimet kuljettavat tukit tämän jälkeen sahalinjalle, jossa niistä sahataan saheita eli sahatavaraa. Sahauksen jälkeen sahatavarakappaleet kuljetetaan kuljettimilla dimensiolajitteluun. Dimensiolajittelussa saheet lajitellaan konenäöllä saamansa laadun sekä pituutensa ja mittojensa mukaan omiin



lokeroihinsa. Dimensiolajittelun jälkeen sahalinjan viimeisessä työpisteessä rimoittamossa muodostetaan kahdesta tai kolmesta lokerosta yksi kuivauskuorma.



Kuva 5. Sahalta valmistuneet kuivauskuormat (Laine, 2023).

Rimoittamosta valmistuneet kuivauskuormat (kuva 5) viedään kuivaamoon kuivattavaksi. Kuivaamossa kuivauskuormat kuivataan puhaltamalla lämmintä ilmaa sahatavaran lävitse. Kuvassa 6 on valmiita kuivattuja kuivauskuormia. Noin 85% kuivatuista kuivauskuormista menee tasaamoon, jossa kuivauskuormien sahatavarakappaleet laadutetaan konenäöllä ja katkotaan haluttuun pituuteen. Tämän jälkeen kuljettimet vievät kappaleet saamansa laatunsa ja pituutensa mukaisesti lokerostoon, jonka jälkeen jokaisesta lokerollisesta sahatavaraa valmistetaan paketoitukoneella kuvan 7 mukaisia sahatavarapaketteja. Noin 15% kuivatuista kuivauskuormista siirretään jalostukseen eli höyläämään. Höyläämössä tuotetaan sekä puuvalmiita tuotteita asiakkaille että tuotteita Luvian Sahan pintakäsittelylinjoille pintakäsiteltäviksi.





Kuva 6. Kuivaamosta valmistuneet kuivauskuormat (Laine, 2023).



Kuva 7. Luvian Sahan myyntivalmiita tuotteita (Laine, 2023).

Edellä mainittujen tuotantokohteiden lisäksi yrityksellä on monia muitakin työpisteitä, kuten kunnossapito ja lähettämö. Tässä opinnäytetyössä on luotu Luovian Sahalle meluntorjuntaohjelma, koska heidän työkohteidensa meluarvot ylittävät Suomen laissa määritellyt ylemmän toiminta- sekä raja-arvon.

### 3 ÄÄNI & SEN OMINAISUUDET

Ääni tarkoittaa painevaihtelua, joka etenee ääniaaltoina kimmoisassa väliaineessa ja sen taajuus on kuuloalueella. Äänessä hiukkaset ovat vuorovaikutuksessa kimmoisan väliaineen kanssa ja sen eteneminen riippuu hiukkasten sitoutumisesta toisiinsa (Jyväskylän yliopisto, 2009, s. 53). Äänen taajuuden yksikkö hertsi (Hz) on aaltojen määrä yhden sekunnin aikana, esimerkiksi nuori ihminen pystyy havaitsemaan 20–20 000 Hz taajuusalueen (Kempfi, 2012). Ihmisen kuuloalueen ulkopuolelle jää infra- ja ultraääni. Infraääni tarkoittaa ääntä, jonka taajuus on alle 20 Hz. Infraääntä ilmentyy esimerkiksi luonnonilmiöissä, auton renkaista ja liikenteestä. Sen sijaan ultraäänessä äänen taajuus on ihmisen kuuloaluetta korkeampi, 20 kHz-10GHz. Ultraääntä käytetään apuna lääketieteessä ja sekä lepakot että delfiinit pystyvät tuottamaan sitä. (Hautaniemi, 2022a).

Yleensä ääni syntyy pinnan värähtelystä, jonka seurauksena ilmaan syntyy painevaihtelua. Kimmoisia väliaineita, joissa ääni voi edetä, ovat kaasu, neste tai jokin kiinteä aine (Ympäristöministeriö, 2018, s. 7.) Ääntä pystytään tuottamaan monella erilaisella tavalla. Ääntä syntyy värähtelevillä pinnoilla ja kapaleilla, esimerkiksi moottoreissa ja soittimissa. Ääntä syntyy myös neste- ja kaasuvirtauksissa ja sekä liikenteessä että rakentamisessa. Kun ilmassa ilmenee äkillisiä painevaihteluita, kuten salamaniskuja tai tuotannossa nopeita iskumelupiikkejä, syntyy myös ääntä. (Hautaniemi, 2022a.)

$$v = f \times \lambda, \quad (1)$$

jossa  $v$  on aallon etenemisnopeus (m/s),  $f$  on värähtelyn taajuus (Hz) ja on  $\lambda$  aallonpituus (m).

Kaava (1) on aaltoliikkeen perusyhtälö, jolla pystytään kuvaamaan äänen käyttäytymistä. Ääniaalloilla on samat perusilmiöt, mitä aaltoliikkeellä voi olla: heijastus, taittuminen, interferenssi ja diffraktio (Hautaniemi, 2022a). Ääniaaltoja voi olla pitkittäisiä sekä poikittaisia aaltoja. Kun ääniaalto on poikittaista, sen hiukkaset värähtelevät kohtisuoraan vasten aallon etenemissuunnan. Sen sijaan pitkittäisessä aallossa hiukkaset värähtelevät aallon etenemissuunnassa. Ilmassa ääni värähtelee aaltoliikkeessä pitkittäisesti (Jyväskylän yliopisto, 2009, s. 51).

### 3.1 Äänenpaine

Ääntä pystytään kuvaamaan äänenpaineen tai äänitehon avulla. Äänilähteen tuottama ääniteho aiheuttaa kuulemamme äänenpaineen (Hottinger Brüel & Kjaer, 2021). Äänenpainetaso  $L_p$  tarkoittaa hetkellisen äänen kokonaispaineen mittaa tarkastelupisteessä, kun taas äänitehotaso  $L_w$  äänilähteen säteilemän hetkellisen äänienergian mittaa aikayksikössä. Kummankin suureen yksikkö on desibeli (dB) (Ympäristöministeriö, 2018, s. 7).

$$L_p = 20 \log_{10} \frac{p}{p_0}, \quad (2)$$

jossa  $L_p$  on äänenpainetaso,  $p$  on paine ja  $p_0$  on vertailupaine.

$$L_w = 10 \log_{10} \frac{p}{p_0}, \quad (3)$$

jossa  $L_w$  on äänitehotaso,  $p$  on paine ja  $p_0$  on vertailupaine.

Äänenpaine on ääniaaltojen aiheuttaman ilman tai muun väliaineen paineen vaihtelua. Se kuvaa ääniaallon voimakkuutta tietyssä pisteessä ja mitataan

yleensä pascalleina (Pa). Äänipaine riippuu, kuinka lähellä äänilähde on ja millainen sen ympäristö on äänialloille. Pelkän äänenpainetason mittaaminen ei kerro, kuinka voimakas ääni oikeasti on (Hottinger Brüel & Kjaer, 2021).

### 3.2 Äänen intensiteetti

Äänenpainetaso ja äänen intensiteettitaso kuvastavat samaa asiaa. Äänen intensiteetin  $I$  avulla pystytään määrittämään, kuinka paljon äänienergiaa virtaa pinta-alayksikköä kohti sekunnissa. Intensiteetin yksikkö on  $W/m^2$  (Hautaniemi, 2022b).

$$I = \frac{E}{t} = \frac{P}{A}, \quad (4)$$

jossa  $I$  on intensiteetti,  $E$  on energia,  $t$  on aika,  $P$  äänilähteen teho ja  $A$  on pinta-ala.

Intensiteettien suhde kipukynnyksen ja kuulokynnyksen välillä on  $10^{12}$ . Äänen intensiteetin ominaisuuksilla pystytään mittaamaan eri äänilähteet ja erottamaan suora, pistemäinen äänilähde muusta äänestä. Desibeli (dB) on dimensioton yksikkö, jota käytetään kuvatessa äänen voimakkuutta, tehoa tai intensiteettiä logaritmisessa kaavassa. Äänen voimakkuuden suure on  $L_I$  ja sen yksikkö on desibeli (dB) (Hautaniemi, 2022b).

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0}, \quad (5)$$

jossa  $L_I$  on äänen voimakkuus,  $I$  on äänen intensiteetti ja  $I_0$  on  $1,0 \times 10^{-12} \frac{W}{m^2}$ .

### 3.3 Doppler-ilmiö

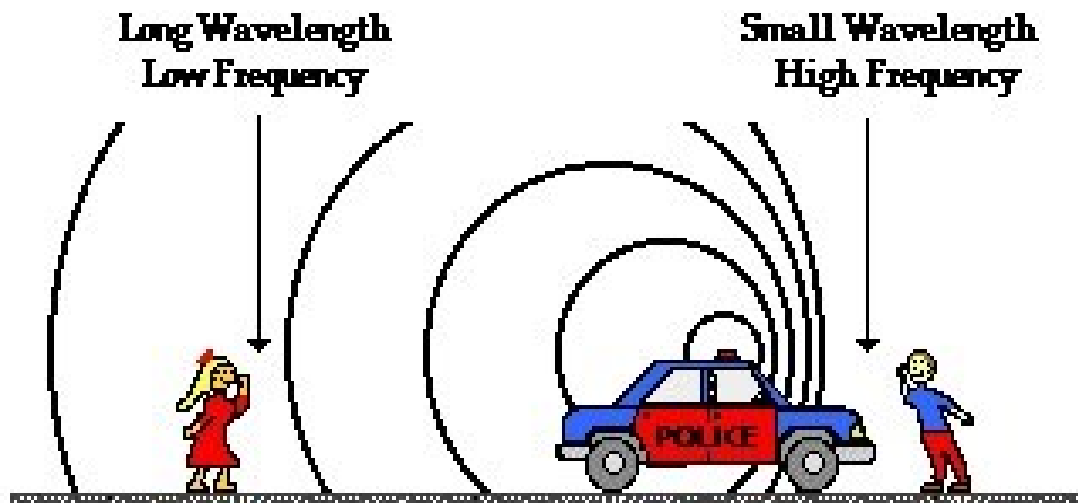
Dopplerin ilmiössä tutkitaan äänen taajuuden muutosta siten, että liikkuuko äänilähde tai havainnoija ja millä nopeudella suhteessa toisiinsa. Esimerkiksi, jos äänilähde lähestyy havainnoijaa, äänen taajuus on korkeampi kuin

lähtötaajuus. Jos taas äänilähde etääntyy havainnoijasta, äänen taajuus on matalampi kuin lähtötaajuus. (Ylinen, n.d.)

$$f = f_0 \times \frac{v}{v \pm v_1}, \quad (6)$$

jossa  $f$  on havaittu taajuus,  $f_0$  on taajuus väliaineessa,  $v$  on aaltoliikkeen nopeus ja  $v_1$  on äänilähteen etääntymisnopeus suhteessa havainnoijaan.

### The Doppler Effect for a Moving Sound Source



Kuva 8. Doppler-ilmiön havaitseminen (Ylinen, n.d.)

Kuvassa 8 käy ilmi, miten äänen havaitsija havainnoi äänen. Äänilähteen lähestyessä havainnoijaa on etääntymisnopeus negatiivinen, kun taas äänilähteen loitontuessa havainnoijasta on etääntymisnopeus positiivinen (Ylinen, n.d.)

#### 3.4 Äänen vaimentaminen

Torjuttaessa melua pyrkimys on pienentää eli vaimentaa ääntä. Leviämisen vaimennus tarkoittaa sitä, kun äänen intensiteetti pienenee etäisyyden kasvaessa. Intensiteetti pienenee, koska äänienergia jakautuu isommalle pinta-



alalle. Syy äänen vaimenemiselle voi aiheutua lämpötilasta, väliaineen viskositeetista, ilman kosteudesta tai lämmönsiirtymisestä. (Hautaniemi, 2022c.)

$$I = I_0 e^{-\alpha x}, \quad (7)$$

jossa  $I$  on vaimennetun äänen intensiteetti,  $I_0$  on  $1,0 \times 10^{-12} \frac{W}{m^2}$ ,  $\alpha$  on absorptiokerroin ja  $x$  on väliaineen paksuus.

Melua torjuttaessa äänen vaimentamista pyritään edesauttamaan erilaisilla absorboivilla materiaaliratkaisuilla. Absorboiva materiaali tarkoittaa materiaalin kykyä "imeä" ääntä itseensä. Myös absorboivan materiaalin oikeanlainen sijoittaminen on tärkeää, jotta ääntä pystytään tehokkaasti vaimentamaan. (Hautaniemi, 2022d).

## 4 MELU

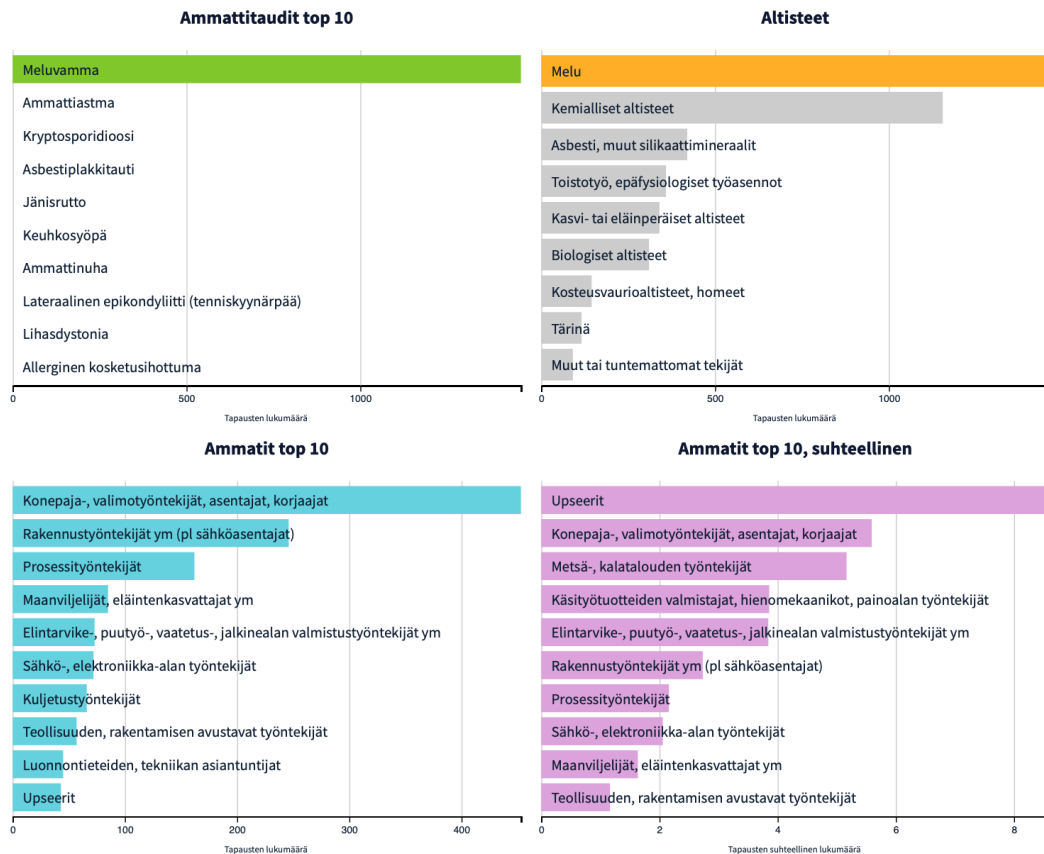
Äänen kokeminen meluksi on hyvin yksilöllistä. Melu on haitallista tai häiritsevää, ei-toivottua ääntä ja sitä esiintyy kaikkialla. Jokainen altistuu elämänsä aikana melulle. Lainsäädännön mukaan melu on terveydelle haitallista, epämiellyttävää tai kuulolle haitallista ääntä (Kuuloliitto, 2017, kohta "Melun vaikutukset"). Melun suuruuteen vaikuttaa äänen fysikaaliset ominaisuudet, esimerkiksi sen voimakkuus, taajuus ja impulsiivisuus. Suuruuteen vaikuttavat myös altistumisaika ja paikka sekä yksilölliset ominaisuudet (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, 2023, kohta "Melu"). Impulssimelu on melua tai ääntä, joka kestää lyhyemmän ajan kuin 1 millisekunti (Terveyskirjasto, 2016).

Liian voimakkaana melu voi häiritä työtä, ympäristön viihtyisyyttä, keskittymistä ja myös itse lepoa. Liiallinen melualtistus nostaa kuulovaurioiden riskejä. Kuulovaurio voi syntyä pidemmällä ajalla tai lyhyelläkin altistumisella. Tyypillisesti haitallista melua syntyy tuotannon suurien energiamäärien valmistuksessa tai kuljetuksessa. (Työterveyslaitos, n.d., kohta "Melu".)

## 4.1 Työmelu

Melu voi aiheuttaa tilapäistä ja pysyvää vauriota työntekijän sisäkorvaan ja sen hermoliitoksiin. Pysyvää sisäkorvatyypistä kuulonalenemaa aiheutuu, kun altistuminen on yli 135–137 dB(C) impulssimelulle ja pitkäaikaisessa melussa 80–85 dB(A). Työntekijän altistuessa lievästi liian voimakkaalle melulle aiheuttaa aluksi hetkellisen kuulonaleneman. Usein tällöin oireena on korvan tai korvien soiminen. Pidempiaikaisessa tai entistä voimakkaammassa meluallistuksessa aiheuttaa se pysyvän sisäkorvatyypisen, usein symmetrisen kuulovian. Tinnitus on yleinen oire meluvammassa. Tinnitus voikin olla subjektiivisesti haitallisempaa kuin pieni kuulonalenema. (Karvala ym., 2019 s.100–101.)

Suomessa on arvioitu noin 300 000 työntekijän altistuvan melulle ja vuosittain kirjataan yli 1000 uutta ammattitaudista aiheutunutta kuulovammaa (Työsuojeluhallinto, 2013, s. 5). Meluvammat ovat yleisimpiä ammattitauteja; vuosina 2013–2017 meluvamma on ollut yleisin ammattitauti. Tällöin vahvistettuja, uusia tapauksia oli 0,777/1000 työntekijää kohden. Yleensä työikäisten vahvistetuista ammattitaudeista todetaan miehillä, erityisesti 50–64-vuotiaille. Viimeisten vuosien aikana melusta aiheutuvien vammojen lukumäärä on laskenut ja usein todetut meluvammat ovat todettu lieviksi. (Työterveyslaitos, n.d., kohta ”Meluvamma”.)



Kuva 9. Työterveyslaitoksen työelämätieto-sivuston analyysi vahvistetuista ammattitaukeista vuosina 2014–2018 (Työelämätieto, 2022).

Kuvasta 9 näkee vuosien 2014–2018 melusta aiheutuvien ammattitautien yleisyyden eri ammateissa. Meluvammat ovat monen ammatin ammattitauti. Työelämätiendon artikkelissa ”*Meluvamma on edelleen työikäisten yleisin vahvistettu ammattitauti*” (2022) on huomioitu, että maakunnissa ilmaantuvuudessa on eroa esimerkiksi toimialarakenteen takia, mutta ammattitautien tutkimisessa ja diagnosoinnissa voi myös olla alueellisia eroja. Euroopassa melu aiheuttaa eniten ammattitauteja.

Ammattitauteja tulisi ehkäistä ajantasaisella riskienarvioinnilla ja työolojen kehittämällä. Tulisi kiinnittää huomiota oikeisiin työtapoihin ja tiedostaa mahdolliset haitat. Työterveyshuollon avulla pystytään tunnistamaan, reagoimaan ja kontrolloimaan työntekijän esimerkiksi melusta aiheutuvat kuulonalenemat. Kuulonaleneman ilmetessä työntekijä pystytään ohjaamaan tarkempaan tutkimukseen ja kuntoutukseen (Kuuloliitto, n.d.).

Samaa kuulovaurioriskiä vastaavat päivittäiset altistumisajat.	
melutaso dB(A)	päivittäinen altistumisaika
85	8 tuntia
88	4 tuntia
91	2 tuntia
94	1 tunti
97	30 minuuttia
100	15 minuuttia
103	7 minuuttia
106	3 minuuttia
109	1 minuutti

Kuva 10. Aikaraja kuulovaurioriskeille toistuvassa meluallistuksessa (Teollisuusliitto, n.d.).

Lainsäädännössä on määritelty kolme ekvivalenttitasoa eli keskiäänitasoa kahdeksan tunnin meluallistumiselle työpaikalla. Kuvasta 10 näkyy, millä melutasolla on millainen päivittäinen altistumisaika. Kuvan taulukosta huomaa, että jo pienillä melutasojen väleillä on jo suuri ero altistumisajalla. Esimerkiksi melutasojen 85 dB ja 88 dB välillä altistumisaika jo puolittuu kahdeksasta neljään tuntiin. Kuvasta ymmärtää sen, että työympäristön meluannoksilla on väliä ja riskit ovat suuret kuulovaurioille.

Työterveyslaitoksen *Altistelähtöinen työterveysseuranta* -teoksessa on kerrottu, että alemman toiminta-arvon ylittyessä kaikille työntekijöille tehdään alkutarkastus. Sen tavoitteena on tunnistaa työntekijät, jotka ovat mahdollisesti alttiita meluvammalle. Riskialttiiden kuuloa seurataan, vaikka melu olisi 80–85 dB välillä. Ylemmän toiminta-arvon ylittyessä terveydenhuolto seuraa määräaikaistarkastuksissa jokaisen työntekijän kuuloa. (Karvala ym., 2019 s.104.)

## 5 LAINSÄÄDÄNTÖ

### 5.1 Työturvallisuuslaki

Työturvallisuuslain 738/2002 tarkoituksena on turvata ja ylläpitää työntekijöiden työkykyä sekä lisäksi ennaltaehkäistä ja torjua mahdolliset työtapaturmat, ammattitaudit, työstä ja sen ympäristöstä aiheutuvat uhat terveydelle. Tämä laki on siis jokaiselle työpaikalle pohja, miten työtä tulee tehdä turvallisuuden puitteissa. Työntekijän meluallistus on rajoitettava mahdollisimman pieneksi, ettei se aiheuta hänen turvallisuudellensa ja terveydelle haittaa tai vaaraa (Työsuojelu.fi, 2022, kohta "Melu").

### 5.2 Työterveyshuoltolaki

Työterveyshuoltolaki (1383/2001) on tullut voimaan 1.1.2002 ja se koskee kaikkia työntekijöitä, jotka työskentelevät Suomessa. Työterveyshuoltolain tarkoitus on ehkäistä työhön liittyviä sairauksia ja tapaturmia, edistää työn ja sen ympäristön turvallisuutta ja sekä terveellisyyttä että työyhteisön toimintaa. Lisäksi työterveyshuoltolaki edistää työntekijöiden terveyttä sekä auttaa työ- ja toimintakykyä työuran aikana. (Työterveyshuoltolaki 1383/2001.)

Työterveyshuoltolain mukaan työnantajan tulee tehdä säännöllisesti työpaikaselvitys, jonka pohjalta laaditaan työterveyshuollon toimintasuunnitelma (Työterveyshuoltolaki, 8§). Toimintasuunnitelmassa voi esimerkiksi meluun liittyen olla, että työntekijöille suoritetaan tietyin väliajoin kuuloseula eli kuulon tarkastus. Kuulotestin ansiosta pystytään alustavasti havaitsemaan mahdolliset kuulon heikkenemiset (Terveystalo, n.d., kohta 'Kuuloseula').

### 5.3 Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuvilta vaaroilta

Valtioneuvosto on tehnyt työturvallisuuslakiin nojaavan asetuksen, jonka avulla pyritään suojelemaan työntekijöitä melusta tai sen altistumisesta

johtuvilta vaaroilta ja haitoilta. Asetus on tehty tilanteisiin, kun äänen huippupaine on huippuarvoilmaisimen lukemana C-painotettu, päivittäisellä kahdeksan tunnin meluallistuksella ääni on A-painotettu ja antaa saman altistuksen kuin altistava melu. Lisäksi asetukseen kuuluu keskimääräinen päivittäinen meluallistus, joka on laskettu viiden työpäivän aikana viikoittaiseksi meluallistukseksi.

Asetuksen 6 § mukaan työnantajan on tehtävä selvitys ja tunnistettava työntekijöidensä mahdolliset melulle aiheuttavat tekijät. Pykälän 7 mukaan työnantajan on arvioitava ja tarvittaessa mitata mahdollinen altistuminen melulle. Mittaustulosten epätarkkuudet tulee huomioida tuloksia arvioidessa. (Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuvilta vaaroilta 85/2006, 6–7§.)

Pykälän 8 (85/2006) mukaan mittaus on toteutettava suunnitellusti ja asianmukaisesti. Meluallistus on arvioitava ja mitattava asianmukaisilla laitteilla, jotka on tarkoitettu asetuksen 3 § mukaisiin kohtiin. Tässä opinnäytetyössä luvussa 7 on eritelty Luvian Sahan mittausmenetelmät Valtioneuvoston asetukseen nojaten. Lisäksi laitteet ja mittaus- sekä arviointimenetelmät on sovellettava 4 § toiminta- ja raja-arvoihin (taulukko 1). (Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuvilta vaaroilta 85/2006, 3–4§, 8§.)

Taulukko 1. Meluallistuksen toiminta- ja raja-arvot (Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuvilta vaaroilta 85/2006,4§).

	<b>Alempi</b>	<b>Ylempi</b>	<b>Päivittäinen</b>
	<b>toiminta-arvo</b>	<b>toiminta-arvo</b>	<b>raja-arvo</b>
<b>Ääni</b>	80 dB	85 dB	87 dB
<b>Paine</b>	112 Pa	140 Pa	200 Pa

Taulukosta 1 näkee Valtioneuvoston asettamat toiminta- ja raja-arvot päivittäisille meluallistuksille. Työpaikan melun ylittäessä ylemmän toiminta-arvon 85 desibeliä tai 140 pascalia, on sen laadittava meluntorjuntaohjelma.

## 6 MELUNTORJUNTAOHJELMA

Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuilta vaaroilta pykälän 15 mukaan työnantajan on riskin arvioinnin perusteella laadittava ja toimeenpantava meluntorjuntaohjelma, jos työntekijän meluallistutus ylittyy asetuksessa määritellyn ylemmän toiminta-arvon. Meluntorjuntaohjelman tavoite on vähentää työpaikan meluallistusta niin, että toiminta-arvot olisivat alle ylemmän raja-arvon. Meluntorjuntaohjelmaa laadittaessa on otettava huomioon asetuksen 12 pykälässä listatut ennaltaehkäisevät toimenpiteet. (Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuilta vaaroilta 85/2006, 15§.)

Meluntorjuntaohjelma on muodoltaan vapaamuotoinen asiakirja, johon kirjaetaan altistuksen kohteet, olennaiset melun lähteet ja mitä melulähteille aiotaan tehdä, missä järjestyksessä sekä aikataulussa. Meluntorjuntaohjelmaan tulee myös kirjata, kuka on vastuussa mistäkin toimenpiteistä. Meluntorjuntaohjelmaa tulee jatkuvasti luoda ja edistää, eikä meluntorjuntahankkeita tarvitse toteuttaa välittömästi. Kaikkia melulähteitä ei pystytä teknisistä syistä vaimentamaan, jolloin nämä kohteet tulee merkitä esille meluntorjuntaohjelmassa. (Työturvallisuuskeskus, 2022, s.1.)

Meluntorjuntaohjelman laatiminen lähtee liikkeelle selvittämällä altistuminen ja sen arvioinnilla. Altistumisen arvioinnin jälkeen määritellään kohteet, jotka tarvitsevat meluntorjuntaohjelmaa. Näiden edellä mainittujen tietojen pohjalta laaditaan itse meluntorjuntaohjelma. Viimeisenä kohtana on meluntorjuntaohjelman edistymisen seuraaminen ja mahdollinen päivittäminen. (Pääkkönen, 2022, s.1.)

Meluallistumisen ennaltaehkäisyssä ja vähentämisessä on työnantajan otettava huomioon seuraavat asiat:

1. Vähemmän meluallistumista aiheuttavat työmenetelmät.
2. Asianmukaiset työvälineet, jotka aiheuttavat mahdollisimman vähän melua.

3. Työvälineiden, työpaikan ja laitteiden huolto- ja kunnossapito-ohjelmat.
4. Työpaikkojen ja työpisteiden suunnittelu (mm. melusuoja, kotelointia tai ääntä absorboivaa materiaalia).
5. Työntekijöiden opastaminen työvälineiden oikeaan ja turvalliseen käyttöön.
6. Melun tekninen vähentäminen.
7. Meluallistumisen keston ja voimakkuuden rajoittaminen.
8. Riittävät lepoajat huomioon ottaen meluallistuminen vähenee tai keskeytyy.

Työpaikalla melusta aiheutuvat vaarat ja haitat työntekijän terveydelle sekä turvallisuudelle tulee työnantajan poistaa. Jos melun lähteen poistaminen ei ole mahdollista, tulee niistä aiheutuvaa melua vähentää mahdollisimman paljon. Tässä tulee ottaa kuitenkin huomioon tekninen kehitys ja käytettävissä olevat toimenpiteet vaaran ja haitan ehkäisemisessä tai vähentämisessä. (Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuvilta vaaroilta 85/2006, 12§.)

## 7 MELUANNOSTEN TUTKIMUSMENETELMÄT

Ennen mittauksien aloittamista on otettava huomioon, että mittauslaite on sopiva haluttuun mittaukseen. Työpäivän mittauksissa käytetään keskiäänitasoa LAeq8h, joka mittaa jatkuvan melun A-painotteista ääntä. Iskumelua, eli impulssimelua mitatessa käytetään C-painotteista huippupainetasoa.

Meluannosmittaria käytetään, kun työpäivän aikana melu on vaihtelevaa. Meluannosmittarilla saadaan määritelty keskiäänitaso työpäivän ajalta. Mittauslaitteena pystytään käyttämään myös integroivaa äänitasomittaria, joka pystyy määrittämään keskiäänitason. Integroivalla äänitasomittarilla pystytään laskemaan päivittäinen keskiäänitaso eri työjaksoissa.



Melun riskiarvioinnissa on otettava huomioon tiettyjä, tärkeitä asioita. Mittauksien aikana tulee selvittää melun aiheuttaja ja sen vaihtelu. Tilan, missä melua havaitaan, tulisi sen nykyistä akustiikkaa ja meluntorjuntatoimenpiteitä tutkia. Lisäksi tulee kartoittaa, ketkä melulle altistuvat ja heidän kuulonsuojaimiensa käyttö. Arvioijan pitää osata arvioida kuulonsuojaimien riittävyys ja oikeanlaisuus melun ollessa voimakasta. Työn keston ja eri melutasojen takia melulle altistuminen voi olla vaihtelevaa. Tällöin meluarviointin voi syntyä virhearvioita ja epätarkkuuksia. Oikea mittausstrategia ja -tekniikka auttavat minimoimaan mahdolliset virheet. (Karvala ym., 2019 s.103.)

### 7.1 Mittausten aloitus

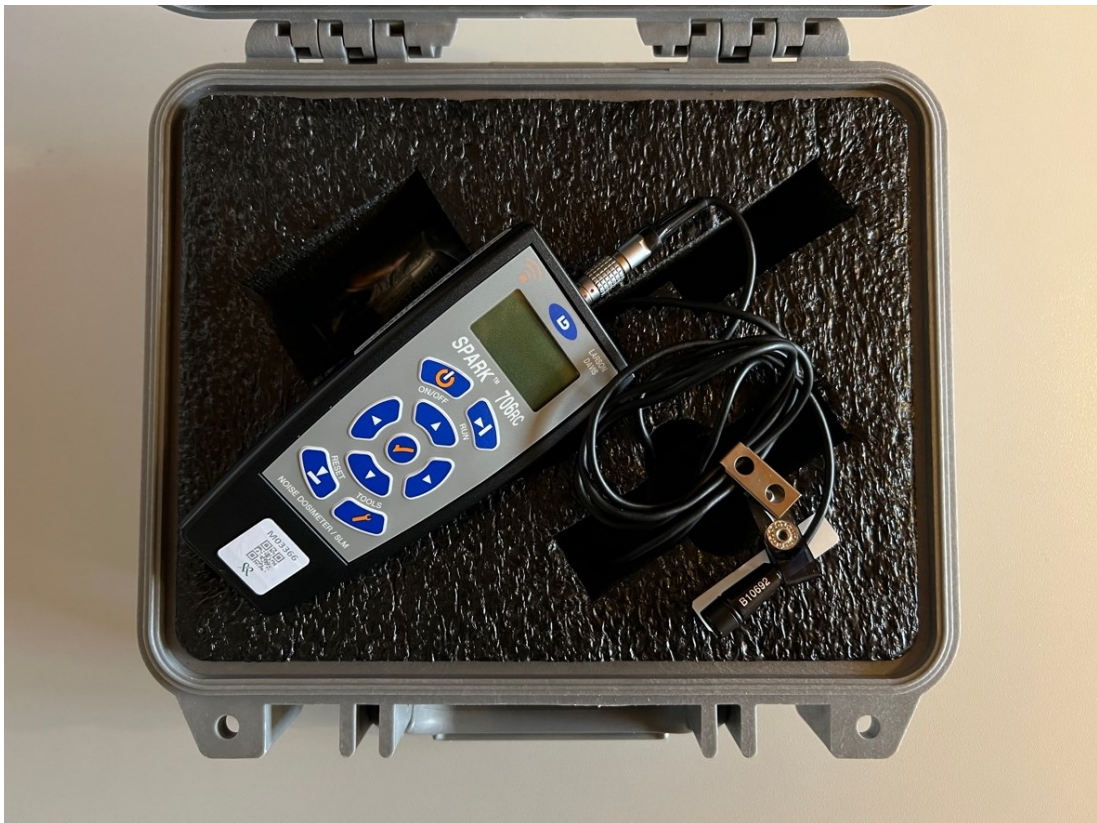
Meluntorjuntaohjelman toteutus lähti liikkeelle määrittelemällä jokainen työpiste ja kuinka kauan niissä aiotaan mitata. Koska yrityksen toiminta-alue on suuri ja jokainen työpisteen meluannos tulee mitata, on mitattavia kohteita paljon. Meluannosmittarin rajallinen vuokrausaika ja projektin ajoittaminen vuoden 2023 kesälle antoi rajallisen aikataulun, minkä takia jokaisella työpisteellä ei pystytty mittaamaan kokonaista työpäivää. Näiden kohteiden päivittäinen meluannos laskettiin työsuojeluhallinnon melulaskimella.

Mittausajat on määritelty sen mukaan, kuinka vaihtelevaa työpisteen melu työpäivän aikana on. On myös otettava huomioon, että eri kokoiset sahatavarat tuottavat erilaista melua. Mittauksia ei ole pystytty ajoittamaan tiettyihin puuajoihin rajallisen aikataulun takia. Kuitenkin mittausaikataulu on suunniteltu siten, että esimerkiksi jatkojalostuksessa päästiin mittaamaan vannesahan käydessä. Vannesahaus on yksi merkittävä melutasoa nostattava tuotantolaite.

Mittauksia on pystytty ajoittamaan siten, että vain aamuvuorossa toimivat työkohteet on mitattu aamuisin, kahdessa työvuorossa pyörivät mitattu iltapäivisin ja muutaman kohteen mittaukset on tehty yöllä. Kartoituksessa päätettiin yhdessä työnjohdon kanssa, ettei jokaisen trukin ja toimiston työpisteiden päivittäistä meluannosta tulla mittaamaan.

## 7.2 Meluannosmittari Larson Davis 706RC Serial 184

Luvian Sahan melumittauksissa päätettiin käyttää meluannosmittaria, jotta saadaan työpäivän aikainen keskiäänitaso määritettyä. Meluannosmittarilla mitattiin A-painotettua ääntä. Lisäksi meluannosmittari mittaa C-painotteista huippuäänentaso. Tutkimuksessa käytettiin mittauslaitteena kuvan 11 mukaista Larson Davis 706RC Serial 18493, joka antoi tulokset desibeleinä. Meluannosmittari on vuokrattu yrityksen työterveyshuollosta Porin Mehiläiseltä. Meluannosmittarin toimitti ja sen käytön opasti yrityksen työterveyshoitaja projektin vastuuhenkilöille.

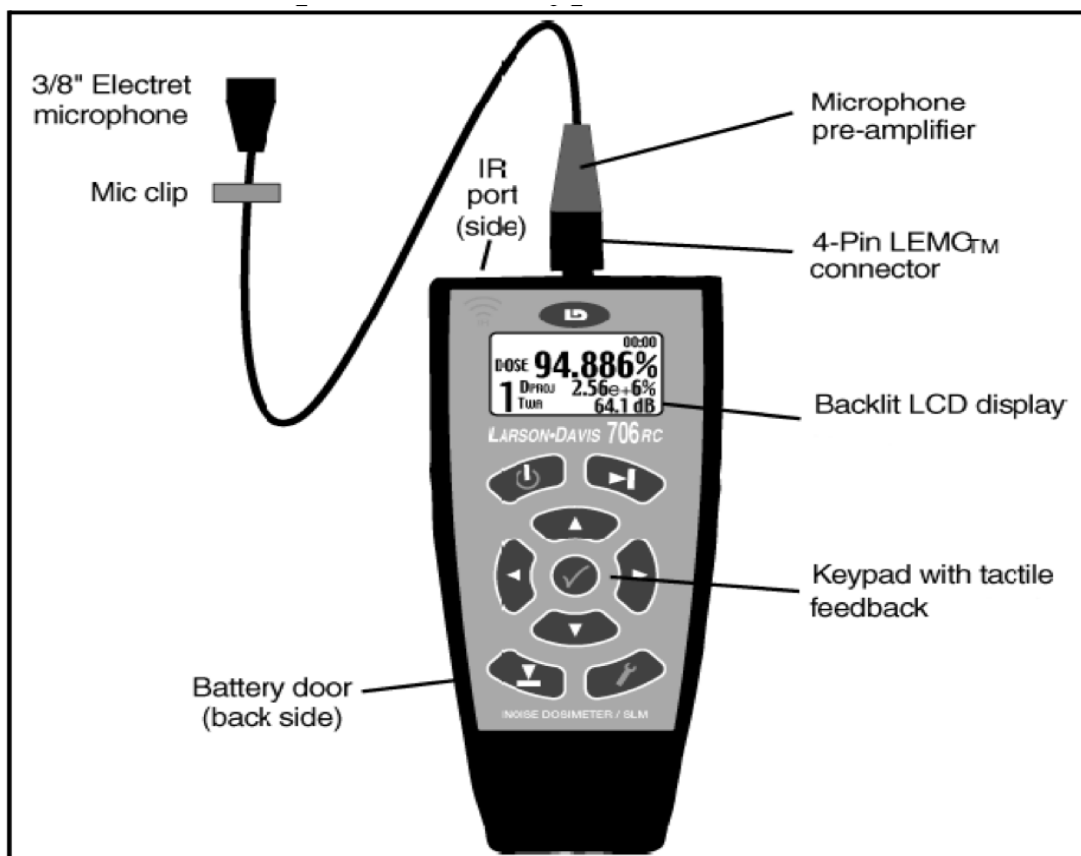


Kuva 11. Meluannosmittauksissa käytetty mittari (Laine, 2023).

## 7.3 Mittauslaitteen toiminta

Kuvan 11 mukaisen mittauslaitteen Larson Davis 706RC Serial 18493 toiminta on hyvin yksinkertainen prosessi. Siihen tulee liittää mikrofonin liitin, jonka toisessa päässä oleva mikrofoni asetetaan mahdollisimman lähelle työntekijän korvaa. Mikrofonin tulee olla mahdollisimman lähellä työntekijän korvaa, jotta

saadaan todenmukainen meluannos. Kuvassa 12 on eritelty ja selitetty meluannosmittarin toiminta. Kuvan 12 mittauslaitteen näytössä on eri mittausasetus, mitä Luvian Sahan melumittauksissa käytettiin. Luvian Sahan melumittauksissa kerätyt tiedot näkyvät kohdassa '7.4 Mittauslaitteen keräämät tiedot'.



**FIGURE 1-2 Spark 706RC**

Kuva 12. Meluannosmittauksissa käytetty mittari (Larson Davis, 2013).

Kun mikrofoni on asetettu, laitetaan mittauslaitteessa virta päälle ON/OFF-painikkeesta ja käynnistetään mittausaika kohdasta RUN. Mittauslaitetta tulee kantaa mukanaan koko mittausajan, vaikka työntekijä kävisi tauolla sen aikana. Mittauslaitteen näytöllä näkyy mittauksen aikana siihen mennessä kerätty data. Mittauksen lopussa mittauslaite sammutetaan samasta painikkeesta RUN. Ajan sammutuksen jälkeen tulee mittari sammuttaa ON/OFF-painikkeesta. Kun mittauslaitteesta on kerätty tarvittavat tiedot, tulee mittari resetoida ennen seuraavaa mittausta.

#### 7.4 Mittauslaitteen keräämät tiedot

Mittauslaitteen keräämä data on näkyvillä koko mittauksen ajan, ja ajan sammutettua siihen mennessä kerätty data pysähtyy näytölle. Mittauksen keräämät tiedot pystytään keräämään myös virran sammutuksen jälkeen, kuitenkin ennen seuraavaa mittausta. Mittauslaite kerää mittauksen aikana taulukon 2 mukaiset tiedot.

Taulukko 2. Melumittauslaitteen keräämät tiedot.

Lyhenne	Selite
LAFmx	Maksimiäänitaso
LAFeq	Painotettu keskiäänitaso
LAFmn	Minimiäänitaso
LCpk	Huippuäänitaso, nopea iskumelupiikki

Taulukko 2 mainittujen tietojen mukaan tehdään työpisteiden melukartoitus. Eniten tarkastelun kohteena ovat painotettu keskiäänitaso sekä huippuäänitaso. Painotetun keskiäänitason mittaustuloksen avulla lasketaan Työsuojeluhallinnon melulaskimella työpisteiden työpäivän aikainen meluannos. LCpk huippuäänitaso taas kertoo, mikä on korkein, nopea iskumelupiikki työpisteellä.

Mittaustuloksista on pidetty kirjaa koko mittausprosessin aikana. Mittauksissa on kirjattu ylös taulukon 2 mukaisten mittaustulosten lisäksi työntekijän käyttämien kuulosuojainten merkki ja malli. Kuulosuojainten merkin ja mallin ollessa tiedossa olen selvittänyt niiden SNR-arvon. SNR-arvo eli Single Number Rating kertoo sen, kuinka paljon työntekijän kuulosuojaimet vaimentavat melua. Työntekijää on myös pyydetty kirjaamaan mahdolliset tapahtumat, jotka eivät normaalisti kuulu kyseisen työpisteen työnkuvaan. Nämä kirjaukset kuitenkin jäivät vähiin, koska työntekijät eivät ehtineet töiden ohella pitämään kirjaa tapahtuneista.

## 8 TULOKSET

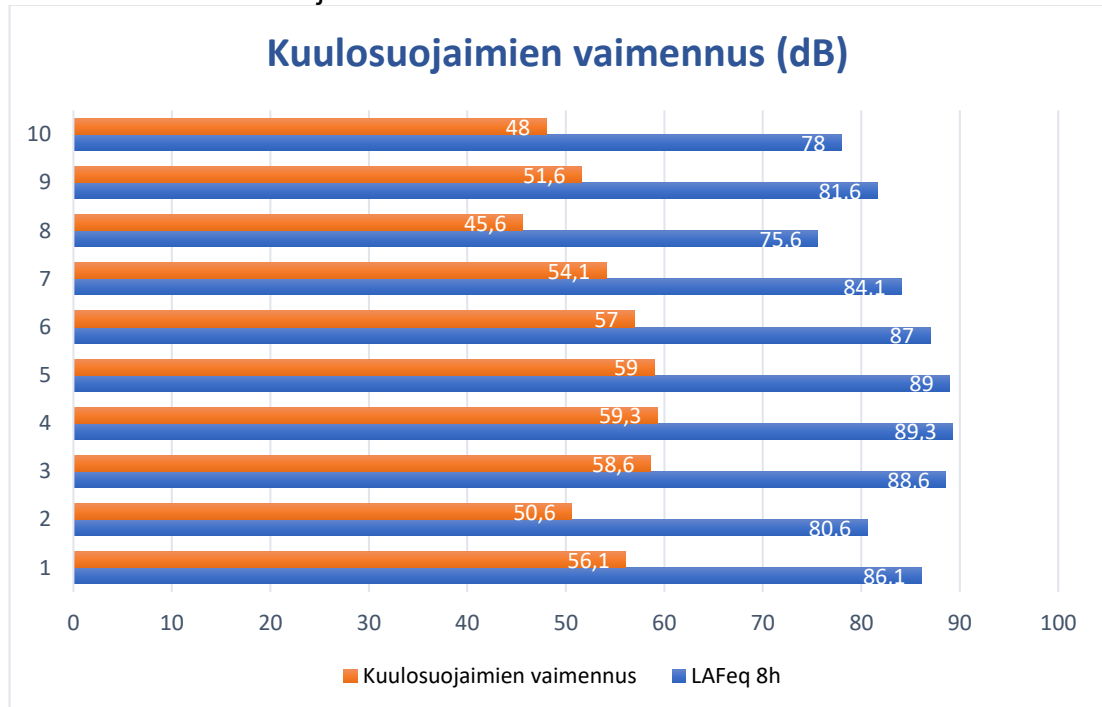
Luvian Sahan kaikki melumittaukset saatiin suoritettua vuoden 2023 heinäkuuhun mennessä. Mittaustuloksista pidettiin koko projektin ajan kirjaa kirjaamalla ne Excel-tiedostoon sekä yrityksen työterveyshuollon kaavakkeisiin. Mittaustulokset on toimitettu yrityksen työterveyshuoltoon, jotta tarvittaessa yrityksen työterveyshuollon toimenpiteitä tehostetaan. Tässä opinnäytetyössä ei ole kirjattu yrityksen melumittauksien tuloksia, koska ne ovat yrityksen omia, yksityisiä tietoja.

TYOSUOJELU.FI / MELULASKIN						
	Melutaso		Altistusaika			Annos
	dB	tuntia	min	sek	dB	
Melu 1	88,8	4	15		86,1	
Melu 2						
Melu 3						
Melu 4						
<b>Työpäivän meluannos on</b>					<b>86,1</b>	
Ylempi toiminta-arvo, 85 dB, ylittyy						
<a href="#">Työmelun toiminta- ja raja-arvot</a> <a href="#">Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuville vaaroilta</a>						
© Unto Kärkkäinen 2010						

Kuva 13. Työsuojeluhallinnon melulaskin (Työsuojelu.fi, 2010)

Vain muutamissa työkohteissa mittaustilaitta pystyttiin pitämään kokonaisen kahdeksan tunnin työpäivän ajan. Muiden työpisteiden päivittäinen meluannos laskettiin kuvan 13 mukaisen Työsuojeluhallinnon verkkopalveluista löytyvällä melulaskimella. Melulaskimeen syötettiin kohdan "Melutaso" sarakkeeseen "dB" mittauksissa saatu painotettu keskiäänitaso ja kohdan "Altistusaika" sarakkeisiin mittausaika. Jokainen mittaustulos syötettiin vain yhdelle riville, koska meluannosmittarilla pystyttiin mittaamaan kokonainen, pidempi altistusaika. Kuvan 13 melulaskimeen kirjatut tiedot ovat esimerkkinä taulukon toiminnasta.

Taulukko 3. Kuulosuojaimien vaimennuksen vaikutus



Melumittauksissa on huomioitava kuulosuojaimien vaimentava ominaisuus. Luvian Sahan työntekijöillä on monia erilaisia kuulosuojaimia ja niiden SNR-arvo vaihtelee arvojen 29–34 välillä. Taulukossa 3 on annettu esimerkki tapausmitatuista melutuloksista ja kuinka paljon 30 SNR-arvon kuulosuojaimet vaikuttavat melun vaimentamiseen. Sininen viiva kertoo LAFeq 8h eli painotetun keskiäänitason kahdeksan tunnin ajalta ja oranssiviiva sen, kuinka paljon vaimentaa 30 SNR-arvon kuulonsuojaimet. Kuten taulukosta 3 huomaa, vaimentaa kuulosuojaimien oikeanlainen käyttö paljon ympäröivältä melulta. Kuitenkaan kuulosuojaimilla ei pystytä vähentämään altistumista melulle, jolloin ne eivät kuulu meluntorjuntaohjelmaan (Työsuojelu.fi, 2020, kohta ”Meluntorjunta”).

### 8.1 Jatkotutkimukset

Työpisteiden mittauksien valmistuttua tutkittiin ja vertailtiin tuloksia keskenään. Myös työnjohdon kanssa keskusteltiin työpisteiden melumittauksista, joiden tulokset olivat ylittäneet laissa määritellyt raja- ja ylemmän toiminta-arvon.

Keskusteluissa mietittiin, mistä mittaustulokset mahdollisesti johtuivat ja onko aikaisemmin havaittu asioita, jotka nostattavat työpisteiden melutasoa.

Keskusteluissa tuli ehdotuksia mahdollisista parannuksista ja kävi ilmi, että aikaisemmin on jo tehty meluntorjuntatoimenpiteitä ja myös keskusteltu toimenpiteistä. Lisäksi keskusteluissa huomattiin, että muutaman työpisteen tulokset olivat yllättäviä. Näiden työpisteiden melumittaukset päätettiin uusida, jotta minimoidaan mahdolliset virhemittaukset ja saadaan todenmukainen mittaustulos.

Keskusteluiden jälkeen projektia lähdettiin jatkamaan lisä- ja uusintamittauksilla sekä selvittämään, mistä johtuvat korkeat melumittaukset. Tutkimuskohteena oli työpisteet, joiden mittaustulokset ylittävät raja- ja ylemmän toiminta-arvon. Jatkotutkimuksissa käytettiin samaa Larson Davis 706RC Serial 18493 -meluannosmittaria. Melun selvityksessä mitattiin työpisteillä muutamissa eri kohdissa viiden minuutin ajan. Mittaus pysäytettiin minuutin välein ja tulokset kirjattiin ylös, jonka jälkeen mittaus aloitettiin alusta. Mittausajan ei tarvinnut olla pidempi, sillä aikaisemmin oli jo mitattu varsinainen päivittäinen meluannos. Mittauksien aikana seurattiin meluannosmittarin datan kehittymistä ja mahdolliset havaitut melutasoa nostattavat asiat kirjattiin ylös. Melutasoa nostatti esimerkiksi puiden kolahtaminen tuotantolinjalla. Jatkojalostuksessa mittauksia tehtiin muutamaa otteeseen, vannesahan käydessä ja ei-käydessä. Näiden arvoja vertailtiin keskenään, kuinka paljon vannesahan käyminen vaikuttaa tuotantotilojen melutasoihin.

Jatkotutkimuksissa kartoitettiin myös tuotantotilojen kuulosuojaimien varoitusmerkkien sijainti ja määrä. Valtioneuvoston asetuksessa työpaikkojen turvamärkeistä ja niiden vähimmäisvaatimuksista 2015/687 on pykälässä 11 kirjattu, että ne tulee kiinnittää yleisen vaara-alueen sisäänkäynnille tai erityisen vaaran tai kohteen läheisyyteen. Turvamarkin sijainti tulee olla hyvin valaistu ja näkyvässä oleva, sekä sen on oltava helposti saavutettava (Valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvamärkeistä ja niiden vähimmäisvaatimuksista 687/2015, 11§). Luvian Sahan varoitusmerkkejä kartoittaessa huomattiin, ettei niitä välttämättä ole tarpeeksi. Joissain kohteissa oli myös irronnut varoitusmerkkejä paikoiltaan, jotka korjattiin välittömästi.

## 8.2 Mittaustulosten epätarkkuudet

Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuilta vaaroilta pykälän 7 mukaan on työnantajan huomioitava mittaustulosten epätarkkuudet. Mittauksissa on yritetty huomioida työpisteeseen vaikuttavat, mahdolliset lisämelun lähteet. Kuitenkaan kaikissa mittauksissa ei ole valitettavasti tähän pystytty.

On huomioitava, että yrityksessä tuotetaan paljon laadultaan erilaisia ja kokoisia sahatuotteita. Puiden koko ja laatu vaikuttavat paljon äänen korkeuteen. Mittauksia ei pystytty ajoittamaan ajoihin, missä sahatuote olisi mahdollisimman paksua, joten oletettavaa on desibeliheitot eri sahatuotteiden välillä. Vuodenajalla saattaa olla vaikutusta meluun, joten talvella melukuorma saattaa olla erilainen.

Mittauslaite opastettiin pitämään koko mittausajan, myös tauoilla. Tämä voi antaa virheellisen tuloksen, koska taukojen aikana työntekijä voi joutua kulkemaan esimerkiksi tuotannon lävitse, jolloin melu voi nostaa mittauslaitteen lukemia. Myös työntekijän työtehtävät ja -kohteet voivat vaihdella hyvin paljon eri päivinä. Varsinkin kunnossapidon työtehtävät sijoittuvat jokaiseen tuotantotilaan, joten heidän mittaustuloksensa ovat vaihtelevia. Mittauksien aikana työntekijä on voinut myös joutua tekemään jotain, mitä ei normaalisti kuulu hänen työnkuvaansa tai se on harvinaista. Muutamissa työpisteissä tehtiin uusintamittauksia, jotta saatiin todenmukainen mittaustulos ja virhemittaukset pystyttiin minimoimaan.

## 9 TOIMENPITEET JA PARANNUKSET

Meluntorjuntaohjelmaan tulee kirjata, miten aiotaan toimia olennaisten melulähteiden kanssa, missä järjestyksessä ja aikataulussa. Myös näiden



toimenpiteiden vastuut tulee jakaa henkilöille, jotka huolehtivat toimenpiteiden edistymisestä ja aikataulusta (Työturvallisuuskeskus, 2022).

Lisämittausten ansiosta hahmotettiin, mistä ylemmän toiminta- ja raja-arvon ylittävät työpisteiden melut aiheutuvat. Kun lisämittaukset ja -tutkimukset oli saatu suoritettua, pystyttiin vuosiseisakin aikana käymään rauhassa työkoh- teita läpi ja miettimään, miten melukohteiden melua pystyttäisiin pienentämään alle ylemmän toiminta-arvon. Lopulliset parannukset tullaan tekemään melun- torjuntaohjelmaan kirjatussa aikataulussa.

### 9.1 Koko alueen parannukset

On tärkeää, että työntekijöiden kuulonsuojaus on oikeaoppista. Kuulosuo- jaimia tulee uusida ja pitää yllä jatkuvasti, jotta niiden toimivuus ja käyttöikä säi- lyy. Kuulosuojaimien kuvut ja tiivisterenkaat kuluvat käytössä, siksi työntekijän tulee ne säännöllisesti tarkistaa mahdollisten halkeilujen ja vuotamisien takia. Myös sahalla tuotantotiloissa hikoilun ja puupölyn takia kuulosuojaimien tiivis- terengas voi kovettua ajan saatossa. On myös tärkeää säilyttää niitä puh- taassa ja kuivassa tilassa (Työterveyslaitos, n.d., kohta 'Kuulosuojaimet'.) Työnantaja tulee jatkossa lisäämään jo antamaansa ohjeistusta työntekijöille ja muistuttamaan turvavarteissaan (Luvian Sahan turvallisuustoimenpide) säännöllisin väliajoin, jotta työntekijät muistavat kuulosuojaimien huollon tär- keyden.

Vaikka osassa tuotannon työpisteillä ei tulosten mukaan välttämättä tarvitsisi kuulonsuojausta, tullaan tuotantotiloissa pitämään kuulonsuojainpakkoa. Kuu- losuojaimien käytön vaatimus kaikkialla tuotannossa perustuu vaihtuvaan me- lutasoon ja sen kautta työntekijöiden turvallisuuden parantamiseen. Tehdas- alueella on ulkoalueilla säädös, ettei kuulosuojaimia käytetä ulkoalueilla kuljet- taessa, koska se saattaa aiheuttaa vaaratilanteita trukkien ja muiden työko- neitten kuulemisen takia.



Kuva 14. Luvian Sahan varoitus- ja ohjekyltit (Laine, 2023).

Kartoitimme työkohteiden kuulosuojaimien varoituskyltit. Varoituskyltit tulisi sijoittaa sellaisen sisäänkäynnin kohdalle, missä on yleinen vaara-alue (Valtioneuvoston asetuksessa työpaikkojen turvamerkeistä ja niiden vähimmäisvaatimuksista 687/2015, 11§). Yhtenä meluntorjuntatoimenpiteenä tullaan lisäämään varoitus- ja ohjekylttien määrää tuotantotilojen yleisten kulkureittien oville. Vaikka jokaisessa tuotantotilassa on kuulosuojainpakko, voi työntekijältä tämä unohtua. Kuva 14 on esimerkkinä yhden Luvian Sahan tuotantokohteen tämänhetkisistä varoitus- ja ohjekylteistä. Kuvassa 14 varoitus- ja ohjekyltit ovat sijoitettu rakennuksen seinälle kohtaan, mistä kaikkien on helppo ne huomata.

## 9.2 Meluntorjunta tuotantotiloissa

Tuotantotiloissa pystytään melua torjumaan monilla erilaisilla vaihtoehdoilla. Meluntorjuntaohjelmaa tehdessä olimme yhteydessä yrityksiin, jotka valmistavat tuotantotiloihin meluntorjuntaan erilaisia vaihtoehtoja. Kuitenkaan tähän opinnäytetyöhön ei olla lisätty Luvian Sahan yksittäisten työpisteiden meluntorjuntamenetelmiä.

Teollisuudessa pystytään käyttämään erilaisia vaihtoehtoja äänen vaimentamisessa. Näissä vaihtoehtoissa käytetään ääntä absorboivia materiaaleja, joiden pinta vaimentaa hyvin ääntä. Vaihtoehtona meluntorjunnassa on eristää meluisa kohde äänieristysverhoilla (kuva 15), äänieristyspaneelilla (kuva 16) tai äänieristyssermillä (kuva 17). Ne ovat helppo suunnitella ja asentaa haluttuun kohteeseen sekä tarvittaessa helppo siirtää pois tieltä. Teollisuushallien kattoihin pystytään myös asentamaan ääniabsorboivia levyjä (kuva 18), jotka estävät äänen kaikumista. Teollisuudessa pystytään myös koteloimaan työkohteita (kuva 19), esimerkiksi koneita tai eristämään työntekijän työpiste valvomotyöskentelyksi.



Kuva 15. Esimerkki äänieristysverhosta (ETRA, n.d.).



Kuva 16. Esimerkki äänieristepaneelista (Mediseam Oy, n.d.).



Kuva 17. Esimerkki äänieristesermistä (Etra Oy, n.d.).





Kuva 18. Esimerkki ääniabsorboivista levyistä (aixFOAM, n.d.).



Kuva 19. Esimerkki koneiden äänieristyskoteloinnista (Decibel, n.d.).

Näiden edellä mainittujen melunvaimennustapojen lisäksi pystytään meluhaittoja muilla tavoilla myös estämään ja vähentämään. Työmenetelmien muokkaaminen siten, että vähennetään melua nostattavien kohteiden lähellä työskentelyä, laskisi jo päivittäistä meluallistusta. Pelkkä opastus työvälineiden oikeaan ja turvalliseen käyttöön voi myös auttaa meluallistumisen vähentämiseen.

Rajoittamalla meluallistumisen kestoa ja voimakkuutta esimerkiksi kierrättämällä työntekijöitä työpisteiden välillä. Raja- sekä ylemmän toiminta-arvon ylittävillä työpisteillä työntekijät voivat vaihtaa toisen työpisteen kanssa työpäivän aikana, jolloin päivittäinen meluannos pienenee. Tällöin kuitenkin pitää toisen työpisteen meluannos olla alle raja- sekä ylemmän toiminta-arvon.

Myös tuotantolaitteiden kunnossapito ja huolto on tärkeää pitää ajan tasalla. Joihinkin koneisiin ja laitteisiin pystytään myös tekemään erilaisia säädöksiä, joiden avulla pystytään pienentämään melunmäärää. Tulevaisuudessa on hyvä huomioida melu laiteinvestoinneissa. Teknologian kehittyessä myös äänenvaimennukseen on panostettu, eivätkä koneet ja laitteet pidä enää niin kovaa melua.

## 10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Luvian Sahan meluntorjuntaohjelman luominen oli odotettua isompi prosessi, koska lisämittauksia vaativia kohteita oli odotettua enemmän. Aikataulullisesti meluntorjuntaohjelma oli suunniteltu ajoittuvan vuoden 2023 toukokuun ja kesäkuun ajalle, mutta projekti pitkittyi lisämittausten ja -tutkimuksien vuoksi myös heinäkuulle. Lopullinen meluntorjuntaohjelma valmistui vuoden 2023 lokakuussa.

Lopullinen Luvian Sahan meluntorjuntaohjelma on 20 sivuinen asiakirja, johon on lisätty kaikki tarvittava materiaali. Asiakirjassa on kirjattu teoriaosuuteen tietoa melusta, Valtioneuvoston asetuksesta työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuville vaaroille sekä meluntorjuntaohjelmasta. Lisäksi meluntorjuntaohjelmaan on kirjattu tietoa mittauksista, esimerkiksi mittauslaitteesta ja sen toiminnasta sekä itse mittauksista. Nämä tiedot on integroitu meluntorjuntaohjelmaan, jotta lukija voisi ymmärtää mittaukset helpommin sekä saada selville, kuinka meluntorjuntaohjelma on toteutettu.

Meluntorjuntaohjelmaan tulee kirjata työpisteet, joiden päivittäinen meluannos ylittää ylemmän toiminta-arvon sekä päivittäisen raja-arvon. Luvian Sahan meluntorjuntaohjelmaan listattiin jokaisen työkohteen mittaustulokset. Ylemmän toiminta-arvon ja päivittäisen raja-arvon ylittävät työpisteiden tulokset on erotettu selkeästi muista mittaustuloksista. Lisätutkimuksissa selvitettiin näiden työpisteiden melun lähteet ja etsittiin mahdollisia tulevia toimenpiteitä, mitä näille työpisteille aiotaan tehdä. Meluntorjuntaohjelmaan tulee myös kirjata, kuka on vastuussa meluntorjunnan toimenpiteistä. Luvian Sahan meluntorjuntaohjelmassa vastuuhenkilöiksi kirjattiin työkohteiden työnjohtajat. Näiden tietojen lisäksi on asiakirjaan lisätty liitteitä, missä on eritelty työpisteiden meluannosmittaukset ja lisämittauksien tulokset sekä havainnot.

Meluntorjuntahankkeita ei tarvitse välittömästi toteuttaa, mutta meluntorjuntaohjelmaa tulee jatkuvasti luoda ja edistää. Projektissa oli tärkeää saada ja kerätä luotettavaa dataa, jotta tulevaisuudessa meluntorjuntaohjelman toteutusvaiheessa pystytään tekemään oikeanlaisia, toimivia toimenpiteitä. On silti tärkeää huomioida mahdolliset tulosten epätarkkuudet. Meluntorjuntaohjelmassa tärkeä prioriteetti on saada laskettua meluarvot alle laissa määritetyn ylemmän toiminta-arvon. Tulevaisuudessa yrityksen ottaessa meluntorjuntatoimenpiteet käyttöön tulisikin mitata näiden raja- ja ylemmän toiminta-arvon ylittävien työpisteiden melutasot uudelleen. Näin pystytään vertaamaan toimenpiteiden teho ja tarvittaessa tekemään toimivimpia ratkaisuja.

Meluntorjuntaohjelma on jatkuvasti kehitettävä prosessi. Yrityksen ottaessa meluntorjuntaohjelman käyttöönsä tulisi sen toteutusta säännöllisesti seurata ja arvioida, ovatko valitut toimenpiteet toimivia ja tarvittaessa muokata ne toimivimmiksi. Luvian Sahan meluntorjuntaohjelmassa tavoitteena oli mitata yrityksen työpisteiden meluannokset ja tutkia syyt tuloksille. Näiden pohjalta luotiin Luvian Sahan meluntorjuntaohjelma. Meluntorjuntaohjelma on tärkeä yritykselle sen työntekijöiden terveyden kannalta. Meluntorjuntaohjelma Luvian Sahalle -opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saavutettiin.

## LÄHTEET

AixFOAM. (n.d.). Teollisuushallit / Korjaamot [valokuva]. Haettu 1.10.2023 osoitteesta <https://www.aixfoam.fi/huoneakustiikka/teollisuushallit-korjaamot>

Decibel PLC. (n.d.). Decibel – äänieristyskotelo [valokuva]. haettu 2.10.2023 osoitteesta <https://www.decibelinternational.fi/products/decibel-aanieristyskotelo-117/>

Etra Oy. Ääneneristysverho [valokuva]. Haettu 1.10.2023 osoitteesta <https://www.etra.fi/fi/aaneneristysverho-10360040572>

Etra Oy. Siireltävät ääneneristys-sermit [valokuva]. Haettu 1.10.2023 osoitteesta <https://www.etra.fi/fi/materiaalinkasittely-ja-kalusteet-e360/verhot-ja-sermit-teollisuuteen-e3653/aaneneristys-e365320/siirreltavat-aaneneristys-sermit-e36532010>

Hautaniemi, J. (10.2.2022a). Äänioppi [luentomateriaali]. SAMK Moodle. <http://moodle.samk.fi/>

Hautaniemi, J. (10.2.2022b). Äänen intensiteetti [luentomateriaali]. SAMK Moodle. <http://moodle.samk.fi/>

Hautaniemi, J. (10.2.2022c). Äänen vaimentaminen [luentomateriaali]. SAMK Moodle. <http://moodle.samk.fi/>

Hautaniemi, J. (10.2.2022d). Melu [luentomateriaali]. SAMK Moodle. <http://moodle.samk.fi/>

Hottinger Brüel & Kjaer. (27.9.2021). Tämä sinun tulee tietää äänen mittaamisesta. Tekniikka & talous. Haettu 18.7. osoitteesta <https://www.tekniikkatalous.fi/kumppanisallot/hottingerbruelkjaer/mittaathan-aanta-oikein/>



HS Timber Group. (10.11.2021). Sawmill project in Argentina. Haettu 1.10.2023 osoitteesta <https://hs.at/en/press/news/detail/sawmill-project-in-argentina.html>

HS Timber Group. (n.d.). Production sites. Haettu 5.9.2023 osoitteesta <https://hs.at/en/company/production-sites.html>

Jyväskylän yliopisto. (2009). Äänioppi. [https://staff.jyu.fi/Members/peltsi/opetus/BMEP003/dokumentit/luennot\\_osa2\\_2](https://staff.jyu.fi/Members/peltsi/opetus/BMEP003/dokumentit/luennot_osa2_2)

Karvala, K., Leino, T., Oksa, P., Santonen, T., Sainio, M., Latvala, J. & Uitti, J. (2019). Altistelähtöinen työterveysseuranta. Kustannus Oy Duodecim.

Kemppi, E. (2012). Korvan aistit. Yle Oppiminen. Haettu 24.9.2023 osoitteesta <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2012/11/06/korvan-aistit>

Kuuloliitto ry. (2017). Melun vaikutukset. <https://www.kuuloliitto.fi/wp-content/uploads/2017/09/Melun-vaikutukset.pdf>

Kuuloliitto ry. (n.d.). Työterveyshuollon ja työnantajan tuki. Haettu 2.10.2023 osoitteesta <https://www.kuuloliitto.fi/tyoterveyshuollolle-ja-tyonantajalle/>

Larson Davis. (2013) Spark Noise Dosimeters and Blaze Software [valokuva]. [http://www.larsondavis.com/ContentStore/mktg/LD\\_Manuals/706%20Spark%20Blaze%20manual.pdf](http://www.larsondavis.com/ContentStore/mktg/LD_Manuals/706%20Spark%20Blaze%20manual.pdf)

Luvian Saha Oy. (n.d.). Etusivu [valokuva]. LinkedIn. Haettu 1.10.2023 osoitteesta <https://www.linkedin.com/company/luvian-saha-oy/?originalSubdomain=fi>

Luvian Saha. (n.d.). Meistä. Haettu 5.7.2023 osoitteesta <https://luviansaha.fi/meista/#>

Luvian Saha. (n.d.). Tuotteemme. Haettu 5.7.2023 osoitteesta <https://luvian-saha.fi/tuotteemme/>

Maa- ja metsätalous ministeriö. (n.d.). Metsäteollisuus Suomessa. Haettu 5.9.2023 osoitteesta <https://mmm.fi/metsat/puun-kaytto/metsateollisuus-suomessa>

Mediseam Oy. (n.d.). Äänieristepaneeli teollisuusaitaan [valokuva]. Haettu 1.10.2023 osoitteesta <https://mediseamstore.fi/tuote/aanieristepaneeli-teollisuusaitaan-13x23m/>

Metsäteollisuus ry. (2022). Metsäteollisuuden tuotantomäärät [valokuva]. [https://global-uploads.webflow.com/5f44f62ce4d302179b465b3a/63e4be1d442cab6140442ede\\_Metsäteollisuuden%20tuotantomäärät%202022.png](https://global-uploads.webflow.com/5f44f62ce4d302179b465b3a/63e4be1d442cab6140442ede_Metsateollisuuden%20tuotantomäärät%202022.png)

Puttonen, P. (3.5.2022). Luvian Saha Oy HS Timber Groupin omistukseen. Puumies-lehti. Haettu 12.5.2023 osoitteesta <https://puumieslehti.fi/uutisia/luvian-saha-oy-hs-timber-groupin-omistukseen/>

Pääkkönen, R. (2022). Meluntorjuntaohjelma ja sen laatiminen. Työturvallisuuskeskus. [https://ttk.fi/wp-content/uploads/2022/06/TTK\\_Meluntorjuntaohjelma\\_fi\\_02.pdf](https://ttk.fi/wp-content/uploads/2022/06/TTK_Meluntorjuntaohjelma_fi_02.pdf)

Ramboll Oy. (2023). Ilmakuva Luvian Sahasta [valokuva]. Luvian Sahan tiedot.

Teollisuusliitto. (n.d.). Melunvaikutukset [valokuva]. <https://www.teollisuusliitto.fi/tyoelama/tyoymparisto-ja-tyosuojelu/tyoymparisto/tyohygienia/melu/>

Terveysten ja hyvinvoinnin laitos. (2023). Melu. Haettu 5.7.2023 osoitteesta <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/melu>

Terveyskirjasto. (2016). Impulssimelu. <https://www.terveyskirjasto.fi/ltt01318/impulssimelu?q=impulssimelu>

Terveystalo. (n.d.). Kuuloseula. Haettu 5.9.2023 osoitteesta <https://www.terveystalo.com/fi/palvelut/kuuloseula>

Työelämätiето. (25.4.2022). Meluvamma on edelleen työikäisten yleisin vahvistettu ammattitauti. <https://www.tyoelamatiето.fi/fi/articles/analysisOccupationalDiseases-04-2022>

Työsuojelu.fi. (2022). Melu. Haettu 5.7.2023 osoitteesta <https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/fysikaaliset-tekijat/melu>

Työsuojelu.fi. (2020). Meluntorjunta. Haettu 11.10.2023 osoitteesta <https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/fysikaaliset-tekijat/melu/meluntorjunta>

Työterveyshuoltolaki 1383/2001. Haettu 5.7.2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20011383>

Työterveyslaitos. (n.d.) Kuulonsuojaimet. Haettu 17.7.2023 osoitteesta <https://www.ttl.fi/teemat/tyoturvaluisuus/henkilonsuojaimet/suojainten-valinta-ja-kaytto/kuulonsuojaimet>

Työterveyslaitos. (n.d.). Melu. Haettu 5.7.2023 osoitteesta <https://www.ttl.fi/teemat/tyoturvaluisuus/altistuminen-tyoympariston-haittatekijoille/fysikaaliset-altisteet-tyopaikalla/melu>

Työterveyslaitos. (n.d.). Meluvamma. Haettu 5.7.2023 osoitteesta <https://www.ttl.fi/teemat/tyoterveys/ammattitaudit/meluvamma>

Työturvallisuuskeskus. (2022). Meluntorjuntaohjelman laatiminen. <https://ttk.fi/wp-content/uploads/2022/06/Meluntorjuntaohjelma.pdf>

Työturvallisuuslaki 738/2002. Haettu 23.9.2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>

Valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvamerkeistä ja niiden vähimmäisvaatimuksista 687/2015. Haettu 17.7. osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150687>

Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuville vaaroilta 85/2006. Haettu 5.7.2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060085>

Ylinen, J. (n.d.) Dopplerin ilmiö. Haettu 12.5.2023 osoitteesta <https://peda.net/p/janne.ylinen/opetus/fysiikka/fys-3/aaltoilmiöitä/dopplerin-ilmiö>

Ympäristöministeriö. (2018). Ääniympäristö. [https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Ymparistoministerion-ohje-rakennuksen-aaniymparistosta-2852D34E DA43 4DCA 9CEE 47DBB9EFCB08-138568.pdf](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Ymparistoministerion-ohje-rakennuksen-aaniymparistosta-2852D34E_DA43_4DCA_9CEE_47DBB9EFCB08-138568.pdf)