

MELUNTORJUNTA TEHDASYMPÄRISTÖSSÄ

Stalatube Oy

Tiivistelmä

Tekijä(t) Mäkiranta, Jesse	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 39	Valmistumisaika Kevät 2019
Työn nimi Meluntorjunta tehdasympäristössä Case: Stalatube Oy		
Tutkinto Kone- ja tuotantotekniikka, mekatronikka, insinööri (AMK)		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä ääneen, meluun ja sen torjuntaan, Stalatube Oy:n meluntorjuntaohjelmaan sekä keksiä ja toteuttaa uusia meluntorjuntamenetelmiä.</p> <p>Stalatuben tuotantoprosessissa käytössä olevista koneista ja laitteista aiheutuu ympäristöön tausta- ja tuotantomelua. Koska melutaso tuotannon tiloissa ylittää paikoin valtioneuvoston asettaman ylemmän toiminta-arvon, velvoittaa valtioneuvoston asetus 85/2006 yrityksen laatimaan meluntorjuntaohjelman tuotantomelun torjumiseksi.</p> <p>Työn teoriaosuudessa perehdyttiin äänen sekä melun ominaisuuksiin, valtioneuvoston asetukseen 85/2006 työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuville vaaroille, meluntorjuntaohjelmaan ja meluntorjuntamenetelmiin.</p> <p>Työn toteutus tapahtui kolmessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa tutustuttiin tuotannossa käytettävien koneiden ja laitteiden toimintaan sekä yrityksen voimassa olevaan meluntorjuntaohjelmaan ja sen sisältöön.</p> <p>Toisessa vaiheessa mitattiin tuotantolinjojen aiheuttamia melutasoja, kerättiin huomattavissa olevia meluntorjuntaan liittyviä puutteita sekä suunniteltiin meluntorjuntakeinoja käytettäväksi melutasojen alentamiseksi. Torjuntamenetelmien tehokkuutta pohdittiin, ja parhaiksi menetelmiksi osoittautuivat meluseinäkkeet, kotelointien tiivistäminen ja koneiden kunnossapidon tehostaminen.</p> <p>Kolmannessa vaiheessa saatettiin suunniteltuja toimenpiteitä käytännön tasolle. Toimenpiteille suoritettiin testauksia toimivuuden tarkastamiseksi. Meluallistustasoja saatiin toimenpiteillä alennettua 2-10 dB(A) paikasta ja käytetystä menetelmästä riippuen. Myös yrityksen meluntorjuntaohjelma saatettiin ajan tasalle.</p>		
Asiasanat ääni, melu, meluntorjunta, teollisuus		

Abstract

Author(s) Mäkiranta, Jesse	Type of publication Bachelor's thesis	Published Spring 2019
	Number of pages 39	
Title of publication Noise control in industrial environment Case: Stalatube Oy		
Name of Degree Bachelor of engineering		
Abstract <p>The objective of this thesis was to study the attributes of sound and noise, examine noise control as a subject, update the existing noise control plan of Stalatube Oy, and to seek new solutions for noise control in an industrial environment.</p> <p>The machines used in Stalatube's tube production process inflict disturbing noise to their environment. The noise levels in the factory partly exceed the upper limit set by the Finnish council of state in their regulation 85/2006. This binds the company to come up with a plan to reduce production noise in the factory.</p> <p>In the theoretical part of this thesis, the main attributes of sound and noise were examined. The council of state regulation 85/2006 for protecting employees from the dangers of noise is also explained thoroughly. In addition, the noise control plan, its contents, and different types of noise control measures were examined.</p> <p>The practical part of this thesis was completed in three different stages. First, the machines used in tube production were made familiar and the existing noise control plan was inspected. Secondly, the noise levels inflicted by the machines were measured, the omissions in noise control were gathered, and plausible noise control measures were planned. Movable sound barriers, better casing, and enhancing machine maintenance appeared to be the best measures.</p> <p>Lastly, plausible noise control measures were tested and taken to use. Noise levels dropped 2 to 10 dB(A) across the factory depending on the method used. Also the existing noise control plan was updated.</p>		
Keywords sound, noise, noise control, industry		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	STALATUBE OY.....	2
3	ÄÄNI JA MELU	3
3.1	Ääni	3
3.1.1	Äänen taajuus.....	3
3.1.2	Äänen voimakkuus	4
3.1.3	Äänen nopeus ja liike.....	4
3.2	Melu	5
3.2.1	Melun vaikutus ihmiseen	5
4	MELUNTORJUNTA	8
4.1	Valtioneuvoston asetus.....	8
4.2	Meluntorjuntasuunnitelma.....	10
4.3	Torjuntamenetelmät.....	11
4.3.1	Melun syntymisen estäminen.....	11
4.3.2	Melun etenemisen estäminen	12
4.3.3	Melun vaimentaminen akustoinnilla	12
4.3.4	Henkilökohtaiset kuulonsuojaimet.....	12
4.3.5	Melussaoloajan vähentäminen	13
5	TYÖN SUORITTAMINEN	15
5.1	Lähtötilanne	15
5.1.1	Koneiden rakenne	15
5.1.2	Alkuperäinen meluntorjuntaohjelma.....	16
5.2	Suunnitteluvaihe	17
5.2.1	Melumittaukset	17
5.2.2	Havaitut puutteet	26
5.2.3	Suunnitellut meluntorjuntamenetelmät.....	29
5.3	Toimenpiteet.....	31
5.3.1	Meluntorjuntaohjelman päivittäminen.....	31
5.3.2	Tuotantotilojen muokkaukset	32
5.3.3	Meluseinäkkeet.....	34
5.3.4	Koneiden kunnossapito	36
6	YHTEENVETO	37
	LÄHTEET	38

1 JOHDANTO

Melulta ei nykypäivänä ole kukaan turvassa. Sen vaikutukset ovat näkyvissä joka puolella, eikä niiltä ihminen välty. Tämän takia melun torjuminen kaikin mahdollisin keinoin on tärkeä osa turvallisempaa ja miellyttävämpää elinympäristöä. Melun haitat ovat ihmisen terveydelle vaarallisia monella tavalla, kuulon heikkeneminen näistä vaarallisimpana. Jatkuvasti meluisa työympäristö siviilielämisen melujen lisäksi heikentää ihmisen työskentelykykyä ja vaarantaa kuulon heikkenemiselle entistä tehokkaammin.

Melun todellisista haitoista johtuen on valtioneuvosto luonut asetuksen 85/2006 työntekijöiden suojelemiseksi melusta aiheutuvilta vaaroilta. Kyseinen asetus on suuressa osassa tätä opinnäytetyötä, joka keskittyy melun torjumiseen tehdasympäristössä.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutustuttaa lukija äänen ominaisuuksiin, meluun ja sen vaikutuksiin ihmisessä, meluntorjuntaan sekä siihen liittyviin aiheisiin sekä meluntorjuntaan käytännössä ruostumattomien teräsputkien valmistuksessa.

Tämä opinnäytetyö toteutettiin lahtelaiselle Stalatube Oy:lle, jonka suurimpana ja tärkeimpänä prosessina on neliö- ja suorakaideputkien valmistaminen ruostumattomista teräksestä. Stalatuben tuotantoprosessiin kuuluu koneita ja laitteita, jotka pitävät sisällään meluavia komponentteja. Tehtaan melutaso ylittää valtioneuvoston asettamat rajat lähes joka puolella tehdasta, koneiden tuottaessa putkea. Tämän takia yrityksen on ollut pakko luoda meluntorjuntaohjelma, joka pitää sisällään kartoituksen melutasoista ja -lähteistä sekä suunnitelman siitä, miten ja missä aikataulussa yritys aikoo saattaa melutasot asetettujen raja-arvojen alapuolelle.

Suurimpina haasteina opinnäytetyössä olivat koneiden fyysinen rakenne ja tilan puute. Nämä yhdistettynä loivat tarpeen keksiä uusia ratkaisuja torjua melua sekä päivittää meluntorjuntaohjelmaa järkevästi.

2 STALATUBE OY

Stalatube Oy on vuonna 1974 perustettu ruostumattomia teräsputkia- ja komponentteja valmistava lahtelainen yritys. Yritys sai alkunsa Stala Oy:n ryhdyttyä valmistamaan suurkeittiökalusteita, mikä loi tarpeen ruostumattomille teräsputkirakenteille. Nimi Stalatube tuli kuitenkin voimaan vasta vuonna 2000, kun Stala Oy:n hallitus päätti hajauttaa putkituotannon ja pesupöytätuotannon toisistaan. Stalatube Oy:n liikevaihto oli noin 100 miljoonaa euroa vuonna 2017 ja se työllistää noin 100 työntekijää. Tuotantoa sillä on noin 28 000 tonnin verran. (Stalatube 2018a.)

Tuotanto koostuu pääosin ruostumattomien neliö- ja suorakaideputkien valmistuksesta. Lisäksi yritys valmistaa ruostumattomia komponentteja esimerkiksi kuljetusvälineiteollisuuteen. Yrityksen valmistamat putket vaihtelevat seinämävahvuudeltaan 1,2 mm:stä 12 mm:iin. Putkien leveys ja korkeus taas vaihtelevat 20 mm:stä aina 300 mm:iin asti. Yksittäisvalmistettavien putkien seinämävahvuus voidaan nostaa jopa 15 mm:iin. Valmistettavien putkien pituus vaihtelee muutamasta millistä aina 18 metriin asti. Valmistusmateriaaleina putkivalmistuksessa käytetään austeniittisia- ja ferriittisiä teräslaatuja sekä duplex-materiaaleja. (Nummi 2019.)

Stalatube on maailmanlaajuisesti tunnettu laadukkaiden tuotteiden valmistajana. Ruostumattomien putkien ja jatkojalosteiden valikoima yrityksellä on maailman laajin. Yritys on toiminut 45 vuoden ajan ja omaa kansainvälisen jakeluverkoston, joka ulottuu kaikkiin maanosiin ja 50 maahan. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Lahdessa Suomessa ja myyntikonttoreita on sijoitettu Yhdysvaltoihin, Hollantiin ja Intiaan. Yrityksen putkituotanto on keskitetty Lahden Taivalkadulle. Komponenttutuotanto, I- ja H-palkkien tuotanto sekä järeiden yksittäiskappaleputkien valmistus on sijoitettu erilliselle tehtaalle Lotilaan. (Nummi 2019.)

Yrityksen tavoite on olla luotettava ja asiakaslähtöinen ruostumattomien rakenneputkien ja komponenttien valmistaja, joka tarjoaa jatkuvasti lisäarvoa ja taloudellista hyötyä globaaleille kumppaneilleen (Stalatube 2018b.).

3 ÄÄNI JA MELU

3.1 Ääni

Ääni on värähtelyä, joka vaatii edetäkseen jonkin väliaineen, esimerkiksi ilman. Kun ilman saa jotenkin värähtelemään, luo se vuorotellen korkeampia ja matalampia ilmanpaineen alueita. Tällöin ilmassa olevat molekyylit vuorotellen tiivistyvät yhteen ja erkanevat toisistaan. Vaihtelevat äänenpaineen tasot luovat ilmaan aaltoja, jotka liikkuvat pallomaisesti joka suuntaan, elleivät ne törmää esteeseen. Korva ottaa ilmassa kulkevat ääniaallot vastaan ja muuttaa ne aivojen ymmärtämään muotoon, sähkökemiallisiksi signaaleiksi. (Harju 2018, 2.)

3.1.1 Äänen taajuus

Jaksoksi kutsutaan ääniaaltojen värähtelyjen säännöllisyyttä. Jakso on se kokonaisuus, jonka jälkeen värähtelyjen vaiheet toistuvat uudestaan. Äänen taajuuden määrittää se, kuinka nopeasti jaksot toistuvat peräkkäin. Hitaasti värähteleviä ääniä kutsutaan bassoääniksi. Värähtelytaajuudeltaan nopeita aaltoja kutsutaan puolestaan diskanttiaäniksi. Taajuuden mittayksiköllä, hertsillä, kuvataan jaksojen määrää, jonka ääniaallot värähtelevät yhden sekunnin aikana. Ihmisen kuuloaisti on kykeneväinen kuulemaan ääniä noin 20 hertsistä 20 000 hertsiin. Äänentaajuusalueet jakautuvat taulukon 1 osoittamalla tavalla. Ääntä jää myös kuuloalueen ylä- ja alapuolelle. Kuuloalueen alapuolella olevia ääniä kutsutaan infraääniksi ja yläpuolella olevia ultraääniksi. (Tarmia 2013, 4.)

Taulukko 1. Audiotaajuusalueiden karkea jako (Tarmia 2013, 5)

1 - 20 Hz	alle ihmisen kuuloalueen	ei kuultavissa, mutta tunnettavissa oleva energia
20 - 40 Hz	matala basso	matalimpien tehosteäänien alue, yleensä kaiuttimien ulottumattomissa (tarvitaan subwoofer)
40 - 200 Hz	basso	lämmön alue, johon bassoinstrumenttien voima keskittyy
200 - 2500 Hz	keskiäänet	tärkein taajuusalue, joka sisältää varsinaisen informaation
2500 - 5000 Hz	yläkeskiäänet (presens)	kuuloaistimme herkin alue, selkeyden ja erottelevuuden alue
5000 - 20 000 Hz	diskanttialue	kirkkauden ja kuulauden alue

3.1.2 Äänen voimakkuus

Äänen voimakkuus määrittyy äänivärähtelyn laajuuden eli amplitudin kuvaamasta ilmapaineen muutoksesta. Äänen voimakkuuden kasvaessa nousee myös äänenpaine. Ihmiskorvalla on kyky kuulla ääniä todella hiljaisesta todella kovaan. Sen takia äänenvoimakkuuksia mitataan yleisesti logaritmisesti muuttuvalla desibeliasteikolla (dB), jonka mitta-asteikko kasvaa eksponentiaalisesti. (Harju 2018, 2.)

Desibeli on vertailuyksikkö, jolla ilmaistaan kahden eri arvon keskinäinen suhde. Desibellillä ei yksinään ole absoluuttista arvoa. Nollataso määräytyy eri käyttötarkoituksissa eri tavalla. Mitattaessa akustisen äänen voimakkuuksia käytetään yleensä dB SPL -asteikkoa (Sound Pressure Level), jonka mukaan 0 dB SPL vastaa ihmisen kuulokynnystä keskitajuuksilla 200 – 5000 Hz. Taulukko 2 pitää sisällään esimerkkejä SPL -asteikolla mitatuista äänentasoista. (Harju 2018, 2.)

Kun äänen taso nousee 6 dB SPL edellisestä arvosta, äänenpaine kaksinkertaistuu. Korva kuitenkin aistii äänenvoimakkuuden kaksinkertaistuneen vasta, kun äänenpainetta kasvatetaan noin 10 dB. Tämä on kuitenkin hyvin yksilöllinen kokemus, sillä iän myötä sisäkorvan simpukassa olevat aistinsolut rappeutuvat, jolloin kuulo niitä vastaavilla taajuuksilla heikkenee. (Harju 2018, 2.)

Taulukko 2. Äänentasoja SPL-asteikolla (Tarmia 2013, 6)

0 dB SPL	ihmisen kuulokynnys
25 dB SPL	kuiskaus
50 - 60 dB SPL	normaali keskustelu
80 dB SPL	katuliikenne
100 dB SPL	voimakas klassinen musiikki
120 - 130 dB SPL	kipukynnys

3.1.3 Äänen nopeus ja liike

Äänen nopeus on riippuvainen lämpötilasta ja käytössä olevasta väliaineesta (esimerkiksi teräs, ilma tai vesi). Äänen nopeus on ilmassa 331,4 m/s, kun lämpötila on 0 °C, mutta se nousee 0,6 m/s jokaista noussutta lämpöastetta kohden. Huoneenlämpöisessä ympäristössä (22 °C) äänen nopeus on noin 345 m/s. Koska ääni tarvitsee kulkeakseen väliaineen, ei se tyhjiössä pysty etenemään. (Sibelius-Akatemia 2018.)

Tietoa äänen nopeudesta voidaan hyödyntää esimerkiksi laskettaessa kaiutinryhmien viivettä live-tapahtumaa varten. Tiedon avulla pystytään myös laskemaan aallonpituudet taajuuskohtaisesti jokaiselle äänelle (kaava1):

$$\frac{\text{äänen nopeus}}{\text{taajuus}} = \text{aallonpituus}$$

Kaava 1. Äänen aallonpituuden laskukaava (Tarmia 2013, 6)

Näin saadaan selville esimerkiksi sen, että 100 Hz taajuisen äänen ääniaalto on noin 3,4 metrin pituinen. Vastaavasti taas 1 kHz:n aalto on pituudeltaan noin 34 cm. Pitkät ääniaallot ovat vaikeita hallita. Sen lisäksi niiden yksi ominaisuus on se, että ne pystyvät läpäisemään paksujakin esteitä. Sen sijaan lyhyet aallot vaimenevat nopeasti, mutta heijastuvat helpommin pinnoista. Tehokkain ratkaisu lyhyiden aaltojen akustiseen hallintaan on ääntä hajottavien pintojen ja sermien käyttäminen. (Tarmia 2013, 7.)

Äänen paikallistaminen on mahdollista kahden korvan avulla. Ääni saapuu molempiin korviin samaan aikaan, kun äänilähde on suoraan edessä. Tällöin ääni on mielestämme keskellä. Mikäli äänilähde siirtyy esimerkiksi oikealle, ehtii ääni ensin oikeaan korvaan, ja sen jälkeen vasta vasempaan. Aikaero tällä ei ole suuri, vain muutamia millisekunteja, mutta se riittää äänilähteen paikallistamiseen. Myös pään ja korvanlehden muoto vaikuttavat suunta-aistimukseen; takaa tuleva ääni kuulostaa erilaiselta kuin edestä tuleva, sillä korvanlehdet ja pää vääristävät ääntä. Tämän takia äänet pystytään paikallistamaan kolmiulotteisesti. (Harju 2018, 2.)

3.2 Melu

Melu on häiritsevää ja kuulolle vaarallista ääntä. Jokainen ihminen altistuu melulle joissain määrin. Liian voimakas melu häiritsee esimerkiksi keskittymistä, työtä ja lepoa. Taustamelua voidaan käyttää myös hyödyksi esimerkiksi suojaamaan informaation leviämistä. Päivittäinen 80 dB(A):n ylittävä meluallistus voi olla ihmisen kuulolle vahingollista. (Työterveyslaitos 2018.)

Kuulolle haitallista melua havaitaan yleensä tuotantotiloissa, joissa käytetään suuria energiamääriä tuotteiden valmistukseen tai siirtelyyn. Erityisen kuulolle haitallista iskumelua esiintyy yleensä eniten metalli- ja rakennusteollisuudessa. (Työterveyslaitos 2018.)

3.2.1 Melun vaikutus ihmiseen

Melu on haitallista ihmisen terveydelle. Se heikentää ihmisen viihtyisyyttä ja kokonaisuvinvointia. Melu aiheuttaa tutkimusten mukaan väsymystä, ärsyyntyneisyyttä, päänsärkyä,

lihasjännitystä sekä lisää tapaturmavaaraa. Jatkuva melu nostaa stressitasoja ja aiheuttaa unihäiriöitä. Sillä on myös nostava vaikutus sykkeeseen ja verenpaineeseen. Liiallinen melu voi johtaa sydän- ja verenkiertoelinten sairauksiin. (Kuuloliitto 2017, 2.)

Melu altistaa ihmisen myös tinnitukselle ja ääniyliherkkyydelle. Sen seurauksena voi ilmetä myös korvien lukkiutumista ja tukkoisuutta. Nämä edellä mainitut oireet voivat viitata kuulonalenemaan. (Kuuloliitto 2017, 2.)

Aikaraja, jonka jälkeen kuulovaurio-
riski on toistuvassa meluallistuk-
sessä todennäköinen:

85 dB - 8 tuntia

88 dB - 4 tuntia

91 dB - 2 tuntia

94 dB - 1 tunti

100dB – 15 minuuttia

Kuvio 1. Meluallistuksen aikarajoja (Kuuloliitto 2017)

Melu toimii merkittävänä altisteena ammattitautien aiheuttamisessa. Korvattujen, melun aiheuttamien ammattitautien määrä oli vuonna 2006 vielä 1200 tapausta vuodessa. Sen jälkeen tapausten määrä on laskenut tasaisesti. Syinä tähän toimivat esimerkiksi automaation paraneminen, melutyötä tekevien työntekijöiden määrän väheneminen sekä kuulonsuojauksen tehostuminen. Vuonna 2014 korvattujen ammattitautien määrä oli enää alle 500 kappaletta. Eniten melulle altistuvat metallialan sekä rakennusalan työntekijät. Työntekijöiden altistuminen kuviossa 1 mainittujen aikarajojen ylittävälle melulle nostaa huomattavasti heidän riskiään altistua kuulovaurioille. (Työterveyslaitos 2018.)

Tehdasympäristöissä melu aiheutuu yleisimmin koneista ja laitteista, rikkoutumisista, korjaustoimenpiteistä, huolimattomuudesta tai meluavista työvaiheista.

Yleisiä varoitusmerkkejä kuulolle haitallisesta melusta ovat seuraavat:

- Liialle melulle on altistunut, jos työpäivän jälkeen tuntee kuulevansa huonosti (niin sanottu tilapäinen kuulonalenema).
- Liialle melulle on altistunut, jos korvat soivat työpäivän jälkeen.
- On liian meluisaa, jos työympäristössä joutuu huutamaan puhuessaan metrin päässä olevalle henkilölle.

- Jos useita työmaiden yleisimpiä käsityökaluja, jotka tuottavat yli 95 dB(A) melutasoa, käytetään säännöllisesti alle 10:n metrin päässä, on altistunut liialle melulle.
- Lain mukaan kovameluiset paikat tulee merkitä. Kannattaa siis katsella ympärilleen. (Työterveyslaitos 2018.)

4 MELUNTORJUNTA

Melu on otettava nykypäivänä työnantajan sekä työntekijän osalta entistä vakavammin huomioon. Työntekijän tulee ottaa osaa meluntorjuntaan pyrkimällä olemaan aiheuttamatta melua työskennellessään, ilmoittamalla työnantajalle havaitsemansa melua aiheuttavat puutteet ja viat, poistamalla kyseiset viat työnantajan opastusten mukaisesti, osallistamalla mahdollisiin järjestettyihin kuulotarkastuksiin sekä palauttamalla mahdolliset melusuojat käyttöön heti kun se on mahdollista, jos ne on tilapäisesti poistettu käytöstä. (Työsuojeluhallinto 2018a.)

Säädösten mukaan työnantajan on aina selvitettävä, onko työntekijöiden havaittavissa melua, joka voi aiheuttaa vaaraa tai haittaa heidän terveydelleen tai turvallisuudelleen. Mikäli melua on havaittavissa, tulee työnantajan selvittää melun lähteet ja niiden tuottamalle melulle altistuvat henkilöt. (Työsuojeluhallinto 2018a.)

Työnantajan vastuulla on mahdollisuuksien mukaan poistaa havaitut melun lähteet, vähentää melun voimakkuutta tai melussaoloaikaa. Mikäli melusta on haittaa vielä näiden toimenpiteiden jälkeen, tulee työnantajan arvioida merkitys jäljelle jääneen melun aiheuttamista haitoista työntekijöiden turvallisuudelle ja terveydelle. Työnantajan on myös huolehdittava siitä, että työntekijät pääsevät kuulotarkastuksiin määräajoin, kun päivittäinen melualtistus ylittää asetetun ylemmän toiminta-arvon. (Työsuojeluhallinto 2018a.)

4.1 Valtioneuvoston asetus

Valtioneuvoston asetusta työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuvilta vaaroilta (85/2006) tulee soveltaa työhön, jossa sovelletaan työturvallisuuslakia (738/2002) ja jossa työntekijät saattavat altistua työstä aiheutuvalla melulla (Valtioneuvoston asetus 85/2006, 2 §.).

Asetus määrää työnantajan selvittämään, onko työpaikalla melua. Työnantajan tulee arvioida ja tarvittaessa mitata työntekijän altistuminen melulle. Mittaustulosten arvioinnissa otetaan huomioon mittausten epätarkkuudet. Mitattaessa päivittäisen melualtistuksen tasoa tulee käyttää A-painotettua äänitasoa. Äänen huippupainetta mitattaessa taas tulee käyttää C-painotettua huippuarvoilmaisimen lukemaa. Melumittaukset tulee suunnitella ja toteuttaa asianmukaisesti työterveyshuollon asiantuntijan tai muun henkilön toimesta, jolla on tarvittava kyky ja taito arvioida ja mitata melua. (Valtioneuvoston asetus 85/2006, 3 §.)

	Päivittäinen melualtistus	Äänen huippupaine/-taso
Alempi toiminta-arvo	80 dB	112 Pa / 135 dB
Ylempi toiminta-arvo	85 dB	140 Pa / 137 dB
Raja-arvo, johon verrattessa otetaan huomioon kuulonsuojainten vaimentava vaikutus	87 dB	200 Pa / 140 dB

Kuvio 2. Melualtistuksen toiminta- ja raja-arvot (Työsuojeluhallinto 2018b)

Mittausmenetelmien ja laitteiden on oltava sellaisia, että ne soveltuvat kuviossa 2 mainittujen äänen huippupaineiden sekä päivittäisten melualtistusten määrittämiseen sekä sen toteamiseen, onko säädetty arvot ylittyä. (Valtioneuvoston asetus 85/2006, 8 §.)

Mikäli arvot ylittyvät mittauksissa, tulee työnantajan suorittaa seuraavia toimenpiteitä:

- Alemman toiminta-arvon ylittyessä
 - työnantajan on huolehdittava siitä, että työntekijän on mahdollista saada käyttöönsä henkilökohtaiset kuulonsuojaimet.
- Jos työntekijän melualtistus vastaa ylempää toiminta-arvoa tai ylittää sen
 - työnantajan on annettava työntekijän käyttöön henkilökohtaiset kuulonsuojaimet, joita työntekijän on käytettävä.
 - työnantajan on riskinarvioinnin perusteella laadittava ja toimeenpantava meluntorjuntaohjelma
 - Työnantajan on asianmukaisesti merkittävä alueet, joilla työntekijät saavat altistua ylemmän toiminta-arvon ylittävälle melulle. Alueet tulee myös rajata ja kulkua niille rajoittaa, mikäli se on mahdollisen altistuksen takia tarpeellista.
- Asetetun raja-arvon ylittyessä
 - Työnantajan on viipymättä ryhdyttävä toimenpiteisiin altistuksen vähentämiseksi alle raja-arvon.
 - Työnantajan on selvitettävä raja-arvon ylittymisen syyt ja tehtävä tarpeelliset muutokset suojaus- ja ennaltaehkäisytoimenpiteissä, jotta ylitys ei toistu. (Valtioneuvoston asetus 85/2006, 14 §.)

4.2 Meluntorjuntasuunnitelma

Meluntorjuntaohjelma on avoin asiakirja, joka työnantajan on laadittava, mikäli työntekijän altistus melulle ylittää ylemmän toiminta-arvon. Meluntorjuntaohjelma toimii suunnitelmana siitä, miten ja mihin mennessä työnantaja pyrkii vähentämään melulle altistumisen ylemmän toiminta-arvon alapuolelle. Työnantajalla on siis oltava meluntorjuntaohjelma niin kauan kuin yhdenkin työntekijän melulle altistuminen ylittää ylemmän toiminta-arvon. Ohjelma on saatettava ajan tasalle ainakin silloin, kun altistuminen arvioidaan uudelleen, työpaikalla todetaan melusta aiheutunut kuulovamma tai käytettävissä on tilanteeseen sopivia uusia keinoja melualtistuksen vähentämiseksi. (Työsuojeluhallinto 2018c.)

Meluntorjuntaohjelman tulee koskea kaikkia työntekijöitä, joiden työolosuhteissa ylempi toiminta-arvo ylittyy. Asiakirjassa tulee olla merkattuna

- ne melulähteet, jotka aiheuttavat kunkin työntekijän merkittävimmät altistukset
- ne keinot, joilla työnantaja aikoo vähentää melualtistusta
- keinojen toteutuksen tavoiteaika ja mahdollisesti toteutuksen vastuuhenkilö. (Työsuojeluhallinto 2018c.)

Melualtistusta voidaan vähentää vain alentamalla melutasoa työntekijän kohdalla tai lyhentämällä melussaoloaika. Meluntorjuntaohjelmaa varten työnantajan tulee tunnistaa ne työvaiheet, koneet ja laitteet sekä työkappaleet ja rakenteet, joiden takia melutaso on kohonnut. Tämän jälkeen työnantajan tulee kunkin tunnistetun melulähteen suhteen miettiä, voiko

- työn tehdä vähemmän meluavalla menetelmällä.
- työhön valita vähemmän meluavia työvälineitä.
- melua vähentää kunnostamalla ja huoltamalla työvälineet tai laatimalla niille huolto- ja kunnossapito-ohjelma.
- meluisat työt sijoittaa ja työntekijöiden työpisteet suunnitella niin, että työntekijöiden korviin tuleva melu vähenee.
- melua alentaa opastamalla työn tekijät käyttämään työvälineitä oikein ja turvallisesti.
- työntekijän korviin tulevaa melua vähentää.
- melua alentaa vaimentamalla värähteleviä pintoja tai pienentämällä niiden pinta-alaa.
- melua alentaa estämällä värähtelyjen eteneminen rakenteissa suuriin pintoihin.
- melua alentaa koteloimalla äänilähteet kokonaan tai osittain.
- melua alentaa sijoittamalla seinäkkeitä äänilähteen ja lähimmän työpisteen väliin.

- melua alentaa rakentamalla koneen käyttäjille äänieristetty valvomo.
- melua alentaa kiinnittämällä ääntä imevää ainetta melulähteen lähipintoihin tai tilan seiniin ja kattoon.
- melua vaimentaa vastaäänellä.
- melun haittoja vähentää järjestämällä työ niin, että työntekijä on vähemmän aikaa melussa tai kauempana melulähteestä.
- työn suunnitella sellaiseksi, että työntekijä pääsee joksikin aikaa pois melusta.

Jos jokin näistä keinoista on käytännössä mahdollinen toteuttaa eikä tuota altistumisen aiheuttamaan haittaan nähden kohtuuttomia kustannuksia, työnantajan on otettava se meluntorjuntaohjelmaan. (Työsuojeluhallinto 2018c.)

4.3 Torjuntamenetelmät

Meluntorjunta on äänen haittojen vähentämistä tai poistamista. Torjumiseen käytetyt menetelmät ovat luokiteltu tärkeytensä mukaan järjestykseen. Työnantajan tulee aina valita mahdollisimman tehokas meluntorjuntakeino olosuhteisiin nähden. (Työterveyslaitos 2018.)

Meluntorjunnan tärkeysjärjestys on seuraavanlainen:

1. melun syntymisen estäminen
2. melun etenemisen estäminen
3. melun vaimentaminen akustoinnilla
4. henkilökohtaiset kuulonsuojaimet
5. melussaoloajan rajoittaminen.

Tämän luotelman ensimmäisenä mainitut keinot ovat yleensä tehokkaimpia, eli niillä saavutettu hyöty on kustannuksiin suhteutettuna suurempi kuin alemmalla tasolla olevan. Kuulonsuojaimet eivät ole meluntorjunnassa riittävä torjuntakeino vähentää meluallistusta, vaikka ovatkin pakolliset meluisassa työympäristössä. Niiden käyttäminen ei myöskään poista työnantajan velvollisuutta meluntorjuntaan. (Työterveyslaitos 2018.)

4.3.1 Melun syntymisen estäminen

Melun syntymisen estäminen on kaikkein tärkein ja tehokkain tapa pienentää melua. Oli kyseessä sitten mikä tahansa ala, melun syntyperän eliminointi on tehokkain tapa päästä siitä eroon. Esimerkiksi paineilmasuuttimesta tuleva suhina voi olla hyvinkin kovaääninen.

Tätä melua voidaan pienentää joko vaihtamalla kyseessä oleva suutin vastaavaan, vähempiääniseen suuttimeen tai pienentämällä puhallettavan ilman painetta. (Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto 2019.)

4.3.2 Melun etenemisen estäminen

Melun etenemisen estäminen tarkoittaa melun etenemisen pysäyttämistä tai sen suunnan muuttamista meluseinäkkeillä, -verhoilla, -loukuilla tai muulla kiinteällä koteloinnilla, jolla melun lähde saadaan eristettyä pois muusta ympäristöstä (NMC Cellfoam Oy 2019.).

Käytettävän koteloinnin tulee olla mahdollisimman tiivis, sillä melu pääsee pienistäkin raoista leviämään ympäristöön, täten tehden koteloinnista hyödyttömän (NMC Cellfoam Oy 2019.).

4.3.3 Melun vaimentaminen akustoinnilla

Melun vaimentaminen tapahtuu käyttämällä meluisassa työympäristössä pintamateriaaleina pehmeitä, melua itseensä imeviä materiaaleja. Nämä materiaalit absorboivat ääntä ja muuttavat tilassa syntyvän äänienergian lämmöksi. Melun vaimentamiseen käytetään muun muassa raskaita polymeeripohjaisia materiaaleja, raskasmattoja, huokoisia avosoluja vaahtomuoveja, tekstiilejä ja villoja. (NMC Cellfoam Oy 2019.)

4.3.4 Henkilökohtaiset kuulonsuojaimet

Kun päivittäinen meluallistus ylittää 80 dB(A), työnantajan tulee hankkia kuulonsuojaimet työntekijän käyttöön. Kuulonsuojaimia on pakko käyttää, mikäli päivittäinen meluallistus ylittää 85 dB(A). (Työterveyslaitos 2019.)

Kuulonsuojaimia on erilaisia. Näistä tulee valita omaan käyttöön parhaiten sopivat. Valinnan avuksi tulee tehdä riskinarviointi ja selvitys siitä millainen kuulosuojain haittaa työn tekemistä vähiten. Suojaimien vaimennustaso tulee valita melutason mukaan. (Työterveyslaitos 2019.)

Kuulonsuojaintyyppit ovat

- tulppasuojaimet
- kupusuojaimet
- melutason mukaan vaimentavat suojaimet
- kommunikaatiosuojaimet
- radiokuulonsuojaimet
- vastamelukuulonsuojaimet.

Suojaimet jaetaan kahteen eri ryhmään; tulppasuojaimet ja kupusuojaimet. Molemmilla suojainryhmillä on omat hyötynsä ja haittansa kuulon suojaamisessa. Tulppasuojaimet ovat helppokäyttöisen, kulkevat kätevästi mukana, suojaavat paremmin matalilta taajuuksilta kuin kupusuojaimet sekä niitä on helpompi käyttää muiden henkilökohtaisten suojaimien kanssa. Kupusuojaimet tarjoavat paremman suojan korkeataajuisille äänille, ne sopivat useimmille suoraan, ne vaativat vähemmän aikaa ja vaivaa laittaa päähän, kestävät pidempään kuin tulppasuojaimet eivätkä huku yhtä helposti. (Työterveyslaitos 2019.)

4.3.5 Melussaoloajan vähentäminen

Melussaoloajan vähentäminen on viimeinen keino rajoittaa meluallistuksen vaikutuksia. Sen ei pitäisi missään vaiheessa olla ratkaisu meluun työpäristöön. (Työterveyslaitos 2019.)

Taulukko 2. Melussaoloajan vaikutus meluallistukseen (Työsuojeluhallinto 2018c)

Melun kesto	Alempaa toiminta-arvoa vastaava melutaso	Ylempää toiminta-arvoa vastaava melutaso	Raja-arvoa vastaava melutaso korvassa
8 tuntia	80	85	87
4 tuntia	83	88	90
2 tuntia	86	91	93
1 tuntia	89	94	96
30 minuuttia	91	97	99
15 minuuttia	94	100	102
7,5 minuuttia	97	103	105
3,25 minuuttia	100	106	108
97 sekuntia	103	109	111
48 sekuntia	106	112	114

Taulukosta 2 nähdään melutason ja melussaoloajan vaikutus päivittäiseen meluallistukseen. Jos melutaso nousee 3 desibeliä, toiminta- tai raja-arvo ylittyy puolet lyhyemmässä ajassa kuin ennen. Toisaalta jos melutaso laskee kolme desibeliä, toiminta- tai raja-arvon

ylittymiseen vaaditaan kaksi kertaa enemmän aikaa kuin ennen. Raja-arvon ylittymisen jälkeen kuulon heikkenemisen riski kasvaa huomattavasti. (Työsuojeluhallinto 2018b.)

5 TYÖN SUORITTAMINEN

5.1 Lähtötilanne

Lähtötilanteessa tutustuin tuotannossa olevien koneiden rakenteeseen sekä yrityksen valmiiksi voimassaolevaan meluntorjuntaohjelmaan. Näiden avulla sain hyvän perustan työn aloittamiselle. Koneille oli jo valmiiksi suoritettu joitain meluntorjuntaan liittyviä toimenpiteitä, mutta nämä eivät olleet tuottaneet vielä haluttua tulosta melun pienentämisen kannalta.

5.1.1 Koneiden rakenne

Stalatuben tuotannossa olevien koneiden tarkoitus on muovata kuvassa 1 näkyvästä kellaalla olevasta rainasta neliö- ja suorakaideputkia.



Kuva 1. Rainakela

Putken valmistus tapahtuu syöttämällä raina koneeseen, joka muovaa sen joko suoraan nelikulmaiseksi tai ensin pyöreäksi putkeksi ja sitten nelikulmaiseksi. Rainan reunat hitsataan kiinni toisiinsa, jolloin se muodostaa putken. Lopuksi valmiit putket pakataan ja lähetetään eteenpäin kuljettimia pitkin. Putket muovitetaan ja niput varastoidaan kuvassa 2 näkyvällä tavalla.



Kuva 2. Varastoitu putkinippu.

Putkenvalmistuskoneet pitävät sisällään osia, jotka aiheuttavat melua ympäristössä. Näiden osien aiheuttamaan meluun pitää kiinnittää huomiota, sillä niistä johtuen valtioneuvoston asettama meluallistuksen ylempi toiminta-arvo (85 dB(A)) ylittyy jokaisella putkituotantolinjalla.

5.1.2 Alkuperäinen meluntorjuntaohjelma

Yrityksen jo valmis päivittämätön meluntorjuntaohjelma vuodelta 2014 antoi käsityksen tarvittavista muutoksista ja puutteista sekä jo tehdyistä parannuksista putkilinjoille. Jokainen putkilinja oli ohjelmassa luokiteltu omaksi työpisteekseen ja niille oli suunniteltu suoritettavat toimenpiteet erikseen. Leikkaamoä käsiteltiin ohjelmassa omana kokonaisuutenaan.

Ohjelmasta löytyi linjakohtainen kartoitus melulähteistä sekä toimenpiteet, joita niiden eliminoinniseksi tullessa tekemään. Jokaiselle linjalle oli ohjelmaan lisätty melumittaustaulukko, josta ilmeni meluallistukset kullekin linjan osalle. Nopeammilla putkilinjoilla (HYB- ja HF-linjoilla) työskentelee samanaikaisesti useampi kuin yksi työntekijä. Tämän takia meluallistuksiin täytyy kiinnittää erityistä huomiota.

Ohjelmassa oli kuitenkin puutteita melko paljon. Siitä puuttui kokonaan yksi putkilinja, eikä muutamia ohjelmassa mainituista linjoista ollut enää edes olemassa. Myöskään niitä toimenpiteitä, jotka olemassa oleville putkilinjoille oli asetettu tehtäväksi, ei ollut kaikkia saatu tehtyä. Toimenpiteiden suorittaminen ja meluntorjuntaohjelman päivittäminen on tässä työssä ensisijaisen tärkeää.

5.2 Suunnitteluvaihe

Suunnitteluvaihe piti sisällään tuotantotiloissa sijaitsevien melulähteiden kartoittamisen sekä meluntorjuntamenetelmien suunnittelemisen altistustasojen alentamiseksi sallitun ylemmän toiminta-arvon.

Melulähteiden kartoittamiseksi suoritettiin melumittauksia, joista pystyttiin tarkastelemaan melu-altistustasoja jokaisen tuotantolinjan alueella.

5.2.1 Melumittaukset

Suoritin jokaiselle putkilinjalle melumittaukset, joiden avulla sai kuvan melu-altistuksista kunkin työvaiheen kohdalla. Mittaukset suoritin kuvan 3 mukaisella YCT YC-30 -melumittarilla. Mittauksissa otin huomioon A-painotusasteella mitattavan päivittäisaltistuksen sekä C-painotusasteella mitattavan impulssimelun huippuarvon. Mittaukset on suoritettu noin metrin päästä jokaisen koneen osan kohdalla.



Kuva 3. YCT YC-30 -melumittari

Taulukko 3. Putkilinjan 1 meluallistustasot

linja1	dB(A)	dB(C)
aukikelain	77	81
hitsaus	93	94
hionta	95	95
kalibrointi	94	96
muotoilu	89	92
harjaus	86	92
jähdytys	93	94
sahaus	85	88
pakkaus	75	82

Taulukosta 3 voidaan tarkastella meluallistustasoja linjan jokaisen työvaiheen kohdalle. Suurin melu tällä linjalla aiheutuu hionnasta, jolla hiotaan hitsausseurausta tasaiseksi. Hionta tapahtuu heti hitsauksen jälkeen kahdella hiomanauhalla, jotka sijaitsevat erillisissä koteloidissa. Hionnasta aiheutuva melu kantautuu ilmassa muidenkin työvaiheiden alueelle sekä johtuu putkea pitkin koko koneen pituudelle.

Putken muotoilusta ei juurikaan melua lähde. Lähes kaikki muotoilun kohdalla kuuluva melu on peräisin joko hionnasta tai edempänä sijaitsevasta putken harjauksesta sekä jähdytyksestä.

Putken harjauksen tarkoituksena on saada putken sivuista tasalaatuiset sekä luoda putken pintaan harjauks jälki. Koteloidusta harjauksesta ei koteloinnin ulkopuolelle juurikaan melua pääse, mutta koteloinnin päädyt, joista putki menee sisään ja ulos harjauksesta varten, ovat avonaiset ja ääni pääsee täten saastuttamaan ympäristöä.

Putken jähdytys on viimeinen työvaihe ennen kuin putki katkaistaan mitaansa. Jähdytys tapahtuu puhaltamalla putkea paineilmalla sekä samalla jähdyttämällä putkea nesteen avulla. Tämän työvaiheen melu tulee pääasiassa paineilmalla toimivista puhallussuuttimista sekä jähdytysnesteen kierrosta.

Linjan loppupäässä eniten melua tuotti putkien tippuminen joko romutelineeseen tai toiselle puolelle konetta valmiiden putkien niputusta varten olevalle kuljettimelle. Impulssiomainen melu nostaa päivittäistä meluallistusta jonkin verran, sillä jokainen tuotettu putki pitää samanlaisen äänen siirtyessään kuljettimella.

Linja 2 (HF) sijaitsee linjan 1 vieressä, joten myös osa sen meluallistuksista kantautuu naapurissa olevalta tuotantolinjalta, sillä niiden välissä oleva tila on avoin. HF-linja on uudempi ja eri periaatteella toimiva tuotantolinja. Linjalla valmistettavat putket hitsataan käyttäen HF(high frequency)-hitsausta. Tämän jälkeen putket muotoillaan ja harjataan kuten linjalla 1, mutta putken katkaisu tapahtuu giljotiinivälineellä leikkurilla sahan sijaan. Nämä yhdistettynä tekevät linjasta paljon nopeamman kuin vieressä oleva vanha linja.

Taulukko 4. HF-linjan meluallistustasot

linja 2 (HF)	dB(A)	dB(C)
aukikelain	77	80
rainaleikkuri	77	81
raina-akku	78	83
alkupään muotoilu	83	85
hitsaus	82	87
loppupään muotoilu	86	90
harjaus	86	92
putken kuivaus	89	92
putken leimaus	89	98
katkaisu	85	102
takaohjauspulpetti	83	104
takakuljetin	84	94
pakkaus	83	93

HF-linjalla suurin melu sijaitsee taulukon 4 osoittamilla paikoilla. Tämä melu johtuu pääasiassa suhisevista neste- ja paineilmasuuttimista sekä muotoilun moottoreiden voimansiirrosta. Voimansiirrosta tuleva melu kulkeutuu värinän mukana muotoilurulliin asti, aiheuttaen muotoilupukkeihinkin värinää ja täten nostaten melutasoa. Kaikista suurin melun aiheuttaja HF-linjalla on kuitenkin linjan peräpäässä oleva paineilmatytkki, jolla putki puhalletaan sisältä kuivaksi ennen pakkausta.

HYB1-linja on tehtaan uusin linja. Sen nimi tulee linjan kyvystä hitsata hybridinä joko HF-tai MIG-hitsauksella. Huippunopeus tällä linjalla on putkikoosta riippuen jopa 60 metriä minuutissa.

Taulukko 5. HYB-putkilinjan meluallistustasot

linja 3 (HYB)	dB(A)	dB(C)
aukikelain	80	85
raina-akku	85	88
muotoilu	88	91
hitsaus	93	105
harjaus	85	94
sahaus	90	109
hionta	89	109
pakkaus	86	92

HYB-linjalla oleva saha on pyörösaha, jotta linjan ajonopeudet pysyisivät mahdollisimman korkeana. Pyörösaalla pystytään leikkaamaan putket mittaansa paljon nopeammin kuin vannesahalla. Tämän tyyppinen saha kuitenkin aiheuttaa melua huomattavasti enemmän kuin vannesaha. Sen takia melutasot tällä linjalla nousevat reilusti yli sallitun ylemmän toiminta-arvon.

Myös linjan muut työvaiheet ylittivät ylemmän toiminta-arvon taulukon 5 osoittamalla tavalla. Suurimpina meluajina toimivat kuitenkin raina-akku ja saha. Raina-akun kohdalla melutasoja oli kuitenkin saatu alennettua meluseinäkkeillä.

Myös linjan hitsauksen kohdalta kuuluva vinkuva ääni nousi reilusti yli sallittujen rajojen.

Linja 4 on asetettu vastakkain linjan 11 kanssa. Kokoluokaltaan näillä putkilinjoilla valmistetaan vain suuria putkia. Nämä linjat ovat identtiset, lukuun ottamatta linjalle 11 juuri tehtyä modernisointia.

Taulukko 6. Putkilinjan 4 meluallistustasot

linja 4	dB(A)	dB(C)
aukikelain	73	79
rainanohjain	76	80
muotoilu	78 (rainan naristessa 87)	85 (89)
kalibrointi	91	91
harjaus	82	88
muotoilu	89	90
sahaus	81	86
pakkaus	76	103

Linjan 4 meluallistuksista suurin osa tuli taulukosta 6 tarkasteltuna putken harjauksesta. Harjauksen aiheuttamaa melua lukuun ottamatta tämä linja on hyvinkin hiljainen. Osa melusta aiheutui rainamuotoilun aikana syntyvästä narinasta ja rainan paukkumisesta. Paukkumisen aiheuttama iskumelu kuitenkin ylittää muotoilun kohdalla sallitun raja-arvon.

Pakkausvaiheessa on havaittavissa iskumaista melua putken tippuessa joko romukouruun tai pakkauspöydälle. Tämä iskumelu nousee hetkittäin yli asetetun raja-arvon.

Putkilinja 5 sijaitsee lattalinjan ja HYB-linjan välissä keskellä tuotantohallia. Tilan ollessa avoin nousee tällä putkilinjalla yleinen melutaso vieressä olevan HYB-linjan ansiosta aina sen ollessa käynnissä.

Taulukko 7. Putkilinjan 5 meluallistustasot

linja 5	dB(A)	dB(C)
aukikelain	74	82
rainanohjain	78	82
muotoilu	82	85
hionta	89	95
kalibrointi	84	87
muotoilu	90	92
harjaus	84	88
sahaus	97	98
pakkaus	85	95

Taulukosta 7 voidaan selvästi huomata putkilinjan 5 meluisimmat kohdat. Nämä ovat hitaussauman hionta, peräpään muotoilu sekä sahausvaihe. Peräpään muotoilun sekä sahauksen melutasoja nostaa huomattavasti niiden välissä oleva harjausvaihe.

Putkilinja 9 on sijoitettu lattalinjan toiselle puolelle putkilinjan 10 viereen. Tällä linjalla valmistetaan linjojen 5 ja 10 lisäksi pääasiassa keskikokoista putkea.

Taulukko 8. Putkilinjan 9 meluallistustasot

linja 9	dB(A)	dB(C)
aukikelain	75	80
rainanohjain	76	81
muotoilu	81	84
hionta	92	92
kalibrointi	90	90
muotoilu	82	87
harjaus	80 (ei harjausta)	87 (ei harjausta)
sahaus	82	87
pakkaus	78	83

Linjalla 9 oli havaittavissa rainan vinkumista muotoilun aikana. Tämä nosti osaltaan hetkellistä meluallistusta. Myös tällä tuotantolinjalla suurimmat melulähteet ovat taulukon 8 mukaan hitsaussauman hionta ja putken harjaus. Harjausta ei ollut käytössä mittauksien aikana, mutta koteloinnin ulkonäön perusteella pystyttiin päättämään melun pääsevän tuotantotiloihin melko hyvin, sillä kaikilla vanhoilla putkilinjoilla (1, 4, 5, 9, 10, 11) harjausvaiheiden koteloinnit ovat lähes identtiset.

Linja 10 on samanlainen kuin linja 9. Ainoana erona putkilinjojen välillä on hitsausmenetelmä. Linja 9 käyttää hyväkseen laser-hitsausta, kun taas linja 10 hitsaa putken TIG-hitsauksella. Linjat ovat sijoitettu seläkkäin keskelle tehdasta linjojen 4 ja 5 väliin.

Taulukko 9. Putkilinjan 10 meluallistustasot

linja 10	dB(A)	dB(C)
aukikelain	72	80
rainanohjain	76	81
muotoilu	83	86
hitsaus	93	93
hionta	97	97
kalibrointi	92	93
muotoilu	89	91
harjaus	89	93
sahaus	93	94
pakkaus	83	92

Tälläkin linjalla muotoilu on hyvin hiljainen. Taulukon 9 mukaan lähes kaikki melu tulee linjan hionta- ja harjausvaiheesta. Myös putken pesu- ja kuivausvaiheesta, joka sijaitsee harjauksen jälkeen ennen sahausta, aiheutuu melua ympäristöön. Linjan takana olevista jäähdytys-, poisto- sekä sähkölaitteista kuului myös häiritsevää melua.

Linja 11 on sijoitettu linjan 4 viereen, ja se on samalla tehtaan suurin putkilinja. Tällä putkilinjalla pystytään valmistamaan putkia, joiden koko on jopa 300x300x12. Paksuja materiaaleja työstettäessä putken muotoilu narisee sekä raina paukkuu muotoilurullien välissä, tasaisin väliajoin. Tästä johtuen iskumainen melu linjan läheisyydessä on korkeampi. Taulukossa sulkuihin merkattu luku on rainan paukkuessa kuuluva piikki melussa.

Taulukko 10. Putkilinjan 11 meluallistustasot

linja 11	dB(A)	dB(C)
aukikelain	76	80 (95)
rainanohjain	79	82 (99)
muotoilu	83	86 (112)
kalibrointi	84	87 (112)
harjaus	85	88 (95)
muotoilu	80	85 (87)
sahaus	80	84 (86)
pakkaus	74	82 (85)

Rainan paukkumista lukuun ottamatta tämä linja on meluntorjunnan kannalta melko hyvällä mallilla. Päivittäisen meluallistuksen ylempi toiminta-arvo ei ylity missään vaiheessa. Iskumainen melu on kuitenkin haitallista ja kantautuessaan muillekin linjoille, nostattaa se meluallistustasoa myös muualla. Taulukossa 10 sulkumerkkeihin kirjoitetut luvut kertovat putkilinjan 11 iskumelun huippuarvon rainan paukkuessa.

Lattalinjan meluallistukset johtuivat käytännössä kokonaan muista linjoista. Lattalinja on sijoitettu linjojen 5 ja 9 väliin. Lattalinjan pakkausasema on asetettu niin, että muilta linjoilta kantautuvat melut kuuluvat siihen melko hyvin.

Taulukko 11. Lattalinjan meluallistustasot

Lattalinja	dB(A)	dB(C)
aukikelain	72	79
mittaus	75	80
katkaisu	78	83
pakkaus	80	85

Lattalinjan tehtävänä on leikata leikkaamossa leikattavasta emokelasta jääneet hukkapalat latoiksi, jotka pakataan puulaatikoihin ja myydään eteenpäin. Sen meluallistustasot jakautuvat taulukon 11 osoittamalla tavalla.

Leikkaamossa leikataan raina oikeaan leveyteen suuresta emokelasta. Suurin osa leikkaamon meluallistuksesta tulee rainan hakkaamisesta koneen runkoa vasten sekä romujen tippumisesta romukuljettimelle. Myös romujen tippuminen kuljettimelta romulavalle tuottaa melua. Tämä on kuitenkin sijoitettu tehtaan ulkopuolelle siten, ettei se ole yhtenkään työpisteen läheisyydessä.

Taulukko 12. Leikkaamon meluallistusarvot

Leikkaamo	dB(A)	dB(C)
aukikelain	87	90
1. pulpetti	94	95
Leikkuri	95	96
2. pulpetti	94	95
rainojen erotus	90	92
huopajarru	86	87
3. pulpetti	87	89
takaisinkelain	87	92

Leikkaamossa esiintyvä melu on taulukon 12 mukaista tasaista jyrinää ja iskumaisia impulsseja sisällään pitävää. Melua leikkaamosta kantautuu myös piha-alueelle romujen kulkeutessa romukuljetinta pitkin ulos, jossa ne tippuvat romukaukaloihin.

Meluntorjunta tehtaan piha-alueella on myös hyvin tärkeää. Tehdas on sijoitettu taajama-alueelle ja lähelle asutusta. Piha-alueen melu on enimmäkseen iskumaista, johtuen romujen tiputtamisesta romulavalle, jonka takia päivittäisen meluallistuksen mittaaminen ulkotiloissa on hyvin hankalaa. Melu asuinalueilla ei saa ylittää A-painotetun ekvivalenttitason päiväohjearvoa (klo 7-22) 55 dB eikä yöohjearvoa (klo 22-07) 50 dB. (Valtioneuvoston päätös 993/1992, 2 §.)

Taulukko 13. Meluallistustasot piha-alueella

		dB(A)
	Pihalla taustamelu	54
	Taustamelu trukin ajaessa	74
Romujen tiputus	Lavan vieressä	102-125
	Parkkipaikan puolivälissä	84
	Pääoven edessä	89
	Lenkkipolulla	71-79
	Lähetämön kopissa	63-68
	Varaston sisällä ovi kiinni	79-91
	Vannekone (muovi)	99
Muovivannesilppuri	88-96	

Romuputkien tiputtaminen romulavalle tuottaa kaikkein suurimman impulssimelun piha-alueella, kuten taulukosta 13 voidaan päätellä. Piha-alueen taustamelu on hyvin lähellä päiväohjearvoa johtuen tehtaan sijainnista moottoritien vieressä. Tieltä kantautuva autojen ääni nostaa melutasoa piha-alueella. Myös trukin ohijaminen nostattaa hetkellistä meluallistusta hieman. Tämä ei kuitenkaan vaikuta enää lähimmällä asuinalueella, sillä trukin tuottama ääni vaimenee välissä olevaan metsään.

Romuja kuljetetaan romulavoille aina kun se on tarpeellista. Niiden putoaminen lavalle tuottaa suurimman piikin melussa piha-alueella. Mikäli työntekijä on romun tiputuksen aikana lavan välittömässä läheisyydessä ilman kuulonsuojausta, hänen kuulonsa on vaarassa altistua vaurioitumiselle pudotuksen aiheuttaman melun takia. Sen lisäksi yleinen työturvallisuus vaarantuu työntekijän ollessa lavan läheisyydessä tiputuksen aikana.

Romujen tiputus on iskumaista melua. Tämä ei nosta päivittäistä meluallistusta piha-alueella huomattavasti, sillä huippuarvomelussa ei yksikään työntekijä työskentele jatkuvasti. Melupiikit kestävät noin sekunnin joka pudotuksella. Äänentaso riippuu siitä, miten romut osuvat pudotessaan lavan reunoihin ja pohjaan.

Putkinippujen vanteutukseen käytettävä muovivanne kiinnitetään sille tarkoitetulla koneella. Vannekoneen aiheuttama melu ei ole yhtenäistä, vaan se kestää noin kolme sekuntia jokaisen kiinnitettävän vanteen kohdalla. Toistuva altistus vannekoneen aiheuttamalle melutasolle (n. 100 dB(A)) aiheuttaa todennäköisen kuulovaurioriskin viidentoista minuutin altistumisen jälkeen.

Nipuista ja rainakeloista joudutaan poistamaan vanteita säännöllisesti, josta syntyy tarve vanteiden silppuamiselle. Silputut vanteet vievät vähemmän tilaa, joten niitä mahtuu jäteastiaan enemmän. Silppurin aiheuttama melu päivittäisellä tasolla olisi samalla tasolla

putkihitsauslinjojen kanssa, mutta silppurin läheisyydessä ei kukaan vietä täyttä vuoroa. Silppurit on myös sijoitettu alueille, joissa työntekijöillä on kuulonsuojaimet päässä.

5.2.2 Havaitut puutteet

Puutteet meluntorjunnassa tarkoittavat käytännössä sitä, että meluallistukset nousevat ylisallittujen rajojen. Tämä luo tarpeen meluntorjuntatoimenpiteille, jotta tuotantotilojen meluallistustasot saataisi saatettua asetetun ylemmän toiminta-arvon alapuolelle.

Suurin osa putkilinjojen melusta johtuu puutteellisesta koteloinnista. Melunlähteiden ympärille asetetut koteloinnit ovat liian väljiä, joten osa melusta pääsee karkaamaan tuotantotilaan koteloinnissa olevista raoista. Ongelmaksi kuitenkin asettuu se, että linjoilla valmistettavat putket ovat eri kokoisia. Tämän takia koteloiden suuaukkojen tulisi olla riittävästi suuret, jotta isoimmat putket mahtuisivat läpi. Tämä ongelma on suurin hitsausmaaman hionnassa linjoilla 1, 5, 9 ja 10, sekä putken harjausvaiheessa kuvan 4 mukaisessa kopissa kaikilla vanhemmilla putkilinjoilla (1,4,5,9,10 ja 11).



Kuva 4. Putken harjausvaiheen kotelointi

Hitsausmaaman hionta tapahtuu kahdella hiomanauhalla, jotka liikkuvat sivusuunnassa putken ympärillä muutaman asteen verran, osuen täten laajemmalle alueelle ja varmistuen nauhan kosketuksen koko hitsisaumaan. Hioma-asetat on asetettu peräkkäin, ja niiden välille on jätetty putken tarkastelua varten noin puolen metrin levyinen tyhjä alue.

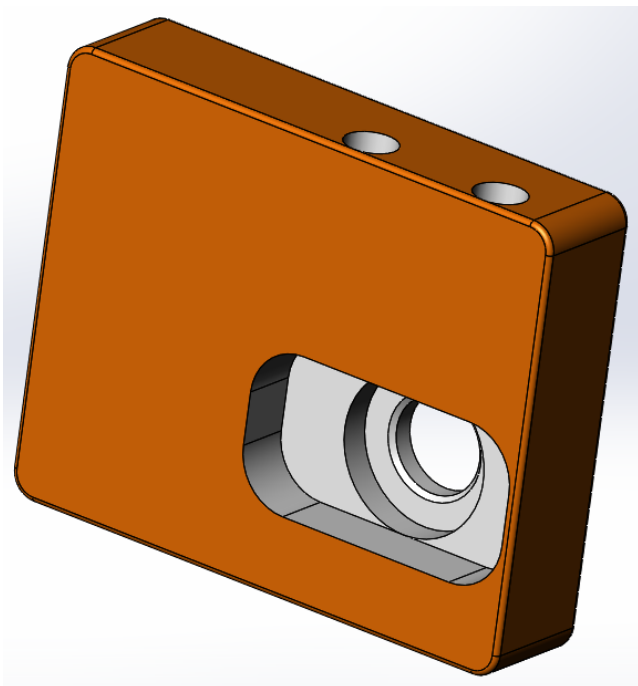
Hioma-asemien ollessa koteloinniltaan vajavaiset pääsee melu leviämään hionnasta tehdasympäristöön. Tämä vaikuttaa hionnan vieressä olevien työvaiheiden (putken muotoilu ja hitsaus) melualtistustasoihin huomattavasti niitä nostamalla.

HYB-linjalla suurimmat melulähteet ovat raina-akku ja saha. Sahalla sahataan putki poikki muotoilun ja käsittelyn jälkeen. Tällä linjalla saha on perinteisen vannesahan sijaan pyörösaha, jolla putket saadaan katkaistua nopeammin kuin vannesahalla. Melutasot sahan läheisyydessä saavuttavat lähes kipurajan ilman kuulonsuojausta.

Raina-akku taas varastoi rainaa koneen käytettäväksi suuremmalle alueelle kuin se on kelalla ollessaan. Tämän ansiosta kone pystyy ajamaan kokonaisen kelallisen rainaa lävitseen nopealla nopeudella, eikä sen tarvitse jäädä odottamaan rainansyöttömoottoreiden pyörimistä. Akku ajetaan täyteen riippuen siitä, minkälaista putkea valmistetaan, ennen kuin kone käynnistetään. Akussa raina pääsee kolisemaan itsensä ja akun reunojen kanssa, josta syntyy melua. Myös akun pohjalla olevat rullat rahisevat akun pyöriessä nostoen melutasoa akun kohdalla.

HYB-linjan muotoiluvaihe itsessään ei tuota juurikaan melua. Tällä linjalla putki kuitenkin jäähdytetään ennen sen siirtymistä harjausvaiheeseen. Jäähdytyksessä käytetään hyväksi leikkuuneste-emulsiota, jota suihkutetaan putken pintaan. Tämä vaihe nostaa melutasoa sen läheisyydessä koneen molemmin puolin, liikkuvan nesteen aiheuttaman suhnan ansiosta.

HF-linjalla suurimmaksi ongelmakohdaksi melun suhteen asettui linjan peräpäässä sijaitseva paineilmatykki, joka puhaltaa putket kuiviksi sisäpuolelta ennen niiden pakkaamista. Puhallustykki on puutteellisesti koteloitu, joten melu pääsee kovaäänisen paineilmapuhalluksen ansiosta leviämään tuotantotilaan esteettä. Myös puhallustykin varustelu oli puutteellinen, sillä linjan peräpäähän muokkauksista johtuen kuvan 5 mukainen tukilevy oli jouduttu poistamaan tykistä kokonaan. Tämän takia tykki puhalsi osan paineilmosta ohi putken päästä, täten luoden ylimääräistä melua.



Kuva 5. HF-linjan puhallustykin tukilevy

Linjan muissa osissa on myös puutteita. Ennen putken katkaisua sijaitsee ilmaveitsi, jolla putki puhdistetaan ennen valmistusleiman asettamista putken kylkeen. Tämä puhdistusvaihe nostaa melualtistustasoja ainakin sen operaattorin osalta, joka linjan takapäässä työskentelee.

Leikkaamossa puutteet meluntorjunnassa ovat hyvin laajat. Koko linjan alueella vallitsee ylemmän toiminta-arvon ylittävä melu, linjan ollessa käynnissä. Pahimpina melunlähteinä toimivat leikkurin teräosa, romukuljetin, rainanerotin sekä takaisinkelain. Näiden yhteisvaihtuksen aiheuttama jyrynä ja iskumainen melu nostavat altistustasoja koko alueella.

Myös rainan liikkuminen koneessa sekä rainojen osuminen toisiinsa vedon aikana nostaa iskumaisen melun määrää hallissa. Pahin iskumainen melu aiheutuu emokelan syöttämisestä koneen läpi ja sen loppumisesta. Kun emokela loppuu, osuvat leikattujen rainojen päät toisiinsa, josta syntyy kohonnut iskumainen melu.

Leikkaamohalli on myös hyvin korkea. Sen katto on korkeammalla kuin vieressä olevan putkituotannon puolella. Leikkaamon kattoa ei myöskään ole eristetty meluvilloin, toisin kuin viereisessä hallissa. Tämän takia leikkaamohallissa kaikuu huomattavasti enemmän kuin putkituotannon hallissa. Melun kaikuminen ei vaikuta positiivisesti melualtistustasoihin, sillä operaattori kuulee saman melun ikään kuin kahteen kertaan: ensimmäisen kerran suoraan melulähteestä ja toisen kerran kovapintaisen katon ja seinien kimmottamana.

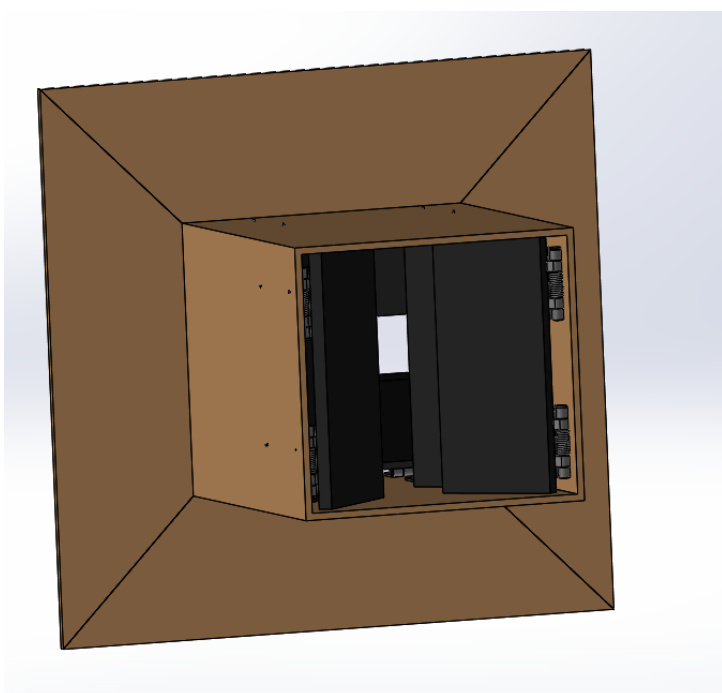
5.2.3 Suunnitellut meluntorjuntamenetelmät

Meluntorjunta tulisi toteuttaa mahdollisimman tehokkaasti, jotta sen parantamiselle ei olisi tarvetta enää tulevaisuudessa. Melunlähteen poistaminen olisi kaikista tehokkain tapa reagoida meluun. Tämä ei kuitenkaan ole mahdollista putkilinjojen tapauksessa, sillä meluavat kohteet ovat merkittävässä osassa tuotantoprosessia.

Käytössä olevat melua aiheuttavat työvälineet esimerkiksi puhallussuuttimet ja hiomanauhhat tulisi kuitenkin mahdollisuuksien mukaan vaihtaa mahdollisimman vähä-äänisiksi.

Koneiden meluavat osat tulisi eristää ympäristöstä mahdollisimman tehokkaasti. Tiivis kotelointi ja koteloinnin päällystäminen sisäpuolelta ääntä itseensä imevällä materiaalilla olisi tehokkain ratkaisu melun vähentämiseksi. Jo valmiiksi tämän tyyliä ratkaisuja löytyy jokaisen putkilinjan harjausvaiheen koteloinnista. Koteloiden sisäseinät ovat vuorattu ääntä vaimentavin akustiikkalevyin. Harjakoppien päädyt on kuitenkin puutteellisesti suojattu.

Päiden tiivistämiseksi suunnittelin harjakoppien suuaukoille tiiviimmän, kuvan 6 kaltaisen ratkaisun, melutasojen laskemiseksi. Jousivoimalla säätyvät muovista valmistetut läpät liikkuvat sopivaan asentoon putken koosta riippuen. Kotelon sisäpuoli tulisi olemaan päällystetty akustiikkamateriaalilla, jotta ulos pyrkivä ääni vaimenisi mahdollisimman paljon jo ennen sen osumista ulompiin laippoihin. Ulommat laipat kimmottavat jo vaimenneen äänen takaisin akustiikkamateriaaliin, joka ”käsittelee” äänen toiseen kertaan ennen sen poistumista ulkoilmaan. Tämä pienentäisi ulos pääsevää melua huomattavasti.



Kuva 6. Äänenvaimennin harjausvaiheen koteloinnin suuaukkoihin

Melu kulkee koteloista pois myös putkirakennetta pitkin johtumalla. Tämän takia putki tulisi mahdollisuuksien mukaan tukea värinää vaimentavilla materiaaleilla, esimerkiksi kumirullilla. Suunnittelemani kotelointi lisäisi myös jousikuorman ansiosta painetta putken kylkiin, täten vähentäen sen värinää ja samalla estäen äänen kulkemista resonanssin mukana pidemmälle. Haasteena tässä on koneiden rakenne, sillä tilaa kumirullille ei juurikaan ole. Mahdollisuuksien mukaan tärinää vaimentavat kumitassut koneen alle voisivat myös pienentää melun johtumista putkea ja koneen runkoa pitkin.

Melun vaimentaminen pehmeillä akustiikkaelementeillä olisi myös hyvä ratkaisu pienentää melun etenemistä kovia seinä- ja kattopintoja pitkin ympäri tehdasta. Saatavilla olevat, kuvan 7 mukaiset ikkunalliset meluseinäkkeet ja samantyylliset verhot antavat työntekijöille kuitenkin mahdollisuuden nähdä niistä läpi, samalla vaimentaen takana olevan melulähteen tuottamaa melua.



Kuva 7. Ikkunallinen meluseinäke

Piha-alueella toimiville töille tulisi työhöjeisiin lisätä kehoitus toimia tavalla, joka tuottaisi mahdollisimman vähän melua. Työntekijät tulisi myös ohjeistaa suorittamaan työtehtävät

työohjeiden mukaan. Romujen kuljettajia tulisi ohjastaa tarkistamaan romulavan alue muiden työntekijöiden varalta ennen romujen pudotusta. Mikäli romulavan lähellä on henkilö, tulisi häntä opastaa suojaamaan kuulonsa romun pudotuksen ajaksi.

Mikäli työntekijä käyttää työpäivänsä aikana vannekonetta aktiivisesti, tulisi hänen käyttää kuulonsuojausta. Yksittäisen nipun vanteuttaminen ei vielä nosta päivittäistä meluallistusta juurikaan, mutta useiden minuuttien käyttö päivässä vaatisi kuulonsuojainten käyttöä.

Kuulosuojaimet pitäisi myös vanne- ja sahanteräsilppureiden käyttäjillä olla päässä, mikäli he laitteita käyttävät useita minutteja päivässä. Tällä hetkellä muovivanteiden silppuaminen suoritetaan työntekijöiden toimesta, joilla on kuulosuojaimet saatavilla jatkuvasti.

Myös putkenvalmistuslinjojen kunto on erittäin tärkeä osa meluntorjuntaa. Putkilinjat pitävät sisällään paljon laakereita, rattaita, niveliä ja kuluvia osia, jotka vaurioituessaan muuttavat linjan tuottamaa melutasoa. Huolellisella kunnossapidolla on myös suuri vaikutus valmistettavan tuotteen laatuun. Huonosti huolehditulla koneella voi olla huomattavastikin vaikeampi saada yhtä laadukasta tuotetta tuotettua kuin hyvin huolletulla koneella.

Tarpeeksi kattava huolto-ohjelma ja operaattoreiden aktiivisuus pitäisi huolen siitä, ettei tuotantolinjojen tuottamat melutasot pääsisi nousemaan liikaa.

5.3 Toimenpiteet

Melun torjumiseksi suunniteltuja toimenpiteitä oli suoritettava, jotta melutasot tuotantotiloissa laskisi alle asetetun toiminta-arvon. Toimenpiteiden suunnittelussa oli otettava huomioon koneiden huollettavuus ja työntekijöiden työergonomia. Kaikkia putkilinjojen osia ei pystytty kotelomaan, sillä koneiden käytettävyyttä olisi heikentynyt liikaa.

Suoritetut toimenpiteet pitivät sisällään meluntorjuntaohjelman päivittämistä, tuotantolinjojen päivittämistä, meluseinäkkeiden ja muiden akustiikkamateriaalien toiminnan testausta sekä tuotantolaitteiston kunnossapidon tehostamista.

5.3.1 Meluntorjuntaohjelman päivittäminen

Yrityksen voimassaolevan meluntorjuntaohjelman päivittäminen alkoi tarkastelemalla siinä olevia puutteita. Meluntorjuntaohjelma oli perustettu yritykselle vuonna 2013, jonka jälkeen sitä oli muokattu viimeksi vuonna 2014. Ohjelmaa pitäisi päivittää jatkuvasti niin kauan, kuin melutasot ovat yli sallitun arvon. Päivittäminen oli siis erittäin ajankohtainen toimenpide, sillä yrityksen tuotantotilat ovat muuttuneet huomattavasti vuoden 2014 jälkeen.

Ohjelma oli käytävä huolella lävitse, sillä se piti sisällään sellaisiakin putkilinjoja, joita ei enää ollut olemassa. Ohjelmasta myös puuttui yksi putkilinja kokonaan. Vanhan ohjelman sisältämiä toimenpiteitä oli putkilinjoille suoritettu, mutta niiden vaikutuksista ei dokumentointia löytynyt. Tämä oli myös eräs syy meluntorjuntaohjelman muokkaamiselle.

HYB-putkilinjan, uusien mittaustulosten ja toimenpiteiden merkkauksen jälkeen päivitetty meluntorjuntaohjelma oli valmis. Uudistetussa ohjelmassa oli otettu huomioon jo suoritettujen toimenpiteiden sekä uudet suunnitellut toimenpiteet melutasojen laskemiseksi. Nämä pitivät sisällään suunnittelemani toimenpiteitä sekä vanhoja, jo suunniteltuja toimenpiteitä.

Ohjelman jatkuva päivittäminen sekä meluntorjuntaan huomion kiinnittäminen olisi mielestäni nostettava yrityksessä ylemmälle prioriteetille työmukavuuden ja työntekijöiden hyvinvoinnin parantamiseksi.

5.3.2 Tuotantotilojen muokkaukset

Putkilinjojen muokkaaminen oli välttämättömyys melutasojen saattamiseksi mahdollisimman alas. Tämä piti sisällään monia eri toimenpiteitä, sillä tuotantolinjat olivat erilaisia ja vaativat toimenpiteitä eri alueilta.

Vanhat putkilinjat (1, 5, 9, 10) olivat kaikki peruspiirteiltään samanlaisia. Suurimmat melut näillä linjoilla tulivat hitsaussauman hionnasta ja putken harjauksesta. Näihin työvaiheisiin kiinnitin huomiota eniten, sillä muut osat koneista eivät niin kovasti melunneet.

Saumanhionta oli kaikilla linjoilla koteloitu päistä vajaasti siten, että melu kantautui koteloinnin raoista ja kevyestä rakenteesta läpi. Tätä vaihetta voisi parantaa jatkamalla kotelointia hioma-asemien alla oleviin nestekaukaloihin asti, sekä koteloida asemien väli umpeen.

Hionnan aiheuttamien melujen vähentämisen tutkimiseksi saimme myös hiomanauhatoimittajalta testiin muutamia hiljaisempia nauhoja. Operaattoreiden mielipide oli nauhatesteissä myös tärkeässä roolissa, sillä hiljaisempi nauha ei välttämättä poista hitsisauman jälkeä putkesta yhtä tehokkaasti kuin enemmän melua tuottava nauha. Kuitenkin hyviä nauhoja löydettiin testattavien joukosta. Nämä testatut nauhat kestivät hiontaa keskimäärin saman verran kuin meluavammatkin nauhat, mutta niiden tuottama melutaso oli noin 3-5 dB(A) pienempi.

Hionnan lisäksi ongelmakohtiin lukeutui putken harjaus. Yllä mainittujen putkilinjojen lisäksi harjausvaihe on samanlainen myös linjoilla 4 ja 11. Harjauksen kotelointi on hyvä, ottamatta huomioon harjakoppien päitä. Kotelointi kärsii väljyydestä päiden ollessa niin suuret, että suurimmat linjoilla valmistettavat putket mahtuvat niistä kulkemaan. Vanha

harjatyylinen ratkaisu niiden tiivistämiseksi oli huono, sillä harjaksien keräämä hiomapöly ja muu lika aiheuttavat niiden väsymisen, joka avaa harjasten väliä entisestään.

Kehitin kuvan 6 kaltaisen melusiepparin asennettavaksi harjakoppien päihin. Sen avulla harjakoppien sisältä tuleva melu jää loukkuun laatikon sisään, johon sijoitettu vaimennusmateriaali imee melun itseensä, eikä päästä sitä ulos kopista. Siepparin avautuvat levyt painavat myös putkea kyljistä, täten heikentäen siihen kohdistuvia tärinöitä. Siepparin vaikutusta harjakoppien päistä tulevaan meluun ei kuitenkaan vielä tämän opinnäytetyön aikana saatu kirjattua.

Linjan 11 modernisoinnin yhteydessä sen alkupään muotoilun kohdalle asennetuilla kumisilla tukirullilla varustetut pukit vaimensivat materiaalista johtuvaa meteliä huomattavasti. Tällä oli vaikutus koneen läpi syötettävän rainan vinkumisen ja paukkumisen tuottamaan meluun, mutta paukkumisesta johtuvaa iskumaista melua ne eivät kuitenkaan saaneet kokonaan vaimennettua. Kokonaisuudessaan putkilinjan meluallistustasot pysyivät lähes samoina.

HF-linjan peräpäässä sijaitsevalle puhallustykille otettiin käyttöön sinne alun perin tarkoitettu tukilevy, jonka tarkoituksena on painaa puhallustykin pää putken päähän kiinni, ohjaten kaiken ilman putken sisään. Linjan peräpään aikaisemmista muokkauksista johtuen oli tämä tällä poistettu käytöstä. Ilman sitä puhallustykki kuitenkin puhaltaa osan ilmasta putken ohi, luoden melua, joka kantautuu tuotantotilan toiseen päähän asti. Tallan ollessa paikallaan kuvan 8 osoittamalla tavalla, ohjautuu ilma putken sisällä sen toiseen päähän, jossa oleva kotelointi ottaa sen vastaan, samalla vaimentaen melun vaikutusta vieressä sijaitsevalla työpisteellä.



Kuva 8. HF-linjan puhallustykin tukilevy paikallaan.

Myös koteloinnin parantaminen oli osa HF-linjalle suunnitelluista toimenpiteistä. Koteloinnin parantamisen suunnittelu jatkui edelleen ainakin ennen putken katkaisua sijaitsevan ilmaveitsen kohdalla, sillä sen tuottama melu on selvästi parhaiten havaittavissa ja helpoiten korjattavissa.

HYB-linjan saha on suurin melun aiheuttaja koko tuotantotilassa. Sen aiheuttama melu kantautuu tuotantotilan jokaiseen nurkkaan. Sahan ympärille suunniteltu kotelointi on samanlainen kuin sen vieressä olevan harjausvaiheenkin. Kotelointi tilattiin opinnäytetyön aloitusvaiheessa, mutta sen asennus oli ajoitettu siten, ettei sen vaikutuksia tähän opinnäytetyöhön saatu mukaan.

Raina-akun ympärille on meluntorjuntaohjelman laatimisen jälkeen sijoitettu meluseinäkkeitä, joiden vaikutus aivan seinäkkeiden läheisyydessä on noin 5-10 dB(A). Tämä ei kuitenkaan riitä vaimentamaan akusta kuuluvaa melua tarpeeksi, sillä seinäkkeet eivät ole tarpeeksi korkeat suojaamaan laajaa työskentelyaluetta niiden yli kantautuvalta melulta.

5.3.3 Meluseinäkkeet

Meluseinäkkeiden käyttöönotto ja testaus toimi osana suunniteltuja toimenpiteitä koko tuotantotilan alueelle. Tärkeimpinä testikohteina toimivat HF-linjan puhallustykin ympäristö, ilmaveitsi sekä harjaus, kuvan 9 mukainen HYB-linjan raina-akun ympäristö, loppupään muotoilu sekä sahaus ja leikkaamon työpisteet.



Kuva 9. Meluseinäkkeet HYB-linjan raina-akun alueella

Kaikissa kohteissa todettiin sama asia. Suoraan seinäkkeen takana noin metrin päässä melutaso putoaa noin 5-10 dB(A) riippuen ympäristöstä. Kuitenkin tehdashallin ollessa korkea, ei meluseinäkkeillä pystytä suurelta alueelta melua ottamaan hallintaan, sillä se kantautuu seinäkkeiden ylitse laajalle alueelle. Työpistekohtaiseen meluallistustasojen alentamiseen seinäkkeet kuitenkin ovat oiva ratkaisu, mikäli työpisteet ovat lähellä seinäkettä. Tällaisia työpisteitä ovat esimerkiksi leikkaamossa olevat työpisteet. Meluseinäkkeiden asettelussa tulisi myös huomioida se, että niiden sijoitus ei saisi haitata mitään huolto- tai korjaustoimenpiteitä huomattavalla tavalla.

Saimme myös Paroc Group Oy:ltä myyjän kertomaan hieman heidän ratkaisuihinsa meluntorjuntaan laajemmilla alueella. Katosta roikkuvat meluvillalevyt olivat hänen mielestään sopiva ratkaisu Stalatuben tehdashalliin. Yhdistettynä raskaan kipsilevyn kanssa roikkuvat meluvillalevyt imisivät ja vaimentaisivat melua tehokkaasti.

Päätimme yhdessä muiden esittelyssä olleiden kanssa ottaa meluvilla- ja kipsilevyt testaukseen HYB-linjan raina-akun yläpuolelle. Roikkuvat kipsilevyt ja villat tulisi asentaa roikkumaan katosta niin alas kuin mahdollista. Tämän tuotantotilan tapauksessa se tarkoittaa käytännössä sitä, että villat asennettaisiin siltanosturin yläpuolelle. Testaukset näiden levyjen hyödyllisyydestä osoittavat sen, voidaanko levyjä harkita käytettävän myös muissa kohteissa. Testaukset eivät kuitenkaan osuneet opinnäytetyön aikaikkunaan.

5.3.4 Koneiden kunnossapito

Koneiden kunnossa pitäminen on tärkeä osa myös melutonta työympäristöä. Koneiden rakenteisiin kuuluu laakereita, rullia, johteita, ketjuja, rattaita, vaihdelaatikoita, moottoreita ja kaikkea muuta ajan myötä kuluva osaa. Vioituessaan nämä komponentit saattavat ruveta nostamaan tuottamaansa melutasoa. Tavattoman meluisat komponentit tulisi vaihtaa mahdollisuuksien nimissä mahdollisimman nopeasti ehjiin, jotta melutasot saataisi takaisin normaalille tasolle.

Yrityksen uudistettuun kunnossapitojärjestelmään tulisi kirjata kaikista epänormaalilla tavalla meluavista komponenteista vikatyöt, jotta kunnossapito saisi tiedon korjaustarpeesta mahdollisimman pian. Operaattoreiden ohjeistus kunnossapitojärjestelmän käytöstä sekä vikatöiden kirjaamisesta helpotti kunnossapitohenkilökunnan työtä huomattavasti.

Esimerkiksi HF-linjan alkupään muotoilupukin kulunut vaihdelaatikko, jonka aiheuttama melu nosti alkupään muotoilun meluallistustasoa noin 4 dB(A).

6 YHTEENVETO

Melun vaikutukset ovat havaittavissa päivittäin. Se aiheuttaa ihmisessä väsymystä, ärsyyntyneisyyttä, päänsärkyä, lihasjännitystä sekä lisää tapaturmavaaraa. Jatkuva melu nostaa stressitasoja ja aiheuttaa unihäiriöitä. Sillä on myös nostava vaikutus sykkeeseen ja verenpaineeseen. Liiallinen melu voi johtaa sydän- ja verenkiertoelinten sairauksiin.

Vaarallisimpana hättävänä vaikutuksena melulla kuitenkin on kuulon heikkeneminen. Menetettyä kuuloa ei pystytä koskaan korvaamaan, joten siitä tulisi pitää erittäin hyvää huolta. Työntekijöiden suojelemiseksi melun aiheuttamilta vaaroilta on luotu valtioneuvoston asetus 85/2006, joka määrittää työnantajien tarpeen suorittaa toimenpiteitä melualtistustasojen saattamiseksi alle asetettujen toiminta-arvojen.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutustuttaa lukija äänen ja melun ominaisuuksiin ja vaikutuksiin ihmisessä, meluntorjuntaan sekä siihen liittyviin aiheisiin, meluntorjuntamenetelmien suunnitteleminen sekä meluntorjuntaohjelman päivittäminen Stalatube Oy:lle.

Teoriaosuuden alussa keskityttiin äänen eri ominaisuuksien tarkasteluun. Tästä lukijalle luotiin käsitys siitä, miten ääni toimii liikkueessaan ympäristössä. Tämän jälkeen keskityttiin meluun sekä sen vaikutuksiin ihmisessä.

Seuraavaksi lukija sai käsityksen siitä, mitä on meluntorjunta, miten melua torjutaan, miten torjunta vaikuttaa melutasoihin ja minkälaisissa tilanteissa voi todeta olleensa alttiina liialliselle melulle. Myös meluntorjuntaohjelmaa ja valtioneuvoston asetusta 85/2006 käytiin läpi tässä luvussa.

Itse työvaiheessa perehdyttiin Stalatube Oy:n putkituotantoon, siihen liittyvien tuotantolinjojen rakenteeseen, yrityksen meluntorjuntaohjelmaan, suoritettiin melumittauksia sekä suunniteltiin ja toteutettiin meluntorjuntamenetelmiä yrityksen laitteiden melutasojen laske-
miseksi.

Yrityksen meluntorjuntaohjelman päivittäminen onnistui hyvin. Vanhojen putkilinjojen poistaminen ja uusien putkilinjojen ja toimenpiteiden lisääminen toivat ohjelman takaisin ajan tasalle. Aiheen laajuuden ansiosta osa toimenpiteistä jäi vielä testaustasolle. Uskon kuitenkin testattujen toimenpiteiden osoittautuvan hyväksi ja otettavan käyttöön laajemmalla alueella.

Suosittelen yrityksen ottavan päivittämäni meluntorjuntaohjelman vastaan ja suorittamalla suunnittelemani toimenpiteitä tulevaisuudessa. Myös testausvaiheessa olevat toimenpiteet jalostetaan varmasti yrityksessä toimivalle tasolle. Melun torjuminen on jatkuva haaste kuitenkin siihen asti, että altistustasot ovat laskeneet toiminta-arvojen alapuolelle.

LÄHTEET

Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto 2018. Melun vähentäminen ja hallinta [viitattu 23.1.2019]. Saatavissa: <https://osha.europa.eu/fi/tools-and-publications/publications/factsheets/58>

Harju, M. 2018. Äänitekniikan perusteet [viitattu 3.12.2018]. Saatavissa: <https://aaltomuoto.wordpress.com/aani/aanitekniikan-perusteet/2-aanen-ominaisuuksia/>

Kuuloliitto 2017. Kuulolla työssä – viestintäkampanja [viitattu 15.12.2018]. Saatavissa: <https://www.kuuloliitto.fi/wp-content/uploads/2017/09/Melun-vaikutukset.pdf>

NMC Cellfoam Oy 2019. Äänieristys ammattitaidolla [viitattu 28.1.2019]. Saatavissa: <https://cellfoam.fi/aanieristys/>

Nummi, J. 2019. Toimitusjohtaja. Stalatube Oy. Toimitusjohtajan yritysperehdytys 12.2.2019.

Sibelius-Akatemia 2018. Akustiikan perusteet [viitattu 11.12.2018]. Saatavissa: <http://www2.siba.fi/akustiikka/?id=13&la=fi>

Stalatube Oy 2018a. Yritysesittely [viitattu 10.12.2018]. Saatavissa Stalatuben intranetissä: <http://stalapoint/fi/Viestinta/Yritysesittely/Pages/default.aspx>

Stalatube Oy 2018b. Yritys [viitattu 5.12.2018]. Saatavissa: <https://www.stalatube.com/fi/yritys/>

Tarmia, M. 2013. Äänitekniikan perusteet [viitattu 5.12.2018]. Saatavissa: http://opinnot.internetix.fi/fi/muikku2materiaalit/muut/ammattillinen/aanityo/aanitekniikan_perusteet/aanitekniikan_perusteet.pdf?C:D=2061408&m:selres=2061408

Työsuojeluhallinto 2018a. Melu [viitattu 18.12.2018]. Saatavissa: <https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/fysikaaliset-tekijat/melu>

Työsuojeluhallinto 2018b. Melun raja-arvot [viitattu 18.12.2018]. Saatavissa: <https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/fysikaaliset-tekijat/melu/raja-arvot>

Työsuojeluhallinto 2018c. Meluntorjunta [viitattu 18.12.2018]. Saatavissa: <https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/fysikaaliset-tekijat/melu/meluntorjunta>

Työterveyslaitos 2018. Melu [viitattu 15.12.2018]. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/tyoymparisto/altisteet/melu/>

Työterveyslaitos 2019. Kuulonsuojaimet [viitattu 28.1.2019]. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/tyoymparisto/henkilonsuojaimet/kaytto-ja-valinta/kuulonsuojaimet/>

Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuvilta vaaroilta
85/2006.

Valtioneuvoston päätös melutason raja-arvoista 993/1992.