



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Katariina Nyström

Jatkuvatoimisten melunmittausten hyödyntäminen rakennusteollisuuden ja kiviainestuotannon melun mittauksissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinööriyö

24.2.2021

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Katariina Nyström Jatkuvatoimisten melunmittausten hyödyntäminen rakennusteollisuuden ja kiviainestuotannon melun mittaamisessa 37 sivua + 5 liitettä 24.2.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine	ympäristötekniikka
Ohjaajat	lehtori Juha Kotamies kehitys- ja projektipäällikkö Juho Rahko
<p>Insinööriyö on toteutettu loughintakonsultointiin ja erilaisiin ympäristöasiantuntijapalveluihin erikoistuneen Forcit Consulting Oy:n toimeksiannosta. Insinööriyössä tarkastellaan viidessä rakennusteollisuuden tai kiviainestuotannon kohteessa toteutettuja melumittauksia, melulupia sekä näihin kohdistettuja melusta aiheutuneita reklamaatioita.</p> <p>Toiminnanharjoittajille myönnettyissä meluluissa on määritetty ympäristöön leviävälle melulle raja-arvot, mutta vain vähän tarkentavia ohjeita melumittausten toteuttamiseen. Melumittausten toteuttamiseksi on kuitenkin olemassa useita tapoja. Kertaluonteisten mittausten vaihtoehtona on jatkuvatoiminen melumittaus, jonka hyötyjä erilaisissa melutilanteissa, tämä insinööriyö tutkii.</p> <p>Insinööriyön tavoite on luoda tarkasteltujen tapausesimerkkien perusteella suuntaviivat, millaisissa kohteissa jatkuvatoiminen melumittaus on toiminnan harjoittajalle suositeltavampaa kuin kertaluonteinen melumittaus.</p> <p>Insinööriyö on toteutettu kirjallisuustutkimuksena ja työn tulos pohjautuu tapausesimerkkien lisäksi äänen akustisiin ominaisuuksiin, melun häiritsevyyteen sekä melua koskevaan lainsäädäntöön ja lupamääräyksiin.</p> <p>Työssä käsitellyt tapausesimerkit osoittavat, että lainsäädännön asettamien raja-arvojen ja lupamääräysten noudattaminen ei ole riittävää reklamaatioiden minimoiseksi. Jatkuvatoimisen mittauksen valinta mittaus tavaksi on useimmissa tapauksissa kannattava. Jatkuvatoimisella mittauksella voidaan vähentää uusien mittausten tarvetta, sekä säästää työmaa reklamaatioiden aiheuttamilta ylimääräisiltä kustannuksilta ja viivytyksiltä.</p> <p>Osaan melutilanteista jatkuvatoiminen mittaus ei kuitenkaan ole hyödyllinen vaan melutilanteet ja mittaustapa tulee aina arvioida tapauskohtaisesti.</p>	
Avainsanat	rakentaminen, kiviainestuotanto, melu, melumittaus, jatkuvatoiminen melumittaus, reklamaatio

Author Title Number of Pages Date	Katariina Nyström Utilization of Continuous Noise Measurements in Measuring Noise in The Construction Industry and Aggregate Production 37 pages + 5 appendices 24 February 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Energy and Environmental Engineering
Professional Major	Environmental Engineering
Instructors	Juha Kotamies, Lecturer Juho Rahko, Development and Project Manager
<p>This thesis was commissioned by Forciti Consulting Oy, which specializes in blasting work consulting and various environmental expert services. The thesis examines the noise measurements, noise permits and noise complaints of five construction industry or aggregate production sites.</p> <p>Noise permits issued to operators set limit values for noise to the environment, but few detailed instructions for carrying out noise measurements. However, there are several ways to perform noise measurements. An alternative to one-time measurements is continuous noise measurement, the benefits of which in different noise situations, are investigated in this thesis.</p> <p>The objective of the thesis was to create guidelines based on the case examples considered to suggest which areas continuous noise measurement is more recommended for the operator than one-time noise measurement.</p> <p>The thesis has been carried out as a literature review and the result of the work is based not only on case examples but also on the acoustic properties of sound, noise annoyance and noise legislation and permit regulations.</p> <p>The case examples discussed in the thesis show that compliance with the limit values and permit regulations set by legislation is not sufficient to minimize complaints. The selection of continuous measurement as the measurement method is profitable in most cases. Continuous measurement can reduce the need for new measurements, as well as save the construction site from additional costs and delays caused by complaints.</p> <p>However, for some noise situations, continuous measurement is not useful, but the noise situation and the method of measurement should always be assessed on a case-by-case basis.</p>	
Keywords	construction, aggregate production, noise, noise measurement, continuous noise measurement, complaint

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Ääni	2
2.1	Äänen fysikaaliset ominaisuudet	2
2.2	Äänen taajuusjakauma ja taajuuskaistat	6
2.3	Äänen kuuleminen	6
2.4	Ultraääni	8
2.5	Infraääni	8
3	Melu	8
3.1	Ympäristömelu	8
3.2	Taustamelu	9
3.3	Impulssimelu	9
3.4	Kapeakaistainen melu	9
3.5	Matalataajuinen melu	10
3.6	Runkomelu	10
4	Melun kokeminen	10
5	Melun vaikutus yksilön terveyteen	12
6	Melumittaus	13
6.1	Ohjearvot ulkona	13
6.2	Ohjearvot sisällä	14
6.3	Melumittauksen suoritus	14
6.4	Vaatimukset mittalaitteille	15
6.5	Melumittauksen tärkeimpiä vakiota ja suureita	16
6.6	Manuaalinen melumittaus	18
6.7	Jatkuvatoiminen automaattinen melumittaus	18
7	Melua koskeva lainsäädäntö	19
8	Tapausesimerkit	21

8.1	Tapausesimerkki 1 – Infra-hanke kaupunkikeskuksessa	21
8.1.1	Lupamääräyksen raja-arvot	22
8.1.2	Melumittaukset ja reklamaatiot	22
8.2	Tapausesimerkki 2 – Etenevä tunnelilouhinta	27
8.2.1	Lupamääräyksen raja-arvot	27
8.2.2	Melumittaukset ja reklamaatiot	28
8.3	Tapausesimerkki 3 – Kiviaines-louhimo	32
8.3.1	Lupamääräykset ja raja-arvot	32
8.3.2	Melumittaukset	32
8.4	Tapausesimerkki 4 – tuotantolaitoksen rakentaminen	33
8.4.1	Lupamääräykset ja raja-arvot	33
8.4.2	Melumittaukset ja reklamaatiot	34
8.5	Tapausesimerkki 5 - Kiviaines- ja maankaatopaikka	34
8.5.1	Lupamääräys ja raja-arvot	35
8.5.2	Melumittaukset	35
9	Yhteenveto	37
	Lähteet	38

Liitteet

Liite 1. Tapausesimerkki 1 melumittaustulokset

Liite 2. Tapausesimerkki 2 melumittaustulokset

Liite 3. Tapausesimerkki 3 ja 5 melumittaustulokset

Liite 4. Tapausesimerkki 4 melumittauskuvaajat

Liite 5. Tapausesimerkki 4 melumittaustulokset

Lyhenteet

dB	desibeli
f	taajuus
GHz	gigahertsi
Hz	hertsi
KHz	kilohertsi
L_{Ae}	äänenaltistustaso
$L_{AE}[dB]^2$	äänialtistustaso
L_{Aeq}	ekvivalentti äänitaso
L_{AeqT}	A-painotetun äänenpaineen keskimääräinen tehollisarvo ajanjaksolla
L_{Amax}	A-painotettu enimmäisäänitaso
L_{Almax}	A-painotettu enimmäisäänitaso I -aikapainotuksella
L_{ASmax}	A-painotettu enimmäisäänitaso S -aikapainotuksella
L_{pAF}	aikapainotus F
L_{pAS}	aikapainotus S
L_{Pa}	A-äänitaso
I_{pIA}	aikapainotus I

L_p	äänenpainetaso
Pa	pascal
Pa^2s	A-painotetun äänenpaineen tehollisarvon kertymä
v	aallon nopeus
λ	aallonpituus
μPa	mikropascal

1 Johdanto

Ääni on aaltoliikettä, joka saa aikaan kuuloaistimuksen. Melu on epämiellyttäväksi koetua tai kuulolle haitallista ääntä. Melu on päästö, joka voi haitata yksilön henkistä ja fyysistä hyvinvointia sekä vähentää ympäristön yleistä viihtyvyyttä (1). Melu on myös päästö, jolta ei rakennusteollisuudessa ja kiviainestuotannossa voida välttyä ja onkin ensiarvoisen tärkeää, että melu ei aiheuta lähiympäristölle tarpeetonta haittaa.

Kuten muitakin päästöjä, myös melua säädetään laein ja asetuksin. Ympäristönsuojelulaki velvoittaa toiminnanharjoittajan järjestämään toiminatansa niin, että se kykenee ehkäisemään ympäristön pilaantumista ennakolta tai rajoittamaan se mahdollisimman vähäiseksi, jos pilaantumista ei voida kokonaan estää. Toiminnot, jotka aiheuttavat ympäristöön päästöjä on asetettu ympäristönsuojelulaissa luvanvaraiseksi ja valtioneuvosta on määrännyt melutasolle ohjearvot. Melupäästöjä voidaan seurata joko lyhytkestoisilla yksittäisillä melumittauksilla tai pitkäkestoisella jatkuvatoimisella mittauksella.

Melumittauksia tarvitaan vallitsevan melutilanteen selvittämiseksi, melun valvonnassa, melumallinnuksen tai meluntorjunnan lähtötiedoiksi sekä meluntorjuntatoimien tarkistuksessa. (2, s. 3.) Tarve melumittaukselle ilmenee usein ympäristöluvan hakuprosessissa tai lupamääräyksessä, jossa lupaviranomainen voi vaatia toimijan osoittamaan toiminnasta ympäristöön aiheutuvan melupäästön määrän. Tarve melumittauksille voi muodostua myös työmaahan kohdistuneista reklamaatioista, joiden takia toiminnanharjoittajan on tarkastettava toimintansa aiheuttama melupäästön määrä.

Tämä insinööri työ on toteutettu yhteistyössä Forcit Consulting Oy:n kanssa, joka on Suomen vanhin louhintakonsultointiin erikoistunut yritys. Sen erikoisosaamiseen kuuluvat louhinta- ja maanrakennustöiden koulutus ja ympäristövaikutuksien, kuten tärinän, melun ja pölyn minimoiminen, mittaaminen ja seuranta. Insinööri työssä tarkastellaan tapausesimerkkien avulla, millaisissa tilanteissa jatkuvatoiminen melumittaus on toiminnan harjoittajan ja ympäristön kannalta järkevämpää kuin yksittäiset mittaukset.

Työn tavoite on luoda tarkasteltujen tapausesimerkkien perusteella suuntaviiva, millaisissa kohteissa jatkuvatoiminen melumittaus on toiminnan harjoittajalle suositeltavaa. Tarkastelu pohjautuu akateemisiin tutkimuksiin melun häiritsevyydestä sekä tapausesimerkeistä kerättyyn tietoon reklamaatioita aiheuttaneista melutilanteista, melutyypeistä ja melunmittaustuloksista.

Insinööriyönä laaditun tarkastelun toivotaan parantavan melumittausten laatua ja vähentävän epävarmuustekijöitä. Tarkastelun pohjalta yrityksen on mahdollista tarjota asiakkaiden tarpeen täyttäviä asiantuntija palveluita ja mittauksia jo ennen meluhaittaa aiheuttavan työvaiheen alkua. Näin reagointiaika mahdollisiin reklamaatioihin työmaalla voidaan minimoida sekä luoda mahdollisia kustannussäästöjä.

2 Ääni

Ääni on elollisten olentojen välisen tiedon kulun perusta ja äänien aistiminen sekä tuottaminen, on ehto monen eliölajin hengissä säilymiselle (3, s. 46). Ääni voidaan määritellä joko fysikaalisena ilmiönä tai kuulijan havaintona ja se voi olla järjestäytyntä kuten puhe tai järjestäytymätöntä melua. (4, s. 15; 5.)

2.1 Äänen fysikaaliset ominaisuudet

Fysikaalisena ilmiönä tarkasteltaessa ääni on väliaineessa etenevää mekaanista aalto liikettä, joka välittää mekaanista energiaa (6). Ääni syntyy, kun värähtelevä kappale saa aikaan väliaineen molekyylien tihentymiä ja harventumia. Tämä havaitaan väliaineessa paineen vaihteluina, joita kutsutaan ääniaalloiksi. (3, s. 47; 7, s. 286.) Ääni etenee nesteissä ja kaasuissa paineaaltona ja kiinteissä aineissa pitkittäisinä tai poikittaisina kimmoaaltona, jotka leviävät väliaineen välityksellä ympäristöön. (8, s. 277.)

Paineenvaihtelun aikaansaamien värähdyksien lukumäärä aikayksikössä määrää äänen korkeuden eli taajuuden. Taajuuden mittayksikkö on hertsi [Hz], joka tarkoittaa värähdyksien määrää sekunnissa. Mitä vähemmän värähdyksiä sitä matalampi ääni on ja mitä suurempi värähdysten määrä on, sitä korkeampi ääni on. (5.)

Ääniaallon muoto määrittää äänen värin. Siniaalto sisältää vain yhden taajuuskomponentin, kun taas muut aaltomuodot sisältävät samanaikaisesti useita taajuuskomponentteja (5).

Ääniaallolla on kaikki aaltoliikkeen perusominaisuudet, kuten aallon nopeus v , taajuus f ja aallonpituus λ . Ääniaallot heijastuvat, taipuvat, taittuvat, interferoivat, absorboituvat ja kuljettavat energiaa. (7, s. 280.)

Äänenpaine

Äänenpaine on jaksollisesti muuttuva suure, joka ilmaisee äänen aiheuttaman hetkellisen paineen ja staattisen ilmanpaineen eron yleensä tehollisarvona. Äänenpaine on akustiikassa tärkeä mittasuure, jonka yksikkö on paineen tapaan Pascal [Pa]. (8, s.278; 4, s.12.)

Äänenpaineen tehollisen arvon mittaamiseen käytetään äänitasomittaria (8, s. 278). Äänenpainetason mittauksessa käytetään usein ns. A-suodatinta, joka pyrkii huomiomaan korvan ominaisuudet taajuustasossa ja vaimentaa korkeita ja matalia ääniä. (9, s. 28.) Äänenpaineen laskennassa tarvitaan vertailuäänepaine p_0 , joka on suuruudeltaan 20 μPa (14). Vertailuäänepaine edustaa yhtälössä hiljaisinta kuultavaa ääntä.

Intensiteetti

Äänen intensiteetti I kertoo, kuinka suuri teho siirtyy ääniaallon etenemissuuntaa vastaan kohtisuoran tason läpi pinta-alayksikköä kohti. Äänen intensiteetti heikkenee etäisyyden kasvaessa, sillä ääni jakaantuu suuremmalle pinta-alalle sekä absorboituu ilmaan sekä ääniaallon kohtaamiin esteisiin. (3, s. 58—59.)

Äänen painetaso ja intensiteettitaso

Intensiteettitasoa ja äänen painetasoa käytetään äänen voimakkuuden mittana. Ne ovat käytännön sovelluksissa niin lähellä toisiaan, ettei niitä yleensä eroteta toisistaan (7, s. 295).

Ääntä mittaavat laitteet perustuvat äänenpaineen mittaamiseen ja äänen voimakkuuden ilmaisemiseen on vakiintunut SI-järjestelmään kuuluva suure äänenpainetaso. Äänenpainetaso on äänen voimakkuuden logaritminen mitta desibeleinä [dB]. (4, s. 12). Pie-nimmän kuultavissa olevan äänen painetaso on 0 dB, 120 dB:n ollessa äänenpaineen tason kipukynnys. (10, s. 36.)

Kahden äänilähteen tuottaessa saman äänenpainetason on niiden yhteisesti tuottaman äänenpainetaso 3 dB korkeampi kuin äänilähteiden yksinään tuottaman äänenpainetason. Äänenpainetasojen eron ollessa vähintään 10 dB määrää suuremman äänenpainetason tuottava äänilähde äänilähteiden yhdessä tuottaman äänenpaineen. (10, s. 37.)

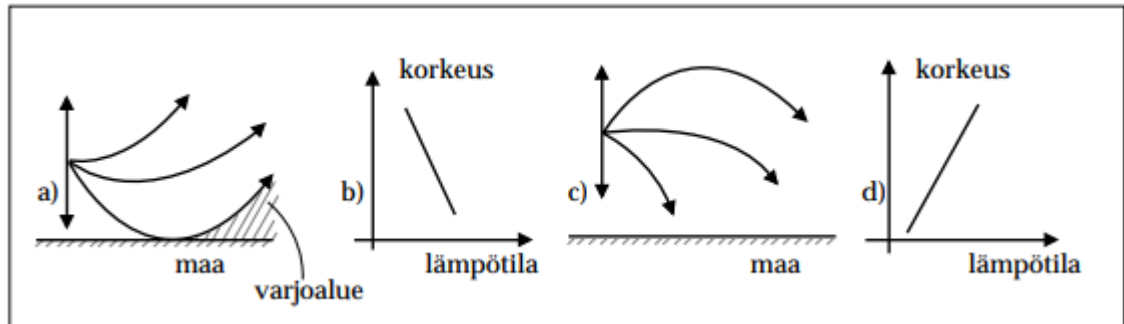
Heijastuminen

Osueessaan kahden väliaineen rajapintaan, kuten kohdatessaan seinän, osa ääniaallon kuljettamasta energiasta heijastuu takaisin, osa jatkaa toisessa väliaineessa tai muuttuu lämmöksi. Aallon heijastuessa sen taajuus ei muutu. (4, s. 18; 8, s. 246—248.)

Taipuminen ja taittuminen

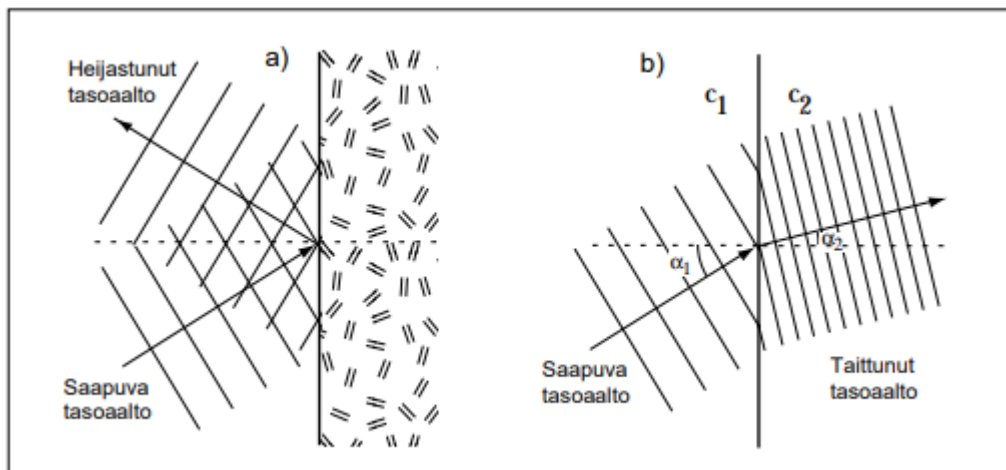
Taipumiseksi eli diffraktioksi kutsutaan esteen aiheuttamaa aallon etenemissuunnan muutosta. Ääniaallon käyttäytyminen esteen kohdatessaan riippuu oleellisesti aallonpituudesta ja matalat äänet taipuvatkin herkemmin kuin korkeat äänet. (8, s. 245.)

Ääniaallot taipuvat normaalisti ylöspäin, mutta lämpötilan kasvaessa ylöspäin aaltorintama kääntyy maata kohti, kuten kuvassa 1 on esitetty. Ilmiö on merkityksellinen ympäristömelun leviämisen kannalta. Väliaineen ominaisuuksien muuttuessa asteittain, ääniaaltojen käyttäytyminen riippuu äänen nopeuden ja lämpötilan profiilista. (4, s. 21.)



Kuva 1. Ääniaallon taipuminen ilmakehässä (4, s. 21).

Taittuessaan ääniaallon etenemissuunta muuttuu sen nopeuden muuttuessa esimerkiksi kohdatessaan väliaineiden rajapinnan tai lämpötilajakauman vuoksi. Kuvassa 2 on havainnollistettu ääniaallon heijastuminen ja taittuminen rajapinnasta.



Kuva 2. Ääniaallon heijastuminen ja taittuminen väliaineen vaikutuksesta (4, s 21).

Sironta

Sironnalla tarkoitetaan ääniaallon ei peilimäistä suunnan muutosta. Sirontaa tapahtuu ääniaallon kohdatessa väliaineen epäjatkuvuuden, kuten tiheyden muutoksen. (4, s. 21; 11, s. 28).

2.2 Äänen taajuusjakauma ja taajuuskaistat

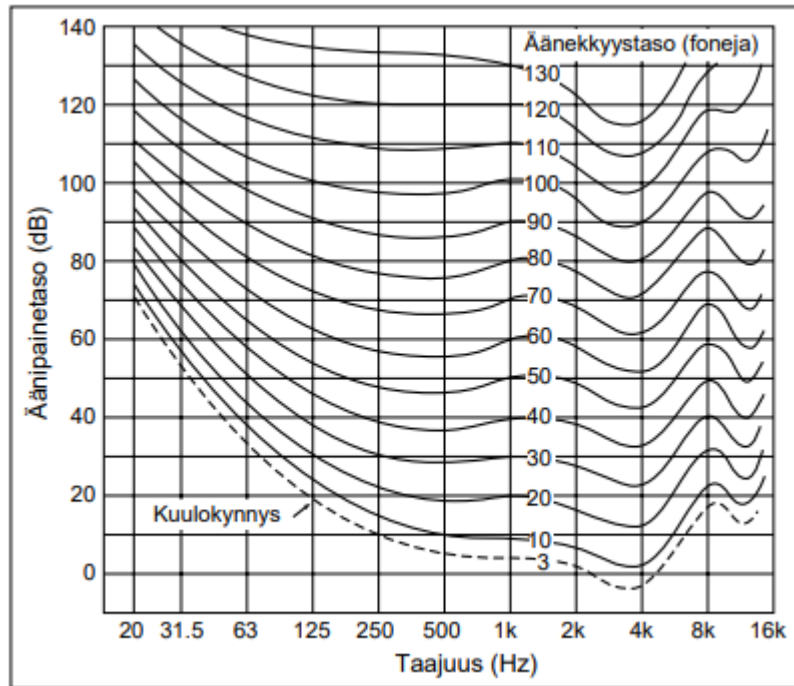
Eri äänilähteiden luomat äänenpainetasot ovat erilaisia eri taajuuksilla, mistä johtuen äänen taajuusjakauma eli spektri jaetaan pienempiin osiin eli taajuuskaistoihin. Tavallisesti taajuusjakaumana käytetään joko oktaavikaistoja- tai terssikaistoja eli kolmasosaoktaavikaistoja. Kaistojen määrittely juontaa kuuloaistin ominaisuuksista (10, s. 37—38).

2.3 Äänen kuuleminen

Ihmisen kuulo on kehittynyt vastaanottamaan ilmassa eteneviä ääniaaltoja, joiden taajuus ja äänenpaine ovat ihmisen kuuloalueella. Kuuloalueen rajat riippuvat sekä äänen taajuudesta, että intensiteetistä. (12.) Pienintä intensiteettiä mikä saa aikaan kuuloaistimuksen, kutsutaan kuulokynnykseksi ja suurinta korvan sietämää intensiteettiä kipurajaksi. (7, s. 295; 8, s. 282.)

Kuulo ei ole johdonmukainen vaan sen herkkyys eri taajuisille äänille vaihtelee ja aistittu äänenvoimakkuus riippuu äänen paineesta ja taajuudesta. Kuvan 3 vakioäänekkyyskäyrällä kuvataan tätä kuuloaistin taajuusriippuvuutta ihmisen kuuloalueella, joka rajoittuu taajuusalueeseen noin 20 Hz—20 kHz ja äänenpainetason osalta 0—130 dB.

Ihmisen kuulemien äänien taajuuden alaraja on noin 16—20 Hz ja yläraja 16—22 kHz. Ihminen ei kuule kaikilla alueilla yhtä hyvin, mutta herkimmillään korva on taajuusalueella 1—4kHz. Kuuloalueen alarajan alittavia infraääniä ja ylärajan ylittäviä ultraääniä ihminen kykenee havainnoimaan niiden ollessa riittävän voimakkaita, mutta ei välttämättä kykene muodostamaan niistä kuulohavaintoa. (7, s. 288.)



Kuva 3. Kuulokäyrästä (4 s. 31)

Ihmisen kuulo toimii logaritmisesti, joten tarvitaan suuria muutoksia äänenpaineessa, jotta eron äänenvoimakkuudessa huomaa korvakuulolla. Ihmisen aistima äänialueen intensiteettien suhteita kuvaamaan otettu käyttöön yksikötön logaritminen suure dB eli desibeli. (8, s. 282—283.) Alle yhden dB:n eroa on mahdotonta huomata korvakuulolla, kun taas 10 dB:n kasvu äänenpaineessa koetaan äänen kaksinkertaistumisena (13).

Kuulo on jatkuvasti ympäristön äänitasoon mukautuva aisti. Kuuloherkkyys paranee ympäristön äänitason ollessa heikko ja huononee sen ollessa voimakas. Muutos voi olla suuruusluokaltaan jopa useita desibelejä ja se on riippuvainen ympäristön äänitasosta. Kuuloaistille ominaista on myös selektiivinen herkkyys, ja sen erotuskyky perustuu äänien erotteluun niiden piirteiden perusteella sekä kykyyn tunnistaa opittuja äänityyppejä. (17, s. 10—11.)

2.4 Ultraääni

Äänen taajuuden ylittäessä kuuloalueen, puhutaan ultraäänestä. Ultraäänit voivat aiheuttaa korvakipua. Ultraääniä käytetään useissa teknisissä sovelluksissa mutta myös lepakot ja delfiinit voivat tuottaa ultraääntä. Ultraäänen taajuusalueena pidetään 20kHz—10GHz. (7, s. 282—283.)

2.5 Infraääni

Ääntä, jonka taajuus on alle kuuloalueen, kutsutaan infraääneksi. Äänen painetason ollessa kova voidaan infraäänien kokea aiheuttavan erilaisia ongelmia kuten huimausta, pahoinvointia ja keskittymisvaikeuksia. Infraääniä voi syntyä renkaiden pyöriessä ja esimerkiksi norsut kykenevät kommunikoimaan infraäänten avulla. (7, s. 282; 12.)

3 Melu

Melu on epämiellyttäväksi tai haitalliseksi koettua ääntä. Äänen kokeminen meluksi on kuitenkin hyvin yksilöllistä ja meluhaitan kokemukseen vaikuttaa suuresti muun muassa äänen voimakkuus, taajuus, kapeakaistaisuus ja impulssimaisuus. Myös melulle altistumisen aika ja paikka sekä melun kokijan yksilölliset ominaisuudet, kuten meluherkkyys ja asenne äänilähdettä kohtaan vaikuttaa siihen koetaanko ääni meluksi. Jatkuvana altistuksena melu voi olla vahingollista tai haitallista yksilön terveydelle tai hyvinvoinnille ja vaikuttaa elinympäristön viihtyvyyteen. (1.)

3.1 Ympäristömelu

Ympäristömeluksi kutsutaan kaikkea ihmisen asuin- ja elinympäristössä esiintyvää melua. Sen aiheuttajia ovat liikenne, teollisuus, rakentaminen ja vapaa-ajan toiminta kuten ampumaradat ja moottoriurheilu.

Ympäristömelutyypit voidaan jakaa neljään perustyyppiin, tasaiseen meluun, portaitaisia vaihteluita sisältävään tasaiseen meluun, vaihtelevaan meluun ja erillisistä melutapahtumista koostuvaan meluun. (14, s. 15—17.)

Tasaisen melun, A-painotetun tason vaihtelut ovat alle 5 dB mitattuna aikapainotuksella S, esimerkiksi tasainen puhallinmelu. Kun taas vaihtelevaa melua on esimerkiksi tieliikenne melu. Erillisistä melutapahtumista koostuva melu, on vaihtelevaa useista erillisistä, eri-mittaisista melutilanteista koostuvaa melua. (14, s. 15—17.)

3.2 Taustamelu

Tausta-melua on kaikki muu melu, kuin mittauskohteen aiheuttama melu. Mitattavan kohteen aiheuttamaa melua verrataan aina taustameluun. Taustamelua on esimerkiksi liikenteen, ihmisten sekä talotekniikan aiheuttamat äänet.

3.3 Impulssimelu

Impulssimelu on nopeaa ja voimakasta, iskumaista ääntä, joka sisältää enintään 1 sekunnin kestäviä selvästi erottuvia meluhuippuja. Iskut, laukaukset, räjähdykset ja sähköpurkaukset ovat tyypillisiä impulssimelun aiheuttajia. Melu on impulssimaista, kun I -aikapainotetun A-enimmäisäänitason (L_{AImax}) ja S -aikapainotetun A-enimmäisäänitason (L_{ASmax}) erotus on suurempikuin 5 dB. (18.)

3.4 Kapeakaistainen melu

Kapeakaistaisessa melussa on selvästi kuultavia soivia ääniä. Kapeakaistaisuutta voidaan arvioida aistien varaisesti, mutta se tulee aina tarkastaa mittaustuloksista. Melu on kapeakaistaista, kun vähintään yksi terssikaistan terssipainetaso on 5 dB suurempi kuin viereisten kaistojen äänenpainetasot. (13).

3.5 Matalataajuinen melu

Matalataajuiseksi meluksi luokitellaan yleensä 10—250 hertsin taajuusalueella olevat äänet. Matalataajuisen äänen erottamien on riippuvainen yksiön kuulokynnyksestä, ja sen aistiminen voi perustua myös tuntoaistiin. Matalataajuiset äänet voidaan kokea hyvin epämiellyttäväiksi heti, kun niiden voimakkuus ylittää kuulokynnyksen. Matalataajuisen melun lähde on esimerkiksi tuulivoimala. (19, s. 120—121.)

3.6 Runkomelu

Äänen etenemistä kiinteässä aineessa, kuten rakennuksen runko rakenteessa, kutsutaan runkoääneksi. Se syntyy värinän siirtyessä rakenteisiin ja etenee kiinteässä aineessa taivutus aallona, joka synnyttää rakenteessa taipumia aallon etenemissuuntaa kohtisuorassa. Runkoääni synnyttää myös ilmaääntä. (10, s. 36.)

4 Melun kokeminen

Äänen kokeminen meluksi kuten myös melun häiritsevyys on hyvin subjektiivista. Melun häiritsevyyttä lisää äänen kapeakaistaisuus, impulssimaisuus ja matalataajuisuus, mutta häiritsevyys ei ole selitettävissä pelkästään äänen akustisten ominaisuuksien avulla. Melun häiritsevyyteen vaikuttaa vahvasti myös ei-akustiset tekijät kuten yksilön asenne äänen tuottajaa kohtaan, äänen esiintymisajankohta, äänekkyyys, äänilähteen näkyminen sekä yksilöllinen meluherkkyys. (17, s. 4,7.)

Häiritseväksi koettu melu voi heikentää henkistä hyvinvointia, jos melu on pitkäkestoista eikä altistumista ei ole mahdollista välttää. Melun ja psyykkisten sairauksien välisiä yhteyksiä ei ole juurikaan tutkittu, mutta melun arvellaan olevan yhteydessä masentuneisuuteen ja ahdistuneisuuteen. (1.)

Melun häiritsevyyttä tutkitaan psykoakustiikassa, jossa tutkimus kohdistuu kuulijan kokemiin ääniaistimukseen ja äänen vaikutuksiin koehenkilön vastauksien ja reaktioiden perusteella. Psykoakustiikan keinoin voidaan tutkia periaatteessa mitä tahansa kuulon toimintoja ja siinä käytetään useita käsitteitä ja mittayksiköitä, joilla fyysisiä suureita suhteutetaan subjektiivisiin kokemuksiin. (4 s. 34.)

Äänekkyys on keskeinen psykoakustinen käsite, jota pidetään usein häiritsevyyden mittarina. Äänekkydeksi kutsutaan subjektiivisesti koettua äänenvoimakkuutta. Äänekkyden mittayksikkö on soni, joka vastaa 1 kHz:n siniäänestä äänenpainetasolla 40 dB. Äänekkyden ohella subjektiivinen äänenvoimakkuus voidaan ilmoittaa myös äänekkyystasona. Äänekkyystason yksikkö on foni ja se vastaa suoraan äänenpainetasoa desibeleinä 1 kHz:n taajuudella. (4, s. 35—36) Äänen suuri terävyys merkitsee yleensä myös suurta häiritsevyydestä.

Psykoakustisia ilmiöitä ovat myös,

- peittoilmiö
- äänenkorkeus
- äänenväri
- äänen subjektiivinen kesto
- vaihteluvoimakkuus
- karheus. (4, s. 37—38.)

Tuoreimpia suomalaistutkimuksia ympäristömelun häiritsevyydestä on Turun Ammattikorkeakoulun toteuttama julkinen tutkimusprojekti ”Anojanssi - Ympäristömelun häiritsevyyden mittaluvut”. Tutkimus toteutettiin vuosina 2016—2019 ja oli urauurtava sekä poikkeuksellisen laaja psykoakustinen koehenkilötutkimus. Projektin loppuraportti jul-

kaistiin vuonna 2020. Projektin aikana tehtiin mm. psykoakustisia laboratoriokokeita tavoitteena selvittää kapeakaistaisen melun lakisääteistä sanktioimista melumittausten tuloksia esitettäessä, jotta se vastasi häiritsevyyden kokemusta. Tutkimuksessa havaittiin, ettei lakisääteinen 3, 5 tai 6 dB:n lisäys melumittaustuloksiin vastaa koehenkilöiden kokemaa lisääntyntä häiriötä. Korkean taajuuden koetaan lisäävän häiritsevyyttä enemmän kuin pienen taajuuden vaikka äänenpaine olisi suurempi. (20, s. 15.)

Saman projektin osatutkimuksena toteutettiin kyselytutkimus murskaamomelun häiritsevyydestä, viiden toiminnassa olevan kivimurskaamon läheisyydessä. Murskaamomelun häiritsevyyttä tutkittiin annosvastesuhteen avulla. Tutkimuksen perusteella murskaamomelua ei koettu erityisen häiritseväksi sisä- tai ulkotiloissa, kun äänitaso piha-alueella oli vähemmän kuin 40 dB. (21, s. 295.)

Kokemukseen perustuvan tiedon mukaan melun häiritsevyyttä lisää melun aistinvarainen havainnointi mittauspisteeltä, näköyhteys melulähteeseen sekä asenne melulähdettä kohtaan.

5 Melun vaikutus yksilön terveyteen

Häiritsevyyden lisäksi melu saattaa aiheuttaa kuulonalenemista sekä muita suoria ja epäsuoria melusta johtuvia terveyshaittoja. Melun aiheuttama haitta yksilön hyvinvointiin voidaan osin yhdistää kohonneeseen sydän- ja verisuonisairauksiin sairastumisen riskiin. Meluallistutus voi johtaa yksilön unen häiriintymiseen ja univajeeseen, joka voi pitkittyessään lisätä sydän sairauksien riskiä sekä heikentää yksilön psyykkistä terveyttä. Melu voi aiheuttaa elimistöön myös osin yksilön tiedostamatta stressireaktion, minkä fyysisiä oireita ovat verenpaineen, sydämensykkeen sekä stressihormonipitoisuuksien nousu. (1.) Euroopan ympäristökeskuksen raportin mukaan

melun häiritsevyys ja unihäiriöt alkavat yleistyä pitkäaikaisen äänenpainetason ylitäessä ulkona 40 dB. Vaikutukset koettuun terveyteen ja verenpaineeseen yleistävät vastaavan äänenpainetason ollessa yli 50 dB. (22, s. 9.)

6 Melumittaus

Tarve melumittaukselle ilmenee usein ympäristöluvan hakuprosessissa tehtävässä meluilmoituksessa. Lupaviranomainen voi meluilmoituksen perusteella vaatia toimijan osoittamaan toiminnan ympäristöön aiheuttaman melupäästön määrän mittauksin. Melunmittauksia tarvitaan vallitsevan melutilanteen selvittämiseksi, melun valvonnassa, melumallinnuksen tai meluntorjunnan lähtötiedoiksi sekä meluntorjuntatoimien tarkistuksessa. (2.)

Melumittaukset ja valvonta suoritetaan ympäristöluvan mukaisesti, perustuen valioneuvoston päätökseen 993/1992 melun ohjearvoista, jossa määritetään ulko- ja sisätiloihin raja-arvot, joita melutaso ei saa ylittää. Määritetyt raja-arvot ovat yleisesti käytössä olevat arvot, poikkeuksena ampuma- ja moottoriurheiluradat ja teollisuus-, katu- ja liikennealueet sekä melusuoja-alueiksi tarkoitettut alueet. Lupapäätöksessä määritetään, kumpaa raja-arvoa työmaalla tulee noudattaa.

6.1 Ohjearvot ulkona

Valtioneuvoston päätöksessä § 2 asetetut ohjearvot ulko-alueille.

Asumiseen käytettävillä alueilla, virkistysalueilla taajamissa ja taajamien välittömässä läheisyydessä sekä hoito- ja oppilaitoksiapalvelevilla alueilla on ohjeena, että melutaso ei saa ylittää ulkona melun A-painotetun ekvivalenttitason (LAeq) päiväohjearvoa (klo 7-22) 55 dB eikä yö-ohjearvoa (klo 22-7) 50 dB. Uusilla alueilla on melutason yö-ohjearvo kuitenkin 45 dB. Oppilaitoksia palvelevilla alueilla ei kuitenkaan sovelleta yö-ohjearvoja. (23))

Loma-asumiseen käytettävillä alueilla, leirintäalueilla, taajamien ulkopuolella olevilla virkistysalueilla ja luonnonsuojelualueilla on ohjeena, että melutaso ei saa ylittää päiväohjearvoa 45 dB eikä yöohjearvoa 40 dB. Loma-asumiseen käytettävillä alueilla taajamassa voidaan kuitenkin soveltaa 1 momentissa mainittuja ohjearvoja. (23.)

Jos melu on luonteeltaan iskumaista tai kapeakaistaista, mittaus- tai laskentatulokseen lisätään 5 dB ennen sen vertaamista edellä 2 tai 3 §:ssä mainittuun ohjearvoon. (23.)

6.2 Ohjearvot sisällä

Valtioneuvoston päätöksessä § 3 asetetut ohjearvot sisätiloihin.

Asuin-, potilas- ja majoitushuoneissa on ohjeena, että ulkoa kantautuvasta melusta aiheutuva melutaso sisällä alittaa melun A-painotetun ekvivalenttitason (LAeq) päiväohjearvon (klo 7-22) 35 dB ja yöohjearvon (klo 22-7) 30 dB. (23.)

Opetus- ja kokoontumistiloissa sovelletaan ainoastaan melutason päiväohjearvoa 35 dB sekä liike- ja toimistohuoneissa päiväohjearvoa 45 dB. (23.)

6.3 Melumittauksen suoritus

Ympäristöministeriö on julkaissut jo vuonna 1995 SFS ISO 1996 -standardiin perustuvan ohjeen ympäristömelunmittaamiseen. Ohje annettiin jo kumotun meluntorjuntalain 382/87 nojalla, mutta se toimii melumittausten ohjenuorana vielä nykyisin ja siihen tulee tutustua ennen melumittauksiin ryhtymistä.

Ympäristömelua mitattaessa mitataan melulähteen keskiäänitasoa äänitasomittarilla eli desibelimittarilla. Tarkasteltavan melun tyyppi on hyvä tunnistaa ennen mittauksia, sillä se määrittää keskiäänitason mittaamiseen tarvittavan mittausajan ja tavan. Jotta mittaus olisi mahdollisimman luotettava ja edustava, on ennen mittauksiin ryhtymistä syytä selvittää, miksi mittaus tehdään. Lisäksi etukäteen tulee suunnitella, miten mittaus tulee toteuttaa, kuinka pitkä mittausjakso on tilanteeseen soveltuva ja milloin kyseinen mittaus on hyvä suorittaa. Sääolot vaikuttavat äänen etenemiseen ja siten myös mittaustulokseen. Mittaukset on pyrittävä tekemään siten, että sää-olosuhteet eivät aiheuta mittaustuloksiin lisävaimennusta.

Luotettavien ja toistettavissa olevien mittaustulosten saavuttamiseksi, välimatka mittauspisteen ja äänilähteen välillä suositellaan pidettävän mahdollisimman lyhyenä mielellään alle 30 metrissä. Tuulen tulisi olla heikkoa tai kohtalaista melulähteeltä mittauspisteelle päin noin 45 asteen sektorilla. Riittävän heikkona tuulenopeutena pidetään tuulen nopeutta alle 5 m/s noin 2 metrin korkeudella maan pinnasta. (14, s. 18.)

6.4 Vaatimukset mittalaitteille

Melumittaukseen tulee käyttää mittauslaitteistoa, joka on tarkoitettu keskiäänitason määrittämiseen ja sen tulee täyttää standardin SFS 2877/IEC 651 vaatimukset äänitasomittareille. Standardeissa IEC 651 ja IEC 804 on määritelty mittauslaitteistoille myös tarkkuusluokat niiden käyttötarkoitusten mukaan, jotka on esitetty taulukossa 1. Ympäristömelunmittauksessa käytetyn laitteiston tarkkuusluokan tulisi olla vähintään luokkaa 2, mutta mieluiten tarkkuusluokkaa 1.

Taulukko 1. Äänitasomittarien tarkkuusluokat (13, s. 33)

Tarkkuusluokka	Käyttötarkoitus
0	Laboratorioreferenssi
1	Laboratoriokäyttö ja kenttäkäyttö, jos akustinen ympäristö voidaan spesifioida ja/tai kontrolloida
2	Yleinen kenttäkäyttö
3	Kartoitusmittaukset

Ympäristömelunmittauksissa voidaan käyttää joko integroivaa eli keskiäänitasoa tai äänialtistustasoa suoraan mittaavaa mittaria tai ei-integroivaa äänitasomittaria. Ei-integroiva mittari soveltuu äänitason määrittämiseen, kun melu on tasaista tai se koostuu selvästi eroteltavista osista. Mittauslaitteistolla tulee voida mitata myös enimmäistaso aikapainotuksella F, S, tai I tai vaihtoehtoisesti aikapainotuksella S määritetyn enimmäistason sijaan voidaan määrittää yhden sekunnin keskiäänitaso. (14, s. 10.)

Melumittaukseen liittyviä äänen käsitteitä ovat seuraavat:

- Äänes, puhdas sinimuotoisesti vaihteleva äänisignaali. Ääneeseen sisältyy vain yhtä taajuutta.
- Yhdistelmä-ääni, muodostuu joukosta eritaajuisia ja -vaiheisia ääneksiä

- Jaksollinen ääni, muodostuu perustaajuisesta ääneksestä ja sen harmonisista komponenteista.
- Ei-jaksollinen ääni on tyypillisesti kohinanomainen ja toistottomasti muuttuva signaali.
- Leviämisvaimennus on äänilähteestä etääntyessä havaittava äänitason alenema. (4, s. 14.)

6.5 Melumittauksen tärkeimpiä vakiota ja suureita

Melumittauksessa ja laskennassa käytetään erinäisiä vakiota ja painotuksia, joilla ohjataan mittauskaluston seuraamaan eri melutilanteita sekä muuntamaan äänitasomittarin vaste vastaamaan erilaisia mittaustilanteita.

Aikavakiolla asetetaan mittalaite seuraamaan äänen vaihteluita. Standardin mukaiset aikavakiot ovat

- S (L_{pAS}), slow/hidas jonka aikavakio on 1s
- F (L_{pAF}), fast/nopea, jonka aikavakio on 125 ms ja
- I (I_{pIA}), impulse/impulssi, jonka aikavakio on 35 ms.

Taajuuspainotuksella äänitasomittari ohjataan jäljittelemään kuulon herkkyyttä eri melutilanteissa ja muuntamaan äänitasomittarin vaste vastaamaan eri melutilanteita. Melumittauksissa ja selityksissä on käytössä neljä standardin mukaista taajuuspainotusta A-, B-, C-, ja D-painotukset. A-painotusta käytetään ihmisen kuuloaistia vastaavana taajuusvasteena. (8, s. 307—308; 4, s. 34.)

Tärkeimpiä melumittauksessa käytettäviä suureita ovat seuraavat:

- Äänen paine p [Pa] on ääneen liittyvä hetkellisen paineen ja staattisen paineen ero. A-painotetun äänenpaineen määrittämiseen käytetään A-taajuuspainotusta.
- Äänenpainetaso L_p [dB] on äänenpaineen tehollisarvon ja vertailuäänepaineen suhteen neliön kymmenkertainen logaritmi.
- A-äänitaso L_{pA} , [dB] on hetkellisen A-painotetun äänenpaineen tehollisarvon ja vertailuäänepaineen suhteen neliön kymmenkertainen kymmenlogaritmi. A-äänitaso voidaan määrittää eksponentiaalisella lyhytaikaisella keskiarvotuksella käyttäen aikapainotuksia S (L_{pAS}), L (L_{pAF}) tai I (I_{pIA}).
- Ekvivalentti A-äänitaso (keskiäänitaso, ekvivalenttitaso) $L_{Aeq,T}$, on A-painotetun äänenpaineen keskimääräinen tehollisarvo määritetyllä ajanjaksolla. Ekvivalentti A-äänitaso on keskeinen suure melumittauksissa. Sen laskemisessa käytetään kaavassa 1 esitettyä yhtälöä

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right) \quad (1)$$

jossa, t_1 on määritetyn ajanjakson T alkuhetki

t_2 on määritetyn ajanjakson T loppuhetki

$p_A(t)$ on tarkasteltavan äänen A-painotetun äänenpaineen hetkellisarvo [Pa]

p_0 on vertailuäänepaine $20 \mu\text{Pa}$.

- (A-painotettu) enimmäistaso L_{Amax} [dB] on tarkasteluajana vallinnut suurin A-äänitaso määritettynä joko aikapainotuksella S, F tai I.
- Äänialtistustaso L_{AE} [dB]² on A-painotetun äänenpaineen tehollisarvon kertymää [Pa²s] vastaava äänitaso tai toisin sanoen tarkasteltavana aikana vallinnut keskiäänitaso normalisoituna yhteen sekuntiin. (14, s. 27—32)

6.6 Manuaalinen melumittaus

Manuaalisella melumittauksella tarkoitetaan mittausta, joka on niin sanotusti kertaluonteinen miehitetty mittaus. Sen toteuttamiseksi mittauslaitteisto tuodaan paikalle uudelleen jokaista mittausta varten ja mittauksen suorittava henkilö on paikalla koko mittauksen ajan. Mittaus on tärkeää suunnitella ja toteuttaa niin, että se vastaa melutilannetta, jota halutaan mitata. Erityisesti reklamaation vuoksi tehtävissä mittauksissa on ensiarvoisen tärkeää, että melutilanne vastaa mahdollisimman hyvin reklamaation aiheuttanutta melutilannetta, sillä vallinneeseen melutilanteeseen ei ole mahdollista palata. Manuaalisissa mittauksissa mitataan taustamelusta ja melutilanteesta riippuen molemmista yleensä n. 10—30 minuutin mittainen jakso, josta ekvivalenttitaso (L_{Aeq}), A-maksimi- ja A-minimiäänitasot, äänialtistustaso (L_{Ae}), ja melun taajuuskaistat saadaan selville. Mittausten jälkeen laite puretaan ja tallenteet analysoidaan manuaalisesti. Manuaalinen melumittaus on riittävä melutilanteissa, joissa ympäristöön leviävä melu on verrattain tasaista.

Manuaalisesti käytettäviä äänitasomittareita ovat muun muassa Rionin valmistama NA-28, joka on 1. luokan taajuusanalysointilaite ja on soveltuva kaikkiin ympäristömittauksiin sekä Norsonic Nor145, joka soveltuu myös rakennus-akustiikka mittauksiin.

6.7 Jatkuva- ja automaattinen melumittaus

Jatkuva- ja automaattinen melumittaus on automaattinen miehittämätön mittaus, jossa mittalaite jätetään mittamaan mittauspisteelle kantautuvaa melua päiväksi tai jopa vuosiksi. Mit-

talaite lähettää sille ohjelmoidun standardin mukaiset tulokset reaaliaikaisesti verkkopalvelimelle, josta halutut suureet ovat luettavissa sekä äänitallenteet kuunneltavissa ilman merkittävää viivettä. Mittalaite voidaan ohjelmoida histogrammin tallentamisen lisäksi aktivoitumaan esimerkiksi tietyn äänenpaineen ylittyessä.

Etuja jatkuvatoimisen mittauksen käytössä on mahdollisuus palata reklamaation aiheuttaneeseen melutilanteeseen ja ohjearvojen reaaliaikaiseen seurantaan sekä nopeaan reagointiin mahdollisiin reklamaatioihin tai raja-arvojen ylityksiin. Tärinämittauksista omaksutun kokemuksen mukaan asukkaat suhtautuvat epämukavuutta tai pelkoa aiheuttavaan työhön myönteisemmin, kun tärinää valvotaan mittauksin. Jatkuvatoiminen melumittaus on hyvä keino mitata melua muuttuvissa melutilanteissa, missä melutasot vaihtelevat käynnissä olevien työvaiheiden mukaan.

7 Melua koskeva lainsäädäntö

Melu on ympäristöä pilaava tekijä, ja meluntorjunnan keskeiset tavoitteet sekä välineet on sisällytetty osaksi ympäristönsuojelulainsäädäntöä osana ympäristön pilaantumisen torjuntaa. Eri lähteistä peräisin olevaa melua onkin säädetty usein eri päätöksin, asetuksin ja direktiivein sekä valtakunnallisella että EU -tasolla.

Suomen lainsäädännössä keskeiset meluntorjunta tavoitteet on esitetty vuonna 2014 voimaan tulleessa ympäristönsuojelulaissa 527/2014. Ympäristönsuojelulaissa määritellään päästöksi

ihmisen toiminnasta aiheutuvaa aineen, energian, melun, tärinän, säteilyn, valon, lämmön tai hajun päästämistä, johtamista tai jättämistä yhdestä tai useammasta kohdasta suoraan tai epäsuorasti ilmaan, veteen tai maaperään (14)

ja ympäristön pilaantumisella tarkoitetaan

sellaista päästöä, jonka seurauksena aiheutuu joko yksin tai yhdessä muiden päästöjen kanssa:

a) terveyshaittaa;

- b) haittaa luonnolle ja sen toiminnoille;
- c) luonnonvarojen käyttämisen estymistä tai melkoista vaikeutumista;
- d) ympäristön yleisen viihtyisyyden tai erityisten kulttuuriarvojen vähentymistä;
- e) ympäristön yleiseen virkistyskäyttöön soveltuvuuden vähentymistä;
- f) vahinkoa tai haittaa omaisuudelle taikka sen käytölle; tai
- g) muu näihin rinnastettava yleisen tai yksityisen edun loukkaus. (15.)

Ympäristönsuojelulaki määrää luvanvaraiseksi ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavan tarkemmin asetuksella säädetyn toiminnan sekä toiminnan, josta saattaa ympäristössä aiheutua eräistä naapuruussuhteista annetun laissa 26/1920 § 17 tarkoitettua kohutonta rasisusta. (15.)

Ympäristöluvassa voidaan määrätä toiminnanharjoittajalle seuranta- ja tarkkailuvelvollisuus päästöjen ja toiminnan vaikutuksista. Tällöin luvassa määrätään myös mittausmenetelmistä, mittausten tiheydestä sekä miten tulokset arvioidaan ja toimitetaan viranomaiselle.

Ympäristönsuojelulain 118 § määrittelee, että tilapäistä melua aiheuttavasta toimenpiteestä tai tapahtumasta on tehtävä ilmoitus kunnan ympäristöviranomaiselle, jos on aihetta olettaa melun olevan erityisen häiritsevää. Ilmoitusta ei tarvitse tehdä ympäristöluvan edellyttävästä toiminnasta.

Rakennustyömaita sekä kiviainestuotantoalaitoksia koskevat ympäristönsuojelulain ja -asetuksen ohella myös Valtioneuvoston päätös melutasojen ohjearvoista 993/1992, Valtioneuvoston asetus ulkona käytettävien laitteiden melupäästöistä (laitemeluasetus) 621/2001 sekä Valtioneuvoston asetus Euroopan yhteisön edellyttämistä meluselvityksistä ja meluntorjunnan toimintasuunnitelmista 801/2004. Kiviainestuotantoa säädetään myös Valtioneuvoston asetuksella 800/2010 kivenlouhimojen, muun kivenlouhinnan ja kivenmurskaamojen ympäristönsuojelun vähimmäisvaatimuksista silloin, kun toimintaan on oltava ympäristöluva.

Euroopan parlamentin ja neuvosto on antanut direktiivin 2002/49/EY ympäristömelun arvioinnista ja hallinnasta. Sen keskeinen tavoite on

määritellä yhteinen toimintamalli, jonka avulla voidaan välttää, ehkäistä tai vähentää tärkeysjärjestyksen mukaisesti ympäristömelulle altistumisen haittavaikutuksia, häiritsevyys mukaan lukien. (15)

8 Tapausesimerkit

Tapausesimerkeissä tarkastellaan viittä Forcit Consulting Oy:n toteuttamaa melumittausprojektia. Tarkastelulla pyritään tutkimaan melutilanteita ja niiden potentiaalia jatkuvatoimisen melumittauksen hyödyntämiseen. Tapausesimerkkien tarkastelu tehdään niiden mittauksien osalta, joissa jatkuvatoimisen mittauksen mahdollisuus on olemassa. Näin ollen tarkastelusta jätetään pois asuintiloissa tehdyt melumittaukset, joiden toteuttaminen jatkuvatoimisina mittauksina on erittäin haastavaa.

8.1 Tapausesimerkki 1 – Infra-hanke kaupunkikeskuksessa

Ensimmäisessä tapausesimerkissä käsitellään suuren kokoluokan infra-hankkeen yhdellä urakka-alueella toteutettuja melumittauksia. Urakka-alueella tehtiin maanpäällisiä maanrakennus- ja avolouhintatöitä sekä maanalaista tunnelilouhintaa. Meluhaittaa lähiympäristöön aiheuttavia työvaiheita olivat mm. maankaivu ja ponttipaalutus, teräsbetoni- ja porapaalutus, kallion poraus ja räjäytykset, kalliopinnan koneellinen rusnaus, kiven rikotus hydraulisella iskuvasaralla sekä louheen lastaus ja kuljetus. Pääosa louhintatöistä oli kuitenkin tunnelilouhintaa. (24.) Tarkastellun urakan aiheuttama meluhaitta lähiympäristöön kesti noin neljän vuoden ajan. Kyseisen urakan lisäksi samalla alueella oli samanaikaisesti käynnissä useita rakennus- ja purkuhankkeita.

Meluntorjuntaratkaisu ja määräykset on annettu ympäristönsuojelulain 118 § ilmoitusmenettelyn mukaisesti.

8.1.1 Lupamääräyksen raja-arvot

Valvova lupaviranomainen hyväksyi meluilmoituksessa esitetyt toimet seuraavin melutasoihin liittyvin huomioin koskien paalutusta avolouhintaa, tunnelilouhintaa, louheen lastausta ja kuljetusta.

Työaika on rajattu arki maanantaista perjantaihin klo 7—18. Jos töitä tehdään arkisin myös klo 18—22 saa töiden aiheuttama melutaso (L_{Aeq}) olla läheisissä asuin-, potilas-, ja majoitushuoneissa olla korkeintaan 40 dB. Arkilauantaisin klo 9—18 melutaso saa olla enintään 35 dB. Mikäli töitä tehdään muulloin kuin arkisin maanantaista perjantaihin klo 7—18 melutaso tulee selvittää ennen töiden aloitusta. Melumittauksia on tehtävä lisää toiminnan siirryttyä lähemmäs altistuvaa kohdetta tai jos meluhaitan voidaan olettaa lisääntyneen. (24.)

Lupamääräyksessä asetettiin tunnelilouhinnalle sekä tuuletukselle vielä muista poikkeavia raja-arvoja. Tunnelilouhintaa tehtäessä myös arkisin maanantaista perjantaihin klo 22—7 tai viikonloppuisin ja arkipyhinä klo 22—9 saa melutaso olla enintään 30 dB. Ennen kun töitä ryhdytään tekemään muulloin kuin arkisin maanantaista perjantaihin klo 7—18 on melutaso selvitettävä mittauksin melulle eniten altistuvissa kohteissa. Mikäli työtä tehdään yli 100 metrin päässä asutuksesta, ei mittauksia tarvita, ellei työ aiheuta sisälle kantautuvaa häiritsevää melua. (24.)

Poistoilmapuhaltimen aiheuttama melutaso asuinrakennusten sekä hoito- ja oppilaitosten ulkopuolella saa olla klo 7—22 enintään 50 dB ja suurimman tehon aikana enintään 60 dB. Yöaikaan klo 22—7 melutaso saa olla enintään 45 dB. Puhaltimen melutaso on mitattava sen käyttöönoton jälkeen. (24.)

8.1.2 Melumittaukset ja reklamaatiot

Työmaalla lähiympäristöön kantautunutta melua mitattiin yhteensä 24 eri mittauskerralla. Valtaosa mittauksista toteutettiin työmaahan kohdistetun reklamaation vuoksi, toisena syynä mittauksille oli toivottu työajan pidentäminen. (25.)

Työmaahan kohdistuneita reklamaatioita aiheuttivat työmaan poistoilmapuhaltimen, tunneliseinämän rusnauksen, louheen kuljetuksen, tunnelinporauksen, -kuilun porauksen ja -sahauksen melu. 24 melumittauskerrasta 22 kappaletta perustui asukkaiden reklamaatioihin, joista lähempään tarkasteluun nostettiin 8 piha-alueella toteutettua mittausta joissa olisi ollut mahdollista hyödyntää jatkuvatoimista melumittausta. (25.)

Melumittaukset toteutettiin miehitettyinä mittauksina Rion Sound Level Meter 28 -mittalaitteella, joka on monitoiminen 1. luokan äänitasomittari. Mittalaitteella kalibroitiin ennen jokaista mittausta Pulsar Acoustic Calibrator 105:llä. Mittalaitteella rekisteröitiin työmaalta kantautuvan melun A-maksimi- ja A-minimiäänitasot, äänialtistustaso (L_{Ae}), ekvivalenttitaso (L_{Aeq}) ja melun taajuuskaistat. (25.)

Mittaus 1

Ensimmäinen mittaus urakka-alueella tehtiin lupamääräykseen perustuen, poistoilmapuhaltimen käyttöönoton jälkeen (liite 1). Mittaus koski ilmanvaihtoon käytettävän poistoilmapuhaltimen melua. Mittaukset suoritettiin kolmesta mittauspisteestä, melulähdettä lähimpien asuinkerrostalojen piha-alueilta noin 50—70 metrin päässä melulähteestä. Kaikissa mittauspisteissä rekisteröitiin yksi 10 minuutin mittainen jakso puhallinmeluntason selvittämiseksi. Puhaltimen ääni oli kuultavissa heikosti mittauspisteessä 1, mittauspisteissä 2 ja 3 puhaltimen ääni ei ollut havaittavissa aistinvaraisesti. Merkittävää taustamelua aiheuttivat liikenteen ja rakennustyömaiden äänet, jotka olivat aistinvaraisesti arvioituna puhallinmelua voimakkaampia. Melussa ei havaittu aistinvaraisesti eikä mittaus tulosten perusteella kapeakaistaisuutta tai impulssimaisuutta. (25.)

Mittaus 2

Toinen melunmittaus toteutettiin puhallinmelun tason selvittämiseksi puhaltimen käyttöönoton jälkeen. Mittaus perustui lupamääräykseen sekä reklamaatioon puhallinmelun häiritsevyydestä yöaikaan. Mittaus tehtiin kahdesta mittauspisteestä melulähdettä lähinnä sijainneen asuinkerrostalon piha-alueella, joka sijaitsi noin 70 metrin päässä me-

lulähteestä. Molemmilla mittauspisteillä rekisteröitiin yksi 10 minuutin jakso. (liite 1) Mittauspisteeltä ei ollut näköyhteyttä puhaltimelle mutta puhaltimen ääni kantautui molemmille mittauspisteille. Merkittävää taustamelua aiheuttivat liikenne sekä lentomelu. (26.)

Mittausten perusteella melutaso ylittää sille sallitun raja-arvon, lisäksi mittauspisteessä 2 melussa havaittiin aistinvaraisesti selvää kapeakaistaisuutta, mikä varmistettiin vielä mittaustuloksista. Melussa ei havaittu impulssimaisuutta. (26.)

Mittaus 3

Kolmas toteutettu melumittaus tehtiin poistoilmapuhaltimen melusta ympäristölupaan ja reklamaatioihin perustuen kahdella eri mittauspisteellä. Mittauspisteet sijaitsivat melulähdettä lähimpien asuin-kerrostalojen piha-alueella noin 40–70 metrin päässä melulähteestä. Mittauksien aikana rekisteröitiin 7 kappaletta 10 minuutin jaksoja (liite 1). Puhaltimien melu oli erotettavissa vaimeana molemmilla mittauspisteillä, lisäksi mittauspisteeltä 2 oli myös suora näköyhteys puhaltimelle. Merkittävää taustamelua aiheutui liikenteen aiheuttamista äänistä sekä lintujen äänistä. (27.)

Mittausten perusteella mittauspisteellä 1 taustamelu oli puhaltimen aiheuttamaa melua 1dB voimakkaampaa ja mittauspisteellä 2 puhallinmelu nosti keskiäänitasoa 2–7 dB. Melussa ei havaittu aistinvaraisesti tai mittaustuloksien perusteella kapeakaistaisuutta tai impulssimaisuutta. Edellisessä mittauksessa havaittu kapeakaistaisuus oli saatu poistettua korjaustoimenpitein. (27.)

Mittaus 4

Neljäs mittaus tehtiin louheenkuljetuksen aiheuttaman melun tason selvittämiseksi kahdesta mittauspisteestä noin 30 metrin päässä melulähteestä. Mittaus perustui lupamääräykseen sekä reklamaatioon. Mittausten aikana rekisteröitiin 6 kappaletta 20 minuutin

jaksoa (liite 1). Mittauspisteet sijaitsivat kuorma-autoliikenteen pysähtymiskohdissa, mistä on suora näköyhteys louheenkuljetusreitille. Louheenkuljetuksen aiheuttama melu oli kuultavissa molemmilla mittauspisteillä, ja se oli aistinvaraisesti arvioiden samalla tasolla muun työmaaliikenteen kanssa. Melu ei ollut mittaustulosten tai havaintojen perusteella kapeakaistaista tai impulssimaista, mutta kuorma-autojen autojen paineilmajaruista kuului ajoittaisia voimakkaita suhahduksia. (28.)

Mittaus 5

Viidennessä mittauksessa selvitettiin puhaltimen aiheuttamaa melutasoa kolmessa ulkona sijainneessa mittauspisteessä sekä yhdessä sisämittauspisteessä uuden puhaltimen käyttöön oton jälkeen. Mittaus perustui työmaan lupamääräykseen sekä työmaahan kohdistettuun reklamaatioon. Mittauspisteet sijaitsivat noin 40—70 metrin päässä puhaltimesta melulähdettä lähimmistä häiriintyvistä kohteista. Mittauksien aikana rekisteröitiin yhteensä 4, 20 minuutin jaksoa, joiden aikana puhallinta käytettiin 5 minuuttia aina yhdellä tehoasetuksella (liite 1). Mittauspisteessä 1 ja 3 puhallinmelua ei havaittu aistinvaraisesti teholuvuilla 2—3, mutta suuremmilla perustasolla sekä räjäytysten jälkeen käytettävillä teholuvuilla 6—7 melu oli jo selvästi havaittavissa. Mittauspisteessä 4 melu oli erotettavissa kaikilla teholuvuilla. Merkittävää taustamelua aiheutti vilkas liikenne sekä lintujen ja ihmisten äänet. Puhaltimen melussa oli havaittavissa kapeakaistaisuutta, mutta impulssimaisuutta ei havaittu. (29.)

Mittaustulosten perusteella poistoilmapuhaltimelle sallittu melutaso ylittyy kaikissa ulkomittauspisteissä kaikilla tehoasetuksilla. Myös suurimmalla käytössä olevalla tehoasetuksella melu ylittää sille asetetun raja-arvon. (29.)

Mittaus 6 ja 7

Kuudes ja seitsemäs mittaus suoritettiin työmaalla käytössä olevan poistoilmapuhaltimen aiheuttaman melutason selvittämiseksi. Mittaukset perustuvat lupamääräykseen sekä reklamaatioon, ja ne suoritettiin kolmen melulähdettä lähinnä olevan asuinkerrostalon piha-alueella noin 40—70 metrin etäisyydellä puhaltimesta. Mittaukset suoritettiin

rekisteröimällä 6 kappaletta 20 minuutin jaksoa, 5 minuuttia jokaista tehoasetusta kohden. (liite 1) Mittauksilla määritettiin puhaltimen aiheuttama melun maksimitaso ja kierrosasetus, millä melutaso jää alle sallitun maksimi-arvon. Lisäksi määritettiin normaalin työajan tuuletuksen aiheuttaman melun taso. Puhaltimeen oli asennettu vaimennin mittauksen 5 jälkeen ja koteloitin mittauksen 6 jälkeen. Kaikilta mittauspisteiltä oli suora näköyhteys puhaltimelle ja puhaltimen ääni oli erotettavissa korvakuulolla kaikilla mittauspisteillä ja teholuviilla. Merkittävää taustamelua aiheutui mittauksessa 6 ajoneuvo-liikenteestä, lentoliikenteestä, pihalla liikkuneista ihmisistä sekä luonnosta. Seitsemäs mittaus suoritettiin ilta/yö-aikaan ja sen aikana liikenteen aiheuttama taustamelu oli vähistä. Mittauspisteissä 2 ja 3 liikenteen melu oli aistinvaraisesti arvioiden voimakkaampaa. (30.)

Mittaustulosten perusteella poistoilmapuhaltimelle sallittu melutaso ylittyi kaikilla mittauspisteillä kaikilla tehoasetuksilla sekä suurimmalla tehoasetuksella käytettäessä melutaso ylittää sille asetetun raja-arvon mittauspisteessä 3. Mittauspisteellä 1 poistoilmapuhallin nosti keskiäänitasoa mitatulla tehoasetuksilla 1—6 dB, mittauspisteellä 2 1—4 dB ja mittauspisteellä 3 9—14 dB. (30.)

Mittaus 8

Kahdeksas mittaus suoritettiin käytössä olevan puhaltimen melutason selvittämiseksi. Mittaus perustui lupamääräykseen sekä reklamaatioon, ja se suoritettiin kolmen melulähdettä lähinnä sijaitsevan asuinkerrostalon piha-alueilla. Mittauspisteet sijaitsivat noin 40—70 metrin päässä melulähteestä. Mittaukset suoritettiin rekisteröimällä yhteensä 2 kappaletta 15 minuutin jaksoa ja yksi 20 minuutin jakso, joiden aikana puhallinta käytettiin 5 minuuttia yhtä teholumia kohden. (liite 1) Kaikilta mittauspisteiltä oli suora näköyhteys puhaltimelle. Teholuviilla 4 puhaltimen melu oli havaittavissa kaikilla mittauspisteillä, teholuviilla 2 ja 3 melu ei ollut erotettavissa taustamelusta korvakuulolla. Liikenteen aiheuttama taustamelu oli havaittavissa kaikilla mittauspisteillä. (31.)

Mittaustulosten perusteella puhaltimen melu ei ylitä sille asetettua yöaikaista raja-arvoa millään mittauspisteellä sitä käytettäessä yöllä käytettävällä teholuviilla 2. Melussa ei

havaittu kapeakaistaisuutta tai impulssimaisuutta mittaustulosten eikä aistinvaraisten havaintojen perusteella. (31.)

8.2 Tapausesimerkki 2 – Etenevä tunnelilouhinta

Toisessa tapausesimerkissä käsitellään etenevää tunnelilouhinta-projektia. Urakka-alueilta lähiympäristöön kantautuva melu aiheutui porausmelusta, räjäytyksistä, tuuletuksesta, rusnauksesta sekä louheen kuormauksesta ja kuljetuksesta. Koska kyseessä oli etenevä työmaa, louhintatöistä kantautui ääntä yksittäisiin kohteisiin noin 3 kuukauden ajan. Poikkeuksena tähän ajotunneleiden suuaukkojen välittömässä läheisyydessä sijaitsevat kohteet, joihin louheenkuljetuksesta aiheutuvaa ääntä kantautuu koko louhintatyön ajan.

Meluntorjunta ratkaisu ja määräykset on annettu ympäristönsuojelulain 118 § ilmoitusmenettelyn mukaisesti. (31.)

8.2.1 Lupamääräyksen raja-arvot

Valvova lupaviranomainen hyväksyi meluilmoituksessa esitetyt toimet seuraavin melutasoja koskevin huomioin koskien ponttipaalutusta, avolouhintaa, tunnelilouhintaa, louheen lastausta ja kuljetusta (32).

Töitä saa tehdä arkisin maanantaista perjantaihin klo 7—18. Jos töitä tehdään arkisin myös klo 18—22 töiden aiheuttama melutaso (LAeq) saa olla läheisissä asuin-, potilas-, ja majoitushuoneissa olla korkeintaan 40 dB. Arkilauantaisin klo 9—18 melutaso saa olla enintään 35 dB. Mikäli töitä tehdään muulloin kuin arkisin maanantaista perjantaihin klo 7—18 melutaso tulee selvittää. Melumittauksia on tehtävä lisää toiminnan siirryttyä lähemmäs altistuvaa kohdetta tai jos meluhaitan voidaan olettaa lisääntyneen. (32.)

Tunnelilouhintaa tehtäessä myös viikonloppuisin tai arkipyhinä klo 9—22 melutaso saa olla korkeintaan 40 dB. Arkisin maanantaista perjantaihin klo 22—7 tai viikonloppuisin ja arkipyhinä klo 22—9 melutaso saa olla makuuhuoneina käytettävissä asui-, potilas-, tai

majoitushuoneissa enintään 30 dB. Ennen kun töitä ryhdytään tekemään muulloin kuin arkisin maanantaista perjantaihin klo 7—18, melutaso on selvitettävä mittauksin melulle eniten altistuvissa kohteissa. Mikäli työtä tehdään yli 100 metrin päässä asutuksesta, ei mittauksia tarvita, ellei työ aiheuta sisälle kantautuvaa häiritsevää melua. (32.)

Poistoilmapuhaltimen aiheuttama melutason tavoitearvo on 50 dB asuinrakennusten sekä hoito- ja oppilaitosten edustalla. Jos tavoitearvoon ei kattavista vaimennustoimenpiteistä huolimatta päästä saa melutaso olla klo 7—22 enintään 55 dB. Suurimman käytettävän tuuletustehon aikana melutaso saa olla enintään 60 dB. Yöaikaan klo 22—7 melutason saa olla enintään 50 dB. (24.) Melumittauksia ei ole kehoitettu tehtävän, ellei sille nähdä tarvetta esimerkiksi reklamaatioiden vuoksi. Poistoilmapuhallinten aiheuttaman meluhaitan torjuntaan on lupa määräyksen mukaan kiinnitettävä erityistä huomiota, sillä niitä käytetään koko rakennustyön ajan. (32.)

8.2.2 Melumittaukset ja reklamaatiot

Tunnelilouhintoihin liittyviä melumittauskertoja kertyi vuoden aikana yhteensä 5 kappaletta, jotka perustuivat joko lupamääräykseen tai reklamaatioon. Mittauksista 3 kappaletta perustui työmaahan kohdistettuun reklamaatioon. (liite 2).

Työmaahan kohdistettiin reklamaatioita kohteissa sijaitsevien kahden poistoilmapuhaltimen sekä tunnelinporausmelun vuoksi. Tarkempaan tarkasteluun otetaan häiriintyvien kohteiden piha-alueille tehdyt mittaukset, jotka tehtiin poistoilmapuhaltimen melun aiheuttamien reklamaatioiden vuoksi. Reklamaatioihin perustuvista mittauksista tehtiin yhtä lukuun ottamatta kaikki samalla urakka-alueella. Työmaalla suoritettiin tunnelilouhintaa sekä siellä sijaitsevia varapoistumiskuiluksia, tuuletukseen ja varapurkuyhteydeksi louhittu kuilu, jonka suulle oli sijoitettuna tunnelin poistoilmapuhaltimet (P1 ja P2). (24.) Suurimmaksi häiriöksi koettiin poistoilmapuhaltimien melu. (33.)

Melumittaukset toteutettiin kertaluonteisena manuaalisena melumittauksena, ympäristöministeriön ohjeen 1/1995 ”ympäristömelun mittaaminen” sekä saatujen lisäohjeistusten mukaisesti. Mittalaitteena käytettiin Rion Sound Level Meter 28-äänitasomittaria, joka on monitoiminen 1. luokan äänitasomittari. Mittalaite kalibroitiin ennen jokaista mittausta

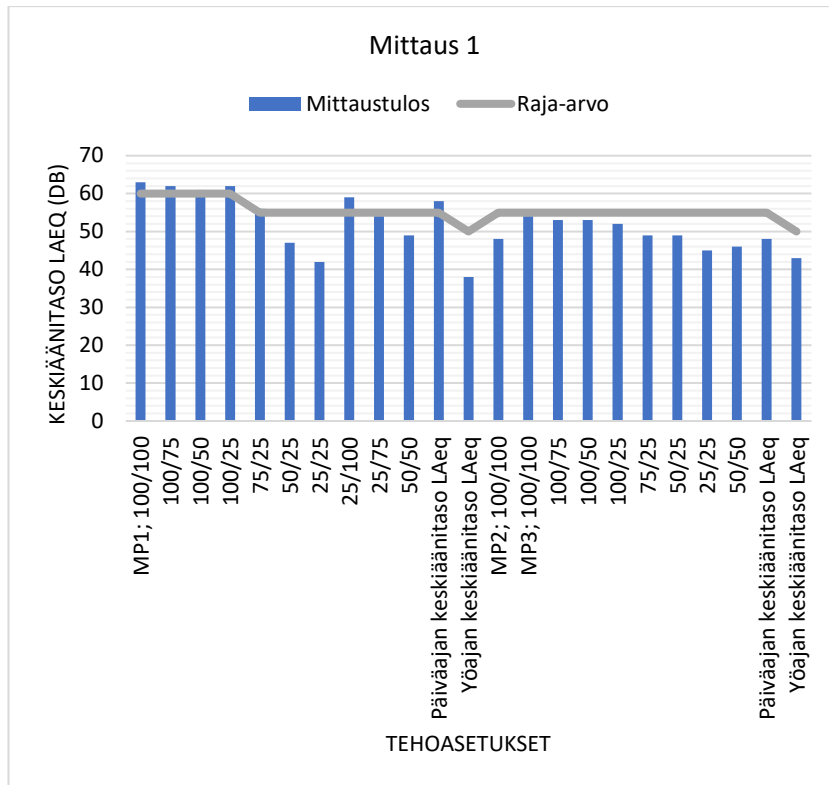
Pulsar Acoustic Calibrator 105:llä. Mittalaitteella rekisteröitiin työmaalta kantautuvan melun A-maksimi- ja A-minimiäänitasot, äänialtistustaso (L_{Ae}), ekvivalenttitaso (L_{Aeq}) ja melun taajuuskaistat. (33.)

Puhallinmelusta tehtiin kaksi laajaa mittausta neljässä eri mittauspisteessä, joissa mitattiin puhaltimien melutaso puhaltimien ollessa käytössä eri tasoasetuksin ja tasoasetusyhdistelmin. (liite 2) (33).

Mittaus 1

Ensimmäinen mittaus toteutettiin poistoilmapuhaltimen melusta tehtyjen reklamaatioiden vuoksi kolmessa eri mittauspisteessä noin 70—130 metrin etäisyydellä melulähteestä. Mittauspisteiltä rekisteröitiin yhteensä kolme 15 minuutin jaksoa, niin että jokaisessa mittauspisteessä suoritettiin yksi mittaus. Puhaltimen aiheuttama melu oli erotettavissa korvakuulolla jokaisessa mittauspisteessä, lisäksi mittauspisteistä 1 ja 3 oli näköyhteys puhaltimille, mittauspisteeltä 2 oli puhaltimille osittainen näköyhteys. Taustamelua mittauksen aikana aiheuttivat ajoneuvoliikenne, lentoliikenne sekä piha-alueilla liikkuneet ihmiset. (33.)

Mittaustulosten perusteella poistoilmapuhaltimien melu oli voimakkaimmillaan mittauspisteellä 1, jossa päiväajan laskennallinen keskiäänitaso ylittyi. Melussa ei havaittu kapeakaistaista tai impulssimaisuutta. Mittauksissa havaittiin länsipuolella olevan puhaltimen P1 tehoasetuksella olevan suurin vaikutus keskiäänitasoon. Puhaltimen suuaukko osoitti mittauspistettä 1 kohti. Mittauspisteissä 2 ja 3 melutasot eivät ylittäneet ohjearvoja millään mitatuilla tehoasetuksilla. Tehoasetuskohtaiset mittauksitulokset verrattuna raja-arvoihin esitetty kuvassa 7.



Kuva 4. Mittauksen 1 teho-asetus kohtaiset mittaustulokset verrattuna raja-arvoihin.

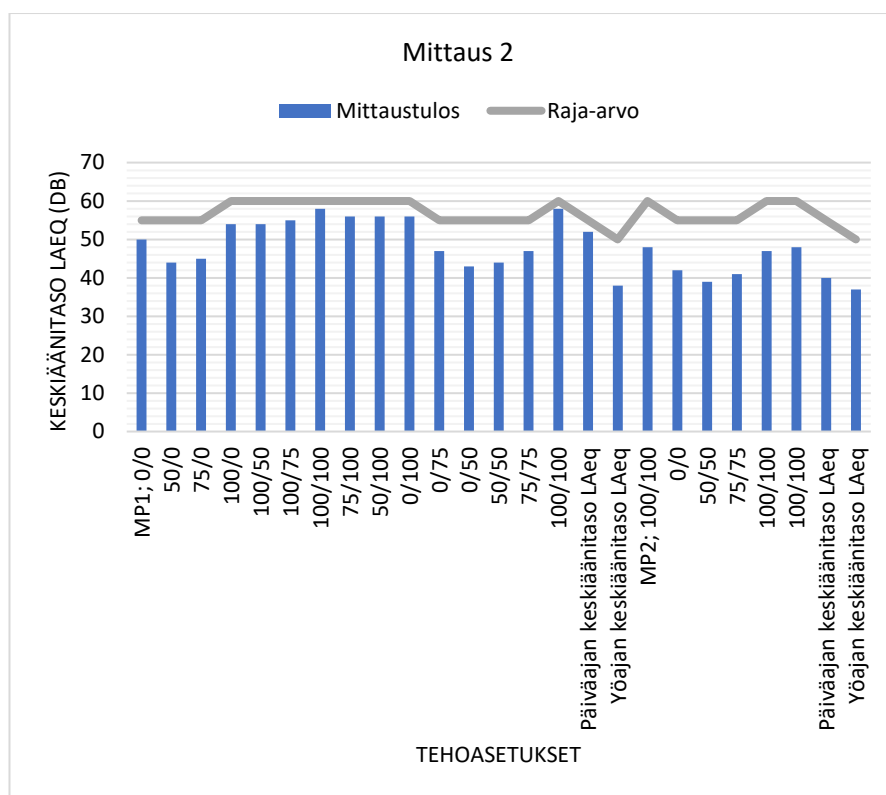
Mittaus 2

Toinen mittaus toteutettiin kahdessa mittauspisteessä kahdella eri työmaalla, työmailla käytössä olevien tunnelipuhaltimien (2 kpl/työmaa) melutason selvittämiseksi. Mittauspiste 1 oli sama kuin mittauksen 1 ensimmäisessä mittauksessa. Mittaukset suoritettiin melulähdettä lähimpien asuinrakennusten piha-alueella lupamääräyksen ja reklamaatioiden perusteella. (34.)

Mittauspisteiltä rekisteröitiin yhteensä kaksi 30 minuutin jaksoa sekä mittauspisteessä 2 suoritettiin kaksi 5 minuutin mittausta puhaltimien ollessa täydellä teholla voimakkaan taustamelun vuoksi. Puhaltimia käytettiin noin 1-2 minuuttia yhtä tehoasetusta kohden. Puhaltimien aiheuttamat äänet olivat erotettavissa korvakuulolta molemmissa mittauspisteissä puhaltimien tehoasetuksen ollessa yli 50 %. Mittauspisteeltä 1 on näköyhteys puhaltimille, kun taas mittauspisteeltä 2 näköyhteyttä ei ollut. Korvakuulolla arvioituna

länsipuolella sijaitsevan puhaltimen melu on havaittavissa selvemmin. Taustamelua mitauspisteillä aiheuttivat läheinen koulu sekä ajoneuvo- ja lentoliikenne ja mittauspisteellä 2 myös läheisen kaupan pysäköintialueen liikenne sekä jätepuristin. (34.)

Mittaustulosten perusteella poistoilmapuhaltimien melu on voimakkaimmillaan mittauspisteessä 1. Päiväajan laskennallinen keskiäänitaso pysyy sallittujen arvojen puitteissa yöajan keskiäänitason jäädessä selvästi alle sallitun raja-arvon. Tehoasetuskohtaiset mittaus tulokset verrattuna sallittuihin raja-arvoihin on esitetty kuvassa 8. Mittauspisteessä 2 kaikki mitatut keskiäänitasot ovat alle sallittujen raja-arvojen. Melussa ei havaittu kapeakaistaisuutta tai impulssimaisuutta. (34.)



Kuva 5. Mittauksen 2 tehoasetuskohtaiset mittaus tulokset verrattuna raja-arvoihin

8.3 Tapausesimerkki 3 – Kiviaines-louhimo

Tapausesimerkissä 3 käsitellään kiviaineksen louhinta- ja jalostustoiminnan aiheuttaman melun mittauksia kiviaines-louhimon lähiympäristössä. Louhimon eri töiden ollessa käynnissä ympäristöön leviävän ympäristömelunlähteitä olivat murskausasema, rikotin, poravaunu, maanrakennuskoneet, kuten pyöräkuormaaja ja kaivinkone, työmaaliikenne ja vaijerisahat. (35.)

8.3.1 Lupamääräykset ja raja-arvot

Murskaustoiminnan lupamääräyksen mukaiset raja-arvot perustuvat valtioneuvoston päätökseen 993/1992 melutason ohjearvoista sekä valtioneuvoston asetukseen 800/2010 kivenlouhimojen, muun kivenlouhinnan ja kivenmurskaamojen ympäristönsuojelusta. Asetusten mukaan keskiäänitaso (L_{Aeq}) ei saa ylittää asuinkiinteistöjen piha-alueilla klo 7—22 55dB eikä vapaa-ajan asuntojen piha-alueilla 45 dB. (35.)

8.3.2 Melumittaukset

Melumittaus suoritettiin ympäristöministeriön ohjeen 1/1995 ”ympäristömelun mittaaminen” mukaisesti, tavoitteena selvittää murskaustoiminnan aiheuttama melutaso. Mittalaitteena käytettiin Rion Sound Level Meter 28 -äänitasomittaria, joka on monitoiminen 1. luokan äänitasomittari. Mittalaitte kalibroitiin ennen jokaista mittausta Pulsar Acoustic Calibrator 105:llä. Mittalaitteella rekisteröitiin työmaalta kantautuvan melun A-maksimi- ja A-minimiäänitasot, äänialtistustaso (L_{Ae}), ekvivalenttitaso (L_{Aeq}) ja melun taajuuskaislat. (36.)

Mittaus perustui lupamääräykseen sekä murskaamoon kohdistettuun reklamaatioon. Melutasot mitattiin yhdessä mittauspisteessä. Kohde oli todettu aiemmin tehdyssä melumallinnuksessa todennäköisimmin häiriintyväksi, ja se sijaitsee noin 600 metrin päässä kiviaines-louhimosta. (36.)

Mittausten aikana rekisteröitiin yhteensä kaksi 10 minuutin jaksoa, toinen murskaustoiminnan ollessa käynnissä ja toinen sen ollessa keskeytettynä. Lisäksi rekisteröitiin yksi

5 minuutin mittainen jakso melun impulssimaisuuden selvittämiseksi. Murskaustoiminnan äänet olivat havaittavissa korvakuulolta mittauspisteeltä, ja aistinvaraisesti meluisimmaksi arvioitiin kiven rikotus iskuvasaralla. Mittaushetkellä käynnissä olevia työvaiheita olivat kiviaineksen murskaus, rikotus, poraus, kiviaineksen lastaus murskalle sekä muu tehdastoiminta. Mittausten aikana työalue sijaitti noin 700 metrin päässä mittauspisteestä. Kapeakaistaisuutta tai impulssimaisuutta ei havaittu aistinvaraisesti eikä mittaus-tuloksista. Taustamelua aiheutti eläinten ja luonnon äänet. (36.)

Mittausten perusteella työmaan toiminta nostaa keskiäänitasoa (L_{Aeq}) mittauspisteellä noin 5 dB jätteen myös alle sallitun raja-arvon. (liite 3) (36).

8.4 Tapausesimerkki 4 – tuotantolaitoksen rakentaminen

Neljännessä tapausesimerkissä tarkastellaan tuotantolaitoksen rakentamistöiden aikais-ten toimintojen aiheuttaman meluhaitan mittauksia. Työn aikana kohteessa tehdään louhintatöitä, kiviaineksen murskausta, rikotusta sekä työhön liittyvää lastaus- ja kuljetus-työtä. Työtä tehdään maanantaista perjantaihin klo 7—22 ja lauantaisin klo 7—18 pois lukien juhlapyhät. (37.)

8.4.1 Lupamääräykset ja raja-arvot

Työn meluilmoituksen vireilläolosta tiedotettiin kuuluttamalla ja määräaikaan mennessä saapui yksi huomautus meluhaitasta lähialueille. Viranhaltijan päätöksellä ympäristön-suojelulain 118 §:n mukainen meluilmoitus hyväksyttiin. (37.)

Meluilmoituksesta poiketen viranhaltijan päätökseen kirjattiin määräykset, millä räjäytys-ten sekä louheen rikotuksen työajat rajattiin maanantaista perjantaihin klo 8—20 ja lau-antaisin klo 9—16, pois lukien arkipyhät. Valtioneuvoston päätökseen melun ohjear-voista 993/1992 mukaisesti melutaso ei saa ylittää päiväajan (7—22) ohjearvoa 55 dB. (37.)

8.4.2 Melumittaukset ja reklamaatiot

Melumittaukset toteutettiin jatkuvatoimisena melumittauksena, ympäristöministeriön ohjeen 1/1995 ”ympäristömelun mittaaminen” mukaisesti. Mittalaitteena käytettiin Sigi-comin Infra S50 -äänitasomittaria, joka on 1. luokan mittauslaite. Mittalaite on kalibroitu valmistajan toimesta sekä ennen mittausta käyttäen Pulsar Acoustic Calibrator 105 :tä. Mittalaitteella rekisteröitiin työmaan toimintojen sekä taustamelun aiheuttamat keskiäänitasot (L_{Aeq}) päivä- (7—22) ja yöajalle (22—7) sekä tallennettiin melun hetkellisiä maksimiarvoja (L_{Amax}). Lisäksi mittalaitteella rekisteröitiin A-minimiäänitasot, äänialtistustaso (L_{Ae}), ja melun taajuuskaistat. (38.)

Mittaukset toteutettiin laaditun mittaussuunnitelman mukaisesti, rekisteröimällä kuudelta mittauspisteeltä jaksoja, jotka olivat pituudeltaan 7 vuorokaudesta useisiin kuukausiin. Mittauspisteet valittiin lähimpien häiriintyvien kohteiden sekä huomautusten perusteella. Neljä mittauspistettä sijaitsi työmaalla ja kaksi työmaata lähinnä sijainneiden asuinrakennusten läheisyydessä. Työmaan ulkopuolisten mittauspisteiden etäisyys työmaahan oli noin 500—680 metriä, eikä niiltä ollut näköyhteyttä työmaalle. (38.)

Mittaustulosten perusteella työmaan melutasot pysyivät oletettujen tasojen puitteissa eivätkä ylittäneet niille asetettuja raja-arvoja. Lähiympäristöön kantautuvan melun päiväkohtainen lakennallinen keskiäänitaso (L_{Aeq}) jäi alle asetetun raja-arvon asuinrakennusten läheisyydessä. Työmaan toiminnot nostivat asuinrakennusten läheisyydessä keskiäänitasoa keskimäärin 2 dB ja työmaa-alueella 7 dB. Mitattu mittaustuloksen päiväkohtainen keskiäänitaso ylittyi tai sivusi raja-arvoa asuinrakennusten läheisyydessä kahdesti (Liite 4). Jatkuvatoimisessa mittauksessa taustamelutapahtumia ei poisteta mittaustuloksista, joten taustamelun vaikutusta mittaustulokseen ei voida täysin sulkea pois. (38.)

8.5 Tapausesimerkki 5 - Kiviaines- ja maankaatopaikka

Viidennessä tapausesimerkissä tarkastellaan noin 36 hehtaarin kokoisen kiviaineksen- ja maankaatopaikan aiheuttaman melupäästöjen mittauksia. Alueelta ympäristöön kantautuvaa meluhaittaa syntyy louhinnasta ja murskaustoiminnasta sekä liikenteestä kello

7—21. Louhinta- ja murskaustoimintaa on alueella keskimäärin 6—8 kuukautta vuodessa. Alueelle on tehty melumallinnus sekä meluselvitys, joiden mukaan toiminnan synnyttämä meluhaitta lähimpien asuinrakennusten pihamaalla jää alle annettujen raja-arvojen. (39.)

8.5.1 Lupamääräys ja raja-arvot

Alueen toimintaan myönnettyssä ympäristöluvassa melun päiväaikaisen (7—22) keskiäänitason ei tule ylittää 55 dB lähimpien asuinrakennusten piha-alueilla. Loma-asumiseen käytetyillä alueilla annettu raja-arvo on 45 dB. Toiminnan käynnistyttyä on toiminnasta aiheutuvat melutasot selvitettävä mittauksin vähintään kolmessa eniten melulle altistuvassa kohteessa. (39.)

8.5.2 Melumittaukset

Melumittaus suoritettiin ympäristöministeriön ohjeen 1/1995 ”ympäristömelun mittaaminen” mukaisesti, tavoitteena selvittää murskaustoiminnan aiheuttama melutaso. Mittaukset on toteutettu lupamääräyksen mukaisesti eikä alueen toiminnan synnyttämästä melusta ole reklamoitu. Mittaukset suoritettiin manuaalisina mittauksina. Mittalaitteena käytettiin Rion Sound Level Meter 28 -äänitasomittaria, joka on monitoiminen 1. luokan äänitasomittari. Mittalaitte kalibroitiin ennen jokaista mittausta Pulsar Acoustic Calibrator 105:llä. Mittalaitteella rekisteröitiin työmaalta kantautuvan melun A-maksimi- ja A-minimäänitasot, äänialtistustaso (L_{Ae}), ekvivalenttitaso (L_{Aeq}) ja melun taajuuskaistat. (40.)

Mittaus 1

Melumittaukset suoritettiin kahden eniten melulle altistuvan kohteen piha-alueella sekä työmaa-alueella, ja ne perustuivat työmaan lupamääräykseen. Mittausten aikana rekisteröitiin jokaisessa mittauspisteessä 2 kappaletta 30 minuutin jaksoja murskauksen ollessa käynnissä ja yksi 15 minuutin jakso sen ollessa keskeytettynä. Mittauspisteet sijaitsivat 500—1500 metrin päässä melulähteestä eikä niiltä ollut näköyhteyttä alueelle. Murskauksen äänet eivät korvakuulolla kantautuneet mittauspisteille, mutta satunnaiset

kiven rikotusäänet olivat havaittavissa mittauspisteillä vaimeasti. Melussa ei havaittu aistinvaraisesti tai mittauksin kapeakaistaisuutta eikä impulssimaisuutta. Merkittävää taustamelua aiheuttivat ajoneuvo-, raide-, ja lentoliikenne, työmaa-alueen sivuuttaa junarata sekä moottoritie, joiden toisella puolella mittauspiste 3 sijaitsi. (40.)

Mittaustulosten perusteella murskaustoiminnan aiheuttama melutaso on selvästi alle sallitun raja-arvon kaikilla mittauspisteillä.

Mittaus 2

Toinen mittaus toteutettiin puolitoista vuotta ensimmäisen mittauksen jälkeen. Mittaus perustui ensimmäisen tapaan työmaan lupamääräykseen, ja se suoritettiin kahdessa melulle eniten altistuvassa kohteessa. Kohteet olivat samat kuin mittauksessa, 1 ja ne sijaitsivat 500—600 metrin päässä murskaimesta, joka oli käytössä nyt eri kohdassa aluetta (liite 3). Mittauspisteiltä ei ollut näköyhteyttä työmaalle. Mittauspisteelle 2 kantautui selkeä murskausääni vastakkaisesta ilmansuunnasta, missä toimii toinen murskaamo. Äänet kantautuivat mittauspisteelle myös työmaan ollessa pysäytettynä. Mittauspisteellä 1 oli kuultavissa murskaukseen liittyvien työvaiheiden ääniä mahdollisesti toiselta kiviainesmurskaamolta. (41.)

Melumittausten aikana rekisteröitiin molemmissa mittauspisteissä yksi 30 minuutin jakso murskauksen ollessa käynnissä sekä yksi 15 minuutin jakso sen ollessa keskeytettynä. Mittauksen aikana merkittävää taustamelua aiheuttivat ajoneuvo-, raide- ja lentoliikenne. Luonnon äänet olivat myös merkittäviä. Mitattu melu sisälsi kohtalaisesti kapeakaistaisen komponentin. Komponentti esiintyi murskauksen melun lisäksi myös taustamelun mittaustuloksissa, eikä sen lähde vaikuta liittyvän murskaukseen. (41.)

Mittaustulosten perusteella kiviaineksen murskaustoiminnan aiheuttama melutaso on selvästi alle sallitun raja-arvon molemmilla mittauspisteillä. Murskauksen aiheuttamia melun huippuarvoja ei pystytä luotettavasti määrittämään voimakkaan taustamelun ja melulähteen hiljaisuuden vuoksi. (41.)

9 Yhteenveto

Ääni on fysikaalinen ilmiö ja sen kokeminen meluna on hyvin subjektiivista. Melun häiritsevyyttä ei voida selittää ainoastaan äänen akustisten ominaisuuksien perusteella. Melun fysikaalisia ominaisuuksia mitataan lainsäädännön ja lupamääräysten mukaisesti meluntorjunnan keinona melupäästöjä synnyttävästä toiminnasta. Lainsäädännöllä asetettujen ohjearvojen ja viranomaisten lupamääräysten noudattaminen ei kuitenkaan takaa sitä, ettei rakennustyömaalta kantautuvaa ääntä koeta häiritseväksi lähiympäristössä.

Rakennustyömaalta tai kiviainestuotannosta lähiympäristöön leviävä melupäästö vaikuttaa lähiympäristön viihtyvyyteen sekä aiheuttaa reklamaatioita. Reklamaatioilta ei aina voida kokonaan välttyä, mutta niiden ennaltaehkäisy ja minimointi ovat oikeanlaisella melumittausmenetelmällä mahdollisia. Meluhaitan määrää voidaan mitata joko kertaluonteisina manuaalisina mittauksina tai jatkuvatoimisina mittauksina. Insinööriyössä käsitellyissä viidessä tapausesimerkissä lupamääräys asetti melupäästöille lakiin ja asetuksiin pohjautuvat sallitut raja-arvot, mutta hyvin niukasti tarkentavia ohjeita.

Käytettävä melumittausmenetelmä on syytä suunnitella melutilanteen mukaan etukäteen parhaan ja luotettavimman tuloksen saavuttamiseksi. Se kumpi mittausmenetelmä tuottaa laadukkaamman mittaustuloksen, on riippuvainen melun luonteesta, taustamelun voimakkuudesta sekä melun häiritsevyyttä lisäävistä tekijöistä.

Lähteet

- 1 Melu. Verkkoaineisto. Terveyden ja hyvinvoinninlaitos. <<https://thl.fi/fi/web/ym-paristoterveys/melu#melu-on-ei-toivottua-aanta>>. Luettu 1.9.2020.
- 2 Peltonen, Timo. 2012. Melun mittaukset. Helsinki. Akukon Oy.
- 3 Havukainen, Raimo; Lehto, Heikki; Leskinen, Janna & Maalampi, Jukka. 2009. Fysiikka 3. 1. painos. Helsinki: Kustannusyhtiö Tammi.
- 4 Karjalainen Matti. 2000. Hieman akustiikkaa. Verkkoaineisto. <<https://www.cs.tut.fi/sgn/arg/akusem/akuintro.pdf>>. Helsinki: Teknillinen korkeakoulu. Luettu 9.9.2020.
- 5 Ääni. Verkkoaineisto. Mute. <<https://www15.uta.fi//arkisto/mustut/mute/aai01.htm>>. Luettu 25.11.2020.
- 6 Peltonen, Jussi. 2009. Äänioppi. Verkkoaineisto. <https://staff.jyu.fi/Members/peltsi/opetus/BMEP003/dokumentit/luennot_osa2_2>. Jyväskylän Yliopisto. Luettu 30.10.2020.
- 7 Inkinen, Pentti; Manninen, Reijo & Tuohi, Jukka. 2002. Momentti 2. 2.-5.painos. Helsinki, Kustannusyhtiö Otava.
- 8 Laajalehto, Kari & Suvanto, Kari. 2005. Tekniikan Fysiikka 2. 1.-5.painos. Helsinki: Edita Publishing Oy.
- 9 Blomberg Esa & Lepoluoto Ari. 2005. Audiokirja. Verkkoaineisto. <http://ari.lepoluo.to/audiokirja/Audiokirja_luku_3.pdf>. AVEK. Luettu 3.11.2020.
- 10 Hongisto, Valtteri & Kylliäinen Mikko. 2007. RIL 243-1-2007, Rakennusten akustinen suunnittelu, akustiikan perusteet. Suomen Rakennusinsinöörienliitto RIL ry.
- 11 Maijala, Panu. 2017. Akustiikka ääni ja melu. Verkkoaineisto. <<https://www.sli-deshare.net/SFSedu/akustiikka-ni-ja-melu>>. SFSedu. Luettu 29.11.2020.
- 12 Kuuloalue, oktaavin käsite, diatonisuus. Verkkoaineisto. <<http://web.uniarts.fi/akustiikka/indexbf60.html?id=12&la=fi>>. Sibelius Akatemia. Luettu 30.10.2020.

- 13 Sinervo, Vesa & Sottinen Veikko. 2020. Melumittauskoulutus. Helsinki. Forcit Consulting Oy. 24.9.2020.
- 14 Ympäristömelun mittaaminen. 1995. Verkkoaineisto. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/42692/Ymp%c3%a4rist_%c3%b6melun%20mittaaminen_FI-SV%20%28002%29.pdf?sequence=7&isAllowed=y>. Ympäristöministeriö. Luettu 20.9.2020.
- 15 Ympäristönsuojelulaki. 2014.527/27.6.2014.
- 16 Euroopan parlamentin direktiivi ympäristömelun arvioinnista ja hallinnasta. 2002. 2002/49/EY.
- 17 Heinonen-Guzejev, Marja; Jauhiainen, Tapani & Vuorinen, Heikki, S., 2007, Verkkoaineisto, Ympäristömelun vaikutukset, Suomen ympäristö 3, <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38400/SY_3_2007_Ymparistomelun_vaikutukset.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Ympäristöministeriö. Luettu 10.12.2020.
- 18 Peltonen, Timo. 2012. Melun Erikoisalueet. Helsinki. Akukon Oy.
- 19 Pesonen, Kari. 2005. Verkkoaineisto. Ympäristömelun haittojen arvioinnin perusteita. <<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/73960/Selv200514.pdf>>. Sosiaali- ja terveysministeriö. Luettu 4.1.2021.
- 20 Hongisto, Valtteri; Keränen, Jukka; Maula, Henna; Radun, Jenni; Rajala, Ville & aarine, Pekka. 2020. Verkkoaineisto. Miksi ympäristömlle häiritsee? Anojanssi-projektin loppuraportti. <<http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522167606.pdf>>. Turun Ammattikorkeakoulu. Luettu 11.12.2020.
- 21 Hongisto, Valtteri; Keränen, Jukka; Maula, Henna; Saarinen, Pekka. 2019. Verkkoaineisto. Murskaamomelun häiritsevyys elinympäristössä. <https://www.akustinenseura.fi/wp-content/uploads/2019/10/akustiikka-paivat_2019_s293.pdf>. Turun Ammattikorkeakoulu. Luettu 28.12.2020..
- 22 Helsingin meluntorjunnan suunnitelma 2018—2022. Luonnos. Verkkoaineisto. <<https://www.hel.fi/static/ymk/meluserveys/meluntorjuntasuunnitelma/meluntorjuntasuunnitelma-luonnos-2018-01-24.pdf>>. Helsingin kaupunki. Luettu 3.1.2021.
- 23 Valtioneuvoston päätös melun ohjearvoista 993/1992.
- 24 Toiminnanharjoittajan melulupa.

- 25 Sinervo, Vesa. Yrityksen sisäinen materiaali. Puhallinmelun mittaus. Projekti, 140753. Forcit Consulting Oy.
- 26 Sinervo, Vesa. Yrityksen sisäinen materiaali. Melumittaukset, Puhallinmelu. Projekti, 162054/162136. Forcit Consulting Oy.
- 27 Sinervo, Vesa. Yrityksen sisäinen materiaali. Melumittaukset, Puhallinmelu. Projekti, 162054/162136. Forcit Consulting Oy.
- 28 Sinervo, Vesa. Yrityksen sisäinen materiaali. Melumittaukset, Louheen kuljetus. Projekti, 162136. Forcit Consulting Oy.
- 29 Sinervo, Vesa. Yrityksen sisäinen materiaali. Melumittaukset, Puhallinmelu. Projekti, 162054/162136. Forcit Consulting Oy.
- 30 Sinervo, Vesa. Yrityksen sisäinen materiaali. Melumittaukset, Puhallinmelu. Projekti, 162054/162136. Forcit Consulting Oy.
- 31 Toiminnanharjoittajan melulupa.
- 32 Sinervo, Vesa. Yrityksen sisäinen materiaali. Melumittaukset, Tunnelipuhallin. Projekti, 183873. Forcit Consulting Oy.
- 33 Sinervo, Vesa. Yrityksen sisäinen materiaali. Melumittaukset, Tunnelipuhallin. Projekti, 183873. Forcit Consulting Oy.
- 34 Tuisku, Marko & Sinervo, Vesa. Yrityksen sisäinen materiaali. Melumittaukset, Tunneliporaus. Projekti, 183873. Forcit Consulting Oy.
- 35 Toiminnanharjoittajan melulupa.
- 36 Sinervo, Vesa. Yrityksen sisäinen materiaali. Melumittaukset, Kiviaineksen murskaus. Projekti, 202664. Forcit Consulting Oy.
- 37 Toiminnanharjoittajan melulupa.
- 38 Sinervo, Vesa. Yrityksen sisäinen materiaali. Melumittaussuunnitelma. Projekti, 201698. Forcit Consulting Oy.
- 39 Toiminnanharjoittajan melulupa.

- 40 Sinervo, Vesa. Yrityksen sisäinen materiaali. Melumittaukset, Kiviaineksen murskaus. Projekti, 173591. Forcit Consulting Oy.
- 41 Haapa, Olli. Yrityksen sisäinen materiaali. Melumittaukset, Kiviaineksen murskaus. Projekti, 173591. Forcit Consulting Oy.

Tapausesimerkki 1, melumittaustulokset

Melumittaukset	Osoite	Reklamaatio/ etäisyys (m)	L _{Aeq}	Tulos dB	L _{Afmax}	Näköyhteys	Havainto mittapisteellä	Ohjearvon ylitys	raja-arvo päivä	raja-arvo yö
VUOSI 1										
Mittaus 1 Puhallinmelu		ei								
Mp 1 75%	Esimerkkikatu 3	40	52,09	52	65,1	kyllä	heikko	kyllä yö/päivä	50	45
Mp 2 75%	Osoite 8	40	59,4	59	68,5	kyllä	ei	kyllä yö/päivä	50	45
Mp 3 50%	Osoite 8	20	59,3	59	63,2	kyllä	ei	kyllä yö/päivä	50	45
VUOSI 2										
Mittaus 2 Puhallinmelu		kyllä								
Mp 1 teho 1/3	Osoite 8	70	53,2	53	52,8 dB	ei	selvästi	kyllä yö/päivä	50	45
Mp 2 teho 1/3	Osoite 8	70	52,6	52	48,5 dB	kyllä	selvästi	kyllä yö/päivä	50	45
Mittaus 3 Puhallinmelu		kyllä								
Mp 1 tausta	Osoite 8	70	51,1	51	59,4	ei	ei	kyllä yö/päivä	50	45
Mp 1 teho 2/3	Osoite 8	70	46,7	47	50,4	ei	ei	kyllä yö	50	45
Mp 1 teho 3/3	Osoite 8	70	49,9	50	53	ei	Vaimea	kyllä yö	60	
Mp 2 tausta	Esimerkkikatu 3	50	48,2	48	61,9			kyllä yö	50	45
Mp 2 teho 1/3	Esimerkkikatu 3	50	46,1	46	48,5	kyllä	ei	kyllä yö	50	45
Mp 2 teho 2/3	Esimerkkikatu 3	50	49,6	50	51,2	kyllä	ei	kyllä yö	50	45
Mp 2 teho 3/3	Esimerkkikatu 3	50	55	55	56,3	kyllä	selvästi	kyllä yö/päivä	60	
Tunneliporaus		kyllä								
Mp 1	Katu 2 A 7	5+20	36,9	37 dB	46,1			yö kyllä		
Mp 2	Esimerkkikuja 8 A 4	50+15	31,6	32 dB	35,5					
Mp 2	Esimerkkikuja 8 A 4	50+15	31,2	31 dB	40,5					
Mittaus 4 Louheen kuljetus		kyllä								
Mp 1	Esimerkkikatu 3	30	54,1	54	71,4	kyllä	kyllä		55	50
Mp 1	Esimerkkikatu 3	30	59,4	59	78,8	kyllä	kyllä		55	50
Mp 1	Esimerkkikatu 3	30	58,9	59	71,4	kyllä	kyllä		55	50
Mp 2	Esimerkkikatu 3	30	63,6	64	78	kyllä	kyllä		55	50
Mp 2	Esimerkkikatu 3	30	61,6	62	74,4	kyllä	kyllä		55	50
Mp 2	Esimerkkikatu 3	30	64,9	65	74,4	kyllä	kyllä		55	50

2 (6)

Tunnelinporaus		kyllä							
Mp 13-puomia	Katu 2 A 7	50+35	25,8 (+5)	26	31,2		selvä	kyllä	
Mp12-puomia	Katu 2 A 7	50+35	27,2	27	30,5		selvä	ei	
Mp 1 1-puomi	Katu 2 A 7	50+35	27,5 (+5)	33	31,2		selvä	ei	
Mp 22-puomia	Katuosoite1A1	25+32	49,7	50	54,2		selvä	kyllä	
Mp 32-puomia	Esimerkkikuja 8 A 4	25+32	30,4	30	36,9		ei	ei	
Mp 3 tausta	Esimerkkikuja 8 A 4	25+32	31,2	31	40,5		ei	ei	
Tunnelinporaus									
Tunnelinporaus		kyllä							
Mp 1 2-puomia 2L	Katuosoite1 E 54	150+20	29,4	29	33,4		kyllä	ei (yö)	
Mp1 tausta	Katuosoite1 E 54	-	26,2	26	38,2		kyllä		
Mp2 3 puomia 2L	Katuosoite1 A 1	140+20	27,5	28	33,9		kyllä	ei (yö)	
Mp 2 2 puomia 2L	Katuosoite1A 1	140+20	24,9	25	30		kyllä	ei (yö)	
Mp 2 tausta	Katuosoite1 A 1	-	21,5	22	35,1		kyllä		
Mp 1 2-puomia 1L	Katuosoite1 E 54	90+17	38,5	39	41,7		kyllä	ei (ilta)	
Mp 2 2-puomia 1L	Katuosoite1 A 1	100+17	37,1	37	41,9		kyllä	ei (ilta)	
Tunnelinporaus 1LW									
Tunnelinporaus 1LW		kyllä							
Mp 13 puomia	Katuosoitteenkuja 3 B as 16	25+26	28,1	28	32,5		kyllä	ei (vkl &pyhä)	
Mp 1 1 Puomi	Katuosoitteenkuja 3 B as 16	25+26	26,9	27	30,4		kyllä	ei (vkl &pyhä)	
Mp 1 tausta	Katuosoitteenkuja 3 B as 16		26,5	26	43				
Tunnelinporaus 1LW									
Tunnelinporaus 1LW		kyllä							
Mp 13 puomia	Katuosoitteenkuja 3 A 1	25+30	31,9	32	35,5		Vaimea	kyllä (yö)	
Mp 1 tausta	Katuosoitteenkuja 3 A 1	25+30	27,1	27	34,9				
Mp 2 3 puomia	Katuosoitteenkuja 1 D 69	25+30	33,1	33	36		Vaimea	kyllä (yö)	
Mp 2 tausta	Katuosoitteenkuja 1 D 69	25+30	28,6	29	33,8				
VUOSI 3									
Tunnelinporaus 2LW		kyllä							
Mp 12 puomia	Katuosoitteenkuja 1 C 44	40+30	23,9	24	29		kyllä	ei	
Mp 12 puomia	Katuosoitteenkuja 1 C 44	40+30	25,1	25	27,7		kyllä	ei	
Mp 1 tausta	Katuosoitteenkuja 1 C 44		22,8	23	26		kyllä	ei	

3 (6)

Tunnelinporaus 1LW		kyllä									
Mp 1 3 puomia 1L	Katuosoite5 F 57	22+23	24,3	24	28,5			kyllä	ei		
Mp 1 3 puomia 1L	Katuosoite5 F 57	22+23	24,5	25	28,4			kyllä	ei		
Mp 1 tausta	Katuosoite5 F 57		22,8	23	26			kyllä	ei		
Mittaus 5 Puhallinmelu		kyllä									
MP 1 Teholuku 7	Osoite 6	70	56,9	62	60,3	suora	kyllä	kyllä yö/päivä/ma		50	45
MP 1 tehoku 6	Osoite 6	70	53,7	59	57,9	suora	kyllä	kyllä yö/päivä		50	45
MP 1 tehoku 5	Osoite 6	70	52,3	57	56,5	suora	kyllä	kyllä yö/päivä		50	45
MP1 tehoku 4	Osoite 6	70	52,2	52	56,2	suora	kyllä	kyllä yö/päivä		50	45
MP 1 tehoku 3	Osoite 6	70	51,3	51	54,2	suora	ei	kyllä yö/päivä		50	45
MP 1 tehoku 2	Osoite 6	70	50,7	51	53,7	suora	ei	kyllä yö/päivä		50	45
MP 2 tehoku 10	Osoite 6A	70	33,2	33	34,6				ei	60	
MP 2 tehoku 9	Osoite 6A	70	36,9	42	41,4				ei	50	45
MP 2 tehoku 8	Osoite 6A	70	31,6	37	35				ei	50	45
MP 2 tehoku 7	Osoite 6A	70	30,6	36	34,1				ei	50	45
MP 2 tehoku 6	Osoite 6A	70	28,1	28	30,6				ei	50	45
MP 2 tehoku 5	Osoite 6A	70	23,8	24	25,5				ei	50	45
MP 2 tehoku 4	Osoite 6A	70	24,9	30	28				ei	50	45
MP 2 tehoku 3	Osoite 6A	70	23,3	23	24				ei	50	45
MP 3 tehoku 7	Osoite 6	70	58,8	60	61,1	suora	kyllä	ei		50	45
MP 3 tehoku 6	Osoite 6	70	56,1	56	57,9	suora	kyllä	kyllä yö/päivä		50	45
MP 3 tehoku 5	Osoite 6	70	56,3	56	57,7	suora	kyllä	kyllä yö/päivä		50	45
MP 3 tehoku 4	Osoite 6	70	56,1	56	57,1	suora	kyllä	kyllä yö/päivä		50	45
MP 4 tehoku 7	Esimerkkikatu 3	40	64	64	65,5	suora	kyllä	kyllä		50	45
MP 4 tehoku 6	Esimerkkikatu 3	40	60,7	61	62,6	suora	kyllä	kyllä		50	45
MP 4 tehoku 5	Esimerkkikatu 3	40	57,3	62	59,4	suora	kyllä	kyllä		50	45
MP 4 tehoku 4	Esimerkkikatu 3	40	52,9	58	56,2	,	kyllä	kyllä yö/päivä		50	45
MP 4 tehoku 3	Esimerkkikatu 3	40	50,1	50	50,7	suora	kyllä	kyllä yö/päivä		50	45

4 (6)

Mittaus 6 Puhallinmelu		kyllä									
MP 1 Teholuku 8	Osoite 6 A	70	58,6	59	61,4	suora	kyllä	kyllä yö/päivä	50	45	
MP 1 tehoku7	Osoite 6 A	70	56,3	56	58,6	suora	kyllä	kyllä yö/päivä	50	45	
MP 1 tehoku6	Osoite 6 A	70	54,9	55	55,8	suora	kyllä	kyllä yö/päivä	50	45	
MP 2 tehoku8	Osoite 6 C	70	57	57	58,8	suora	kyllä	kyllä yö/päivä	50	45	
MP 2 Tehoku7	Osoite 6 C	70	55,8	56	56,4	suora	kyllä	kyllä yö/päivä	50	45	
MP 2 tehoku6	Osoite 6 C	70	54,9	55	56,4	suora	kyllä	kyllä yö/päivä	50	45	
MP 3 tehoku8	Esimerkkikatu 3	70	61,3	61	62,4	suora	kyllä	kyllä	50	45	
MP 3 tehoku7	Esimerkkikatu 3	70	58,6	59	60,9	suora	kyllä	kyllä yö/päivä	50	45	
MP 3 tehoku6	Esimerkkikatu 3	70	57,6	58	59,7	suora	kyllä	kyllä yö/päivä	50	45	
Rusnaus		kyllä									
Mp 1 tausta	Esimerkkitie 9 F as 73	40	23,6	24	31,1			ei			
Mp 1 runaus	Esimerkkitie 9 F as 73	40	22,8	23	33		kyllä	ei			
Mittaus 7 Puhallinmelu		kyllä									
MP 1tehoku7	Osoite 6 A	40	56,4	56	59,5	suora	kyllä	kyllä yö/päivä	50	45	
Mp 1 tehoku6	Osoite 6 A	40	52,1	52	55	suora	kyllä	kyllä yö/päivä	50	45	
MP 1 tehoku5	Osoite 6 A	40	51,4	51	52,5	suora	kyllä	kyllä yö/päivä	50	45	
Mp 1 tausta	Osoite 6 A		49,5	50	55,5	suora	kyllä	(ilta)	50	45	
MP 2 tehoku7	Osoite 6 C	40	56,4	56	58	suora	kyllä	kyllä yö/päivä	50	45	
MP 2 tehoku6	Osoite 6 C	40	53,3	53	55	suora	kyllä	kyllä yö/päivä	50	45	
MP 2 tehoku5	Osoite 6 C	40	53,2	53	54	suora	kyllä	kyllä yö/päivä	50	45	
MP 2 tausta	Osoite 6 C		51,7	52	56,1	suora	kyllä	kyllä yö/päivä	50	45	
MP 3 tehoku7	Esimerkkikatu 3	40	61,1	61	62,2	suora	kyllä	kyllä max	50	45	
MP 3 tehoku6	Esimerkkikatu 3	40	57,8	58	59,8	suora	kyllä	kyllä yö/päivä	50	45	
MP 3 tehoku5	Esimerkkikatu 3	40	55,5	56	57,3	suora	kyllä	kyllä yö/päivä	50	45	
MP 3 tausta	Esimerkkikatu 3		47,3	47	53,2	suora	kyllä	kyllä yö	50	45	

5 (6)

Tunnelinporaus		ei									
Mp 13 puomia	Esimerkkitie 9 F 71	10+18	47,8	48	51,9			selvä	kyllä (ilta)		
Mp 12 puomia	Esimerkkitie 9 F 71	10+18	46,2	46	51,7			selvä	kyllä (ilta)		
Mp 11 puomi	Esimerkkitie 9 F 71	10+18	44,7	45	50,1			selvä	kyllä (ilta)		
Mp 1 tausta	Esimerkkitie 9 F 71		21,9	22	40,6						
Mittaus 8 Puhallinmelu		kyllä									
MP 1 teholuku 4	Osoite 6 A	70	47,1	47	50	suora		kyllä	kyllä yö	50	45
MP 1 teholuku 3	Osoite 6 A	70	44,3	44	47,2	suora		ei	ei	50	45
MP 1 teholuku 2	Osoite 6 A	70	40,4	40	41,5	suora		ei	ei	50	45
MP 1 tausta	Osoite 6 A	70	49,5	50	55,5	suora			kyllä yö	50	45
MP 2 teholuku 4	Osoite 6 C	70	48,1	48	50,1	suora		kyllä	kyllä yö	50	45
MP 2 teholuku 3	Osoite 6 C	70	46,2	46	47,5	suora		ei	kyllä yö	50	45
MP 2 teholuku 2	Osoite 6 C	70	42,9	43	43,2	suora		ei	kyllä yö	50	45
MP 2 tausta	Osoite 6 C		51,7	52	56,1	suora			kyllä yö/päivä	50	45
MP 3 teholuku 5	Esimerkkikatu 3	40	53,6	54	55,2	suora		kyllä	kyllä yö/päivä	50	45
MP 3 teholuku 4	Esimerkkikatu 3	40	52,3	52	55	suora		kyllä	kyllä yö/päivä	50	45
MP 3 teholuku 3	Esimerkkikatu 3	40	48,7	49	52,4	suora		ei	kyllä yö	50	45
MP 3 teholuku 2	Esimerkkikatu 3	40	44,1	44	46	suora		ei	ei	50	45
MP 3 tausta	Esimerkkikatu 3		47	47	53,2				kyllä yö	50	45
Tunneliseinämän rusnaus		kyllä				osittainen					
Mp 1	Postioisointieentie 6A as 55	150	22,5	23					ei		
Mp 2	Postioisointieentie 6A as 54	150	23,4	23	25,4				ei		
Mp 2 tausta	Postioisointieentie 6A as 54		22,5	23	27,6						
Tunnelinporaus		ei									
Mp 13 puomia	Postioisointieentie 9 H	40+17	45,4	45	48,3			selvä	kyllä (arki ilta)		
Mp 12 puomia	Postioisointieentie 9 H	40+17	44,6	45	47,5			selvä	kyllä (arki ilta)		
Mp 11 puomi	Postioisointieentie 9 H	40+17	42,4	42	45,9			selvä	kyllä (arki ilta)		
Mp 1 tausta	Postioisointieentie 9 H	40+17	36,1	36	44,6						
Tunnelinporaus		ei									
Mp 11 puomi	Postioisointieentie 9 H	35+17	40,7	41	43,9			kyllä	kyllä (arki ilta)		
Mp 12 puomia	Postioisointieentie 9 H	35+17	42,4	42	45,7			kyllä	kyllä (arki ilta)		
Mp 13 puomia	Postioisointieentie 9 H	35+17	43,4	43	46,7			kyllä	kyllä (arki ilta)		
Mp 1 tausta	Postioisointieentie 9 H		37,7	38	39,4						

6 (6)

VUOSI 4											
Kuilunporaus		ei									
Mp 1 poraus	Katuosoite5 B 23	30	37,7	38	42,3	suora	kyllä	kyllä (arki-ilta)			
Mp 1 poraus	Katuosoite5 B 23	30	37,1	37	40,3	suora	kyllä	kyllä (arki-ilta)			
Mp 1 tausta	Katuosoite5 B 23	30	23,7	24	28,9	suora	kyllä				
Kuilun poraus ja sahaus		ei									
Mp 1 poraus	Esimerkkikuja 8 as 21	50+15	25,6	26	31,7	kyllä	kyllä	ei			
Mp 1 lastaus	Esimerkkikuja 8 as 21	50	31,2	31	47	kyllä	kyllä	ei			
Mp 2 sahaus	Katuosoite5 B 23	30	26,1	26	30	kyllä	ei	ei			
Kuilun poraus		ei									
Mp 1 poraus	Katuosoite5 B 23	30+30	26,6	27	32,7		kyllä	ei			
Mp1 loppuporaus	Katuosoite5 B 23	30+30		29	35,2		kyllä	ei			
Mp 1 Taustamelu	Katuosoite5 B 23										

Tapausesimerkki 2, melumittaustulokset

Melumittaukset	Osoite	Reklamaatio/ välimatka (m)	LAeq	Tulos dB	Lafmax	Näköyhteys	Havainto mittapisteellä	Raja-arvon ylitys	Raja-arvo
VUOSI 1									
Mittaus 1 Puhallinmelu		kyllä							
MP1; 100/100	Esimerkkitie 34	70	62,6	63	63,5	kyllä	kyllä	kyllä	60
100/75	Esimerkkitie 34	70	61,7	62	63,1	kyllä	kyllä	kyllä	60
100/50	Esimerkkitie 34	70	61	61	63,2	kyllä	kyllä	kyllä	60
100/25	Esimerkkitie 34	70	61,5	62	62,9	kyllä	kyllä	kyllä	60
75/25	Esimerkkitie 34	70	55,7	56	57,1	kyllä	kyllä		55
50/25	Esimerkkitie 34	70	46,9	47	50	kyllä	kyllä		55
25/25	Esimerkkitie 34	70	42,1	42	44,9	kyllä	kyllä		55
25/100	Esimerkkitie 34	70	58,8	59	60,4	kyllä	kyllä		55
25/75	Esimerkkitie 34	70	54,4	54	55,4	kyllä	kyllä		55
50/50	Esimerkkitie 34	70	49,3	49	51,8	kyllä	kyllä		55
Päiväajan keskiäänitaso LAeq								kyllä	55
Yöajan keskiäänitaso LAeq								ei	50
MP2; 100/100	Tie 8			48	51	osittainen		ei	55
MP3; 100/100	Jakeluosoite 3 a	130	54	54	56	kyllä	kyllä	ei	55
100/75	Jakeluosoite 3 a	130	52,9	53	55,7	kyllä	kyllä	ei	55
100/50	Jakeluosoite 3 a	130	52,7	53	55,4	kyllä	kyllä	ei	55
100/25	Jakeluosoite 3 a	130	52,4	52	55,3	kyllä	kyllä	ei	55
75/25	Jakeluosoite 3 a	130	48,7	49	52,5	kyllä	kyllä	ei	55
50/25	Jakeluosoite 3 a	130	48,6	49	-	kyllä	kyllä	ei	55
25/25	Jakeluosoite 3 a	130	45,1	45	-	kyllä	kyllä	ei	55
50/50	Jakeluosoite 3 a	130	46,1	46	49,8	kyllä	kyllä	ei	55
Päiväajan keskiäänitaso LAeq								ei	55
Yöajan keskiäänitaso LAeq								ei	50

2 (3)

Mittaus 2 Puhallinmelu		kyllä								
MP1; 0/0	Esimerkkitie 34	70	50	50	61,6	kyllä	kyllä			55
50/0	Esimerkkitie 34	70	43,8	44	-					55
75/0	Esimerkkitie 34	70	44,7	45	47,1					55
100/0	Esimerkkitie 34	70	54,3	54	56,3				ei	60
100/50	Esimerkkitie 34	70	54,2	54	56				ei	60
100/75	Esimerkkitie 34	70	55	55	57,4				ei	60
100/100	Esimerkkitie 34	70	58	58	59,8				ei	60
75/100	Esimerkkitie 34	70	56,4	56	57,5				ei	60
50/100	Esimerkkitie 34	70	56,2	56	58				ei	60
0/100	Esimerkkitie 34	70	55,9	56	57,7				ei	60
0/75	Esimerkkitie 34	70	46,9	47	48,1					55
0/50	Esimerkkitie 34	70	42,9	43	-					55
50/50	Esimerkkitie 34	70	43,7	44	-					55
75/75	Esimerkkitie 34	70	47,1	47	49,1					55
100/100	Esimerkkitie 34	70	58	58	60,1					60
Päiväajan keskiäänitaso LAeq				52					~	55
Yöajan keskiäänitaso LAeq				38					ei	50
MP2; 100/100	Esimerkki 6	200	48,4	48	49,8	kyllä	kyllä	ei		60
0/0	Esimerkki 6	200	41,7	42	54,7			ei		55
50/50	Esimerkki 6	200	38,5	39	-			ei		55
75/75	Esimerkki 6	200	41,2	41	43,3			ei		55
100/100	Esimerkki 6	200	47,4	47	51			ei		60
100/100	Esimerkki 6	200	47,7	48	50,3			ei		60
Päiväajan keskiäänitaso LAeq				40				ei		55
Yöajan keskiäänitaso LAeq				37				ei		50

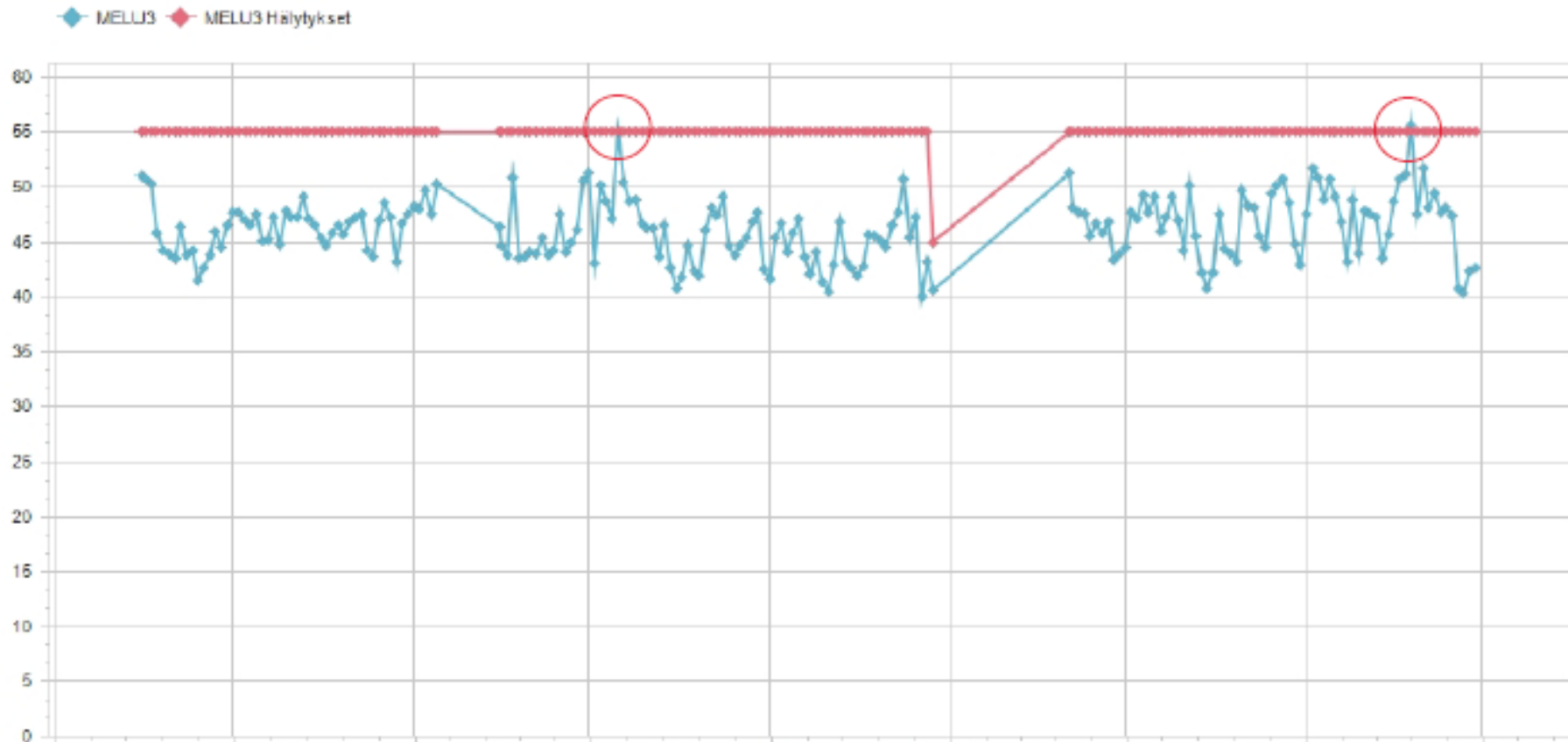
3 (3)

VUOSI 2								
Tunnelinporaus	Jakeluosoite 14 F	kyllä						
Mp 12 puomia	Jakeluosoite 14 F	61+20	32,8	33	38,2	kyllä	ei	
Mp 12 puomia	Jakeluosoite 14 F	61+20	33,4	33	41,3	kyllä	ei	
Mp 1 tausta	Jakeluosoite 14 F		19,6	20	31,7	kyllä	ei	
Tunnelinporaus		Ei						
Mp 12 puomia	Jakeluosoite 10 B	10+20	36,4	36	42,7	kyllä	kyllä (arkipyha/vkl)	
Mp 1 tausta	Jakeluosoite 10 B		28,5	29	31,4			
Tunnelinporaus		Ei						
Mp 13 puomia	Esimerkki osoite 1	25+15	26,6	27	30	kyllä	ei	
Mp 12 puomia	Esimerkki osoite 1	25+15	25,4	25	29,8	kyllä	ei	
Mp 1 tausta	Esimerkki osoite 1		23,1	23	30,9			

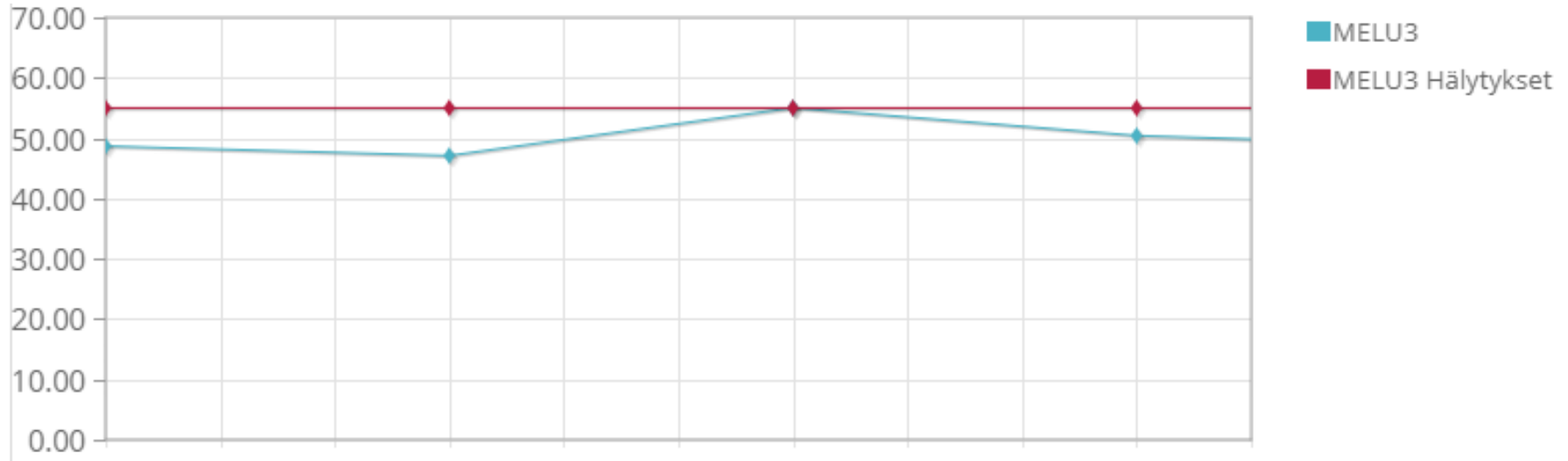
Tapausesimerkkien 3 ja 5 melumittaustulokset

Melumittaukset		Osoite	Reklamaatio/ välimatka (m)	LAeq	Tulos dB	Lafmax (lähde)	Näköyhteys	Havainto mittapisteellä	Raja-arvon ylitys	Raja-arvo
TAPAUSESIMERKKI 3										
Kiviaineksen murskaus			kyllä							
MP 1 mittaus 1 murskaus	Esimerkki osoite	358	705	39,6	40	46,9	ei	kyllä	ei (55)	
MP 1 mittaus 2 tausta			705	34,5	35	42,9	ei	kyllä		
TAPAUSESIMERKKI 5										
Kiviaineksen murskaus			EI							
MP1 tausta	Esimerkkikatu 17		500	43	43	48,7	ei	vaimea	ei	55
MP 1 murskaus	Esimerkkikatu 17		500	35,3	35	41,8	ei	vaimea	ei	55
MP 2 tausta	työmaa-alue		1100	50,9	51	60,8	ei	vaimea	ei	55
MP 2 murskaus	työmaa-alue		1100	52,1	52	70,9	ei	vaimea	ei	55
MP 3 tausta	Esimerkki 30		1500	41,1	41	53,3	ei	vaimea	ei	55
MP 3 murskaus	Esimerkki 30		1500	37,7	38	46,9	ei	vaimea	ei	55
MP 1 murskaus	Esimerkkikatu 17		500	46,6	47	67,7	ei	ei	ei	55
MP 1 tausta	Esimerkkikatu 17		500	47,2	47	58,2	ei	ei	ei	55
MP 2 murskaus	Esimerkki 30		600	49,2	49	77,5	ei	ei	ei	55
MP 2 tausta	Esimerkki 30		600	49	49	59,5	ei	ei	ei	55

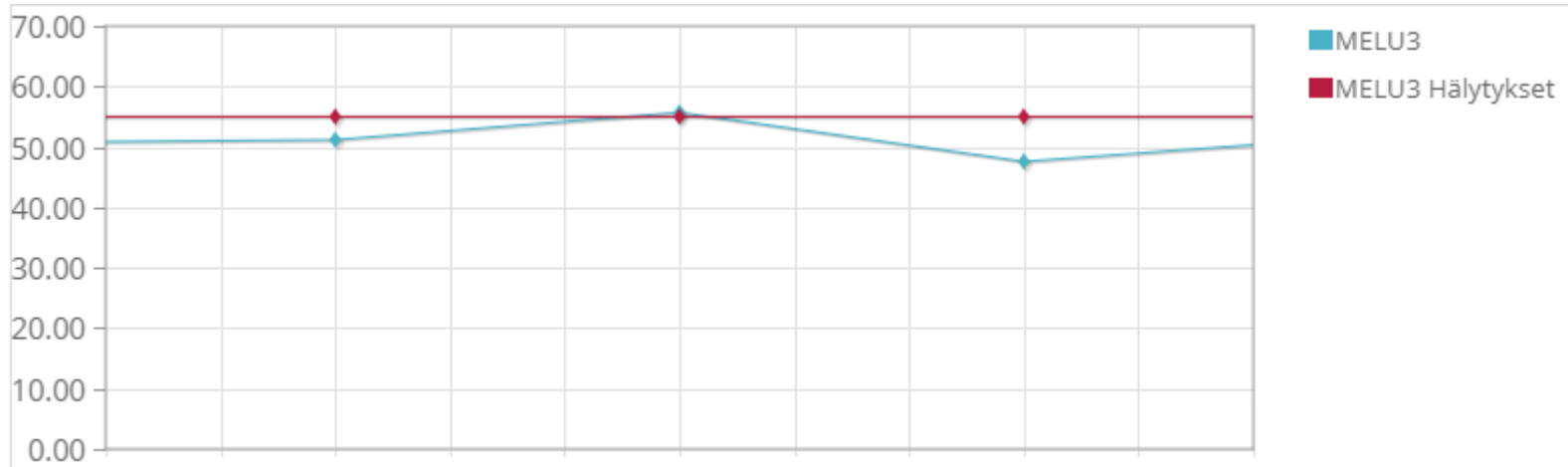
Tapausesimerkin 4 melumittauskuvaajat



2 (3)



3 (3)



Tapausesimerkin 4 melumittaustulokset



Mittausjakeo -

Nimi	Osoite	Alka	LEQ dBA	dbOffset	Häilytykset		
MELU3	Asutus 1	-	42,6	0,0	55	Taustamelu KA	45,2
MELU3	Asutus 1	-	42,3	0,0	55	Laeq KA	46,6
MELU3	Asutus 1	-	40,3	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	40,7	0,0	55	erotus	1,4
MELU3	Asutus 1	-	47,4	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	48,2	0,0	55	Laeq min	40,0
MELU3	Asutus 1	-	47,7	0,0	55	Laeq maks	55,7
MELU3	Asutus 1	-	49,4	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	48,1	0,0	55	erotus	15,7
MELU3	Asutus 1	-	51,7	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	47,6	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	55,7	0,0	55	laskennallinen	
MELU3	Asutus 1	-	51,2	0,0	55	keskiäänitason nousu	2,1
MELU3	Asutus 1	-	50,7	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	48,7	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	45,6	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	43,5	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	47,2	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	47,5	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	47,9	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	43,9	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	48,8	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	43,2	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	46,8	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	49,2	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	50,7	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	48,9	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	50,9	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	51,7	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	47,5	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	42,9	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	44,8	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	48,5	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	50,7	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	50,1	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	49,4	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	44,5	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	45,5	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	48,2	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	48,3	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	49,8	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	43,2	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	44,0	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	44,3	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	47,5	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	42,3	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	40,8	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	42,2	0,0	55		
MELU3	Asutus 1	-	45,5	0,0	55		

MELU3	Asutus 1	-	50,1	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	44,2	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,0	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	49,2	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,2	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	46,0	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	49,2	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,8	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	49,3	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,1	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,7	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	44,4	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	43,9	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	43,3	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	46,8	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	45,7	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	46,6	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	45,5	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,5	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,7	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	48,1	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	51,3	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	40,6	0,0	45
MELU3	Asutus 1	-	43,2	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	40,0	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,3	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	45,3	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	50,7	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,7	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	46,5	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	44,5	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	45,1	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	45,5	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	45,6	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	42,8	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	41,9	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	42,6	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	43,3	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	46,8	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	42,9	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	40,5	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	41,3	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	44,1	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	42,0	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	43,6	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,1	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	45,8	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	44,1	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	46,6	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	45,4	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	41,6	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	42,5	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,7	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	46,7	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	45,4	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	44,7	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	43,7	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	44,6	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	49,1	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,3	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	48,1	0,0	55

MELU3	Asutus 1	-	46,1	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	41,9	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	42,3	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	44,7	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	41,7	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	40,8	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	42,7	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	46,5	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	43,6	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	46,2	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	46,2	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	46,7	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	48,8	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	48,6	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	50,4	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	55,0	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,1	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	48,7	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	50,1	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	43,0	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	51,3	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	50,6	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	46,0	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	44,9	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	44,1	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,6	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	44,2	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	43,8	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	45,4	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	43,9	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	44,0	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	43,6	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	43,5	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	50,9	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	43,8	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	44,6	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	46,4	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	50,2	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,5	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	49,8	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	48,0	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	48,3	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,5	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	46,6	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	43,2	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,2	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	48,5	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	46,9	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	43,6	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	44,2	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,5	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,3	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	46,8	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	45,6	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	46,6	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	45,8	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	44,7	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	45,3	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	46,5	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,1	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	49,1	0,0	55

MELU3	Asutus 1	-	47,2	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,2	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,8	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	44,8	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,3	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	45,3	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	45,1	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,5	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	46,5	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	46,9	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,7	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	47,6	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	46,5	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	44,5	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	46,0	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	43,7	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	42,7	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	41,5	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	44,2	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	43,8	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	46,3	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	43,4	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	43,9	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	44,2	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	45,9	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	50,3	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	50,7	0,0	55
MELU3	Asutus 1	-	51,0	0,0	55

2021-01-03

Luonut: Katariina Nyström





Mittausjako -

Nimi	Osoite	Alka	LEQ dBA	dbOffset	Häilytykset		
MELU2	Asutus 2	-	47,4	0,0		Tausta KA	43,8 dB
MELU2	Asutus 2	-	43,8	0,0		Laeq	45,9 dB
MELU2	Asutus 2	-	43,4	0,0			
MELU2	Asutus 2	-	42,3	0,0		erotus	2,1
MELU2	Asutus 2	-	45,3	0,0			
MELU2	Asutus 2	-	48,0	0,0			
MELU2	Asutus 2	-	46,5	0,0		Laeq min	43,4
MELU2	Asutus 2	-	46,2	0,0		Laeq maks	48,0
						erotus	4,6

2021-01-03

Luonut: Katariina
Nyström

VipNordic



Mittausjako -

Nimi	Osoite	Aika	LEQ dBA	dbOffset	Häilytyk		
MELU1	työmaa	-	64,5	0,0	80	Tausta KA	52,7 dB
MELU1	työmaa	-	65,0	0,0	80	Laeq KA	65,5 dB
MELU1	työmaa	-	66,6	0,0	80		
MELU1	työmaa	-	50,9	0,0	80	erotus	12,8 dB
MELU1	työmaa	-	54,5	0,0	80		
MELU1	työmaa	-	62,2	0,0	80	Laeq min	62,2 dB
MELU1	työmaa	-	67,3	0,0	80	Laeq maks	67,4 dB
MELU1	työmaa	-	67,4	0,0	80		
						erotus	5,2 dB

2021-01-03

Sida 1 av 1

Luonut: Katariina
Nyström

Työmaan taustäänitas 55 dB
Työmaan toimintojen k 62 dB
Keskimääräinen Keskiä 7 dB

Vipnordic)))



Mittausjako

Nimi	Osoite	Aika	LEQ dBA	dbOffset	Häilytykset		
MELU4	työmaa	-	61,7	0,0		Tauta KA	55,6 dB
MELU4	työmaa	-	60,5	0,0		Laeq KA	61,7 dB
MELU4	työmaa	-	57,3	0,0			
MELU4	työmaa	-	55,8	0,0		Erotus	6,1 dB
MELU4	työmaa	-	54,7	0,0			
MELU4	työmaa	-	57,1	0,0		Laeq min	57,1 dB
MELU4	työmaa	-	58,9	0,0		Laeq maks	70,6 dB
MELU4	työmaa	-	58,6	0,0			
MELU4	työmaa	-	57,8	0,0		erotus	13,5 dB
MELU4	työmaa	-	57,9	0,0			
MELU4	työmaa	-	56,8	0,0			
MELU4	työmaa	-	56,1	0,0			
MELU4	työmaa	-	58,6	0,0			
MELU4	työmaa	-	59,6	0,0			
MELU4	työmaa	-	63,5	0,0			
MELU4	työmaa	-	61,0	0,0			
MELU4	työmaa	-	66,9	0,0			
MELU4	työmaa	-	57,2	0,0			
MELU4	työmaa	-	55,2	0,0			
MELU4	työmaa	-	60,0	0,0			
MELU4	työmaa	-	63,3	0,0			
MELU4	työmaa	-	62,1	0,0			
MELU4	työmaa	-	62,9	0,0			
MELU4	työmaa	-	66,3	0,0			
MELU4	työmaa	-	54,5	0,0			
MELU4	työmaa	-	54,4	0,0			
MELU4	työmaa	-	63,0	0,0			
MELU4	työmaa	-	59,6	0,0			
MELU4	työmaa	-	70,6	0,0			
MELU4	työmaa	-	70,1	0,0			

2021-01-03

Luonut: Katariina Nyström





Mittausjako

Nimi	Osoite	Aika	LEQ dBA	dbOffset	Hälytykset		
MELUS	työmaa	-	59,5	0,0		Tausta KA	55,2
MELUS	työmaa	-	51,8	0,0		Laeq KA	61,0
MELUS	työmaa	-	56,7	0,0			
MELUS	työmaa	-	60,8	0,0		erotus	5,8
MELUS	työmaa	-	60,4	0,0			
MELUS	työmaa	-	60,2	0,0		Laeq min	55,2
MELUS	työmaa	-	60,3	0,0		Laeq maks	73,5
MELUS	työmaa	-	59,9	0,0			
MELUS	työmaa	-	56,6	0,0		erotus	18,3
MELUS	työmaa	-	58,9	0,0			
MELUS	työmaa	-	60,7	0,0			
MELUS	työmaa	-	63,5	0,0			
MELUS	työmaa	-	63,0	0,0			
MELUS	työmaa	-	70,9	0,0			
MELUS	työmaa	-	61,5	0,0			
MELUS	työmaa	-	53,2	0,0			
MELUS	työmaa	-	52,1	0,0			
MELUS	työmaa	-	58,4	0,0			
MELUS	työmaa	-	60,1	0,0			
MELUS	työmaa	-	61,1	0,0			
MELUS	työmaa	-	60,0	0,0			
MELUS	työmaa	-	60,8	0,0			
MELUS	työmaa	-	53,3	0,0			
MELUS	työmaa	-	57,2	0,0			
MELUS	työmaa	-	61,2	0,0			
MELUS	työmaa	-	61,3	0,0			
MELUS	työmaa	-	60,1	0,0			
MELUS	työmaa	-	60,7	0,0			
MELUS	työmaa	-	61,2	0,0			
MELUS	työmaa	-	54,5	0,0			
MELUS	työmaa	-	51,2	0,0			
MELUS	työmaa	-	58,5	0,0			
MELUS	työmaa	-	63,9	0,0			
MELUS	työmaa	-	61,1	0,0			
MELUS	työmaa	-	61,7	0,0			
MELUS	työmaa	-	60,2	0,0			
MELUS	työmaa	-	50,9	0,0			
MELUS	työmaa	-	53,4	0,0			
MELUS	työmaa	-	61,0	0,0			
MELUS	työmaa	-	62,3	0,0			
MELUS	työmaa	-	60,4	0,0			
MELUS	työmaa	-	59,3	0,0			
MELUS	työmaa	-	59,3	0,0			
MELUS	työmaa	-	52,3	0,0			
MELUS	työmaa	-	55,3	0,0			
MELUS	työmaa	-	58,9	0,0			
MELUS	työmaa	-	59,1	0,0			
MELUS	työmaa	-	58,0	0,0			
MELUS	työmaa	-	58,6	0,0			
MELUS	työmaa	-	59,8	0,0			

MELU5	työmaa	-	54,1	0,0
MELU5	työmaa	-	57,4	0,0
MELU5	työmaa	-	58,4	0,0
MELU5	työmaa	-	73,5	0,0
MELU5	työmaa	-	58,5	0,0
MELU5	työmaa	-	59,0	0,0
MELU5	työmaa	-	57,3	0,0
MELU5	työmaa	-	50,9	0,0
MELU5	työmaa	-	50,4	0,0
MELU5	työmaa	-	55,2	0,0
MELU5	työmaa	-	62,5	0,0
MELU5	työmaa	-	70,3	0,0
MELU5	työmaa	-	60,2	0,0
MELU5	työmaa	-	60,7	0,0
MELU5	työmaa	-	58,0	0,0
MELU5	työmaa	-	58,1	0,0
MELU5	työmaa	-	59,9	0,0
MELU5	työmaa	-	59,9	0,0
MELU5	työmaa	-	60,3	0,0
MELU5	työmaa	-	60,4	0,0
MELU5	työmaa	-	60,4	0,0
MELU5	työmaa	-	55,7	0,0
MELU5	työmaa	-	53,5	0,0
MELU5	työmaa	-	65,1	0,0
MELU5	työmaa	-	59,2	0,0
MELU5	työmaa	-	57,2	0,0
MELU5	työmaa	-	64,7	0,0
MELU5	työmaa	-	60,4	0,0
MELU5	työmaa	-	58,1	0,0
MELU5	työmaa	-	59,0	0,0
MELU5	työmaa	-	58,8	0,0
MELU5	työmaa	-	59,7	0,0
MELU5	työmaa	-	60,8	0,0
MELU5	työmaa	-	61,8	0,0
MELU5	työmaa	-	60,8	0,0
MELU5	työmaa	-	57,3	0,0
MELU5	työmaa	-	57,2	0,0
MELU5	työmaa	-	59,2	0,0
MELU5	työmaa	-	57,0	0,0
MELU5	työmaa	-	63,0	0,0
MELU5	työmaa	-	61,7	0,0
MELU5	työmaa	-	63,9	0,0
MELU5	työmaa	-	55,6	0,0
MELU5	työmaa	-	52,4	0,0
MELU5	työmaa	-	62,7	0,0
MELU5	työmaa	-	63,8	0,0
MELU5	työmaa	-	64,5	0,0
MELU5	työmaa	-	63,5	0,0
MELU5	työmaa	-	64,7	0,0
MELU5	työmaa	-	60,9	0,0
MELU5	työmaa	-	59,5	0,0
MELU5	työmaa	-	61,1	0,0
MELU5	työmaa	-	59,1	0,0
MELU5	työmaa	-	58,2	0,0

2021-01-03



Luonut: Katariina Nyström



Mittausjako

Nimi	Osoite	Aika	LEQ dBA	dbOffset	Häilytykset		
MELU6	työmaa	-	62,1	0,0		Tausta KA	55,1 dB
MELU6	työmaa	-	53,8	0,0		Laeq KA	65,2 dB
MELU6	työmaa	-	61,3	0,0			
MELU6	työmaa	-	65,5	0,0		erotus	10,1 dB
MELU6	työmaa	-	63,1	0,0			
MELU6	työmaa	-	64,3	0,0		Laeq min	55,6 dB
MELU6	työmaa	-	67,9	0,0		Laeq maks	78,3 dB
MELU6	työmaa	-	61,9	0,0			
MELU6	työmaa	-	51,1	0,0		erotus	22,7 dB
MELU6	työmaa	-	56,9	0,0			
MELU6	työmaa	-	65,4	0,0			
MELU6	työmaa	-	63,7	0,0			
MELU6	työmaa	-	63,8	0,0			
MELU6	työmaa	-	65,4	0,0			
MELU6	työmaa	-	62,5	0,0			
MELU6	työmaa	-	53,1	0,0			
MELU6	työmaa	-	52,9	0,0			
MELU6	työmaa	-	66,5	0,0			
MELU6	työmaa	-	66,6	0,0			
MELU6	työmaa	-	68,4	0,0			
MELU6	työmaa	-	69,6	0,0			
MELU6	työmaa	-	71,5	0,0			
MELU6	työmaa	-	55,5	0,0			
MELU6	työmaa	-	59,4	0,0			
MELU6	työmaa	-	60,6	0,0			
MELU6	työmaa	-	63,1	0,0			
MELU6	työmaa	-	63,9	0,0			
MELU6	työmaa	-	63,3	0,0			
MELU6	työmaa	-	60,9	0,0			
MELU6	työmaa	-	47,3	0,0			
MELU6	työmaa	-	50,8	0,0			
MELU6	työmaa	-	70,1	0,0			
MELU6	työmaa	-	65,7	0,0			
MELU6	työmaa	-	65,5	0,0			
MELU6	työmaa	-	66,9	0,0			
MELU6	työmaa	-	67,3	0,0			
MELU6	työmaa	-	64,1	0,0			
MELU6	työmaa	-	63,5	0,0			
MELU6	työmaa	-	73,8	0,0			
MELU6	työmaa	-	64,9	0,0			
MELU6	työmaa	-	78,3	0,0			
MELU6	työmaa	-	65,2	0,0			
MELU6	työmaa	-	68,3	0,0			
MELU6	työmaa	-	65,8	0,0			
MELU6	työmaa	-	65,9	0,0			
MELU6	työmaa	-	49,8	0,0			
MELU6	työmaa	-	47,2	0,0			
MELU6	työmaa	-	68,5	0,0			
MELU6	työmaa	-	70,3	0,0			
MELU6	työmaa	-	65,6	0,0			
MELU6	työmaa	-	74,5	0,0			
MELU6	työmaa	-	72,1	0,0			
MELU6	työmaa	-	50,9	0,0			
MELU6	työmaa	-	53,9	0,0			
MELU6	työmaa	-	64,6	0,0			

MELU6	työmaa	-	67,0	0,0
MELU6	työmaa	-	64,0	0,0
MELU6	työmaa	-	64,5	0,0
MELU6	työmaa	-	63,5	0,0
MELU6	työmaa	-	50,8	0,0
MELU6	työmaa	-	51,6	0,0
MELU6	työmaa	-	55,6	0,0
MELU6	työmaa	-	56,5	0,0
MELU6	työmaa	-	64,0	0,0
MELU6	työmaa	-	60,6	0,0
MELU6	työmaa	-	64,5	0,0
MELU6	työmaa	-	50,8	0,0
MELU6	työmaa	-	52,4	0,0
MELU6	työmaa	-	64,2	0,0
MELU6	työmaa	-	66,0	0,0
MELU6	työmaa	-	65,7	0,0
MELU6	työmaa	-	66,7	0,0
MELU6	työmaa	-	66,4	0,0
MELU6	työmaa	-	63,4	0,0
MELU6	työmaa	-	61,6	0,0
MELU6	työmaa	-	62,5	0,0
MELU6	työmaa	-	61,6	0,0
MELU6	työmaa	-	58,1	0,0

2021-01-03



Luonut: Katariina Nyström