

Janne Tynkkynen

ANJANPUISTON PIENTALOALUEEN MELUSELVITYS

Opinnäytetyö
Ympäristötekniikan koulutusohjelma


Helmikuu 2016




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

	Opinnäytetyön päivämäärä
Tekijä(t) Janne Tynkkynen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Ympäristötekniologia
Nimeke Anjanpuiston pientaloalueen meluselvitys	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä selvitettiin Anjanpuiston pientaloalueelle kohdistuvaa tieliikennemelun tasoa. Tutkimuskohde sijaitsee Imatran kaupungilla Saareksiinmäen alueella noin 450 metrin etäisyydellä valtatie 6:sta. Meluselvityksessä keskityttiin pääsääntöisesti valtatie 6:lta saapuvan melun tutkimiseen, sillä se oli ainoa äänilähde joka kuului selkeästi alueelle korvakuulolta. Työ tehtiin Imatran kaupungin kaavoitusosaston toimeksiannosta. Anjanpuiston pientaloalueelle on suunnitteilla sijoittaa 25–30 erillispientalotonttia.</p> <p>Meluselvityksen perustana toimi Valtioneuvoston päätös 993/1992, jossa on määritetty melutason ohjearvot ympäristömelulle. Ohjearvojen ei tulisi ylittyä. Päätöksessä ohjearvoiksi on asetettu päiväajalle (klo 7–22) keskiäänitasoksi 55 dB ja yöajalle (klo 22–7) 45 dB uuden alueen periaatteella. Mittauspisteet valikoitiin Anjanpuiston pientaloalueella sillä perusteella, missä oli oletettavasti suurin melukuormitus. Tutkimuksiin sisällytettiin myös muita mittauspisteitä vertailukohteiksi, tutkimusalueen keskiosasta sekä valtatie 6:n välittömästä läheisyydestä. Mittauspisteissä suoritettiin myös terssikaistamittaukset melun laadun tutkimiseksi. Kaavoituksen pyynnöstä suoritettiin myös lisätutkimus, jonka tarkoituksena oli tutkia kohdealueella sijaitsevan loivasti nousevan rinteiden melueristävyttä. Valtatie 6:n varrella suoritettiin myös yhden mittauskerran aikana liikennelaskenta, tarkoituksena oli selvittää päiväajan keskiäänitaso laskennallisesti kun mittaukset kestävät vain 30 minuuttia.</p> <p>Melumittaukset suoritettiin kohdealueella elo-syyskuu 2015 välisenä aikana. Mittauksia suoritettiin arkipäivisin olettaen liikenteen olevan aktiivisinta kyseisinä ajankohtina. Mittaukset aloitettiin klo 12–15 välisenä aikana ja äänitasoja mitattiin 24 tuntia jatkuvatoimisilla mittauksilla. Mittauspäivän valinta ja mittausten suorittaminen tehtiin ympäristöministeriön ohjeen 1/1995 mukaisella tavalla. Mittaustuloksista huomattiin, että päiväohjearvo 55 dB ei ylittynyt missään kohdealueen sisäisessä mittauspisteessä. Yöohjearvo 45 dB sen sijaan ylittyi lähes jokaisessa mittauspisteessä. Suuren etäisyyden ja mittalaitteen yhteinen epävarmuus oli 9 dB. Suuren virhemarginaalin vuoksi ei voida siis sanoa varmuudella, ylittivätkö arvot todellisuudessa.</p> <p>Anjanpuiston pientaloalueen käyttämistä asuinalueen laajentamiseen ei ole varsinaisia esteitä; kuitenkin meluntorjuntatoimenpiteille voi olla alueella tarvetta. Laajennusprosessin aikana on oletettavaa, että alueen maaston muotoihin ja kasvillisuuden määriin tulee muutoksia, tämä saattaa toimia ääntä vahvistavana tekijänä. Työssä on esitetty esimerkki mahdollisesta meluntorjuntatoimenpiteestä. Lopullisiin toimenpideratkaisuihin kuitenkin vaikuttaa se, miten tontit on tarkoitettu sijoittaa alueelle, meluntorjuntatoimenpiteet tulisi mukauttaa tämän perusteella.</p>	
Asiasanat (avainsanat)	
Meluselvitys, kaavoitus, melu, ääni, ympäristömelu, meluntorjunta	
Sivumäärä 34+10	Kieli Suomi
Huomautus (huomautukset liitteistä)	
Ohjaavan opettajan nimi Hannu Poutiainen	Opinnäytetyön toimeksiantaja Imatran kaupunki, kaavoitus

DESCRIPTION

	Date of the bachelor's thesis
Author(s) Janne Tynkkynen	Degree programme and option Environmental technology
Name of the bachelor's thesis The research of noise level in Anjanpuisto housing estate area	
Abstract <p>The objective of this thesis was to research the noise levels caused by traffic in the Anjanpuisto housing estate area, which is located in city of Imatra, Saareksiinmäki district, and distance of 450 meters from the highway 6. The noise coming from the highway 6 was the main priority in the noise level research, this was because it was the only noise source which was clearly hearable by ear in the research area. This thesis was assigned by city of Imatra, city planning department. It is planned that 25–30 small house lots were to be situated in the Anjanpuisto housing estate area.</p> <p>The basis of this research was the Governments order given in 1992, which determines the guideline values for the environment noise in residential area, the guideline values should not be exceeded. The guideline value for daytime (from 7 am to 10 pm) equivalent sound level is 55 dB and for nighttime (from 10 pm to 7 am) it is 45 dB, this nighttime value is for new areas only. The measuring points were placed in areas which had assumingly the largest noise levels. The research included also few other measuring points for comparison purposes, these points were located near highway 6 and the center of the target area. 1/3 octave measurements were also conducted in these points, the goal was to research the nature of the sound that was present. Due to the city planning department's request, another research was conducted concerning the noise reduction qualities of the nearby hill which was located in the target area. During one of the measurement sessions, a traffic calculation was conducted, the purpose for this was to calculate the daytime equivalent sound level mathematically when the measurement time is only 30 minutes.</p> <p>The sound level measurements were conducted in 2015 from August to September, measurements took place during weekdays, assuming that the traffic was more active compared to weekends. Measurements were commenced variably during 12 am–3 pm, measurement time was 24 hours from the starting point. Choosing the appropriate days for measuring and measuring itself was conducted according to the ministry of environment's guide which was given in 1995. The results indicate that the daytime guideline value 55 dB was not exceeded in any measuring point inside the target area, but nighttime value 45 dB on the other hand was exceeded in almost every point. The long distance from the noise source and the error of the sound level meter gave a combined uncertainty value of 9 dB. Hence the great margin of error, it cannot be said with certainty that the guideline values would really exceed.</p> <p>There are no actual obstacles for using Anjanpuisto housing estate area for expanding the residential area, but there still might be need for noise reduction procedures. It is very likely that during the expansion process there will be modifications around the area, such as changes to the terrain and changes to the amount of vegetation, these changes might amplify the noise in the area. This report presents an example for a possible noise reduction procedure. In the final procedure decisions the lot placements must be taken into account and the noise reduction procedures should be executed accordingly.</p>	
Subject headings, (keywords) Research of noise level, city planning, noise, sound, environment noise, noise reduction	
Pages 34+10	Language Finnish
Remarks, notes on appendices	
Tutor Hannu Poutiainen	Bachelor's thesis assigned by City of Imatra, city planning department

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	TAUSTAA	2
2.1	Lainsäädäntö	2
2.2	Melun määrittäminen	2
2.3	Ääni.....	3
2.3.1	Äänen eteneminen ja vaimeneminen	4
2.3.2	Äänenpainetaso	7
2.3.3	Taajuusjakauma	8
2.3.4	Keskiäänitaso	9
2.4	Meluntorjunta	10
3	TERVEYSVAIKUTUKSET.....	12
3.1	Kuulovauriot	13
3.2	Unen ja rentoutumisen häiriintyminen	14
3.3	Vaikutukset verenkiertoelimistöön	14
3.4	Psykologiset vaikutukset	15
4	MELUSELVITYKSEN SUORITTAMINEN	15
4.1	Kohteen kuvaus	15
4.2	Mittausvälineistö.....	18
4.3	Mittauspisteet.....	19
4.4	Mittausten suoritus.....	20
4.5	Päivä- ja yötasot (L_{Aeq} 15h ja 9h)	21
4.6	Liikennelaskenta	22
4.7	Päivätason määrittäminen lyhytaikaista mittausta ja liikennelaskentaa hyödyntäen	22
5	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU.....	23
5.1	A-painotetut ekvivalenttitasot päivä- ja yöajanjaksolle (L_{Aeq} 15h ja 9h)	23
5.2	Lyhytaikaiset mittaukset ja liikennelaskenta	24
5.3	Terssikaistamittaukset.....	25
5.4	Rinteen melueristys-tutkimus	26
5.5	Tulosten epävarmuustarkastelu	26
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	28

LIITTEET

- 1 Minuuttikohtaiset ekvivalenttitasot
- 2 Terssikaistamittausten tulokset
- 3 Rinteen melueristys -tutkimuksen tulokset
- 4 Tuntikohtaiset ekvivalenttitasot

1 JOHDANTO

Kaupunkien ja tieliikenneyhteyksien jatkuva kehittyminen sekä laajentuminen tuovat aina uusia haasteita melun torjuntaa ajatellen. Kaduilla saattaa olla käynnissä työmaatoimintaa, asuntoalueiden läheisyydessä voi olla vilkasta moottoriteliikennettä ja ääntä voi lähteä myös omista naapureistakin. Melusaasteeton elinympäristö on jokaisen perusoikeus ja sen toteutumiseen vaaditaan yhä enemmän suunnitelmallisuutta tehokkaamman meluntorjunnan saavuttamiseksi. Meluhaittojen vähentäminen on tärkeää ja sillä on pääsääntöisesti terveydellisiä vaikutuksia. Ihmisen keho ei ole muotoiltu meluiseen ympäristöön ja melulle altistuminen voi johtaa esimerkiksi stressireaktioiden syntymiseen nukkumisen aikana.

Imatralla ei ole aiemmin suoritettu meluselvitystutkimuksia Anjanpuiston pientaloalueella. Alue on lähivirkistysalueeksi kaavoitettua aluetta ja sen käyttötarkoituksena on asuinalueen laajentaminen. Kohdealueelle kantautuvan valtatie 6:n liikennemelu arvioitiin olevan merkittävin melulähde. Kuitenkaan ei tiedetty, että täyttääkö alueelle kantautuva melu ohjearvojen mukaiset vaatimukset. Asuinalueen laajennustoimia ei voida edistää ennen kuin tiedetään, että miten liikennemelu vaikuttaa alueella. Tästä syystä katsottiin tarpeelliseksi laatia alueelle meluselvitys.

Opinnäytetyössä laadittiin meluselvitys Anjanpuiston pientaloalueelle, työn toimeksiantajana toimi Imatran kaupungin kaavoitusosasto. Kohdealueelle on tarkoituksena sijoittaa n. 25–30 erillispientalotonttia, luonnoksia tonttien sijoittelusta ei ollut saatavilla. Meluselvityksessä selvitetään, täyttääkö kohdealue valtioneuvoston asettamien melutaso-ohjearvojen kriteerit, päätöksessä on asetettu asuinalueille päiväohjearvoksi 55 dB ja yöohjearvoksi 45 dB uusille alueille. Mittaustulosten perusteella nähdään, että pääseekö alue meluohjearvoihin ja onko siellä tarvetta ryhtyä esimerkiksi meluntorjuntatoimenpiteisiin.

2 TAUSTAA

2.1 Lainsäädäntö

Ympäristömelu on yksi potentiaalisista terveydelle haitallisista ympäristötekijöistä jonka valvonnan perustana toimii lainsäädäntö. Terveydensuojelulaki 763/1994 toimii pohjana terveyden ja hyvinvoinnin edistämiseksi. Lain tarkoituksena on vähentää, poistaa ja ennalta ehkäistä tekijöitä elinympäristöstä, joilla saattaa olla terveyttä haittaavia vaikutuksia (Terveydensuojelulaki 763/1994). Tämä toimii hyvin pitkälti pohjarakenteena meluvalvonnan ohjeistuksessa ja meluntorjunnan suunnittelussa.

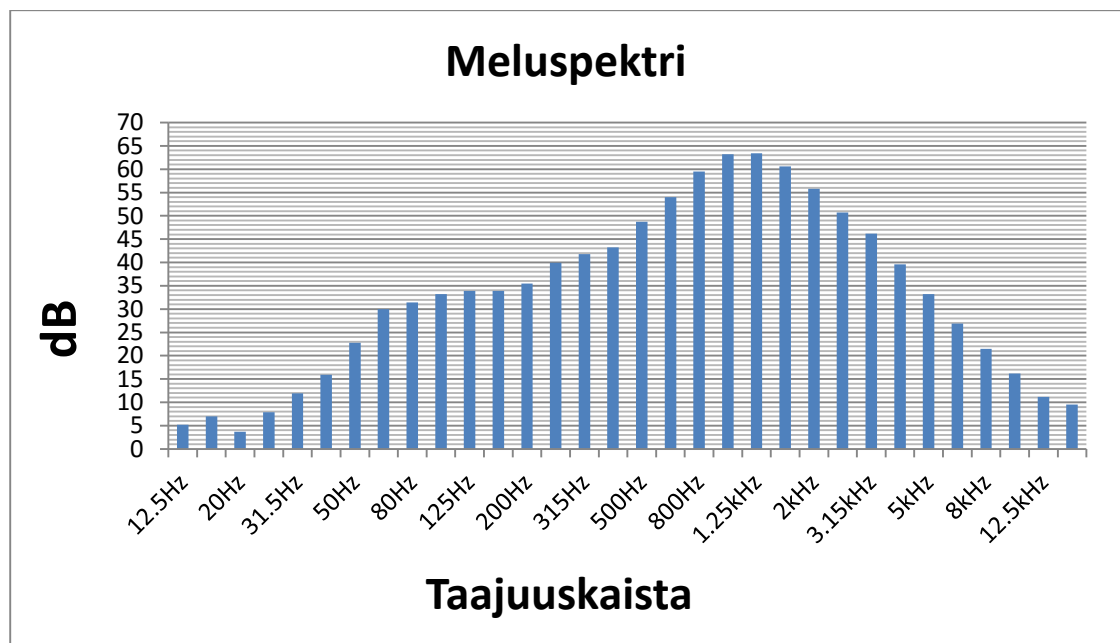
Meluselvityksessä suoritettavia ympäristömelun mittauksia ja tulosten tulkintaa ohjaavat ympäristöministeriön ohjeet. Tuloksia verrataan meluntorjuntalain (382/1987) 9 §:n nojalla annettuun valtioneuvoston päätökseen melutason ohjearvoista (993/1992) (Ympäristöministeriö 1995, 3). Päätöksen mukaan melun A-painotetun ekvivalenttitason (L_{Aeq}) päiväohjearvo (klo 7–22) on 55 dB ja yöohjearvo (klo 22–7) 50 dB. Tässä tapauksessa meluselvitys suoritettiin uudella alueella, joten tällöin käytettiin yöohjearvoa 45 dB. Melutaso ei saisi ylittää edellä mainittuja ohjearvoja.

2.2 Melun määrittäminen

Melulla tarkoitetaan ei-toivottua ääntä, joka tunnetaan häiritseväksi tai epämiellyttäväksi, tai jolla on vaikutuksia ihmisen yleiselle hyvinvoinnille ja terveydelle (Eurasto, Lahti & Sysiö 1990). Meluntorjuntalaissa melu määritetään ”terveydelle haitallisena, ympäristön viihtyisyyttä merkityksellisesti vähentävänä tai työntekeä merkityksellisesti haittaavana äänenä tai siihen rinnastettuna tärinänä” (Meluntorjuntalaki 382/1987).

Ympäristössä esiintyvän melun tyypit on jaettu kolmeen eri luokkaan: impulsiivinen, kapeakaistainen ja laajakaistainen melu. Melutyypin määrittämisessä voidaan hyödyntää meluspektriä (Kuva 1). Impulsiivinen eli iskumainen melu sisältää korkeintaan 1 sekunnin kestoisia ja toisistaan erottuvia korkeita meluhiippuja (Ympäristöministeriö 1995, 26). Tyypillisimpiä impulssimelua aiheuttavista lähteistä ovat esim. ampumaradat, räjähdyskaset tai vasaran iskut. Kapeakaistaisessa melussa on kuultavissa soivia ää-

niä, ääneksiä tai äänemäisiä komponentteja (Ympäristöministeriö 1995, 27). Kuulohavainnon ollessa epävarma, voidaan kapeakaistaisuus todeta meluspektristä. Melu luokitellaan kapeakaistaiseksi jos vähintään yhden terssikaistan painetaso on 5 dB suurempi kuin välittömästi kyseisen kaistan ala- ja yläpuolisen terssikaistan äänenpainetaso (Eurasto 2007). Mekaaninen melu esim. ruohonleikkurin aiheuttama ääni on yksi yleisimmistä kapeakaistaisen melun lähteistä. Laajakaistainen melu eroaa kapeakaistaisesta melusta siinä, että se sisältää paljon enemmän taajuuksia, ääni kuulostaa tällöin tasaisemmalta. Kyseistä melua on yleensä teollisuudessa, jossa on käytössä raskasta koneistoa esim. painatuskeskusten painokoneet.



KUVA 1. Meluspektri tersseittäin. (Tynkkynen 2015).

2.3 Ääni

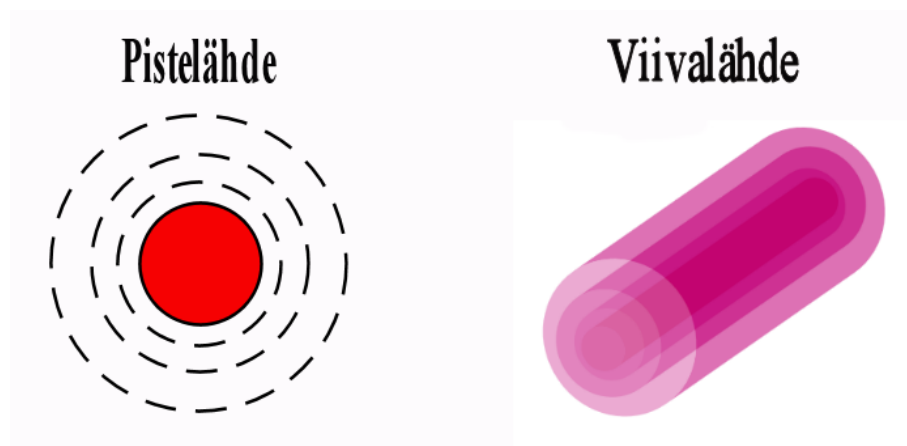
Ääni on ilmassa tai jossain muussa väliaineessa tapahtuvaa aaltoliikettä, joka yleensä syntyy jonkin kappaleen värinästä tai tärinästä. Värinä aiheuttaa ilmamolekyylien edestakaisen liikkeen ja aiheuttaa näin ketjureaktion, ääniaallot kulkevat tällä periaatteella ilmassa eteenpäin. (Kuuloavain 2009.) Kuultu ääni johtuu siis kuuloaistimme välittämistä tiedoista ilmanpaineen muutoksista, etenevä aaltoliike käsitetään myös toiselta nimitykseltään painevärähtelynä eli äänenpaineena (Björk 1995, 39). Ihmisen kuuloaisti havaitsee vain ääniä, jotka ovat äänipainetasoltaan vähintään 20 μPa (Karjalainen 2000).

Ääntä syntyy elinympäristössämme yleisimmin mekaanisen värähtelyn aiheuttamana. Moottoriliikenteessä värähtelyä aiheuttavat pääsääntöisesti ajoneuvon moottorin osat sekä renkaiden liike ajotietä vasten, rengasmelu korostuu entisestään jos käytössä on esim. nastarenkaat sulien teiden aikaan. Ihmisellä ääniaaltojen aikaansaaminen perustuu keuhkoista tulevan ilman katkomiseen äänihuulten värähtelyllä. Joissakin poikkeustapauksissa ääni voi syntyä myös ei-mekaanisen värähtelyn toimesta, yksi tällainen poikkeustapaus on tuttu luonnonilmiö eli salama. (Karjalainen 2000.)

2.3.1 Äänen eteneminen ja vaimeneminen

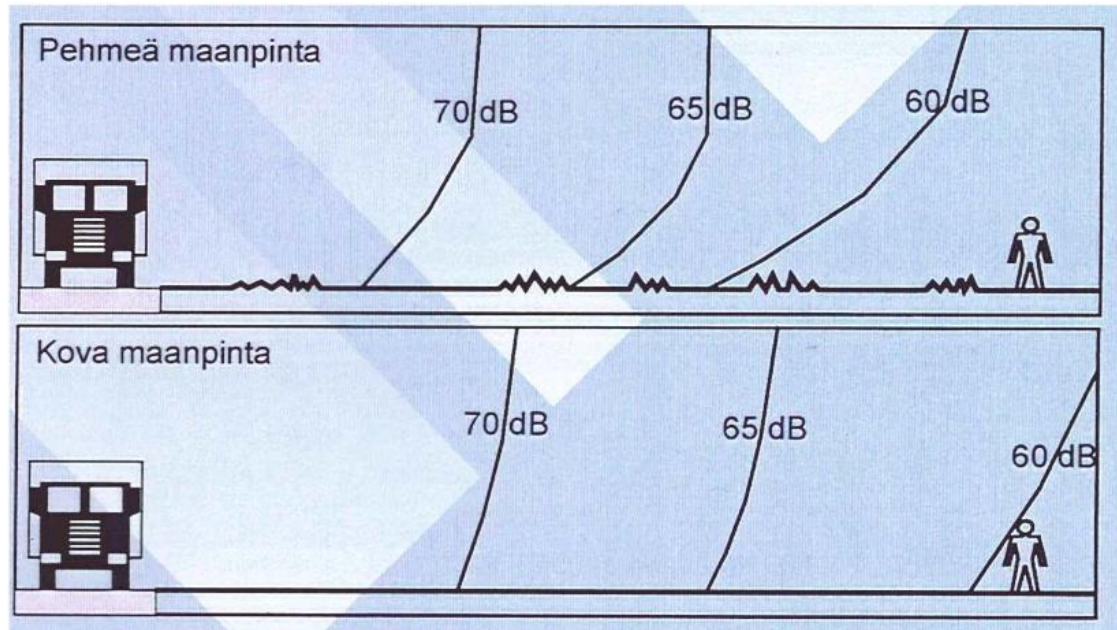
Ääni liikkuu vaihtelevalla nopeudella riippuen väliaineesta ja sen lämpötilasta, esimerkiksi ääni liikkuu 20°C -asteissa ilmassa 343 m/s nopeudella ja saman lämpöisessä vedessä 1484 m/s (Kervinen & Parkkila 2005, 91). Ääniaalto saavuttaisi havaintopisteen siis tässä tapauksessa nopeimmin veden kautta. Ääniaallon liikkumiseen ja leviämiseen ympäristössä vaikuttaa väliaineen lisäksi myös muita eri seikkoja kuten: havaintopisteen etäisyys, äänilähteen aiheuttaman äänikentän tyyppi, maaston muodot sekä maaperän laatu, aallon kulkureitille osuvat esteet, ilman absorptio sekä tuulen suunta ja -nopeus (Eurasto ym. 1990, 28–29).

Äänilähteiden perustyyppejä on kahdenlaista, pistelähde ja viivalähde (Kuva 2). Pistelähteestä lähtevät ääniaallot leviävät ns. pallopinnalle, vastaavia lähteitä ovat esim. yksittäiset autot, puhallin jne. Viivalähteessä ääniaallot kulkevat sylinteriaalltona eli ääni leviää sylinteripinnalle, esim. juna tai yhtenäinen autojono. (Hosiokangas 2015.) Pistelähteestä peräisin oleva ääni vaimenee 6 dB etäisyyden kaksinkertaistuessa kun taas viivalähteen ääni vaimenee 3 dB etäisyyden kaksinkertaistuessa (Di Napoli 2007).



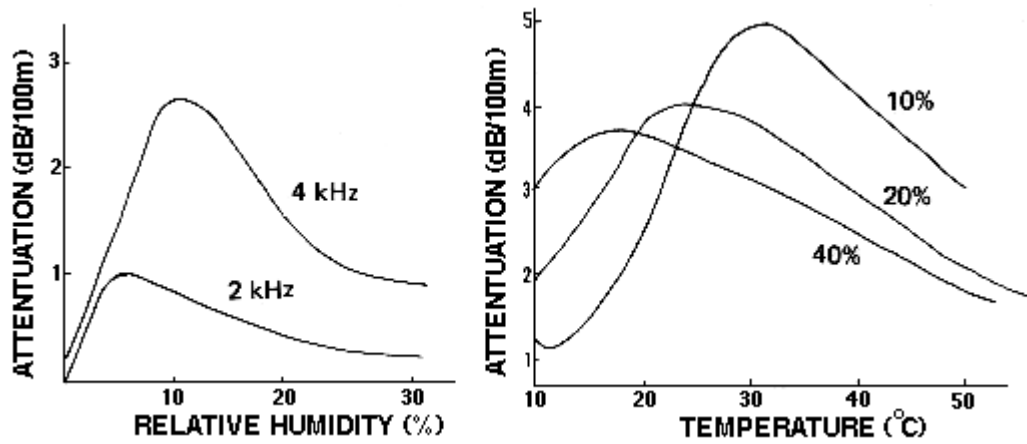
KUVA 2. Piste- ja viivalähde. (Tynkkynen 2015).

Maaston muotojen lisäksi äänen leviämiseen vaikuttaa itse maaperän laatu. Ääniaallot vaimenevat sitä paremmin, mitä pehmeämpää maanpinta on. Pehmeitä maanpintoja ovat mm. nurmikkoiset ja heinikkoiset alueet, metsät sekä peltoalueet. (Promethor 2006.) Kovalla maanpinnalla kuten asfalttipinnoitteella ei tapahdu äänen vaimenemista, vaan se aiheuttaa äänen vahventumisen (Liikonen 2013). Kuvassa 3 on esimerkki äänen vaimenemisesta pehmeällä ja kovalla rajapinnalla.



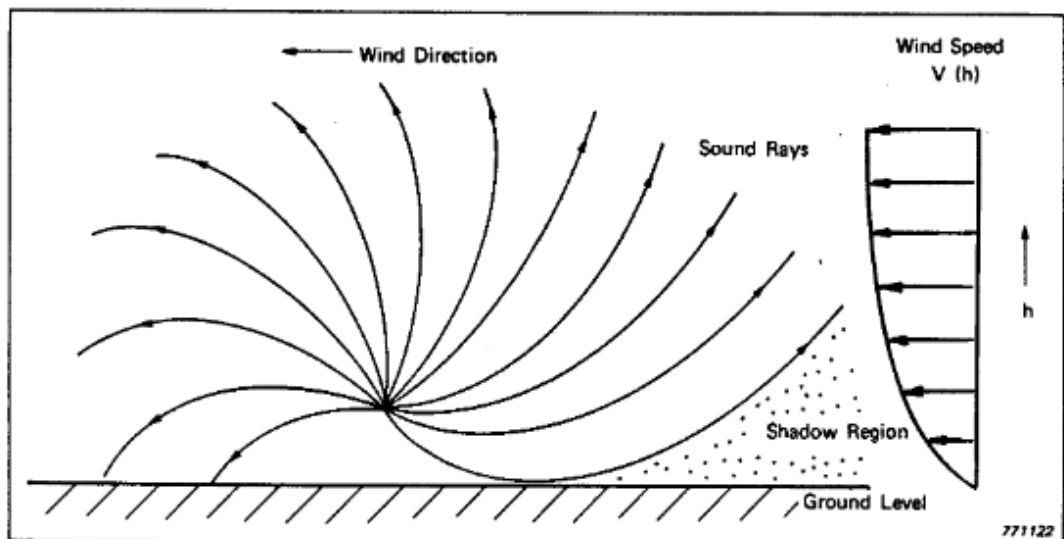
KUVA 3. Maavaimennus. (ELY-keskus, Liikonen 2013).

Ääniaallon vaimenemiseen vaikuttaa myös ilman absorptio eli ilmamolekyylien kitka (Hosiokangas 2015). Vaimennuksen tehokkuus riippuu ääniaallon liikkumasta matkasta, ilman lämpötilasta, ilmanpaineesta, suhteellisesta kosteudesta sekä äänen taajuudesta (Björk 2005). Ilman lämpötilan ja kosteuden vaikutus äänen vaimenemiseen on nähtävillä kuvassa 4. Ilman absorptio vaimentaa parhaiten korkeataajuisia ääniä, tästä syystä matalataajudelliset äänet kuuluvat kauas, esimerkkinä liikenteen humina tai ulkoilmakonserttien bassodiskantti (Hosiokangas 2015).



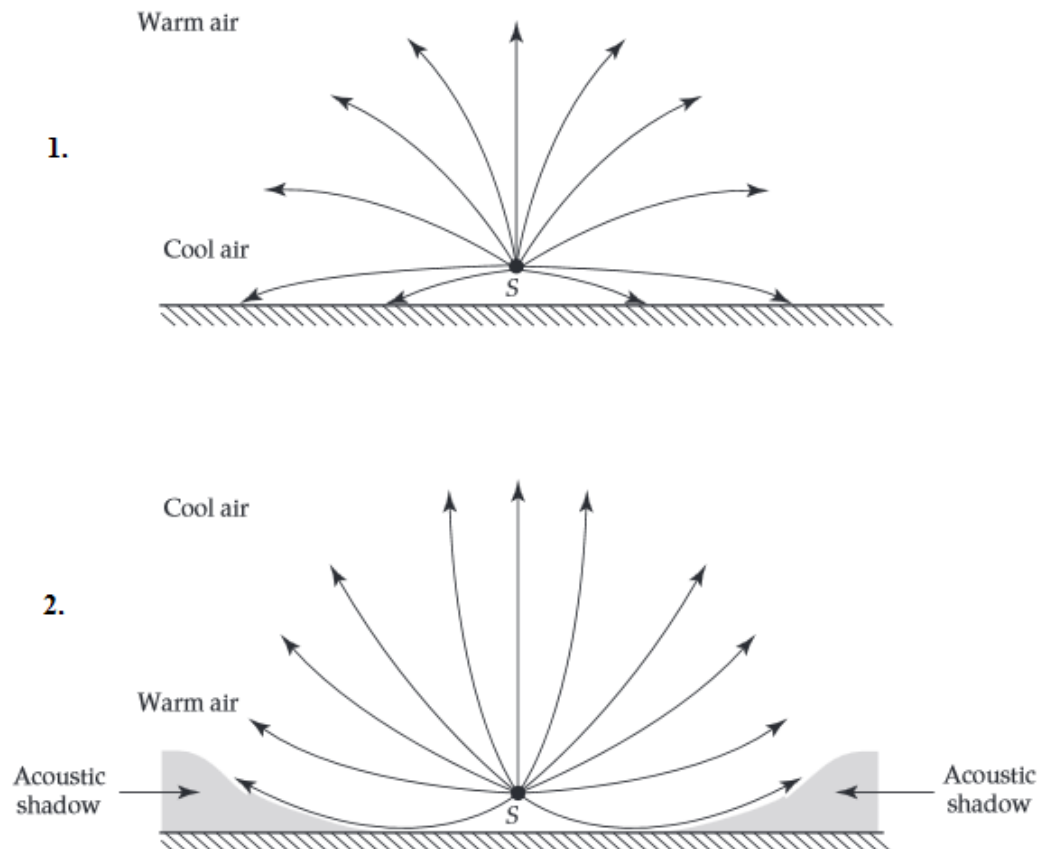
KUVA 4. Vasen kuvaaja: suhteellisen kosteuden vaikutus äänen vaimenemiseen. Oikea kuvaaja: lämpötilan ja suhteellisen kosteuden vaikutus äänen vaimenemiseen. (Truax 1999).

Tuuli- ja lämpötilagradienilla on huomattavia vaikutuksia ääniaallon liikeradan muodostumisessa. Tuulen nopeus kasvaa ylöspäin mentäessä, tämä johtaa ääniaallon taipumiseen alaspäin ääniaallon liikuessa myötätuuleen. Ääniaallon liikuessa vastatuuleen, ääniaalto nousee ylöspäin maanpintaan nähden ja sen nopeus hidastuu korkeuden myötä, alueelle muodostuu ns. ”varjoalue” johon ääniaalto ei pääse vaikuttamaan suoraisesti (Kuva 5). (Lamancusa 2009.) Ääni vaimenee siis paremmin kulkiessa vastatuuleen.



KUVA 5. Tuulen vaikutus ääniaallon taipumiseen. (Lamancusa 2009).

Lämpötilagradientin ollessa länä, ääniaallot taipuvat kohti kylmempää lämpötilaa. Negatiivisessa lämpötilagradientissa lämpötila laskee korkeuden kasvaessa ja johtaa ääniaallon taipumiseen ylöspäin, positiivisessa lämpötilagradientissa lämpötila nousee korkeuden kasvaessa ja johtaa ääniaaltojen taipumiseen alaspäin (Kuva 6). (Everest & Pohlmann 2009.)



KUVA 6. Positiivisen (1.) ja negatiivisen (2.) lämpötilagradientin vaikutus ääniaallon taipumiseen. (Everest & Pohlmann 2009).

2.3.2 Äänenpainetaso

Äänenpaine on suure jota käytetään äänen voimakkuuden mittaamisessa, äänenpaineen yksikkönä käytetään pascalia (Pa) (Työterveyslaitos 2012). Pascalin sijaan kuitenkin käytetään suhteellista logaritmista tasosuuretta eli äänenpainetasoa L_p . Tämä sen takia, koska ihmisen korva aistii äänenpainealueen niin laajalta alalta. Äänenpainetason yksikkönä käytetään desibeliä (dB). Äänenpaineen muutokset vaikuttavat äänenpainetasoon, äänenpaineen kaksinkertaistuminen kasvattaa äänenpainetasoa 6 dB. (Vuorinen

& Heinonen-Guzejev 2007, 124.) Kuvassa 7 on esimerkkejä arkielämän äänenpainetasoista.

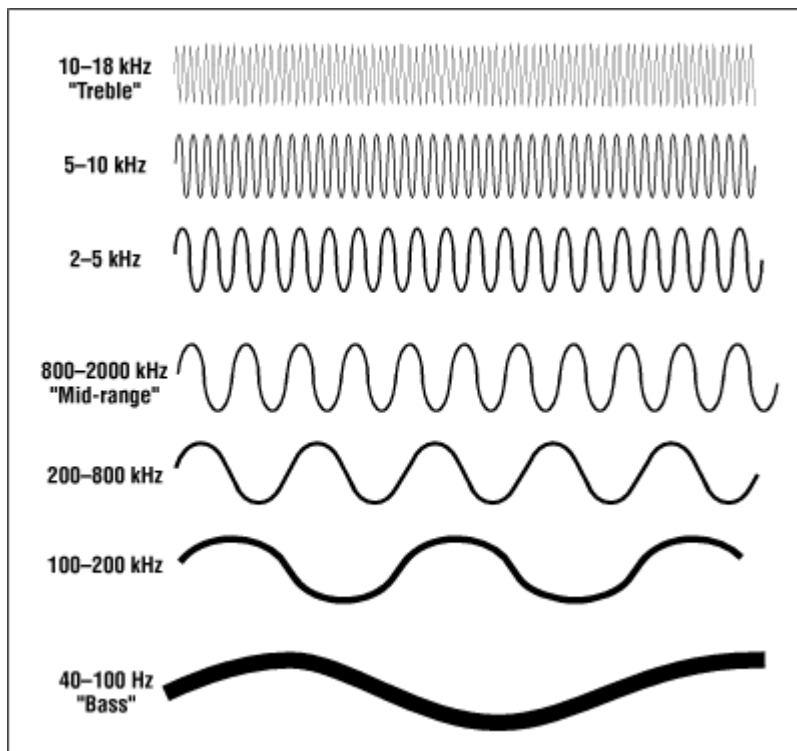
Äänenpainetaso (dB)	Esimerkki
0	Kuulokynnys
5-25	Lehtien havina
25-50	Tietokone
50-70	Äänekäs keskustelu
70-85	Liikenne
85-90	Moottoripyörä
90-110	Disko
110-130	Kipukynnys, ilotulitus

KUVA 7. Arkielämän äänenpainetasoja. (Starck & Teräsvirta 2009).

2.3.3 Taajuusjakauma

Äänen syntyessä äänilähteestä ilmassa tapahtuu molekyylien harventumia ja tihentymiä, näiden tihentymien/harventumien määrä sekunnin aikana on äänen taajuus. Taajuudet ilmoitetaan hertseinä (Hz). (Korpinen 2005.) Ihmisen korva aistii ääniä joiden taajuus vaihtelee 20–20 000 Hz välillä, kuulo on herkimmillään taajuuksilla 2000–5000 Hz (Eurasto, Lahti & Sysiö 1990, 17).

Pienitaajuiset äänet kuulostavat korvaan matalilta ja korkeataajuiset äänet kirkkaamilta, esimerkkinä ihmisen puheen perustaajuus, miehellä se on n. 100 Hz luokkaa ja naisella n. 200 Hz. Hyvä esimerkki korkeasta taajuudesta on televisio- tai radiolähetyksen mittasignaali joka on 1000 Hz. Ihmiskuulon taajuusaluetta matalammat taajuudet ovat infraääniä eikä niitä voi kuulla, tästä huolimatta infraäänit voivat vaurioittaa kuuloaistia. Infraäänien vastakohtana ovat ultraäänit, jotka ylittävät 20 kHz taajuuden ja ovat tällöin kuuloalueen ulkopuolella. (Korpinen 2005.) Kuvassa 8 on esitelty ääniaaltojen muotoja eri taajuuksilta.



KUVA 8. Esimerkkejä taajuuksista. (Beggs & Thede 2001).

Ikääntymisen myötä ihmisen kuuloalueeseen tulee muutoksia. Iästä johtuva kuulon aleneminen painottuu pääosin suuriin taajuuksiin ja etenee hitaasti, n. 0,5 dB/vuosi. Kuulon rappeutumisen nopeus on perimästä riippuvaista. (Marttila 2005.) Tästä syystä lapset kuulevat korkeampia taajuuksia kuin aikuiset. Esimerkiksi heinäsiirtojen siritys lakkaa kuulumasta ajan mittaan.

2.3.4 Keskiäänitaso

Keskiäänitasolla eli ekvivalenttitasolla (L_{eq}) tarkoitetaan jatkuvaa samanarvoista äänitasa kuin vastaavan äänienergian vaihteleva äänitaso (Di Napoli 2013). Ekvivalenttitaso kuvaa siis äänitasojen tehollista keskiarvoa ja korostaa suurimpia hetkellisiä äänitasoja (Liikonen 2013).

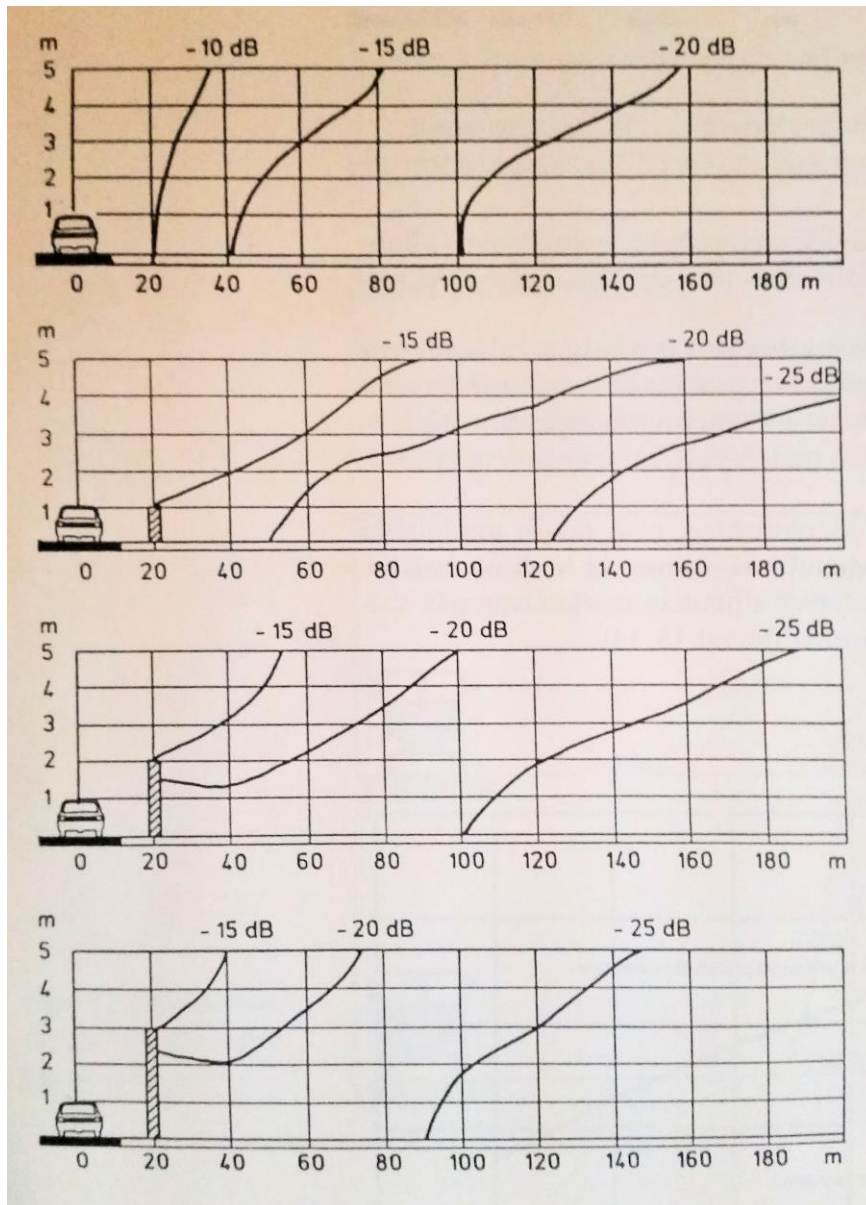
Ympäristöministeriön päätöksen 993/1992 nojalla asumiseen käytettävillä alueilla tehtävissä mittauksissa selvitetään A-painotettu ekvivalenttitaso (LA_{eq}), johon perustuvat samaisen päätöksen ohjeet (ks. Lainsäädäntö).

2.4 Meluntorjunta

Kaupunkien kasvaessa ja kehittyessä uusien melulähteiden lisääntyminen on hyvin oletettua. Uusien autoteiden rakennuttaminen tuo lisää liikennettä, rakennustyömaiden työkonet aiheuttavat häiriötä jne. Melu onkin muotoutunut yhdeksi yleisimmistä ongelmista nykymaailmassa, melusta aiheutuvaa häiriötä on kuitenkin mahdollista vähentää meluntorjunnallisilla toimenpiteillä. Yleisesti meluntorjunta on osa ympäristön pilaantumisen torjuntaa, jonka yleinen päämäärä on terveellisen ja viihtyisän elinympäristön takaaminen (Kunnat 2015).

Meluntorjunnassa haittavaikutuksia pyritään minimoimaan ensisijaisesti toimintojen sijoittelulla. Lisäksi suunnittelulla voidaan vaikuttaa suoraan melulähteeseen, kohteen suojaukseen tai melun leviämiseen. Melua voidaan torjua eri menetelmillä. Tällaisia ovat esimerkiksi: moottoriliikenteen rauhoittaminen, erinäisten rakenteiden sekä rakennusten sijoittaminen, teiden päällystemateriaalin valinta, meluvallien, -aitojen ja -kaiteiden asennus tai jopa kasvillisuuden lisäys. (Turvallinen kaupunki 2015.)

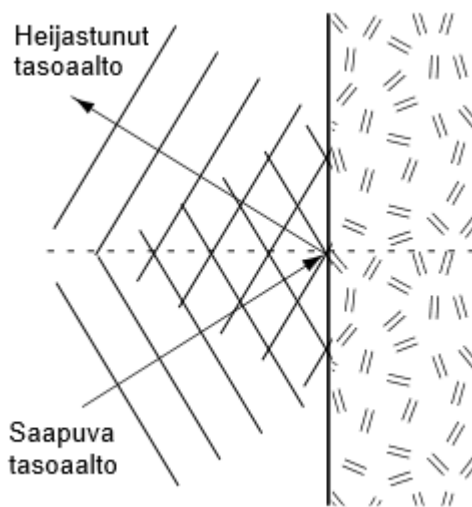
Meluvallien, -aitojen ja kaiteiden melueristävyys perustuu esteiden vaikutukseen ääniaallon liikkeisiin. Eristävyyden tehokkuuteen vaikuttavat esteen mitat sekä äänen taajuus. Meluesteen katsotaan olevan tarpeeksi korkea silloin, kun näköyhteys melulähteeseen katkeaa (Tiehallinto 2006). Korkeataajuiset äänet vaimenevat paremmin kuin matalataajuiset äänet, matalat äänet taipuvat esteiden taakse. Esteiden mitoitukset onkin tehtävä niin, että ääniaalto saataisiin taipumaan mahdollisimman jyrkästi esteen yli, tällöin ääni vaimenee nopeammin (Kuva 9). Esteiden melueristävyys vaikuttaa myös esteen sijoittaminen. Parhain sijoituspaikka meluesteelle on joko melulähteen tai kuulijan läheisyyteen. (Tiihinen & Hänninen 1997, 26.) Samalla periaatteella sijoitellut muut rakenteet tai rakennukset voivat toimia melua eristävinä tekijöinä, mikäli ne ovat melulähteen ja kuulijan välissä.



KUVA 9. Meluesteen korkeuden vaikutus keskiäänitason vaimennusteeseen. (Tiinen & Hänninen 1997).

Liikenneväylien pinnoitemateriaalien valinnalla on myös vaikutusta äänestien leviämisessä. Tavallisella asfaltilla pinnoitetulla tiellä syntyy enemmän ääntä kuin ”hiljaisella” asfaltilla ajettaessa. Hiljaisen asfaltin toimintaperiaate perustuu päällysteen hienorakeisuuden ja pinnan huokoiseen rakenteeseen. Ääni absorboituu paremmin mutta päällyste kuluu nopeammin kuin normaali asfaltti. Tieliikennemelussa vaikuttaa myös hyvin suuresti väylien ajonopeus, nopeammalla tilannenopeudella syntyy enemmän ääntä. Joissakin tapauksissa teiden päällysteenä on voitu käyttää myös mukulakivitystä. Se on asfalttia meluisampaa, mutta ajonopeus näillä alueilla on yleensä paljon hitaampaa, joten se hieman kompensoi syntyvän äänen määrää. (Turvallinen kaupunki 2015.)

Päällystemateriaalien valinnalla on vaikutusta myös liikenneväylien ulkopuolellakin, ääniaallot voivat heijastua eri pinnoista. Ääni heijastuu tasaisista pinnoista geometrinen heijastuslakien mukaisella tavalla, eli tulokulma = lähtökulma (Kuva 10). Ääni voi joko vahvistua tai vaimentua riippuen pinnasta, josta heijastuminen tapahtuu. Kovat pinnat kuten betoni sekä asfaltti vahvistavat ääntä. Pehmeät pinnat kuten hiekka tai lumi vaimentavat ääntä. Äänen absorboitumiseen vaikuttaa pinnan absorptiokerroin. (Hosiokangas 2015.) Kasvillisuuden lisääminen tai pehmeän maaperän hyödyntäminen toimii siis paikoitellen ääntä vaimentavana tekijänä, pehmeä maaperä absorboi ääntä paremmin ja heijastumista tapahtuu heikommin.



KUVA 10. Äänen heijastuminen tasaisesta rajapinnasta. (Karjalainen 2000).

3 TERVEYSVAIKUTUKSET

Melulle altistutaan arkielämässä lähes jatkuvasti ja paikasta riippumatta. Melulle voidaan altistua niin kotona, työelämässä, vapaa-aikana kuin kadullakin. Hyvin useasti melulle altistutaan jopa huomaamattakin esim. musiikkitapahtumissa, joissa ääni tunnetaan ennemmin miellyttävänä kuin häiritsevänä. Miellyttävää ääntä on helpompi kuunnella liian kovilla tasoilla. Erittäin voimakkaat äänitasot ovat aina terveydelle haitallisia, sillä melu on psyykkisesti rasittavaa ja saattaa heikentää kuuloaistia (Kuuloliitto 2015).

Äänen häiritsevyyden on ihmiskohtaista. Kaikki yksilöt eivät välttämättä miellä samaa ääntä häiritsevänä. Meluherkkyys kuvaakin sitä, miten henkilö tuntee melun ja miten

tämä reagoi siihen. Meluherkät yksilöt kokevat useasti melun jopa uhkaavana ja melutapahtumiin tottuminen tapahtuu paljon hitaammin kuin ei-meluherkillä. Meluherkkyys altistaa myös herkemmin melun terveysvaikutuksille. (Heinonen-Guzejev 2015.)

3.1 Kuulovauriot

Altistuminen voimakkaille äänitasoille voi johtaa pysyvään kuulovaurioon. Melulle voi altistua äkkinäisesti esimerkiksi räjähdysten tai impulssimaisten äänilähteiden esim. ampumaratamelun kautta, tällaiset melutapahtumat voivat vaurioittaa kuuloaistia välittömästi. Kuulovaurio voi kehittyä myös hitaasti lukuisten vuosien kuluessa eikä kuulon alenemaa välttämättä huomata heti. Vamman kehittymiseen vaikuttaa mm. äänen voimakkuus, se miten kauan melualueella oleskellaan sekä melun ajallinen vaihtelu. (Starck & Teräsvirta 2009, 32, 35.) Kuvassa 11 on esitetty turvallisuusrajoja eri äänenpainetasoille.

Jatkuva A-äänitaso (dB)	Melussaoloaika
85	8 tuntia
88	4 tuntia
94	1 tunti
100	15 min
106	4 min
112	1 min
115	ei lainkaan!

KUVA 11. Turvallisuusrajat melutasoille. (Kuuloliitto 2015).

Kuulovaurion muodostuminen on yksilökohtaista eikä kehity kaikilla samalla nopeudella tai samoista melu-altistumisista. Kuulovamma on pysyvä muutos kuuloelimistössä, eikä sitä voi parantaa sillä korvan tuhoutuneet solut eivät uusiudu (Starck & Teräsvirta 2009, 32). Yleisimpiä merkkejä kuulon alenemisesta ovat korvien tukkoisuuden tunne, tarve lisätä äänenvoimakkuutta medialaitteille ja korvien soiminen, eli tinnitus (Kuulo-

hansa 2015). Tinnituksella tarkoitetaan kohisevaa tai vinkuvaa ääntä, joka ei ole ulkoisesta äänilähteestä peräisin. Syy tinnitukselle on yleensä sisäkorvan vaurioituminen (Saarelma 2014).

3.2 Unen ja rentoutumisen häiriintyminen

Melulle altistuminen voi vaikuttaa uneen ja nukahtamiseen. Nukahtamisaika voi pitkityä ja tämä yleensä riippuu melutapahtumien voimakkuudesta, niiden kestosta sekä säännöllisyydestä (Hygge 1994, 9). Unen taso voi heiketä jo äänitason noustessa 40 desibeliin, esim. tieliikennemelun aiheuttamana. Heräileminen lisääntyy mikäli äänitaso nousee 50–60 dB:n tasolle, myös heikommatkin äänet voivat aiheuttaa heräämisen jos melutapahtuma on äkillinen. (Starck & Teräsvirta 2009, 54.) Unen keskeytymisen todennäköisyyteen vaikuttaa myös henkilön yleinen melutoleranssi ja taipumus stressaantumiselle tai ahdistumiselle (Hygge 1994, 11).

Unen aikana tapahtuvalla meluallistuksella on kielteisiä jälkivaikutuksia, jotka yleensä näkyvät jo seuraavana päivänä tai pidemmälläkin aikavälillä. Unen laadun muuttuminen johtaa yleensä univelan kertymiseen ja tätä kautta väsymyksen tunteeseen. Väsymys vaikuttaa henkilön mielialaan ja tämä näkyy yleensä suorituskyvyn heikkenemisenä. Unen laadun heikentyessä henkilö voi nähdä tarpeelliseksi käyttää jopa unilääkkeitä nukahtamisen helpottamiseksi meluisassa ympäristössä. (Ympäristöterveys 2007, 128.)

3.3 Vaikutukset verenkiertoelimistöön

Melu vaikuttaa elimistöön vaikka henkilö ei heräisikään unesta, mm. verenpaine ja sydämen syke nousevat sekä liikehdintänä nukkumisen aikana lisääntyy (THL 2014). Meluallistus vaikuttaa verenkiertoelimistöön pääsääntöisesti kroonisen stressireaktion kautta. Samalla on otettava huomioon, miten melu aiheuttaa yleensä henkilöissä kielteisiä tunteita tai jopa elintapojen muutoksia tai sopeutumisen vaikeutta. Kyseisillä tuntemuksilla ja muutoksilla on vahingollisia vaikutuksia verenkiertoelimistöön. (Vuorinen & Heinonen-Guzejev 2007, 128.)

On tehty tutkimuksia, joiden mukaan on kertynyt näyttöä siitä, miten työpaikka- ja liikennemelulle altistuminen ovat riskitekijöitä mm. sydäninfarktien sekä erinäisten sydän- ja verisuonitautien lisääntymiselle. Altistuksen vaikutukset kuitenkin vaihtelevat riippuen kohdehenkilön sukupuolesta ja meluherkkyydestä. (Vuorinen & Heinonen-Guzejev 2007, 128.)

3.4 Psykologiset vaikutukset

Nykyisten tutkimusten perusteella on saatu näyttöä siitä, että melulla olisi mielenterveyteen sekä kognitiivisiin toimintoihin vaikuttavia tekijöitä. Pitkäaikainen altistuminen voimakkailla äänillä voi aiheuttaa muutoksia mielialassa, kuten ahdistuneisuuden, hermostuneisuuden tai masennuksen tunteuksia (Stansfeld ym. 2000).

Aikuisilla melu vaikuttaa kognitiivisiin toimintoihin suorituskyvyn heikentymisenä, tarkkaavaisuuden vähenemisenä ja hankaluuksina muistia vaativissa tehtävissä. (Haahla & Heinonen-Guzejev 2012.) Lasten kognitiiviset toiminnot ovat vasta kehittyvässä tilassa ja ovat tällöin alttiita erinäisille muutoksille. On epäilty, että altistuminen melulle vaikuttaisi lasten keskittymiseen, muistiin sekä aiheuttaisi joissain tapauksissa myös oppimisvaikeuksia (WHO 2011).

4 MELUSELVITYKSEN SUORITTAMINEN

4.1 Kohteen kuvaus

Anjanpuiston pientaloalue on lähivirkistysalueeksi kaavoitettua aluetta ja sijaitsee Imatralla Saareksiinmäen alueella (Kuva 12). Kaavoitusalueen välittömässä läheisyydessä sijaitsee aktiivisia asutusalueita sekä liikerakennuksia. Kohteen kaakkoisella puolella sijaitsee rinne, jonka koko pituudelta kulkee kävelypolku, jota käytetään aktiivisesti mm. lenkkeilyyn sekä koirien ulkoilutukseen. Lisäksi kohteen läheisyydessä kulkee taajamaliikennettä: itäisellä puolella kulkee Korvenkannantie ja eteläisellä puolella Helsingintie. Anjanpuiston pientaloalueen luoteis-pohjois-koillissektorilla sijaitsee valtatie 6. Etäisyys kohteen ja moottoritien välillä on noin 450–500 metriä. Tutkimuskohde oli

maaston muodoiltaan hyvin tasaista, peltomaista aluetta, joka oli pitkän heinikon peittämää. Myös pieniä satunnaisia puusto-/metsäkaistaleita oli havaittavissa. Alueen maaperä muodostui savesta.



KUVA 12. Anjanpuiston pientaloalue. (Imatran kaupunki, kaavoitus 2015).

Meluselvityksessä kaavoitettiin pääsääntöisesti valtatie 6:lta kantautuvaa melua. Kohdealueella suoritettujen aistillisten tutkimusten perusteella korvakuulolta ei alueelle kantautunut muista lähteistä häiritseväksi todettua ääntä.

4.2 Mittausvälineistö

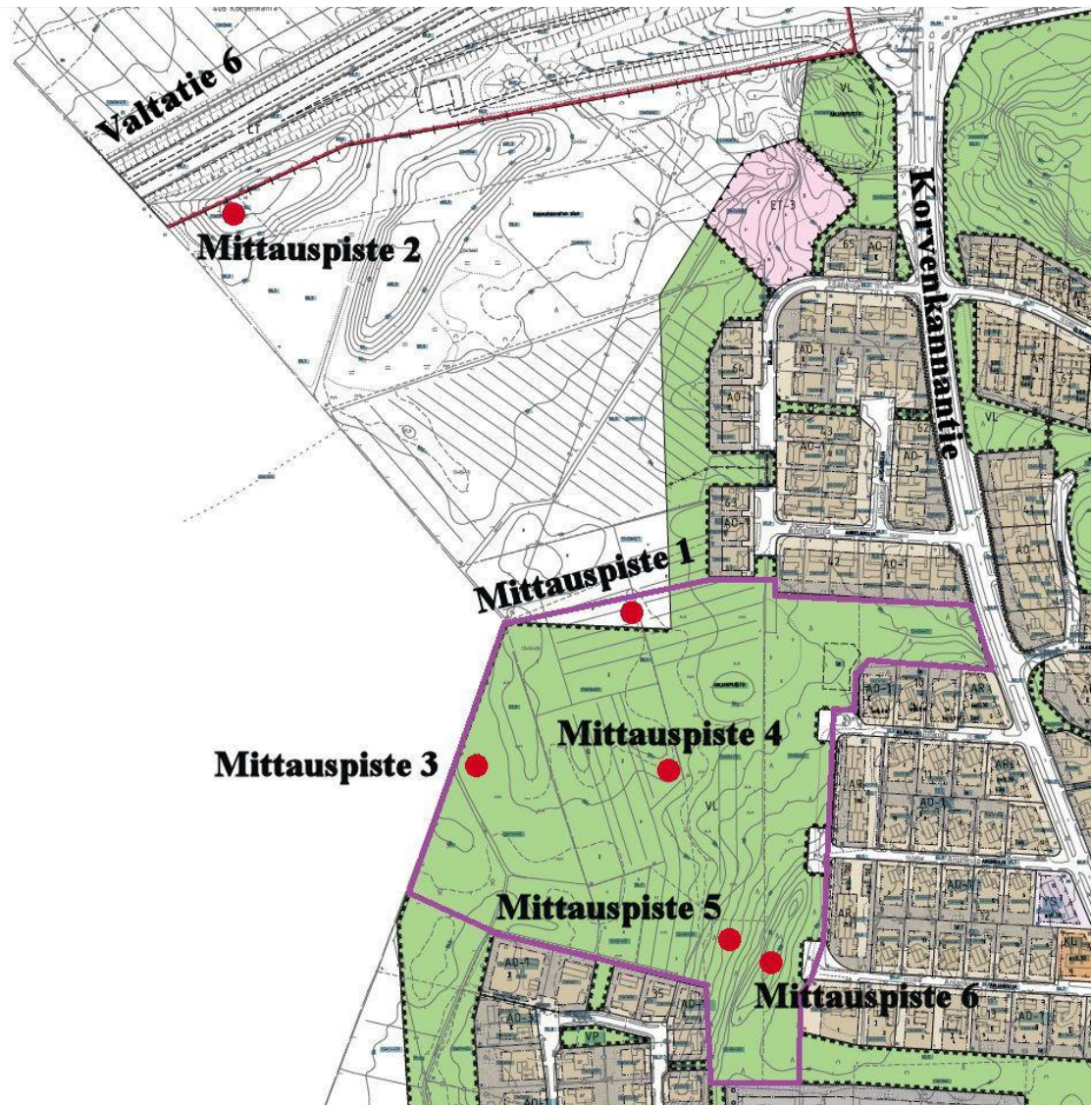
Melumittauksissa käytettiin Rion NL-32 Sound Level Meter -melumittaria, joka on 1-tarkkuusluokan mittari (IEC 651 standardi) (Kuva 13). Käytössä oli kaksi melumittaria. Mittauksia pystyttiin suorittamaan kahdesta pisteestä samanaikaisesti. Mittarin kalibroimiseen käytettiin Rion Sound Calibrator NC-74 –kalibraattoria. Kalibrointi suoritettiin ennen jokaista mittauskertaa sekä mittausten päätyttyä. Mittauksissa mikrofoni oli kiinnitettynä kamerajalustaan sekä tuulisuojukseen.



KUVA 13. Rion NL-32 Sound Level Meter. (Tynkkynen 2015).

4.3 Mittauspisteet

Mittaukset suoritettiin kuudessa eri pisteessä kuvan 14 osoittamilla paikoilla. Mittauspisteet valittiin siten, että saatiin selvitettyä äänitasot niistä pisteistä, jotka olivat lähimpänä merkittävintä melulähdettä (valtatie 6). Osa mittauspisteistä käytettiin vertailukohteina mm. melun vaimeneman tutkimiseksi.



KUVA 14. Mittauspisteiden sijainnit. (Tynkkynen 2015).

Mittauspisteiden 1 ja 3 tarkoituksena oli kartoittaa valtatie 6:lta kantautuvaa melua. Pisteet sijoituivat kohdealueen ulkorajoille ja olivat lähimpänä tutkittavaa melulähdettä n. 450 metrin päässä.

Mittauspiste 2 sijaitsi valtatie 6:n meluvallin päällä noin 40-50 metrin etäisyydellä tien keskipisteestä. Mittauksen tarkoituksena oli selvittää tien melutasot lähietäisyydeltä. Mittaustuloksia käytettiin vertailukohteena muiden mittauspisteiden kanssa, voitiin selvittää melun vaimeneminen mittauspisteiden välillä. Mittauspiste 4 mittasi kaavoitusalueen keskipisteen melua. Pistettä voitiin tällöin hyödyntää melun vaimenemistutkimuksiin mittauspisteen 2 tulosten kanssa.

Mittauspisteet 5 ja 6 mittasivat lähiasumuksilta sekä korvenkannantieltä kantautuvaa melua. Mittaukset näissä pisteissä suoritettiin kaavoituksen toivomuksesta. Tarkoituksena oli tutkia, että toimiiko kaavoitusalueella sijaitseva rinne melua vaimentavana tekijänä. Mittauspiste 6 sijaitsi rinteiden korkeimmalla kohdalla ja mittauspiste 5 rinteiden loivimmalla kohdalla.

4.4 Mittausten suoritus

Mittaukset suoritettiin Anjanpuiston pientaloalueella elo-syyskuussa 2015, mittauspäivät valittiin sopivien sääolosuhteiden ja mahdollisen vilkkaan liikennemäärän mukaisesti. Mittaukset suoritettiin avoimen mittauspaikan periaatteella ympäristöministeriön ohjeen 1/1995 mukaisesti. Sääolosuhteiden katsottiin olevan sopivia päivinä, jolloin sadetta ei ollut luvassa ja tuulen nopeus ei ylittänyt 5 m/s. Lisäksi tuulen suunnan piti olla 45° sektorilla äänilähteestä mittauspistettä kohti. Sääolosuhteiden tarkasteluun käytettiin ilmatieteenlaitoksen tietoja. Liikenteen oletettiin olevan vilkkainta arkipäivisin klo 7 ja klo 15 aikaan. Tähän aikaan työmatkaliikenne oli oletettavasti aktiivisinta, loppuviikkoisin oli odotettavissa myös lomaliikennettä.

Jokaisessa mittauspisteessä suoritettiin ensin terssikaistamittaukset ja sitten vuorokauden (24 h) jatkuvatoimiset melumittaukset. Terssikaistamittausten tarkoituksena oli selvittää alueella esiintyvän melun laatua taajuuskaistoittain, mittausdataa käytettiin meluspektrin laatimiseen. Vuorokauden jatkuvatoimisten mittausten tarkoituksena oli selvittää minuuttikohtaiset keskiäänitasot. Mittaustuloksia hyödynnettiin päivä- ja yöajan keskiäänitasojen selvittämiseen.

Terssikaistamittauksia varten käytettiin erillistä oktaavikorttia (NX-22 RT, 1/3 Octave). Terssikaistamittauksia tehtiin kolme peräkkäistä, tallennusvälinä käytettiin yhtä mi-

nuuttia ja mittalaitteen asteikkoa 20-100 dB. Vuorokauden jatkuvatoimisissa mittauksissa aikavakiona käytettiin Fast-asetusta, A-taajuuspainotusta ja mittalaitteen asteikkoa 30-120 dB. A-taajuuspainotus jäljittelee normaalikuuloisen ihmisen kuulon taajuusalueetta (Ympäristöministeriö 1995, 33). Ennen jokaista mittausta mikrofoni kalibroitiin Rion Sound Calibrator NC-74 -kalibraattorilla, kalibrointitaajuus oli 1000 Hz, 94 dB. Kamerajalustaan kiinnitetty mikrofoni asetettiin 1,5 metrin korkeudelle maanpinnasta, lisäksi mittari pyrittiin sijoittamaan niin, että etäisyys ympäröivään puustoon tai kasvilisuuteen nähden oli vähintään 2 metriä. Taulukossa 1 on nähtävillä tarkemmat mittausajankohdat.

TAULUKKO 1. Mittausajankohdat. (Tynkkynen 2015).

Vuorokauden jatkuvatoimiset mittaukset				
Mittauspiste	Aloitus		Lopetus	
1	4.8.2015	klo 10:44	5.8.2015	klo 12:02
2	4.8.2015	klo 11:20	5.8.2015	klo 12:22
3	17.8.2015	klo 13:08	18.8.2015	klo 14:01
4	18.8.2015	klo 14:23	19.9.2015	klo 15:08
5	2.9.2015	klo 10:58	3.9.2015	klo 12:10
6	2.9.2015	klo 11:18	3.9.2015	klo 12:05

4.5 Päivä- ja yötaso (L_{Aeq} 15h ja 9h)

Jokaisessa mittauspisteessä suoritettiin 24 tunnin jatkuvatoimiset melumittaukset yhden (1) minuutin tallennusvälillä. Tuloksista laskettiin keskiäänitasot päivä- (L_{Aeq} 15h) ja yöajanjaksolle (L_{Aeq} 9h). Keskiäänitasojen selvittämiseen käytettiin seuraavaa kaavaa:

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^M T_i 10^{\frac{L_{Aeq,T_i}}{10}} \right),$$

missä M on ajanjaksojen lukumäärä
 T_i on ajanjakson i kesto
 T on kokonaisaika ($\sum T_i$)
 L_{Aeq,T_i} on ajanjakson i keskiäänitaso.

T -arvona käytettiin päivätasolle 15 ja yötasolle 9.

4.6 Liikennelaskenta

Mittauspisteen 1 mittauksien yhteydessä 28.7.2015 suoritettiin liikennelaskenta valtatie 6:lla klo 15.00–15.30 välisenä aikana, tällä aikavälillä työmatkaliikenne oli oletettavasti aktiivisinta. Liikennelaskennan aikana merkittiin ylös ne ajoneuvot, jotka ohittivat mittauspisteen. Ajoneuvot luokiteltiin kevyisiin ajoneuvoihin (paino alle 3500 kg) ja raskaisiin ajoneuvoihin (paino yli 3500 kg). Mittaukset jouduttiin kuitenkin keskeyttämään 29.7.2015 yllättävän sadesään vuoksi. Täyttä vuorokautta ei siis saatu mitattua, mutta tästä huolimatta mittausdata oli kuitenkin käyttökelpoista laskentamallien vertailua varten.

Tarkoituksena oli selvittää päiväajan (klo 7-22) keskiäänitaso laskennallisesti käyttämällä liikennelaskennan tuloksia sekä melumittausdataa aikaväliltä 15.00–15.30. Kyseisen laskentamallin tarkkuutta ja käytännöllisyyttä verrattiin laskentamalliin, jossa päiväajan keskiäänitaso selvitettiin käyttämällä vuorokauden melumittausdataa aikaväliltä 07.00–22.00.

4.7 Päivätason määrittäminen lyhytaikaista mittausta ja liikennelaskentaa hyödyntäen

Lyhytaikaisten mittausten ohessa suoritettiin liikennelaskenta, jonka tarkoituksena oli selvittää ekvivalenttien ajoneuvojen määrä n_{el} (ajoneuvoa/tunti) niin, että yhtä raskasta ajoneuvoa vastasi k kevyttä ajoneuvoa. k saatiin käyttämällä pohjoismaisen tieliikennemelun laskentamallia:

$$k = \begin{cases} \frac{500}{v}, & 50 \text{ km/h} \leq v \leq 90 \text{ km/h} \\ 5,6 \left(\frac{90}{v}\right)^3, & v > 90 \text{ km/h} \end{cases}$$

missä v ajonopeus

Ekvivalenttisten ajoneuvojen määrä laskettiin kaavasta:

$$n_{e1} = n_k + kn_r,$$

missä n_k on kevyiden ajoneuvojen lukumäärä tunnissa
 n_r on raskaiden ajoneuvojen lukumäärä tunnissa.

Tarkasteluajanjakson keskiäänitaso L_{Aeq2} laskettiin kaavalla:

$$L_{Aeq2} = L_{Aeq1} + 10lg\left(\frac{n_{e2}}{n_{e1}}\right) + 30lg\left(\frac{v_2}{v_1}\right),$$

missä L_{Aeq1} on lyhytaikaisella mittauksella saatu tulos
 n_{e2} on tarkasteluajanjaksoa vastaava ekvivalenttisten ajoneuvojen määrä (kpl/h). Laskuissa käytettiin ELY-keskuksen tieliikenneseurannan tietoja, jonka mukaan kevyen liikenteen osuus oli ≈ 553 kpl/h ja raskaan liikenteen osuus ≈ 59 kpl/h.

n_{e1} on mittausajanjakson ekvivalenttisten ajoneuvojen määrä (kpl/h). Liikennelaskennasta saatiin kevyen liikenteen osuudeksi 924 kpl/h ja raskaan liikenteen osuudeksi 88 kpl/h.

v_2 on tarkasteluajanjakson liikenteen keskimääräinen nopeus (km/h).

v_1 on mittausajanjakson liikenteen keskimääräinen nopeus (km/h). Valtatie 6:lla on 100 km/h nopeusrajoitus, joten tätä arvoa käytettiin hyväksi laskutoimituksessa.

5 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

5.1 A-painotetut ekvivalenttitasot päivä- ja yöajanjaksolle (L_{Aeq} 15h ja 9h)

Taulukossa 2 on listattuna mittauspisteiden keskiäänitasot päivä- sekä yöajanjaksolle. Ohjearvon ylittävät tulokset on korostettu punaisella taustalla.

TAULUKKO 2. Mittauspisteiden päivä- ja yöajanjakson keskiäänitasot. (Tynkynen 2015).

Mittauspiste	Päivätaso klo 7-22, (Laeq 15h)	Yötaso klo 22-7, (Laeq 9h)
1	49	50
2	70	66
3	49	49
4	49	50
5	43	38
6	49	42
	Päiväohjearvo 55 dB	Yöohjearvo (uusi alue) 45 dB

Kaikki kaavoitusalueen sisäiset mittauspisteet (1, 3 ja 4) pääsivät päiväohjearvoon (55 dB). Uuden alueen yöohjearvoon (45 dB) tuli ylityksiä n. 4-5 dB verran. Minuuttikohtaisissa tuloksissa (Liite 1) on nähtävissä selkeä melutasojen nousu klo 5-7 välisenä aikana, ilmiö toistui jokaisen mittauspisteen mittauksissa samana kellonaikana päivämäärästä riippumatta. Mittauspisteen 4 mittauksissa nauhoitettiin lisäksi ääntä, nauhoitus aktivoitui kun äänitasot ylittivät 55 dB. Äänitiedostoista kävi ilmi, että klo 5-7 välisenä aikana tapahtunut äänitasojen nousu oli lähinnä raskaan liikenteen aiheuttamaa. Tämä on oletettavin syy yöaikaisten ekvivalenttitasojen kohonneille arvoille.

Mittauspisteen 2 mittaukset suoritettiin valtatie 6:n edustalla kaavoitusalueen ulkopuolella melulähteen välittömässä läheisyydessä ja se toimi vertailukohteena muille mittauspisteille. Ero äänitasoissa melulähteen ja muiden mittauspisteiden välillä on suhteellisen korkea. Vaimenemista tapahtuu ~400 metrin matkalla huomattavasti, viivalähteestä peräisin oleva melu vaimenee n. 3 dB etäisyyden kaksinkertaistuessa. Mittauspisteiden 5 ja 6 mittaukset suoritettiin rinteän melueristys -tutkimuksia varten, joten ne eivät ole vertailukelvollisia muiden pisteiden kanssa eri mittausolosuhteiden vuoksi. Tuulen suunnan piti melueristys -tutkimuksessa olla koillinen-kaakkosektorilla, sillä rinteän melueristävyttä tutkittiin idästä kuuluvan melun perusteella.

5.2 Lyhytaikaiset mittaukset ja liikennelaskenta

Lyhytaikaista mittauksia sekä liikennelaskentaa hyödyntämällä päivätasoksi (L_{Aeq}) saatiin 47 dB. Vertailukohteena päivätaso, joka laskettiin vuorokauden mittaus tuloksista. Päivätason selvittämiseen käytettiin samaa laskukaavaa kuin päivä- ja yötaso -luvussa. Vuorokauden mittaus tuloksia hyödyntämällä päivätasoksi ($L_{Aeq, 15h}$) saatiin 48 dB. Tuloksista huomataan, kuinka arvot ovat hyvin lähellä toisiaan huomioiden, että lyhytaikaisissa mittauksissa dataa kerättiin vain 30 minuutin ajalta.

Lyhytaikaisen mittauksen laskentamalli ei välttämättä sovellu tarkkuutta vaativiin selvityksiin. Lasketun tuloksen tarkkuuteen vaikuttaa hyvin pitkälti käytettävien arvojen tarkkuus ja luotettavuus, kuten liikennelaskennan tulokset ja liikenteen keskimääräisen nopeuden arviointi. Tarkan arvion laatiminen näistä seikoista on hyvin virhealtista ja voi osoittautua hankalaksi ilman oikeanlaista varustusta. Laskentamalli soveltunee siis paremmin tapauksiin, joissa tarvitaan suuntaa antavaa tietoa ja mikäli mittauksiin ei ole käytettävissä paljoa aikaa.

5.3 Terssikaistamittaukset

Terssikaistamittausten tuloksista laadittiin pylväskuvaajat taajuuskaistoittain, jolloin saatiin jokaisen mittauspisteen meluspektri, minkä perusteella voitiin selvittää alueella syntyvän melun laatu. Liitteessä 2 on esitetty mittauspisteiltä saadut meluspektrit.

Mittauspisteellä 2 suoritettu terssikaistamittaus tulos toimi pohjana, sillä se kuvaa parhaiten melulähteeltä lähtevän äänen laatua. Mittaukset suoritettiin melulähteen välittömässä läheisyydessä. Pisteen meluspektristä huomataankin, että se täyttää laajakaistaisen melun kriteerit. Mittauspisteiden 3, 5 ja 6 meluspektrit täyttävät myös laajakaistaisen melun kriteerit.

Mittauspisteissä 1 ja 4 sen sijaan on nähtävissä kapeakaistaisuutta, eli vähintään yhden taajuuskaistan äänenpainetaso on 5 dB suurempi kuin välittömän ala- ja yläkaistan painetaso. Mittausten aikana suoritettiin samalla aistinvaraista havainnointia äänen laadusta, kuulohavainnon perusteella ei melulähteestä tai ympäristöstä erottunut soivia äänneksiä jotka sopisivat kapeakaistaisen melun tuntomerkkeihin. Alueella kuului kuitenkin voimakasta hyönteisten sirtystä. Tämä on voinut vaikuttaa mittaustuloksiin. Mittaajan virhe on myös mahdollinen, sillä rapisevat suojarahusteet ovat voineet aiheuttaa äänneksiä mittausten aikana.

5.4 Rinteen melueristys–tutkimus

Mittauspisteissä 5 ja 6 suoritettiin mittaukset rinteen melueristyksen selvittämiseksi. Melueristys–tutkimuksen minuuttikohtaiset tulokset ovat nähtävillä liitteessä 1. Liitteessä 3 on vertailukaavio molempien mittauspisteiden minuuttikohtaisista tuloksista. Vertailukaaviosta voidaan havaita, miten äänitasot pysyvät mittauspisteessä 5 pääsääntöisesti pienempinä koko ajanjaksolla verrattuna mittauspisteeseen 6 äänitasoihin. Äänitasoerot vaihtelevat ajanjakson aikana 1-9 dB:n välillä ja etäisyyttä mittauspisteiden välillä oli n. 50 metriä. Tuloksissa näkyy suuri äänipiikki klo 11.31 kohdalla, joka nostatti keskiäänitason jopa 74 dB:n asti mittauspisteessä 6. Mittauspisteessä 5 saman äänipiikin kohdalla keskiäänitaso oli vain 52 dB, joten tasoeroa mittauspisteiden välillä oli 22 dB.

Mittausten aikana nauhoitettiin myös ääntä, nauhoitus aktivoitui äänitasojen ylittäessä 60 dB. Ääninauhotteiden perusteella ylitykset aiheutuivat lähinnä lähiasutuksen tai muun ympäristön äänistä, kuten koiran haukunta tai lintujen laulanta. Nauhoitteista selvisi myös klo 11.31 aiheuttaneen äänipiikin aiheuttaja, kyseessä oli tavanomaista kovempiääninen mopo, joka oli tehnyt ohiajon mittarien läheisyydessä läheistä metsäpolkua pitkin. Tulosten perusteella voidaan sanoa, että rinteellä on olemassa melua eristäviä ominaisuuksia, varsinkin jos äänilähteet sijaitsevat rinteen itäisellä puolella. Lähiasutuksesta ja taajamaliikenteestä aiheutunutta melua oli vaimentunut paikoitellen 1-9 dB välillä. Moottoriajoneuvon aiheuttama äänipiikki näytti sen kuinka rinne on vaimentanut melua jopa 22 dB. Samalla painottui se, miten korkeataajuiset äänet vaimentuvat paremmin kuin matalataajuiset. Tietenkin vaimennukseen vaikuttavat myös ympäristön olosuhteet kuten lähikasvillisuus, äänilähteen etäisyys ja laatu, tuulen suunta jne.

5.5 Tulosten epävarmuustarkastelu

Mittaustulosten tarkastelussa on otettava huomioon myös mittausten tai mittauslaitteiston aiheuttamia epävarmuuksia. Mittausepävarmuuteen vaikuttavat etäisyys, sääolosuhteet, mittauskertojen määrät ja mittalaitteiston tarkkuus. Mittausajankohtina mittausolosuhteet täyttivät kuitenkin ympäristömelun mittausohjeen säädökset (ks. mittausten suoritus), jolloin tulosten epävarmuuteen ei tullut lisäyksiä. Mikäli mittausolojen vaati-

mukset eivät olisi täyttyneet, tulosten epävarmuus olisi ollut $\Delta L = 10$ dB. Mittausolosuhteiden lisäksi mainittiin, että äänitasomittarin tarkkuusluokan ollessa 1 tai parempi, on tulosten epävarmuus $\Delta L = 2$ dB.

Tässä tapauksessa suurin epävarmuustekijä oli suuri etäisyys mittauspisteiden ja äänilähteen välillä, n. 450-500 metriä. Tulosten epävarmuutta katsottiin ympäristömelun mittausohjeessa olevasta etäisyystaulukosta (Taulukko 3). Kyseisellä mittausetäisyydellä katsotaan epävarmuudeksi $\Delta L = 7$ dB. Käytetyn äänitasomittarin (tarkkuusluokka 1) ja etäisyyden mukainen epävarmuus on siis kokonaisuudessaan $\Delta L = 9$ dB.

TAULUKKO 3. Mittaustulosten epävarmuus eri etäisyyksillä. (Ympäristömelun mittaaminen 1/1995).

Tulosten epävarmuus (ΔL)	2 dB	4 dB	7 dB
Mittausetäisyys	30 m	100 m	500 m

Epävarmuustarkastelussa tuloksia voidaan verrata melutason ohjearvoon vastaavanlaisella menettelyllä. Ohjearvo L_0 voidaan todeta ylitetyksi, mikäli mittaustulos on suurempi kuin $L_0 + \Delta L$. Vastaavasti ohjearvo voidaan todeta alitetuksi, mikäli mittaustulos on yhtä suuri tai pienempi kuin $L_0 - \Delta L$. Jos tulosten epävarmuus ΔL olisi 2 dB tai alle, mittaustuloksen ollessa suurempi kuin $L_0 - \Delta L$ mutta pienempi tai yhtä suuri kuin $L_0 + \Delta L$, mittaustulos tulkittaisiin yhtä suureksi kuin ohjearvo. Tässä tarkastelussa ohjearvona L_0 on käytetty päiväohjearvoa 55 dB ja yöohjearvoa (uusi alue) 45 dB. Taulukossa 4 on listattuna ne vertailuarvot, jotka on saatu tätä periaatetta käyttämällä.

TAULUKKO 4. Vertailuarvot epävarmuustarkasteluun. (Tynkkynen 2015).

L_0 (Päivä)	ΔL	$L_0 + \Delta L$	$L_0 - \Delta L$
55	9	64	46
L_0 (Yö)	ΔL	$L_0 + \Delta L$	$L_0 - \Delta L$
45	9	54	36

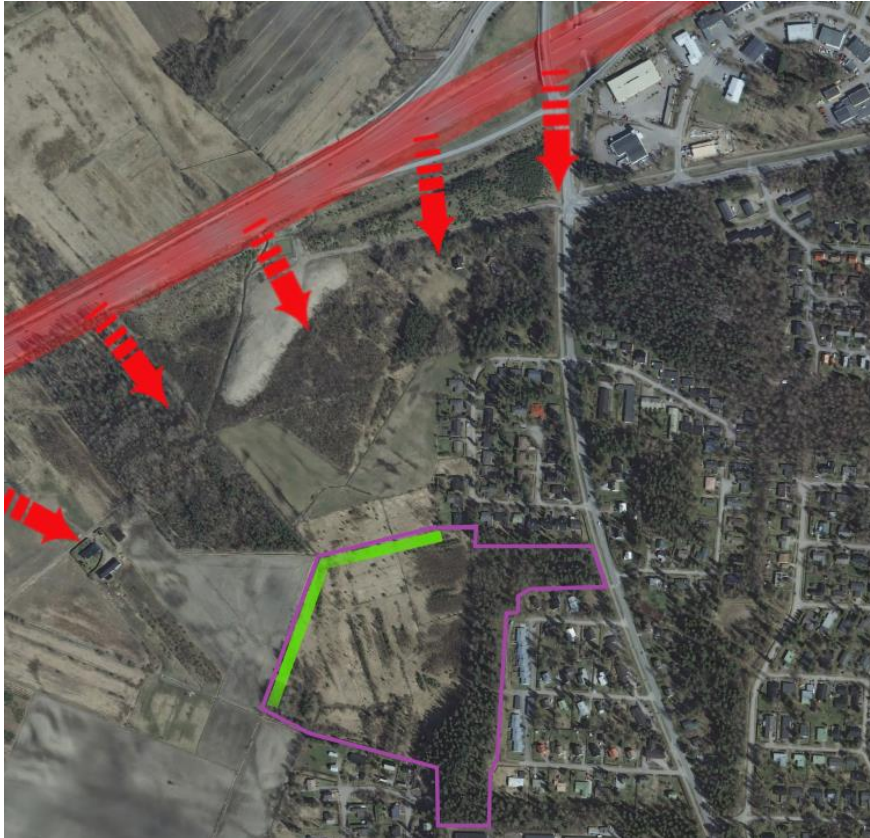
Vertaillaan epävarmuustarkastelun arvoja (Taulukko 4) mittaustuloksiin (Taulukko 2), tarkastelussa ei kuitenkaan oteta huomioon mittauspisteitä 2, 5 ja 6. Tuloksista voidaan havaita, miten mittauspisteiden päivätasoarvot eivät ylitä, eivätkä myöskään alita ohjearvoa. Myöskään yötasot eivät ylitä tai alita ohjearvoa. Tuloksia ei voida siis katsoa

tällä periaatteella ohjearvoa ylittäväksi tai alittavaksi. Myöskään tulosten ei katsota olevan yhtä suuria ohjearvojen kanssa, sillä 2 dB epävarmuus ylittyy. Suuren mittausetäisyyden aiheuttaman epävarmuuden vuoksi ei saada kunnollista vertailuarviota tulosten ja ”todellisten” ohjearvojen välillä.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Päivä- ja yöajan keskiäänitasojen perusteella Anjanpuiston pientaloalueen käyttämiselle asuinalueen laajennustarkoituksiin ei ole varsinaisia esteitä. Alueen sisäisissä mittauspisteissä päästään keksiäänitasoissa päiväajan ohjearvoon ja ohjearvo alittuu noin 6 dB. Yöohjearvon ylittyminen useammassa tutkimusalueen mittauspisteessä kuitenkin antaa viitteitä siitä, että mahdollisille meluntorjuntatoimenpiteille olisi tarvetta. Suuren virhemarginaalin vuoksi, johtuen äänilähteen etäisyydestä, ei voida sanoa varmuudella, ylittävtkö arvot todellisuudessa. Raskaan liikenteen hetkellinen aktiivisuus aamuyön tunteita on voinut nostattaa arvoja. On kuitenkin otettava myös huomioon, että asuinalueen laajennusprosessissa lähimaastoon tulee mitä luultavimmin muutoksia sekä kasvillisuuden määriin että maaperän laatuun ja muotoihin. Tällaisilla muutoksilla voi olla vaikutuksia äänen kulkeutumiselle ja sitä vahvistaville tekijöille.

Anjanpuiston pientaloalueen äänitasojen vähentämiseksi yksi potentiaalisista meluntorjuntatoimenpiteistä voisi olla meluvallin/-aitauksen sijoittaminen kohdealueelle. Valtatie 6 kattaa laajan alueen melulähteenä kohdealueeseen nähden, meluvallin/-aitauksen sijoittaminen äänilähteen välittömään läheisyyteen saattaisi vähentää tieliikenteen aiheuttamaa melua. Ratkaisu saattaa osoittautua toisaalta hyvin kalliiksi ja epäkäytännölliseksi toteuttaa, sillä meluaitausta/-vallia tulisi rakentaa suhteellisen pitkältä matkalta. Meluaitauksen /-vallin tehokkain äänivaimennus saavutetaan myös jos se sijoitetaan kuulijan läheisyyteen, tässä tapauksessa meluaitauksen/-vallin sijoitus esimerkiksi kohdealueen raja-alueen läheisyyteen (Kuva 15).



KUVA 15. Esimerkki meluaitauksen/-vallin sijoittamisesta. (Tynkkynen 2015).

Kuvaesimerkissä meluesteen sijoitusperiaatteena oli se, -missä suunnissa oli eniten paljasta maastoa eli vähiten ääntä vaimentavia tekijöitä. Kuitenkin kyseessä on vain esimerkki meluesteen sijoittamisesta. Lopullisissa sijoitusratkaisuisissa ja toimenpiteissä on otettava huomioon myös se, -miten erillispientalotontit on tarkoitus sijoittaa kaavoitusalueelle. Talot voivat eristää melua myös. Rakennukset jotka sijaitsevat lähimpänä melurasitetta, voivat vaimentaa ja ohjata äänen kulkureittiä. Tällaisessa meluntorjuntatilanteessa vaimennus vaikuttaa toisaalta vain sille alueelle, joka sijaitsee kyseisten rakenteiden takana. Tällöin ”eturintaman” tontit olisivat edelleen alttiita melurasitteille.

LÄHTEET

Beggs, Josh & Thede, Dylan 2001. Designing web audio. WWW-sivu.
<http://docstore.mik.ua/oreilly/web2/audio/index.htm>. Ei päivitystietoja.
Luettu 11.12.2015.

Björk, Erkki 1995. Meluntorjunta. Kuopio: Kuopion yliopiston painatuskeskus.

Björk, Erkki 2005. Ääntä vahvistavat olosuhdetekijät. PDF-dokumentti.
<http://www.akustinenseura.fi/wp-content/uploads/2013/08/bjork.pdf>.
Ei päivitystietoja. Luettu 8.12.2015.

Di Napoli, Carlo 2013. Metsähallitus, Piiparinmäki-Lammaslamminkankaan tuuli voimahankkeen meluvaikutukset. Liite 7. PDF-dokumentti.
[http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Ymparistovaikutusten_arviointi/YVAhankkeet/PiiparinmaenLammaslamminkankaan_tuulivoimapuisto_Pyhanta_Sii-
kalatva_Kajaani_Vierema](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Ymparistovaikutusten_arviointi/YVAhankkeet/PiiparinmaenLammaslamminkankaan_tuulivoimapuisto_Pyhanta_Sii-
kalatva_Kajaani_Vierema). Päivitetty 29.11.2013. Luettu 10.12.2015.

Di Napoli, Carlo 2007. Tuulivoimaloiden melun syntyvät ja leviäminen. PDF-dokumentti. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38415/SY4_2007_Tuulivoimaloiden_melun_syntyvat_ja_leviaminen.pdf?sequence=1. Ei päivitystietoja. Luettu 4.12.2015.

Eurasto, Raimo 2007. Teollisuusmelun mittaaminen. PDF-dokumentti.
http://www.hel.fi/static/helsinki/paatosasiakirjat/Kh2007/Esityslista16/Liitteet/Teollisuusmelun_mittaaminen.pdf?Action=sd&id=071100367.
Ei päivitystietoja. Luettu 30.11.2015.

Eurasto, Raimo, Lahti, Tapio & Sysiö, Pauli 1990. Ympäristömelu. Selvitys 92. Helsinki: Hakapaino.

Everest, F.Alton & Pohlmann, Ken C. 2009. Master handbook of acoustics, fifth edition. PDF-dokumentti.

<https://andrealbino.wikispaces.com/file/view/Master+Handbook+of+Acoustics+-+5th+Edition+-+F.+Alton+Everest,+Ken+C.+Pohlmann.pdf>.

Ei päivitystietoja. Luettu 8.12.2015.

Haahla & Heinonen-Guzejev 2012. Melun terveystvaikutukset ja ympäristömelun häiritsevyys. PDF-dokumentti.

http://www.hel.fi/hel2/ymk/julkaisut/2012/julkaisu_12_12_net.pdf.

Ei päivitystietoa. Luettu 18.11.2015.

Heinonen-Guzejev 2015. Meluherkkyys ja herkkyys muille ympäristötekijöille.

WWW-dokumentti. https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/8441490/Heinonen-Guzejev_luento_meluntorjuntapv_meluherkkyys-180315/134e8fec-7e6d-48b6-bba1-2d2a23bb08f6. Päivitetty 26.3.2015. Luettu 20.11.2015.

Hosiokangas, Jari 2015. Akustiikan perusteita ympäristömelun mittaajille.

Luento Mikkelissä 20.5.2015. Xamk Moodle.

Hygge 1994. Ympäristömelun terveystvaikutukset. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

Imatran kaupunki, kaavoitus 2015. Anjanpuiston pientaloalueen ajantasa-
asemakaavaote.

Karjalainen, Matti 2000. Hieman akustiikkaa. PDF-dokumentti.

<http://www.cs.tut.fi/sgn/arg/akusem/akuintro.pdf>. Ei päivitystietoja. Luettu 1.12.2015.

Kervinen, Martti & Parkkila, Irma 2005. MAOL taulukot.

Helsinki: Otavan Kirjapaino Oy.

Korpinen, Pertti 2005. Äänen taajuus. WWW-sivu.

http://www.aanipaa.tamk.fi/taajuu_1.htm. Ei päivitystietoja. Luettu 11.12.2015.

Kunnat 2015. Meluntorjunta. WWW-sivu.

<http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/ymparisto/ymparistonsuojelu/meluntorjunta/Sivut/default.aspx>. Ei päivitystietoja. Luettu 14.12.2015.

Kuuloavain 2009. Mitä ääni on? WWW-sivu. <http://kuuloavain.fi/info/kuulo-ja-kuulovammat/mita-aani-on/>. Ei päivitystietoja. Luettu 1.12.2015.

Kuulohansa 2015. Kuulovauriot ja niiden synty. WWW-sivu.

<http://www.kuulohansa.fi/kuulovauriot.htm>. Ei päivitystietoa. Luettu 8.11.2015.

Kuuloliitto 2015. Meluvamman synty. WWW-sivu.

http://www.kuuloliitto.fi/fin/kuulo/kuulonsuojelu/meluvamman_synty/.

Ei päivitystietoa. Luettu 7.11.2015.

Lamancusa, J.S 2009. Noise control. Outdoor sound propagation. PDF-dokumentti.

http://www.me.psu.edu/lamancusa/me458/10_osp.pdf.

Päivitetty 20.7.2009. Luettu 8.12.2015.

Liikonen, Larri 2013. Johdatus ympäristömeluun - Meluntorjunnan perusteet, melu

selvitykset ja niiden teettäminen sekä laatu. PDF-dokumentti. http://www.ely-keskus.fi/documents/10191/2073102/Liikonen_Johdatus_ymp%C3%A4rist%C3%B6meluun.pdf.

Päivitetty 4.12.2013. Luettu 4.12.2015.

Marttila, Timo 2005. Kuulovammat. WWW-sivu.

http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=suo00037.

Ei päivitystietoja. Luettu 11.12.2015.

Meluntorjuntalaki 382/1987. WWW-dokumentti.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1987/19870382>.

Ei päivitystietoja. Luettu 26.11.2015.

PROMETHOR 2006. Vironvuoren jätteenkäsittelykeskuksen laskennallinen ympäristömeluselvytys. PDF-dokumentti.

www.ymparisto.fi/download/noname/%7BA0815733-A4D8-400E-86FA-3C7413D1B375%7D/41978. Päivitetty 30.6.2006. Luettu 4.12.2015.

Saarelma, Osmo 2014. Tinnitus (korvien soiminen). WWW-sivu.
http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00281.
Päivitetty 8.12.2014. Luettu 8.11.2015.

Stansfeld, Haines, Burr, Berry & Lercher 2000. A review of environmental noise and mental health. WWW-artikkeli. <http://www.noiseandhealth.org/article.asp?issn=1463-1741;year=2000;volume=2;issue=8;spage=1;epage=8;aulast=Stansfeld>.
Ei päivitystietoa. Luettu 20.11.2015.

Starck & Teräsvirta 2009. Melu. Tampere: Esa Print Oy.

Terveydensuojelulaki 763/1994. WWW-dokumentti.
[http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1994/19940763?search\[type\]=pika&search\[pika\]=terveydensuojelulaki](http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1994/19940763?search[type]=pika&search[pika]=terveydensuojelulaki). Ei päivitystietoa. Luettu 24.11.2015.

THL 2014. Melu voi häiritä unta. WWW-sivu.
<https://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/melu#Uni>.
Päivitetty 29.12.2014. Luettu 10.11.2015.

Tiehallinto 2006. Tieliikenteen melu, perustietoja tieliikenteen melusta ja sen torjunnasta. PDF-dokumentti.
http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/meluesite_tammikuu_06_a4.pdf.
Ei päivitystietoja. Luettu 11.1.2016.

Tiihinen, Jyrki & Hänninen, Otto 1997. Meluntorjunnan perusteet, meluntorjunnan koulutusaineisto ja käsikirja. Kuopio: Oy Edita Ab.

Truax, Barry 1999. Handbook for acoustic ecology. Sound propagation. WWW-dokumentti. http://www.sfu.ca/sonic-studio/handbook/Sound_Propagation.html.
Ei päivitystietoja. Luettu 8.12.2015.

Turvallinen kaupunki 2015. Liikenneympäristön turvallisuus ja miellyttävyys: melun torjunta. WWW-sivu.

<http://www.turvallinenkaupunki.fi/turvallisuusteemat/liikenneturvallinen-elinymparisto/suunnittelun-suuntaviivoja/liikenneympariston-turvallisuus-ja-miellytavyys/melun-torjunta>. Ei päivitystietoja. Luettu 14.12.2015.

Tynkkynen, Janne 2015. Meluselvityksen kuvamateriaalia ja tulostaulukot.

Työterveyslaitos 2012. Melukäsitteitä. WWW-sivu.

<http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/melu/melukasitteita/sivut/default.aspx>.

Päivitetty 27.2.2012. Luettu 2.12.2015.

Vuorinen & Heinonen-Guzejev 2007. Ympäristöterveys. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

WHO 2011. Burden of disease from environmental noise. PDF-dokumentti.

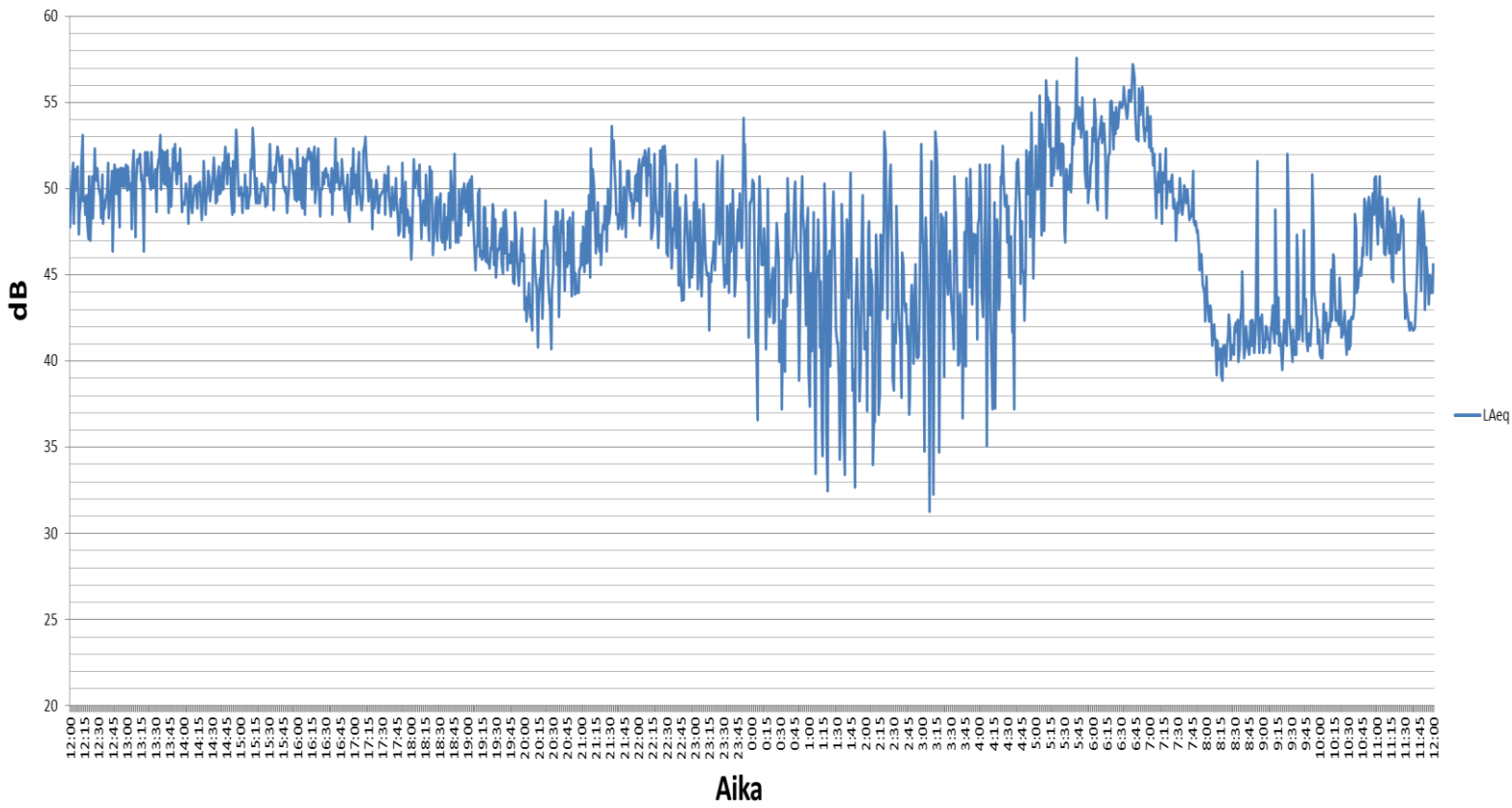
http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf.

Ei päivitystietoja. Luettu 20.11.2015.

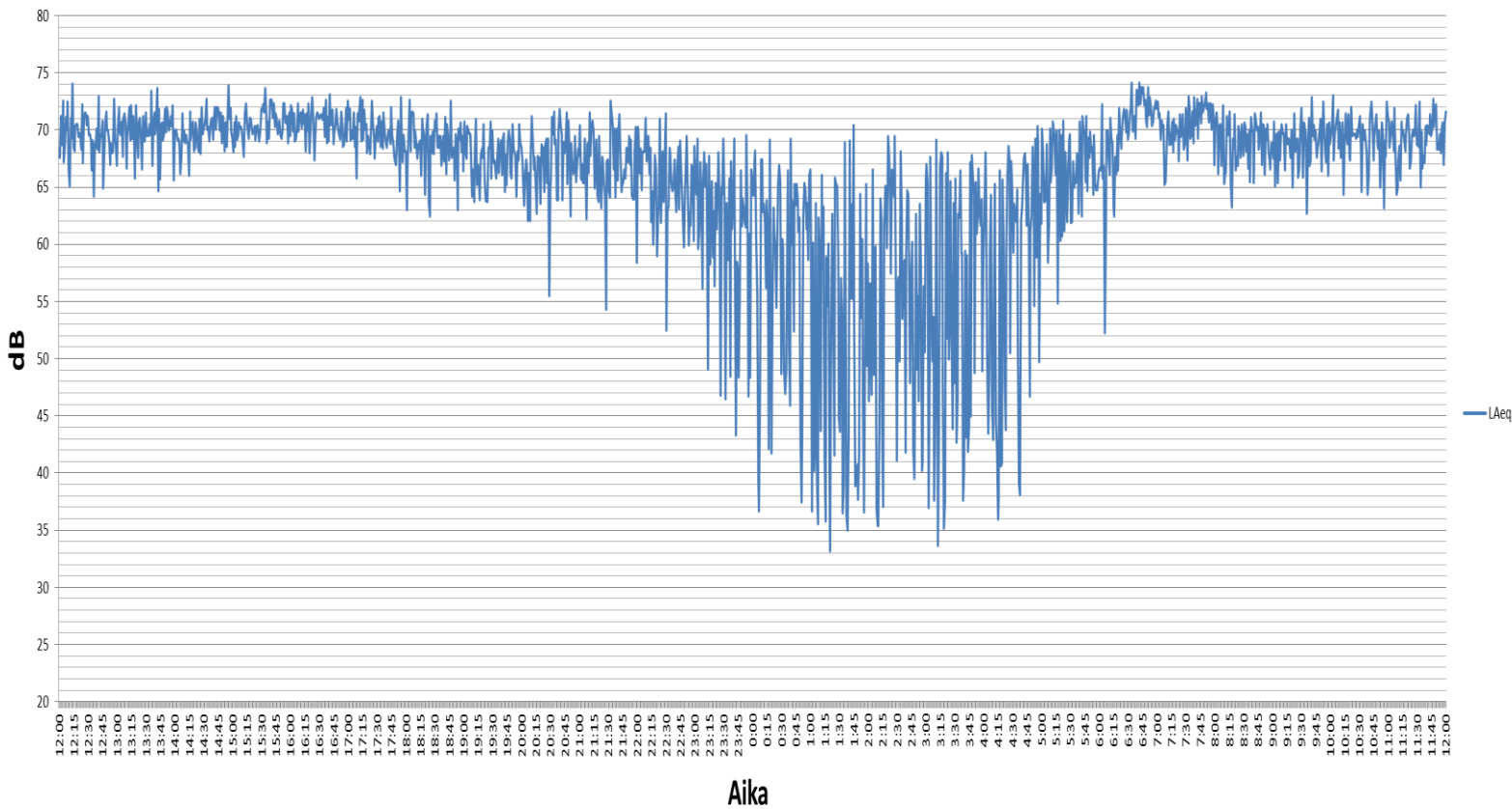
Ympäristöministeriö 1995. Ympäristömelun mittaaminen. Helsinki: Edita.

LIITE 1(1).
Minuuttikohtaiset ekvivalenttitasot

Mittauspiste 1.
Tiistai 4.8 - Keskiviikko 5.8.2015

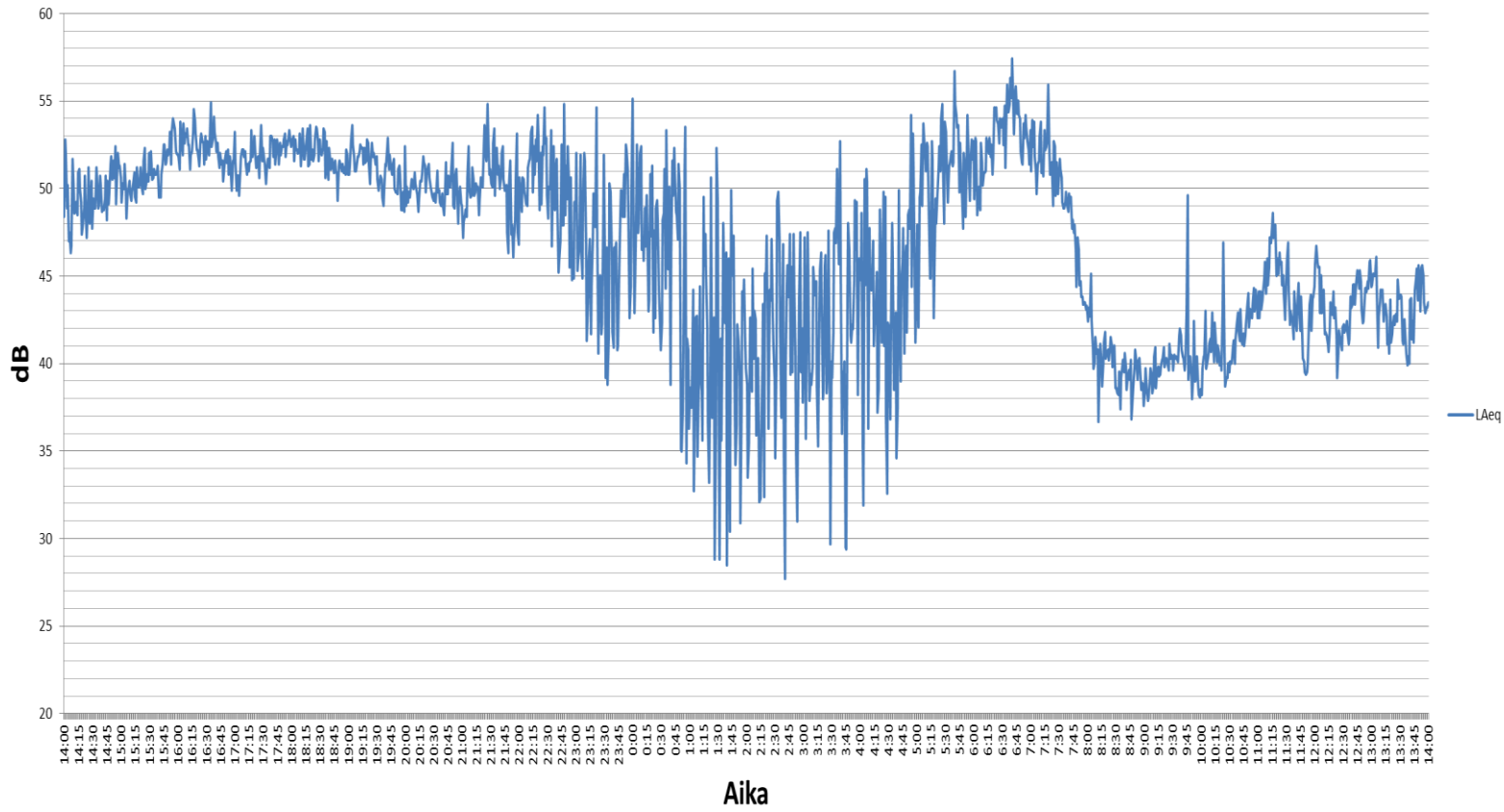


Mittauspiste 2.
Tiistai 4.8 - Keskiviikko 5.8.2015

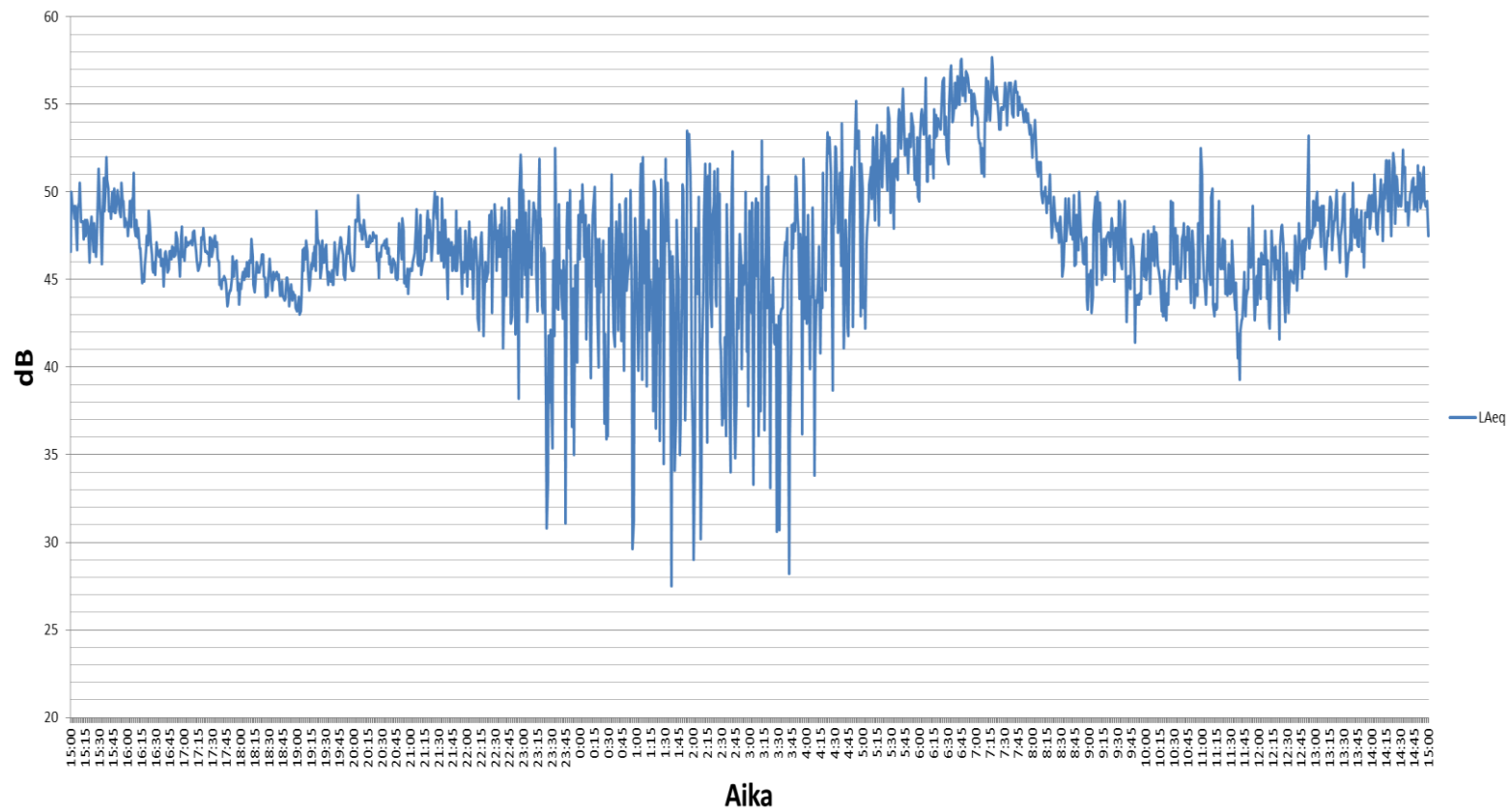


LIITE 1(2).
Minuuttikohtaiset ekvivalenttitasot

Mittauspiste 3.
Maanantai 17.8 - Tiistai 18.8.2015

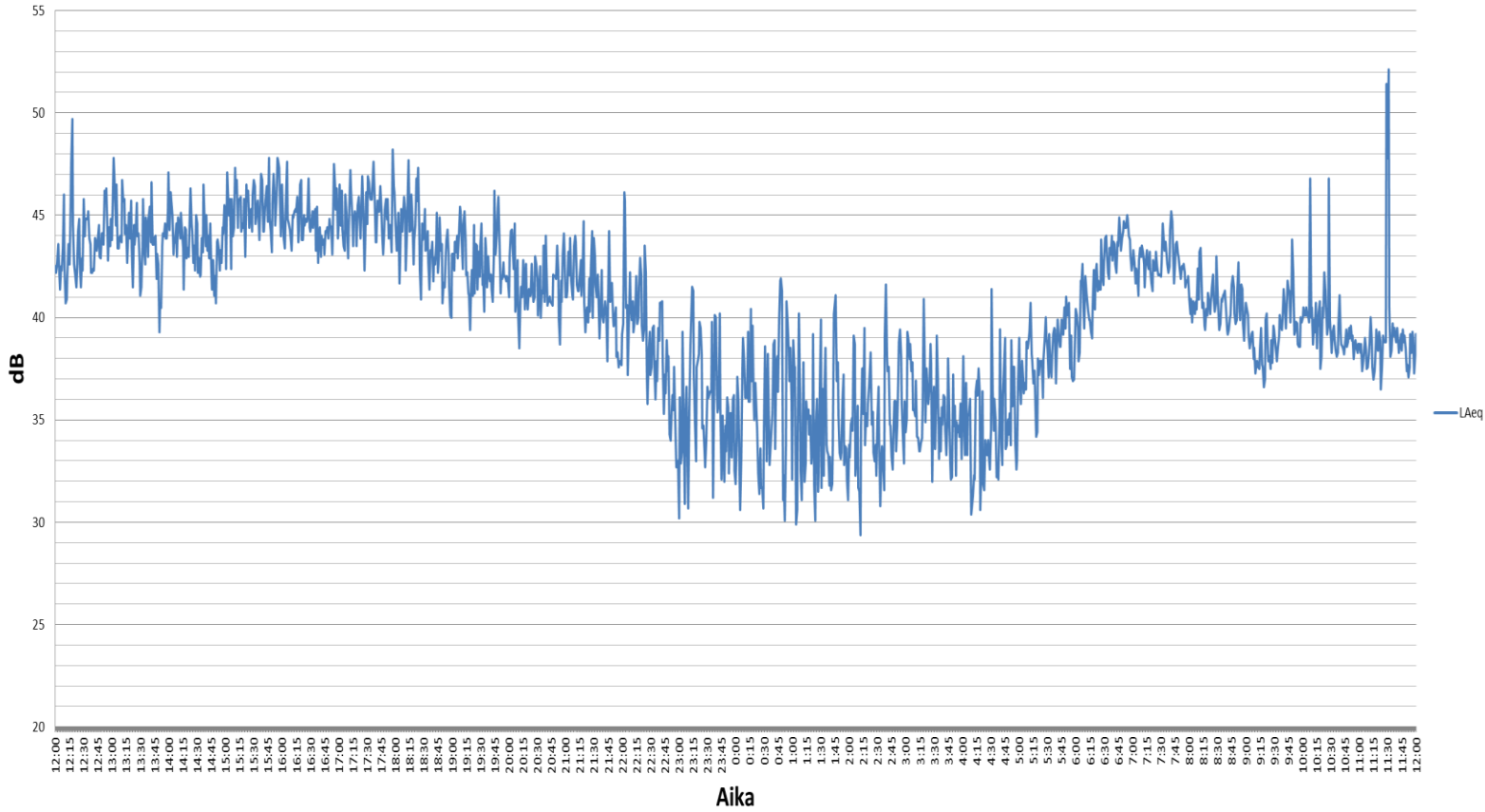


Mittauspiste 4.
Tiistai 18.8 - Keskiviikko 19.8.2015

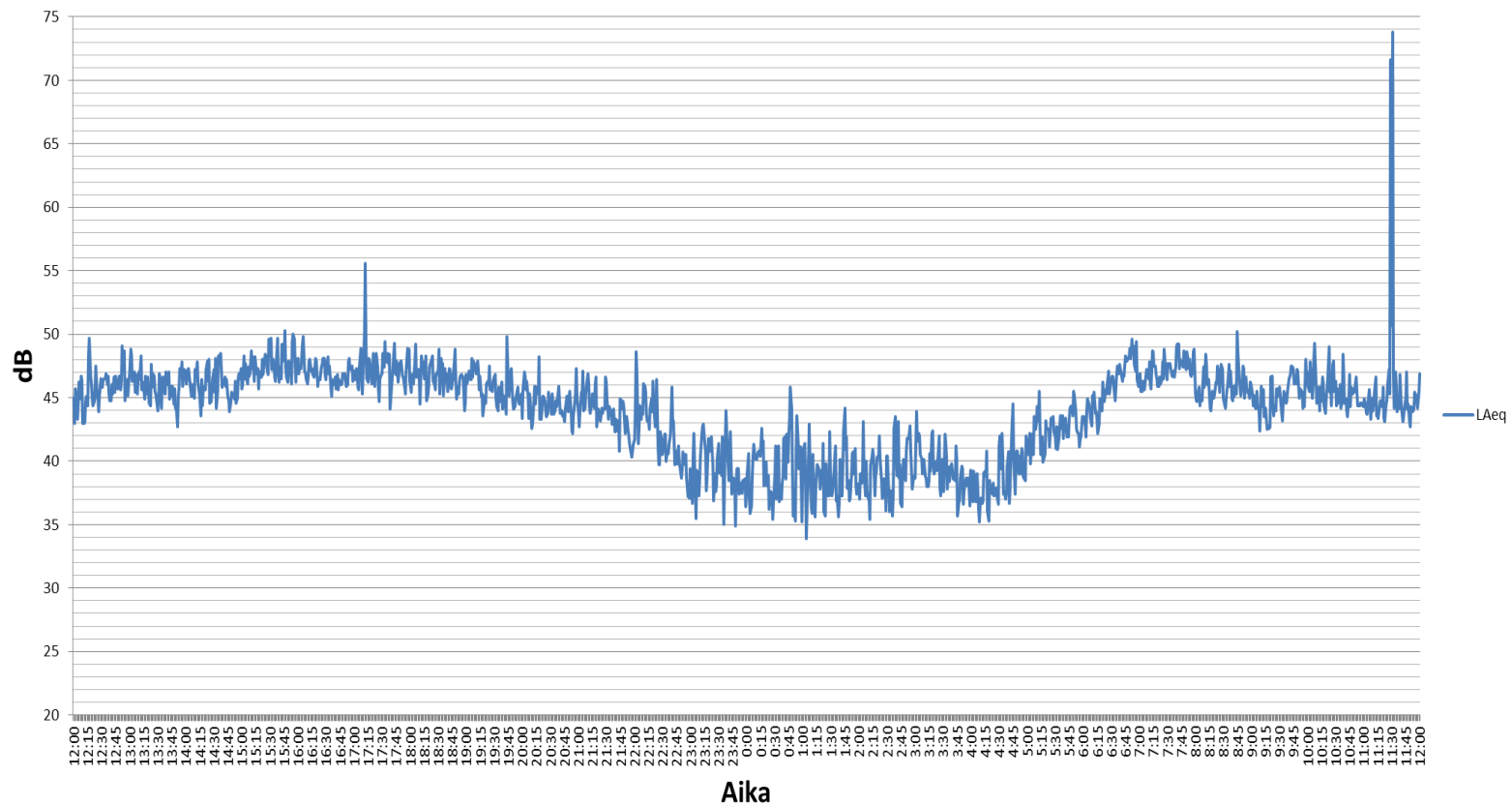


LIITE 1(3).
Minuuttikohtaiset ekvivalenttitasot

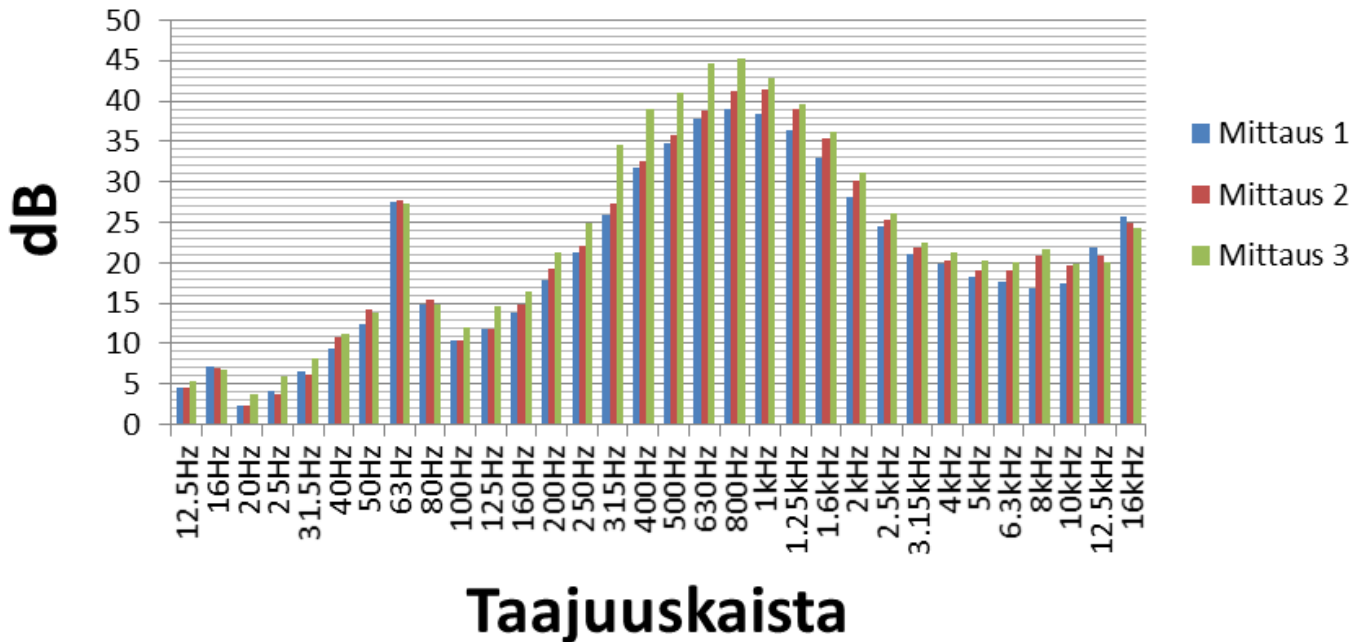
Mittauspiste 5.
Keskiviikko 2.9 - Torstai 3.9.2015



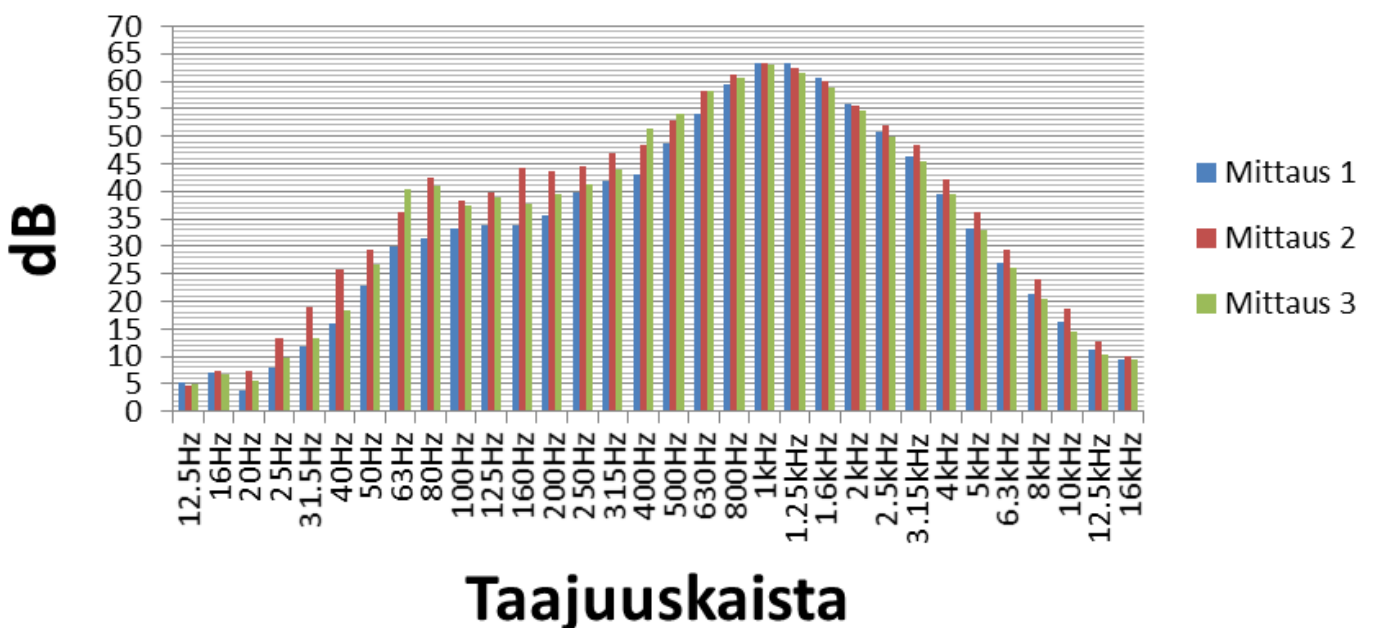
Mittauspiste 6.
Keskiviikko 2.9 - Torstai 3.9.2015

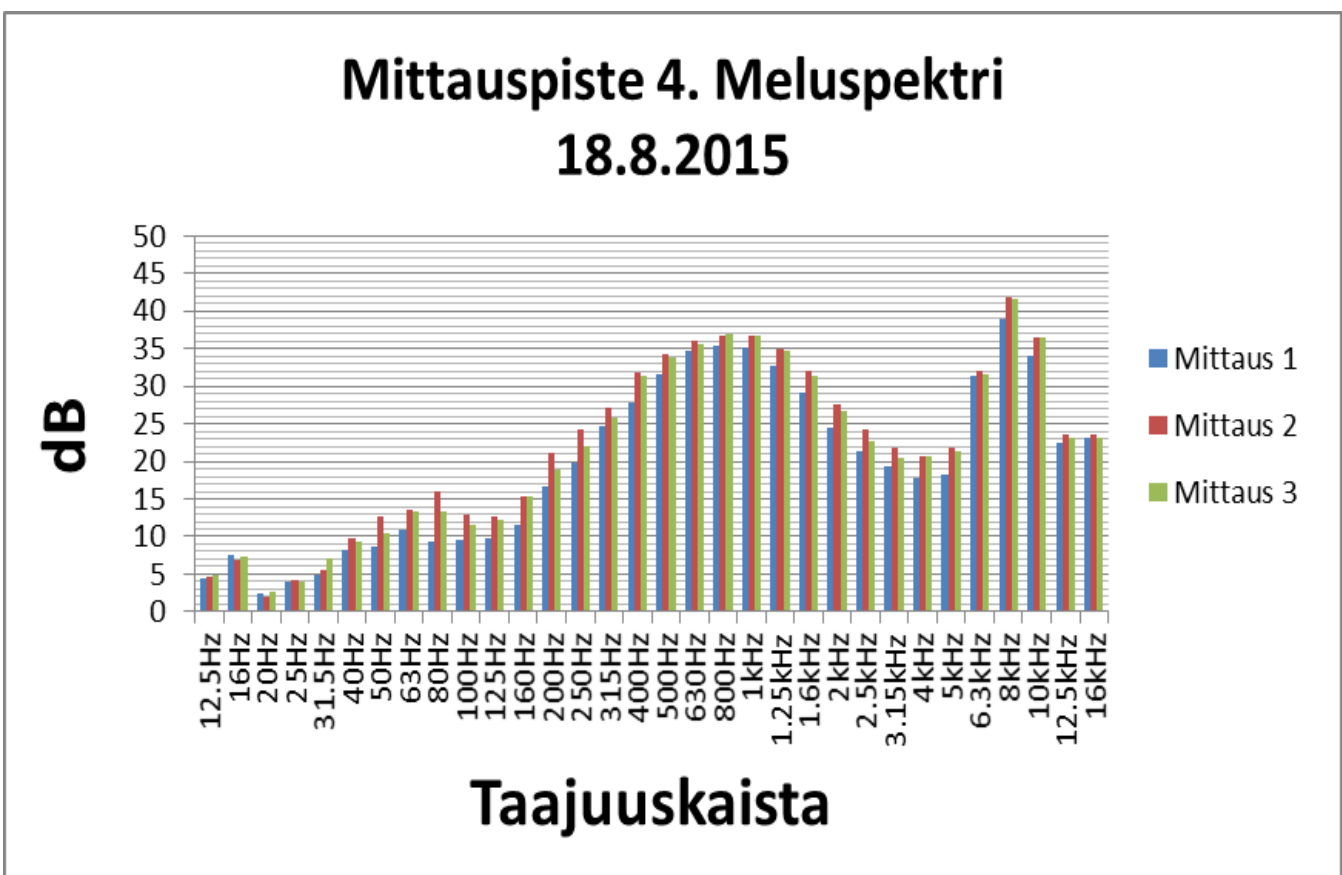
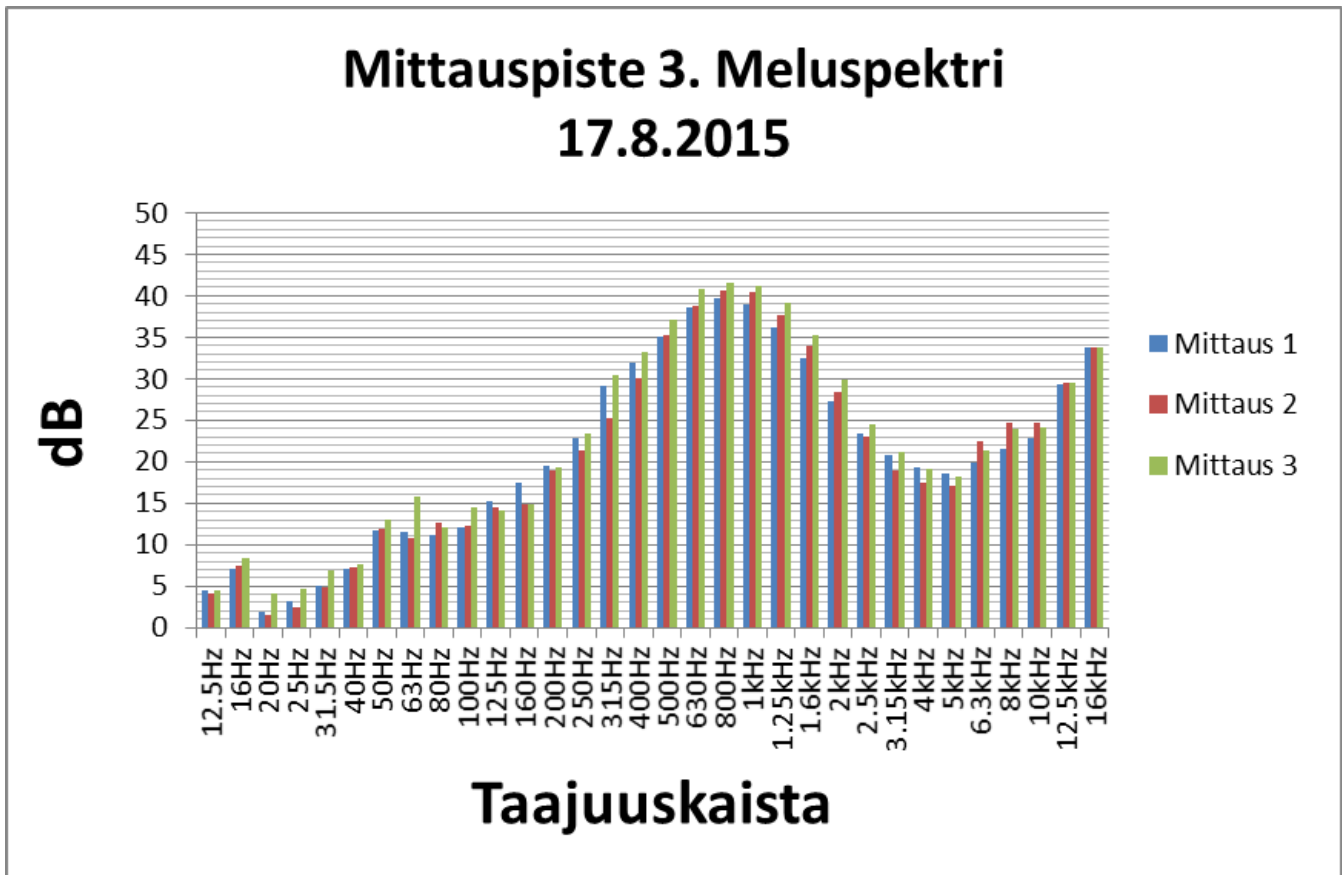


Mittauspiste 1. Meluspektri 4.8.2015

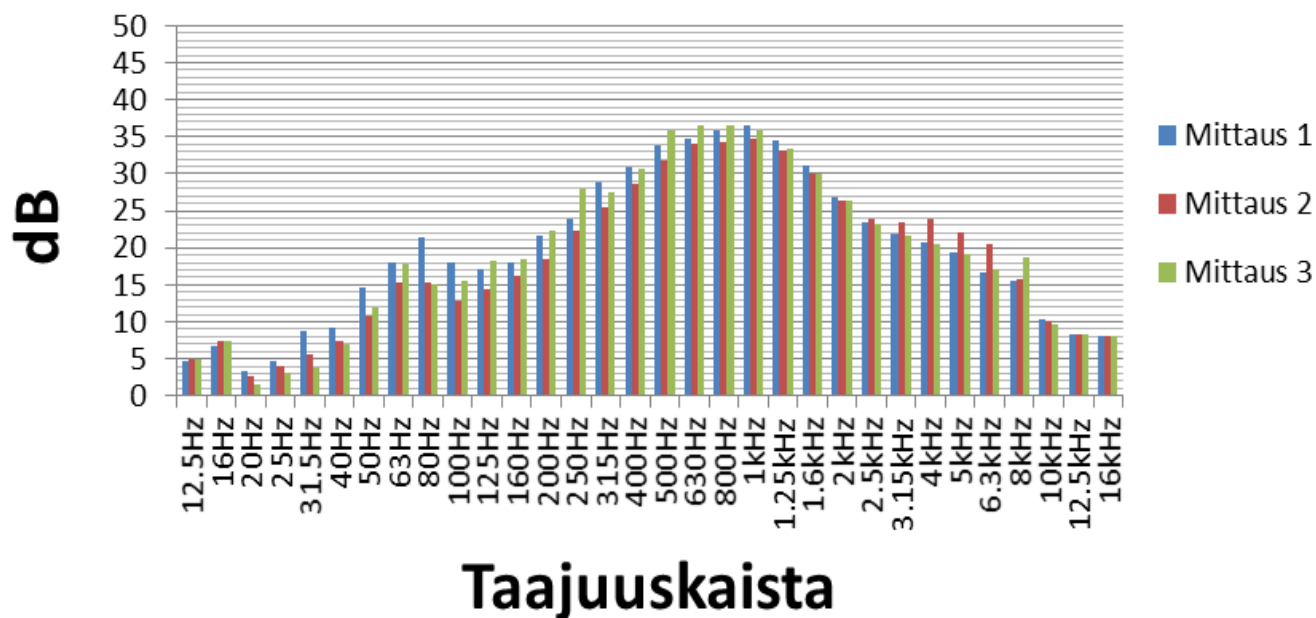


Mittauspiste 2. Meluspektri 4.8.2015

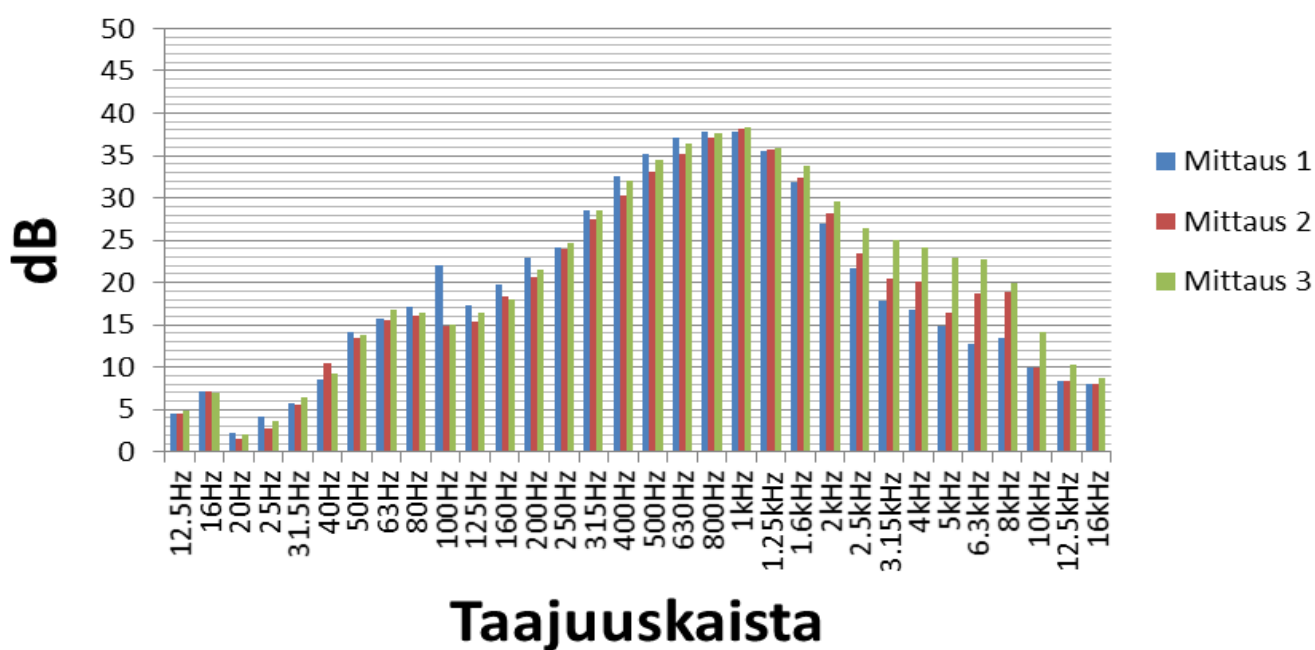




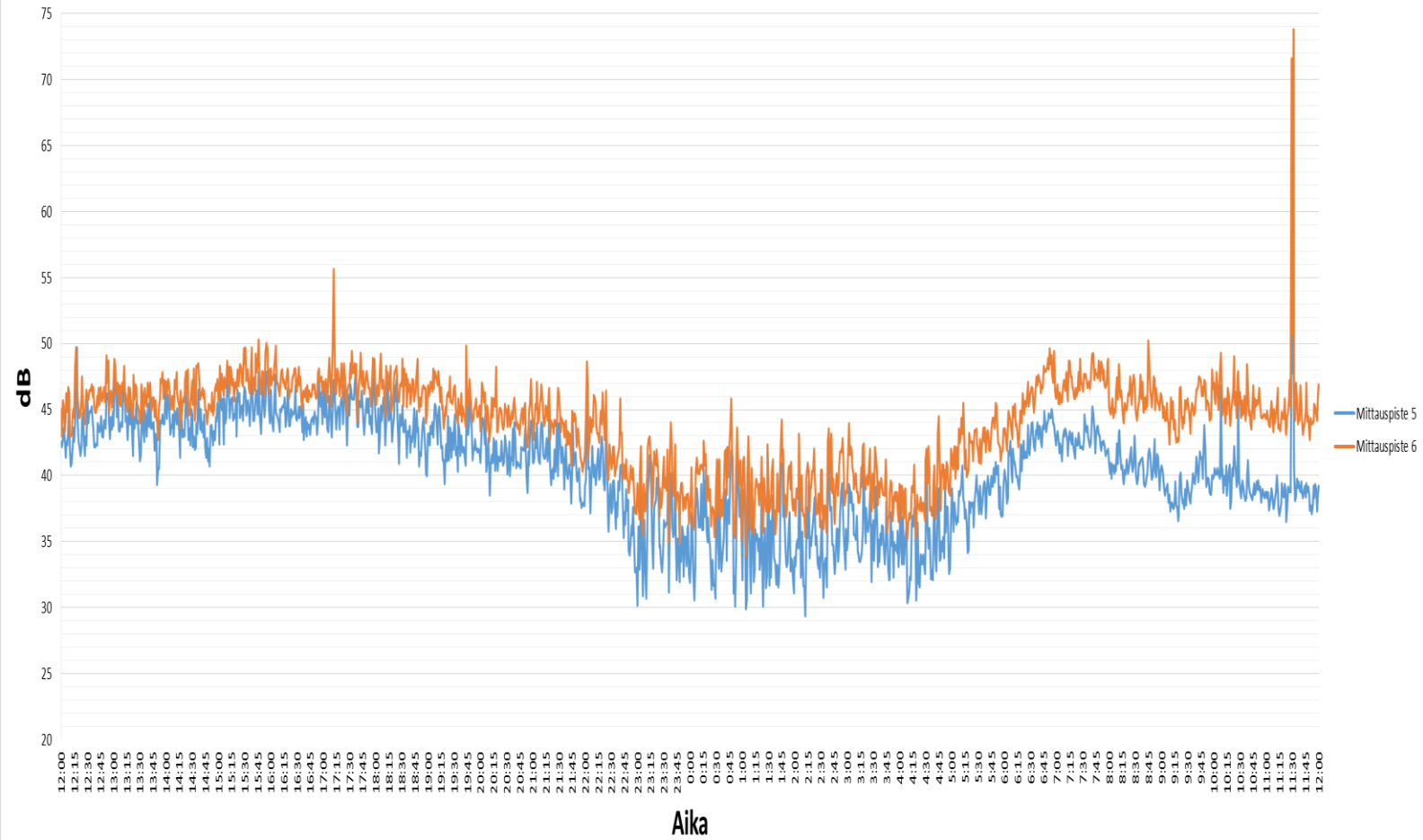
Mittauspiste 5. Meluspektri 2.9.2015



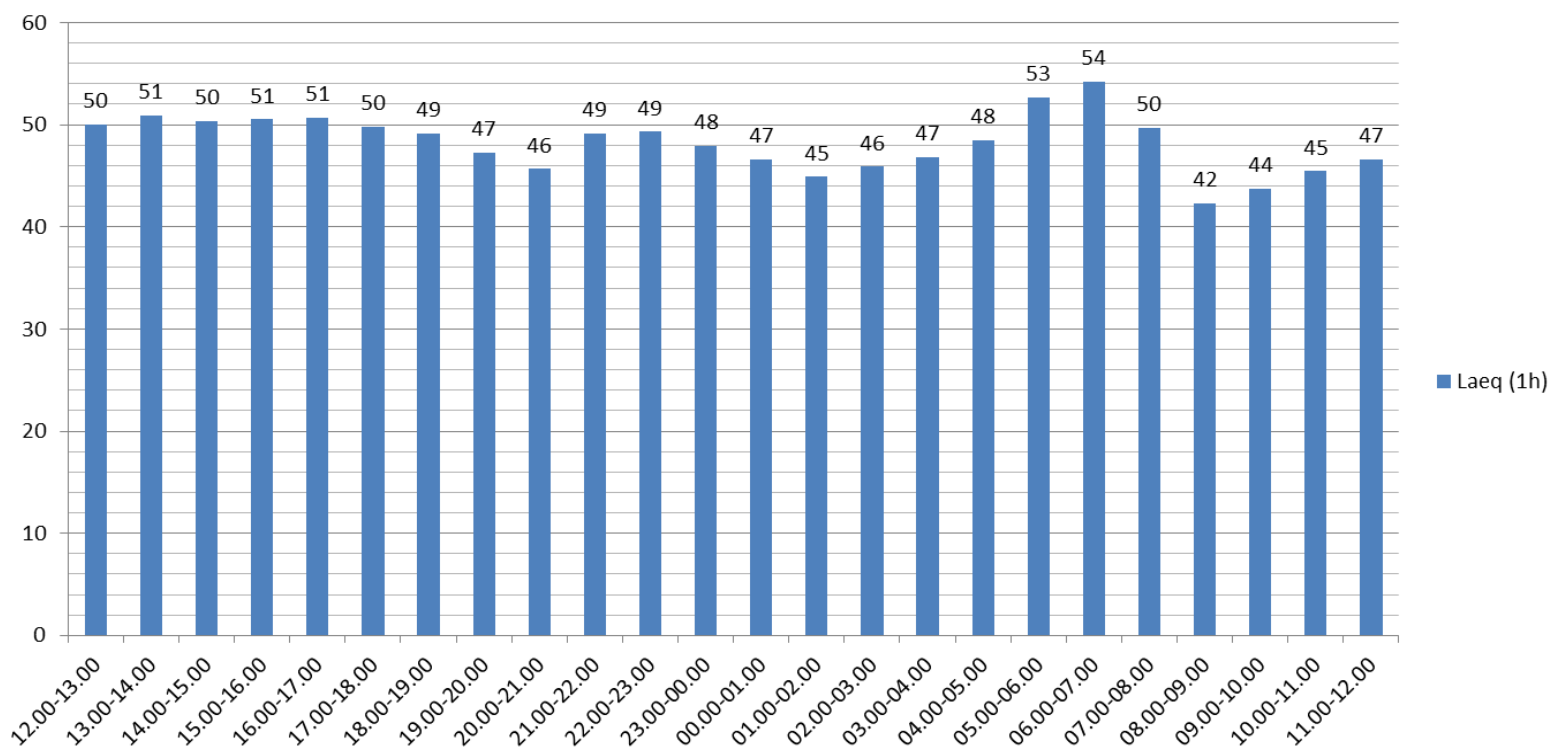
Mittauspiste 6. Meluspektri 2.9.2015



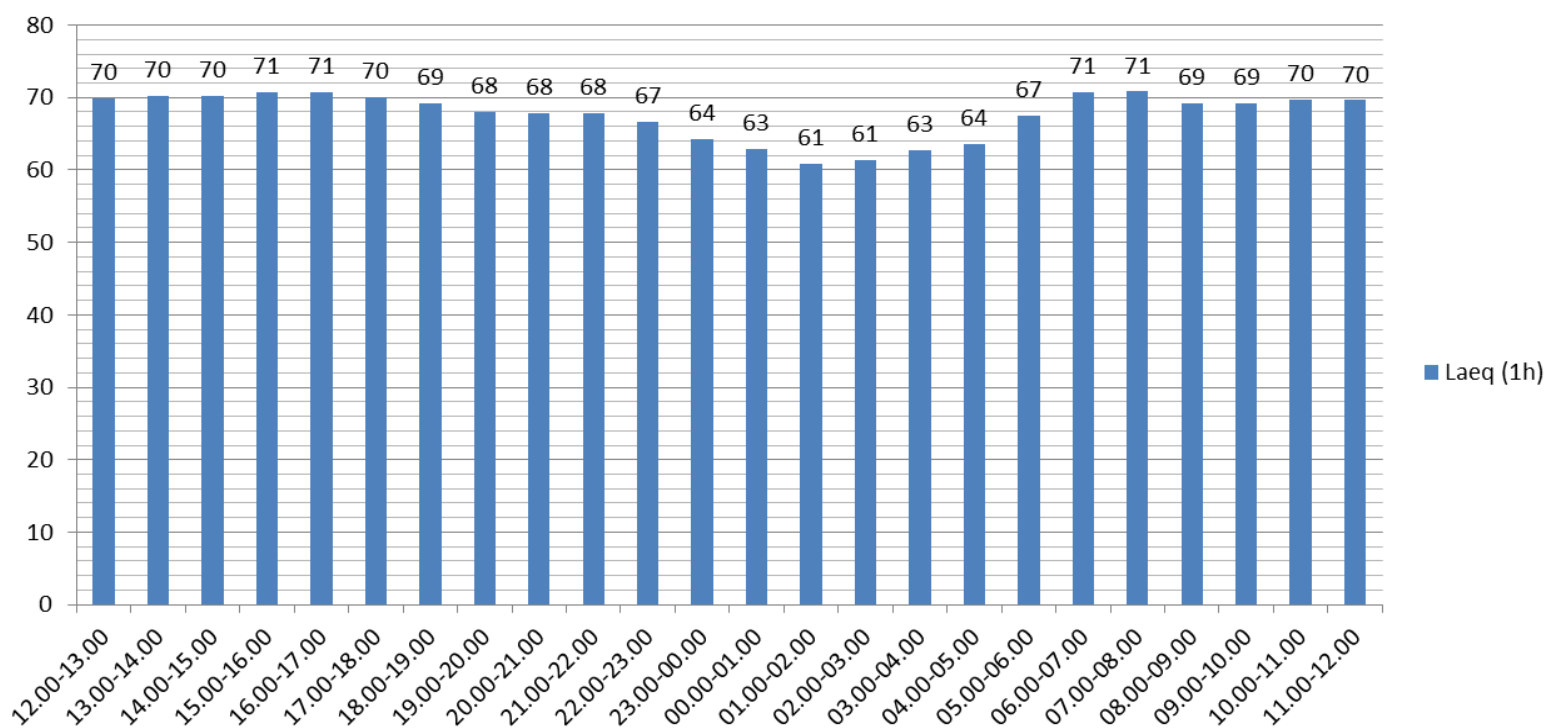
Rinteen melueristys-tutkimuksen tulokset

Mittauspisteiden 5 ja 6 vertauskaavio
Keskiviikko 2.9. - Torstai 3.9.2015

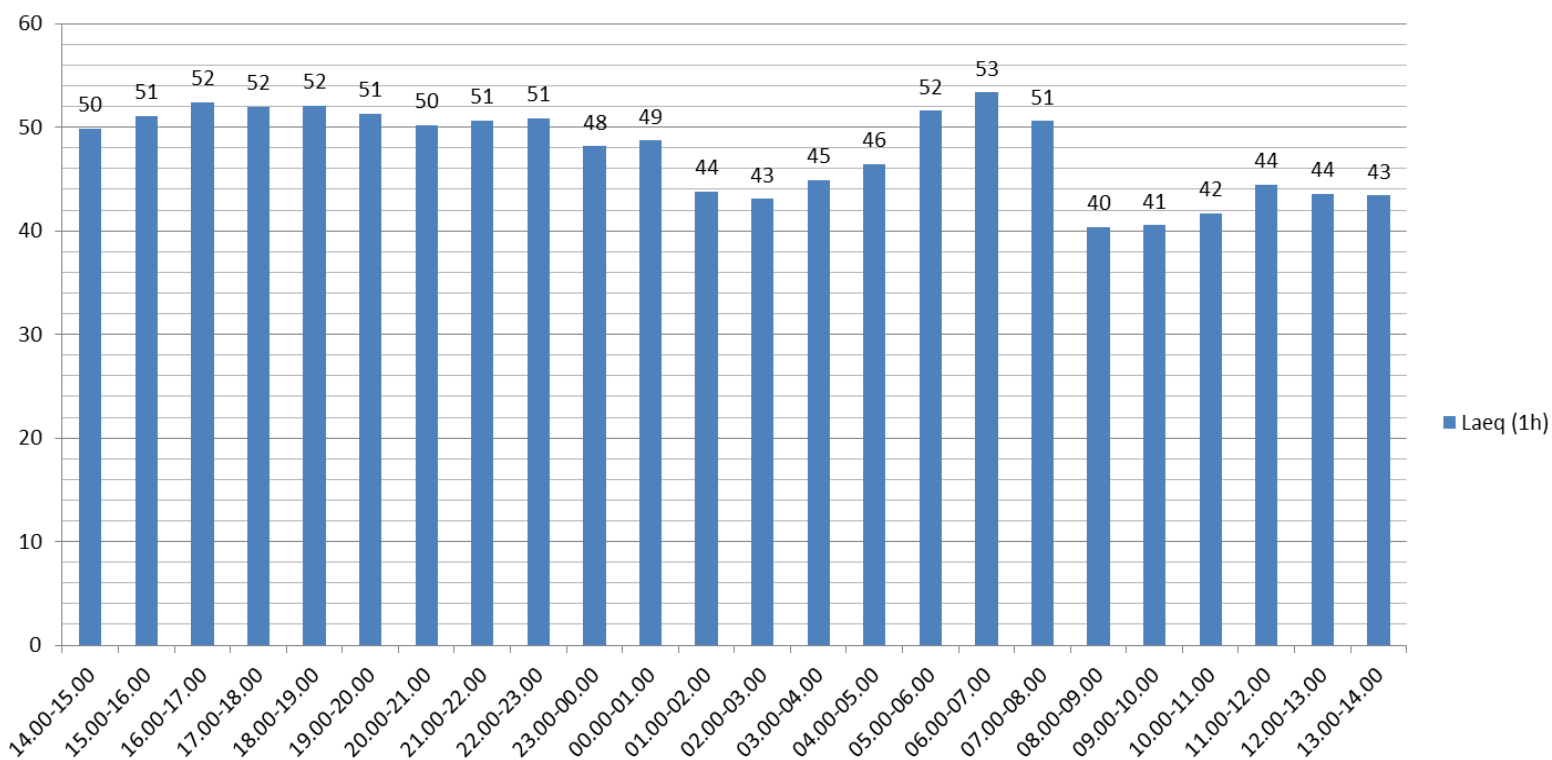
Mittauspiste 1.
4.8.-5.8.2015



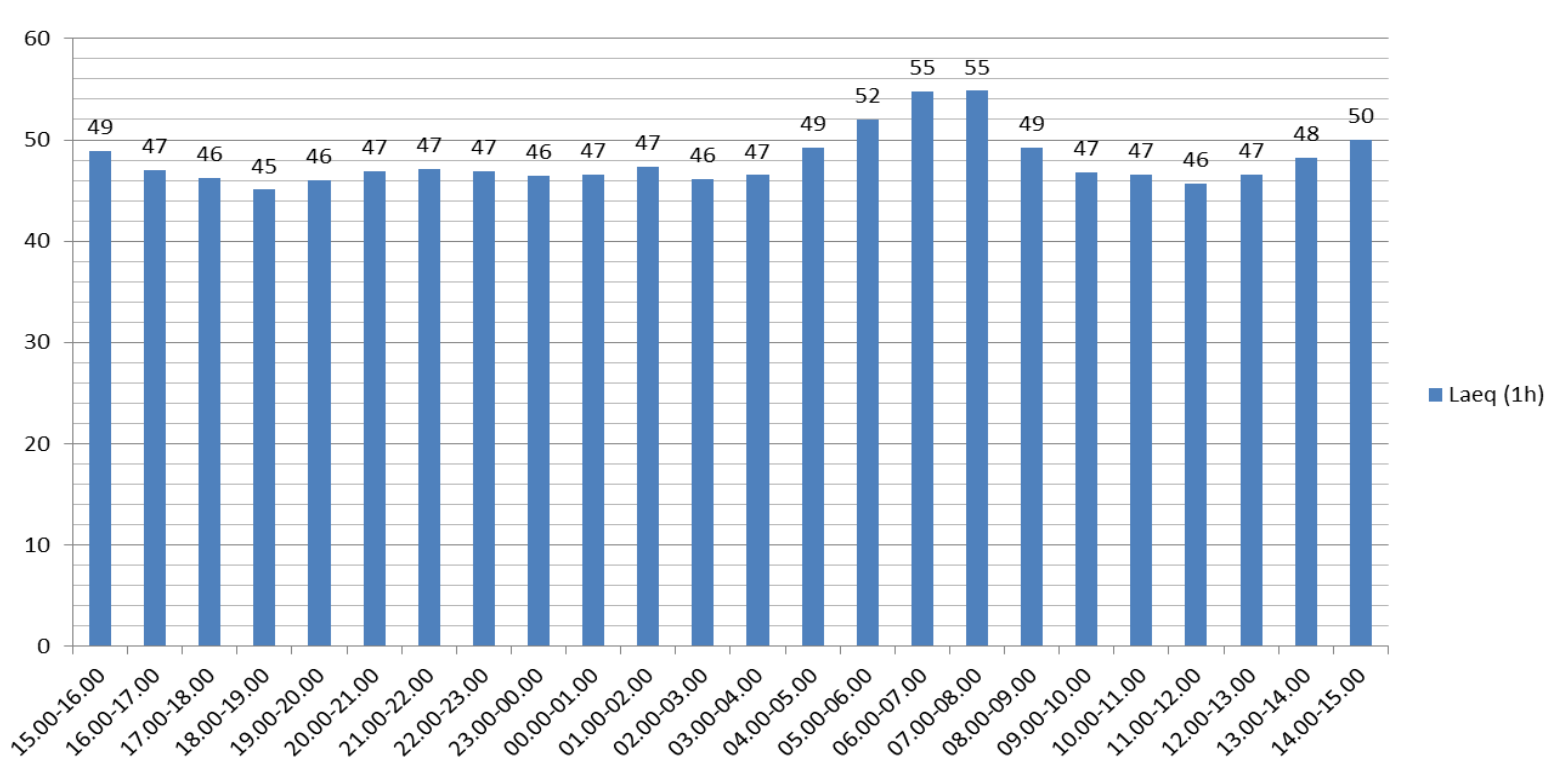
Mittauspiste 2.
4.8. - 5.8.2015



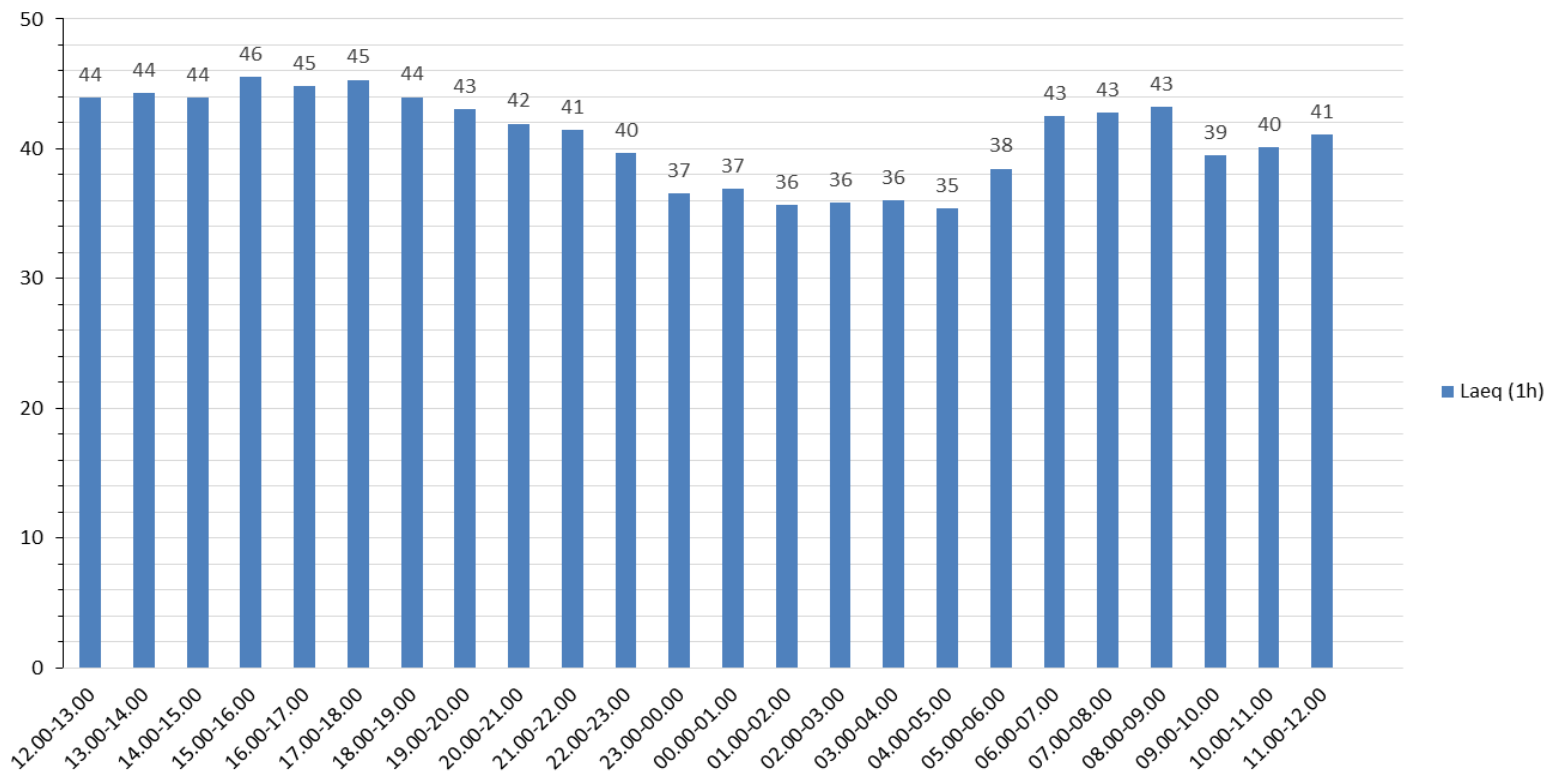
**Mittauspiste 3.
17.8.-18.8.2015**



**Mittauspiste 4.
18.8.-19.8.2015**



Mittauspiste 5.
2.9.-3.9.2015



Mittauspiste 6.
2.9.-3.9.2015

