

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Rakennustuotannon suuntautumisvaihtoehto

Jon Kaila

Ympäristömelun hallinta kerrostalossa

Opinnäytetyö 2017

Tiivistelmä

Jon Kaila

Ympäristömelun hallinta kerrostalossa, 37 sivua, 1 liite

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Rakennustuotannon suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2017

Ohjaajat: lehtori Timo Lehtoviita, Saimaan ammattikorkeakoulu, työpäällikkö

Timo Markkanen, Skanska Talonrakennus Oy

Tämän opinnäytetyön tilaajana oli Skanska Talonrakennus Oy. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ympäristömelun hallintaa kerrostalossa ja siihen liittyvillä oleskelualueilla. Äänitasomittauksia tehtiin esimerkkikohteen malliparvekkeella ja kattoterassilla.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään ympäristömelun lähteitä, mittauksia, vaatimuksia, torjuntaa ja suunnittelua. Työn lopussa käsitellään esimerkkikohtetta, joka on 6-kerroksinen betonirunkoinen kerrostalo kaupungin keskustassa. Esimerkkikohteen mittaukset suoritettiin Norsonic Nor 140 ja 118 mittareilla, jotka ovat tarkkuusluokan 1 integroivia äänitasomittareita. Suoritettujen mittauksien äänenpainetasot eivät saaneet ylittää Valtioneuvoston päätöksen 993/1992 ohjearvoja.

Tämän työn tuloksena saadaan tilaajalle tietoa ympäristömelun hallinnasta sekä esimerkkikohteen malliparvekkeella ja kattoterassilla vallitsevat äänenpainetasot. Ympäristömelu mittauksien avulla tilaaja kykenee valitsemaan tarvittavat tekniset ratkaisut esimerkkikohteeseen. Opinnäytetyö toimii tilaajalle myös perehdytysoppaana tulevilla samankaltaisissa kohteissa.

Asiasanat: ympäristömelu, melumittaus, meluntorjunta

Abstract

Jon Kaila

Management of ambient noise in an apartment building, 37 Pages, 1 Appendix

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Specialisation in Building Production

Bachelor's Thesis 2017

Instructors: Mr Timo Lehtoviita, Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences
and Mr Timo Markkanen, Project Manager, Skanska Talonrakennus Oy

The orderer of this thesis was Skanska Talonrakennus Oy. The purpose of this study was to examine the management of ambient noise in an apartment building and in affiliated areas for enjoyment of residents. Sound level measurements were made in a model balcony and roof terrace of an example destination.

The theory portion of the thesis covers sources, measurements, requirements, reduction and planning of ambient noise. At the end of the thesis the example destination is concerned. The example destination is a 6 storeys high apartment building with a concrete frame in city centre. The measurements in the example destination were made with a Norsonic Nor 140 and 118 meters that are accuracy class 1 integrating sound level meters. The sound pressure levels were not allowed to exceed the Council of State's decision 993/1992 guideline values.

As a result of this thesis information about ambient noise as well as the dominant sound pressure levels in a model balcony and roof terrace of the example destination are acquired. With the ambient noise measurements the orderer will be able to choose the necessary technical solutions to the example destination. The thesis also acts as an orientation instruction for similar destinations in the future.

Keywords: ambient noise, noise measurement, noise reduction

Sisällys

Käsitteet.....	5
1 Johdanto.....	6
2 Ääni.....	7
2.1 Äänen taajuus ja paine.....	7
2.2 Äänenpainetaso.....	7
2.3 Melu.....	9
3 Ympäristömelu.....	9
4 Ympäristömelun mittaus.....	11
4.1 Mittauslaitteisto.....	11
4.2 Mittaukset.....	12
5 Ympäristömelun hallinnan vaatimukset ja ohjeet.....	13
5.1 Ympäristönsuojelulaki 527/2014.....	14
5.2 Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999.....	14
5.3 Suomen rakentamismääräyskokoelma C1.....	15
5.4 Rakennusten akustinen luokitus.....	15
5.5 Valtioneuvoston päätöksen ohjearovot.....	16
5.6 Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat.....	18
5.7 Kaavamääräykset.....	18
6 Meluntorjunta.....	19
6.1 Torjuntatoimenpiteet.....	19
6.2 Teknisiä toimenpiteitä.....	20
6.2.1 Seinärakenteet.....	20
6.2.2 Parvekelasitukset.....	21
6.2.3 Melusteet.....	22
6.2.4 Rakennettu ympäristö.....	24
7 Suunnittelu ja meluselvitys.....	24
8 Esimerkkikohde ja tehdyt mittaukset.....	25
8.1 Kohteen ympäristömeluvaatimukset.....	26
8.2 Kohteen rakenteet.....	26
8.3 Suoritetut mittaukset.....	27
8.4 Mittaustulokset.....	30
9 Kohteen tekniset ratkaisut.....	31
10 Päätelmät.....	34
Kuvat.....	35
Taulukot.....	35
Lähteet.....	36

Liitteet

Liite 1 Mittauspöytäkirja

Käsitteet

A-taajuuspainotettu äänenpainetaso (dB)

Ihmiskorvan herkkyys vaihtelee äänen eri taajuuksilla. Se on herkin keskitaajuuksilla ja heikoin pienillä ja suurilla taajuuksilla. Äänenpainetason mittauksissa tämä otetaan huomioon käyttämällä erilaisia taajuuspainotuksia. A-taajuuspainotuksessa etenkin pienitaajuisten äänten vaikutusta on vähennetty suhteessa keskitaajuisiin ääniin. Puhekielessä A-painotetusta äänitasosta käytetään usein myös nimitystä melutaso. (Ympäristöministeriö 2003, 8.)

Desibeli (dB)

Desibeli on tason ja tasoeron yksikkö, jossa tehojen tai tehoon verrannollisten suureiden suhteessa on otettu kymmenlogaritmi ja tämä kerrotaan luvulla 10 (Ympäristöministeriö 2003, 8).

Enimmäisäänitaso (A-painotettu) $L_{A,max}$ (dB)

Tarkasteluajanjaksona esiintynyt voimakkuudeltaan korkein äänitaso määritetyllä aikapainotuksella. Ellei aikapainotusta erikseen mainita, tarkoitetaan aikapainotusta F (fast). (Ympäristöministeriö 2003, 8.)

Enimmäisäänitaso (A-painotettu impulssiaikavakio) $L_{A,Imax}$ (dB)

Tarkasteluajanjaksona esiintynyt voimakkuudeltaan korkein äänitaso impulssiaikavakiolla mitattuna ($L_{A,Imax}$).

Keskiäänitaso (ekvivalenttitaso) L_{Aeq} (dB)

Jatkuva vakioäänitaso, jonka tehollisarvo on sama kuin vaihtelevan äänitason keskimääräinen tehollisarvo määritetyllä ajanjaksolla (Ympäristöministeriö 2003, 8).

Melu

Melu on häiritsevää, epämiellyttävää ääntä tai muuten ihmisen terveydelle ja hyvinvoinnille haitallista ääntä (Lahti 2003, 10).

Ympäristömelu

Ympäristömelu on ympäristöstä kantautuvaa häiritsevää ääntä. Ympäristömelua aiheuttaa esimerkiksi tieliikenne.

1 Johdanto

Ympäristömeluun kiinnitetään nykyään enemmän huomiota kuin ennen. Siitä syystä rakennuksien ja niiden oleskelualueiden suunnittelulta ja rakentamiselta vaaditaan enemmän. Jatkuvasti lisääntyvä liikenne, joka on suurin ympäristömelun lähde, aiheuttaa haasteita ympäristömelun hallinnassa. Vilkkaasti liikennöityjen katujen ja teiden varsilla on välillä haastavaa päästä valtioneuvoston antamiin VnP 993/1992 ohjearvoihin rakennuksen oleskelualueilla.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia ympäristömelun hallintaa kerrostalossa ja erityisesti rakenteilla olevan kohteen oleskelualueilla. Opinnäytetyö toimii tilaajalle perehdytysoppaana tulevissa samankaltaisissa kohteissa. Äänitasomittauksien tavoitteena on selvittää kohteen parvekelasitusten toimivuus sekä kattoterassin melunvaimennuksen tarve.

Opinnäytetyön alussa käydään läpi yleisesti ympäristömeluun vaikuttavia tekijöitä. Työssä on listattu ympäristömeluun liittyviä määräyksiä, ohjeita sekä meluntorjuntaratkaisuja. Työn lopussa keskitytään rakenteilla olevaan esimerkkikohteeseen. Kohteessa suoritetaan äänitasomittauksia malliparvekkeella ja kattoterassilla päivä- sekä yöaikana.

Opinnäytetyö rajataan käsittelemään ympäristömelun vaikutuksia ja vaatimuksia kerrostalossa sekä siihen liittyvillä oleskelualueilla. Esimerkkikohteen osalta työssä keskitytään malliparvekkeen ja kattoterassin mittauksiin ja vaatimuksiin.

Tämän opinnäytetyön tilaajana on Skanska Talonrakennus Oy. Skanska on yksi Suomen suurimmista asuntojen, toimisto- ja tuotantotilojen sekä infrastruktuurin rakentajista ja projektikehittäjistä. Skanska-konserni toimii valituilla kotimarkkina-alueilla Euroopassa ja Yhdysvalloissa. Skanska perustettiin vuonna 1887 Etelä-Ruotsissa. Suomeen perustettiin nykyisin toimiva Skanska Oy vuonna 1994.

2 Ääni

Ääni on elastisessa väliaineessa esiintyvää mekaanista värähtelyä. Ääniaalloksi kutsutaan värähtelyn etenemistä väliaineessa, joka voi olla kiinteää, nestettä tai kaasua. Tyhjiössä ääni ei voi edetä. Ilmassa etenevää ääntä kutsutaan ilmaääniksi ja kiinteässä aineessa etenevää ääntä runkoääniksi. Äänen etenemisnopeus riippuu etenemistavasta ja väliaineesta. Lämpötila vaikuttaa etenemisnopeuteen. Huoneen lämpötilassa olevan äänen nopeus on noin 340–345 m/s. (Partek 1991, 9; RIL 2007, 35-36.)

2.1 Äänen taajuus ja paine

Ääniaallon taajuus on edestakaisten värähdysten määrä sekunnissa eli frekvenssi f . Yksikkönä taajuudelle on hertsi Hz (1/s). Jotta ihminen voi kuulla äänen, on sen oltava 16–16 000 Hz, joka on ihmisen kuuloalue. Kuuloalueen alapuolella olevia taajuuksia sanotaan infraääniksi ja yläpuolella olevia ultraääniksi. Kuulon herkkyys riippuu taajuudesta. (Partek 1991, 9.)

Äänenpaineeksi p (N/m²) kutsutaan ääniaallon edetessä tapahtuvaa paineenvaihtelua ilmassa. Alinta äänenpainetta, jonka ihminen kuulee, 0,00002 N/m² kutsutaan kuulokynnykseksi. Ylintä äänenpainetta, jonka ihminen kuulee kivutta, 20 N/m² kutsutaan kipukynnykseksi. (Partek 1991, 11.)

2.2 Äänenpainetaso

Äänen voimakkuus ilmoitetaan äänenpainetasona dB. Äänenpainetason määrittelyn mukaan 0 dB on pienin kuultavissa oleva äänenpainetaso ja 120 dB kipukynnyksen äänenpainetaso (Rakennusten akustinen suunnittelu 2007, 36). Taulukossa 1 on esitetty erilaisten äänilähteiden A-painotettuja äänenpainetasoja. Äänenpainetaso lasketaan kaavalla (1)

$$L_p = 20 \lg (p/p_0) \text{ dB} \tag{1}$$

jossa L_p = äänenpainetaso (dB)

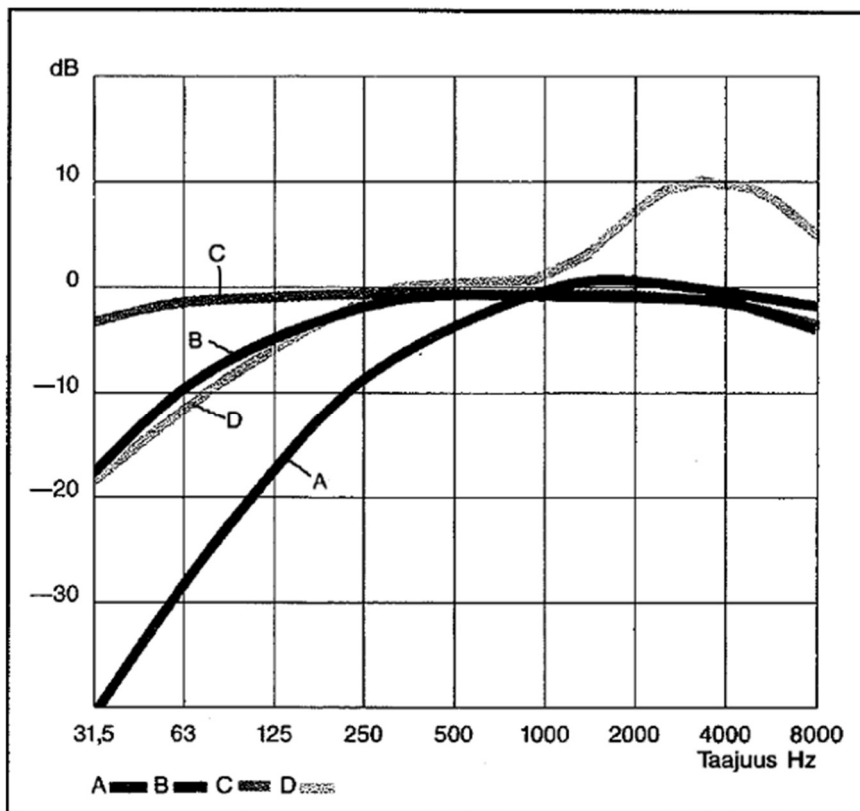
p = äänenpaine (N/m²)

p_0 = standardoitu vertailupaine 0,00002 N/m²

Äänenpainetaso dBA	Äänilähde
10-30	Lehtien havina
30-50	Tietokone työpöydällä
50-70	Normaali keskustelu
70-85	Liikenteen melu
85-90	Moottoripyörä, konemelu
100-110	Disko
100-120	Rock-konsertti
125-	Kipukynnys
130-135	Suihkukone

Taulukko 1. Erilaisten äänilähteiden äänenpainetasoja dBA (TTK 2016, 43)

Ihmiskorvan havainnointi eri taajuuksilla vaihtelee ja tästä syystä äänenpainetason mittauksessa käytetään mittareissa erilaisia painotuskäyriä. Kuvassa 1 on esitetty A, B, C ja D painotuskäyrät. A-käyrä on yleisin käytetty painotuskäyrä, joka jäljittelee ihmiskorvan herkkyyttä eri taajuisille äänille. B painotuskäyrää voi käyttää, jos melutaso on 55–85 dB. C painotuskäyrää käytetään esimerkiksi voimakkaiden impulssiäänien mittauksissa tai melutason ollessa >85 dB. D painotuskäyrää käytetään lähinnä lentomelun mittauksissa. A- painotuskäyrä on yleistynyt standardikäyräksi, jota käytetään nykyään melkein kaikissa tilanteissa. (Partek 1991, 11; Jauhiainen, Vuorinen & Heinonen-Guzejev 2007 12-13; Siikainen 2014, 143.)



Kuva 1. Mittauksissa käytetyt painotuskäyrät (Partek 1991, 11)

2.3 Melu

Melu on ääntä, jota ei haluaisi kuunnella. Melu on häiritsevää, epämiellyttävää ääntä tai muuten ihmisen terveydelle ja hyvinvoinnille haitallista ääntä. Melu on myös kuulijan henkilökohtainen ja tunnesidonnainen asia, jonka joku toinen voi tuntea samaan aikaan mielekkääksi. Määritelmän mukaan mielekkääksi tunnettu melu on siltikin melua, jos se vahingoittaa elimistöä psyykkisesti tai fyysisesti. Äänitason ylittäessä 85 dB melu on vaarallista kuulolle. Melun häiritsevyyteen vaikuttaa myös melutapahtumien määrä. (Björk 1997, 39; Lahti 2003, 10.)

3 Ympäristömelu

Ympäristömelu on ympäristöstä kantautuvaa häiritsevää ääntä, joka voi olla peräisin erilaisista lähteistä esimerkiksi liikenteestä, konsertista, ampumaradalta tai moottoriurheilusta. Rakennusten sisällä huoneistoista toisiin kantautuvaa ääntä, ei luokitella ympäristömeluksi (Liikonen & Leppänen, 7).

Ympäristömelun aiheuttaman äänenpainetason todentamiseen on kaksi vaihtoehtoa: melumallinnus tai paikan päällä tehdyt mittaukset. Melumallinnusta käytetään rakennuksien ja oleskelualueiden suunnitteluvaiheessa. Rakenteiden ollessa jo valmiita voidaan äänenpainetaso todentaa mittauksilla ja tilanteen mukaan myös melumallinnuksen avulla.

Ympäristömelun lähteet

Ympäristömelulle altistuu arviolta noin 900 000–1 000 000 Suomen asukkaista. Taulukossa 2 on esitetty eri vuosina tehtyjen selvitysten mukaan melulle altistuneiden määrä. Melulle altistumisen merkittävin lähde on tieliikenne, joka vastaa noin 85 prosenttia melulle altistuneiden kokonaismäärästä. Merkittävin altistuminen melulle tapahtuu suurimmissa kaupungeissa ja niissä sijaitsevien maanteiden läheisyydessä. (Ympäristöministeriö 2013, 29-30.)

Melulähde	2011	2003	1998
Maantiet (L_{Aeq} 7-22)	285 000	350 000	320 000
Kadut (L_{Aeq} 7-22)	500–600 000	405 900	560 000
Rautatiet (L_{Aeq} 7-22)	110 000 (yö)	48 500 ¹	35 000 ¹
Lentoliikenne (L_{DEN})	25 000	22 800	65 000
Siviili-ilmailu	15 500	13 500	
Sotilasilmailu	9 600	10 400	
Vesiliikenne ja satamat (L_{Aeq} 7-22)	~ 300	300	500
Teollisuus (L_{Aeq} 7-22)	< 5 000	5 000	5 000
Siviiliampumaradat (L_{Amax})	< 3 000	3 000	7 000
Sotilasampumaradat (L_{Amax})	2 500		
Moottoriurheiluradat (L_{Aeq} 7-22)	<2 000	2 500	2 000
Yhteensä	1 032 000–932 000	838 000	994 500

Taulukko 2. Melulle altistuminen Suomessa vuosina 1998, 2003 ja 2011 (Ympäristöministeriö 2013, 30)

¹ Aiemmissä tarkasteluissa on ollut käytettävissä vain päiväajan tulokset $L_{A,eq}$ (7-22)

² Puolustusvoimien ampumaratojen lisäksi ampuma-alueiden läheisyydessä suositusarvot ylittävälle melulle altistuvien asukkaiden lukumäärä on noin 4 000 jakautuen yli 30 alueelle.

Tieliikenteessä merkittävimmät melut syntyvät renkaan ja tienpinnan kosketuksesta sekä moottorin aiheuttamasta melusta. Yli 50–70 km/h nopeudessa rengasmelu nousee merkittävämmäksi kuin moottorin aiheuttama melu. Raideliikenteen melusta suurin osa syntyy samoista lähteistä kuin tieliikenteessäkin, kiskon ja pyörien kosketuksesta sekä moottorin aiheuttamasta melusta. Suurilla nopeuksilla liikkuvat luotijunat aiheuttavat lisäksi aerodynaamista melua. Muilla maaliikennevälineillä ei todellisuudessa aerodynaamisella melulla ole merkittävää vaikutusta. Lentoliikenteen merkittävin melun lähde on moottorista ja potkurista aiheutuva melu. (Lahti 2003, 35-39.)

Teollisuuden aiheuttama melu muodostuu monesta eri lähteestä, joista tyypillisin on erilaiset koneet kuten puhaltimet, pumput, kompressorit ja sahat. Toinen tyypillinen lähde on virtaavaa kaasu tai neste erilaisissa putkissa, kanavissa ja venttiileissä. Kolmas merkittävä lähde on erilaisten materiaalien kaivamiseen, siirtoon, murskaamiseen ja muuhun muokkaamiseen liittyvä melu. (Lahti 2003, 40.)

Harrastuksetkin voivat aiheuttaa ympäristömelua, kuten diskot, konsertit, moottoriurheilu ja ammunta. Moottoriurheiluradat aiheuttavat lähes aina ympäristöl-

leen meluhaittaa. Siitä syystä niissä on useasti käyttörajoituksia ja aluetta rajaavia meluvalleja. Ampumaradat aiheuttavat ympäristölleen melua erityisesti kovien melupiikkien muodossa. Ampumaratojen melua yritetään yleensä vähentää, samalla tavalla kuin moottoriurheiluradoillakin, erilaisilla käyttörajoituksilla ja aluetta rajaavilla meluvalleilla. Jopa yleistymässä olevat vapaa-ajalla käytettävät työkooneet, kuten lehtipuhaltimet ja lumilingot aiheuttavat ympäristömelua. (Björk 1997, 211.)

4 Ympäristömelun mittaus

Ympäristömelun mittauksissa on erityisen tärkeää ottaa kaikki mittauksiin vaikuttavat tekijät huomioon ja dokumentoida mittauspöytäkirjaan. Ympäristöministeriö on laatinut yleisen ympäristömelun mittausohjeen, jossa on ohjeet tieliikenteen ja raideliikenteen mittauksiin. Ympäristömelua mitataan yleensä keskiäänitasona. Mittaukset tehdään Integroivalla äänitasomittarilla, jossa mitataan A-painotetun äänenpaineen tehollisarvon taso koko mittausajalta ($L_{A,eq}$). (Björk 1997, 149; Lahti 2003, 22.)

Ympäristömelun enimmäisäänentaso mitataan, kun halutaan tietää suurin arvo ($L_{A,max}$). Enimmäisäänentason voi aiheuttaa yksi sattumanvarainen tapahtuma, mikä tekee sen mittaamisesta ongelmallista. Enimmäisäänentason mittauksessa käytetään Fast, Slow tai Impulse aikapainotusta. Aikapainotus määrää kuinka nopeasti mittari reagoi hetkelliseen äänenvoimakkuuden muutokseen. (Lahti 2003, 19-21.)

4.1 Mittauslaitteisto

Mittauslaitteiston tulee täyttää äänitasomittareiden vaatimukset SFS 2877/IEC 651 tarkkuusluokalle 1, mutta vähintään luokalle 2. Laitteiston pitää olla tarkoitettu keskiäänitason mittaukseen suoraan tai epäsuorasti. Ympäristömelumittauksissa käytettävä äänitasomittari on yleensä integroiva eli äänialtistustasoa tai keskiäänitاسoa suoraan mittaava. Melun ollessa tasaista tai sen koostuessa selvästi eroteltavista tasaisista osista, voidaan käyttää ei integroivaa äänitasomittaria. (Ympäristöministeriö 1995, 10.)

Mittauslaitteiden toiminta ja tarkkuus on varmistettava ulkoisella kalibrointiäänilähteellä ennen suoritettavaa mittaussarjaa. Kalibrointiäänilähteen tulee täyttää IEC 942 standardin luokan 2 vaatimukset. Mittauksien tapahtuessa ulkona mikrofoniin tulee aina käyttää mittarinvalmistajan suosittelemaa tuulisuojaa. (Ympäristöministeriö 1995, 10.)

4.2 Mittaukset

Mahdollisimman edustavan ja luotettavan mittaustuloksen saavuttamiseksi mitattaajan on selvitettävä ennen mittausta mittauksen tarkoitus, suoritustapa, ajan kohta ja kesto. Mittausajankohtana vallitsevat olosuhteet tulee vastata melulähteen toimintatapaa ja käyttöoloja. Mitattavan melun mukaan valitaan mittauksen kesto, jotta saadaan mahdollisimman edustava tulos melusta. Sääoloja, kuten tuulen voimakkuutta ja sadetta, tulee seurata ennen mittausten tekemistä. Kovalla tuulella ja sateella ei mittauksia suoriteta. (Ympäristöministeriö 1995, 11.)

Liikennemelua mitattaessa selvitetään keskiäänitasot tietyissä pisteissä. Valtioneuvoston ohjeavot VnP 993/1992 koskevat koko vuorokautta, joten liikennemelua tulisi mitata koko vuorokauden ajalta. Tätä on käytännössä todella hankala toteuttaa, koska mitattavan melun lisäksi tulokseen vaikuttavat muut melut kuten luonnonäänet ja työkoneiden äänet. Yleensä mittaus tehdään lyhyemmältä jaksolta, jossa lasketaan liikennemäärät. Mittaustulokset muutetaan vastaamaan päivä- ja yöajan keskiäänitasoja liikenneväylän vuorokausiliikenteen ja mittausjakson liikennemäärän perusteella. (Kylliäinen 2006, 185.)

Mittauspaikalla täytetään mittauspöytäkirjaa, johon tulee esimerkiksi säätiedot ja meluun vaikuttavat tekijät. Liitteessä 1 on tekemäni mittauspöytäkirja tehdystä mittauksesta. Keskiäänitasoa mitattaessa äänitasomittari asetetaan jalustalle noin puolentoista metrin korkeudelle ennalta määritettyyn paikkaan. Mittauksen aikana tulee seurata ympäristöä ja mittaria sopivan etäisyyden päästä. Muut ylimääräiset melutapahtumat kuin mitattava melu tulee kirjata ylös mittauspöytäkirjaan. (Ympäristöministeriö 1995, 12.)

Mittauspaikat ulkona ja sisällä

Ulkona avoimessa paikassa mitattaessa pitää olla vähintään kymmenen metriä mittauspisteen ja heijastavan pinnan, kuten rakennuksen, välissä. Kapeiden pintojen, kuten puiden, ei katsota kuuluvan heijastaviin pintoihin. Mittauspisteen etäisyyden kapeista pinnoista tulee olla vähintään kaksi metriä. Tutkittavan alueen suuruuden mukaan valitaan mittauspisteiden lukumäärä. Mittarin suositeltava korkeus mittauksissa on puolitoista metriä maa- tai lattiapinnasta. (Ympäristöministeriö 1995, 13-14.)

Ulkona rakennusten läheisyydessä mitattaessa, kuten kaupunkien keskustassa, mittaukset on tehtävä vähintään kahden metrin etäisyydellä rakennuksen julkisivusta. Ajoradan ollessa alle kahden metrin päässä rakennuksen julkisivusta voidaan mittaukset suorittaa ajoradan reunassa. (Ympäristöministeriö 1995, 14.)

Sisätilojen mittauksissa keskiäänitasoa mitataan vähintään kolmessa mittauspisteessä. Mittauspisteiden tulee olla vähintään metrin päässä ikkunoista ja puolen metrin päässä huoneen pinnoista. Mittauspisteiden tulee olla myös vähintään puolen metrin etäisyydellä toisistaan. Sisämelutasoa mitattaessa tulee varmistaa, että tutkittava ympäristömelu aiheuttaa mitattavan melun eikä esimerkiksi rakennuksen sisältä tuleva melu. (Ympäristöministeriö 1995, 15.)

5 Ympäristömelun hallinnan vaatimukset ja ohjeet

Ympäristömeluun liittyvää ohjeistusta löytyy ympäristönsuojelulaista, maankäyttö- ja rakennuslaista sekä rakentamismääräyskokoelman osasta C1. Ympäristömelun raja-arvot on esitetty Valtioneuvoston päätöksessä 993/1992. Haluttaessa voidaan suunnitella paremman ääneneristyksen omaavia rakennuksia, jolloin kannattaa soveltaa rakennusten akustisia luokituksia standardin SFS 5907 mukaisesti. Akustisista luokituksista kerrotaan tarkemmin luvussa 5.3 rakennusten akustinen luokitus.

Ympäristöministeriön meluntorjunnan valtakunnallisessa linjauksessa vuonna 2004 ilmoitettiin ympäristömelun vähentämisestä. Tavoitteena on 2020 vuoteen

mennessä vähentää päiväajan yli 55 dB melualueilla altistuvien määrää 20 prosenttia 2003 vuoteen verrattuna. Tämä tarkoittaa, että vuonna 2020 asuu melualueilla enintään 800 000 asukasta. Tieliikenteen aiheuttamilla melualueilla asuu enintään 750 000 asukasta sekä raideliikenteen ja siviili-ilmailun aiheuttamilla melualueilla 47 000 asukasta. (Ympäristöministeriö 2004, 10.)

5.1 Ympäristönsuojelulaki 527/2014

Ympäristönsuojelulaki velvoittaa tavoiteltavan kaikessa toiminnassa sellaista ääniympäristön laatua, jossa haitallisesta tai vaarallisesta melusta ei esiinny terveyshaittaa, haittaa luonnolle ja sen toiminnoille, luonnonvarojen käyttämisen estymistä, ympäristön yleisen viihtyisyyden vähentymistä, ympäristön yleiseen virkistyskäyttöön soveltuvuuden vähentymistä, vahinkoa tai haittaa omaisuudelle tai muu näihin rinnastettava yleisen tai yksityisen edun loukkaus. Valtioneuvoston asetuksella säädetään ympäristönladunvaatimukset ja -tavoitteet. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, 142 §.)

5.2 Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999

Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan alueiden käytön suunnittelun tavoitteena on edistää turvallisen, terveellisen sekä viihtyisän elin- ja toimintaympäristön luomista (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999, 5 §). Kaavan tulee perustua arvioivaan suunnitteluun sekä sen edellyttämiin tutkimuksiin ja selvityksiin. Kaavaa laadittaessa on selvitettävä vaihtoehtojen toteuttamisen ympäristövaikutukset (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999, 9 §).

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus ja sen oleskelu- ja piha-alueet niiden käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla suunnitellaan ja rakennetaan siten, että rakennuksen sekä rakennuspaikan piha- ja oleskelualueiden melu- ja ääniolosuhteet eivät vaaranna terveyttä, lepoa tai työntekeä. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999, 117 f §.)

5.3 Suomen rakentamismääräyskokoelma C1

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa sanotaan ääneneristyksen ja melun-
torjunnan kannalta seuraavasti:

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että melu, jolle rakennuksessa tai sen lähellä olevat altistuvat, pysyy niin alhaisena, ettei se vaaranna näiden henkilöiden terveyttä ja että se antaa mahdollisuuden nukkua, levätä ja työskennellä riittävän hyvissä olosuhteissa. (C1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 1998, 3.)

Rakentamismääräyskokoelman määräykset uudistuvat 2018 mennessä. Määräykset uudistuvat vuonna 2013 tulleen maankäyttö- ja rakennuslain muutoksen (958/2012) mukaisesti. Vanhoista numerokirjainyhdistelmistä luovutaan ja asetusten rakenne tulee vastaamaan normaalia asetusta. Aiempia määräyksiä ja ohjeita voidaan siirtymäajan puutteissa soveltaa, kunnes uudet säännökset on annettu. Uudet määräykset ja ohjeet julkaistaan Suomen säädöskokoelmassa (Finlex). (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2016; Lehto 2016.)

5.4 Rakennusten akustinen luokitus

Suomen standardisoimisliiton standardi SFS 5907 Rakennusten akustinen luokitus ei ole määräys vaan suositus. Sen käyttö on vapaaehtoista ja tarkoitettu opastavaksi asiakirjaksi. (SFS 5907 2004, 2.)

Standardin tarkoituksena on tukea suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden työtä täydentämällä Suomen rakentamismääräyskokoelmassa annettuja määräyksiä ja ohjeita. Rakennukset on jaettu akustisiin luokkiin A, B, C ja D, joista luokka A on vaativin ja D lievin. Rakennuksen ulkopuolisen äänilähteen aiheuttamat melutasot luokassa C vastaavat toimistoja lukuun ottamatta valtioneuvoston päätöksen 993/1992 ohjearvoja. Akustinen luokka D koskee vain olemassa olevia vanhoja rakennuksia. (SFS 5907 2004, 2.)

Sisäilmastoluokituksessa S1 ääniolosuhteiden osalta tavoitetasona on rakennusten akustinen luokitus B. Sisäilmastoluokituksessa S2 pyritään vähintään rakennusten akustiseen luokitukseen C. Tilan akustinen luokka valitaan tilakohtaisesti. Tilakohtaisesti voidaan valita tavoitteita myös muista luokista. (Sisäilmastoluokitus 2008, 5.)

Melualueelle rakennettaessa ulkopuolisen melulähteen vaikutus sisäpuoliseen äänitasoon otetaan huomioon asemakaavamääräyksellä, joka perustuu valtioneuvoston päätökseen 993/1992. Asemakaavamääräys koskee rakennuksen ulkokuoren ääneneristystä. Jos halutaan rakentaa melualueelle A tai B luokan asuinrakennus, melulähteen aiheuttaman äänitason pitää olla valtioneuvoston päätöstä alhaisempi. Tämä otetaan huomioon mitoittamalla ulkokuori kaavamääräystä korkeamman äänitasoeron mukaan taulukon 3 mukaisesti. Taulukossa 4 on esitetty asuinhuoneissa ja oleskelualueilla ulkopuolisen äänilähteen aiheuttamat äänitasojen enimmäisarvot eri luokissa. (SFS 5907 2004, 9 ja 32.)

Tila	Luokka A	Luokka B	Luokka C	Luokka D
Asuinhuoneissa	Kaavamääräys +10 dB	Kaavamääräys +5 dB	Kaavamääräys	Kaavamääräys

Taulukko 3. Rakennuksen ulkokuoren suunnittelukriteeri melualueilla eri luokissa (SFS 5907 2004, 32)

Tila	Vaatus	Luokka A	Luokka B	Luokka C	Luokka D
Asuinhuoneissa	$L_{Aeq} (7-22)$	25 dB	30 dB	35 dB	35 dB
	$L_{Aeq} (22-7)$	20 dB	25 dB	30 dB	30 dB
Oleskelualueilla ulkona	$L_{Aeq} (7-22)$	55 dB	55 dB	55 dB	55 dB
	$L_{Aeq} (22-7)$	50 dB	50 dB	50 dB	50 dB

Taulukko 4. Äänitasojen enimmäisarvot asuinhuoneissa ja oleskelualueilla (SFS 5907 2004, 9)

5.5 Valtioneuvoston päätöksen ohjeet

Valtioneuvosto on päättänyt melutason ohjeista (VnP 993/1992) lokakuussa 1992. Päätöksellä halutaan ehkäistä meluhaittoja ja turvata ympäristön viihteyttä. Taulukoissa 5 ja 6 on esitetty melutason ohjeet A-painotettuna ekvivalenttimelutasona ($L_{A,eq}$) ulkona ja sisällä. Päätöstä ei sovelleta ampuma- ja moottoriurheiluratojen aiheuttamaan meluun. (Valtioneuvosto 1992.)

Ulkona	Päivällä (klo 7-22)	Yöllä (klo 22-7)
Asumiseen käytettävillä alueilla, virkistysalueilla taajamissa ja taajamien välittömässä läheisyydessä sekä hoito- tai oppilaitoksia palvelevilla alueilla	55 dB	50 dB
Uusilla asumiseen käytettävillä alueilla, virkistysalueilla taajamissa ja taajamien välittömässä läheisyydessä hoitolaitoksia palvelevilla alueilla	50 dB	45 dB
Oppilaitoksia palvelevilla alueilla	50 dB	-
Loma-asumiseen käytettävillä alueilla, leirintäalueilla, taajamien ulkopuolella olevilla virkistysalueilla ja luonnonsuojelualueilla	45 dB	40 dB

Taulukko 5. Melutason ohjearvot ($L_{A,eq}$) ulkona (Valtioneuvosto 1992)

Sisällä (ulkoa kantautuva melu)	Päivällä (klo 7-22)	Yöllä (klo 22-7)
Asuin-, potilas- ja majoitushuoneet	35 dB	30 dB
Opetus- ja kokoontumistiloissa	35 dB	-
Liike- ja toimistohuoneissa	45 dB	-

Taulukko 6. Melutason ohjearvot ($L_{A,eq}$) sisällä (Valtioneuvosto 1992)

Ampumaratojen aiheuttamien meluhaittojen ehkäisemiseksi ja ympäristön viihtyisyyden turvaamiseksi, valtioneuvosto on päättänyt melutason ohjearvoista ampumaradoilla (VnP 53/1997) helmikuussa 1997. Ohessa taulukko 7, jossa on sallitut melutasot eri alueilla. Taulukon 7 melutasot ovat A-painotettuna enimmäistasona impulssiaikavakiolla ($L_{A,Imax}$) määritettyjä arvoja. (Valtioneuvosto 1997.)

	Melutaso
Asumiseen käytettävät alueet	65 dB
Oppilaitoksia palvelevat alueet	65 dB
Virkistysalueet taajamissa tai taajamien välittömässä läheisyydessä	60 dB
Hoitolaitoksia palvelevat alueet	60 dB
Loma-asumiseen käytettävät alueet	60 dB
Luonnonsuojelualueet	60 dB

Taulukko 7. Ampumaradan aiheuttamien melutasojen ohjearvot ($L_{A,Imax}$) (Valtioneuvosto 1997)

5.6 Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat melulle on esitetty taulukossa 8 keskiäänitasona ($L_{A,eq}$).

Huoneisto ja huonetila	Päivällä (klo 7-22)	Yöllä (klo 22-7)
Asuinhuoneistot, palvelutalot, vanhainkodit, lasten päivähoitopaikat ja vastaavat tilat		
asuinhuoneet ja oleskelutilat	35 dB	30 dB
muut tilat ja keittiö	40 dB	40 dB
Kokoontumis- ja opetushuoneistot		
huonetila, jossa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänenvahvistuslaitteiden käyttöä	35 dB	-
muut kokoontumistilat	40 dB	-
Työhuoneistot (asiakkaiden kannalta)		
asiakkaiden vastaanottotilat ja toimistohuoneet	45 dB	-

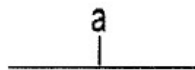
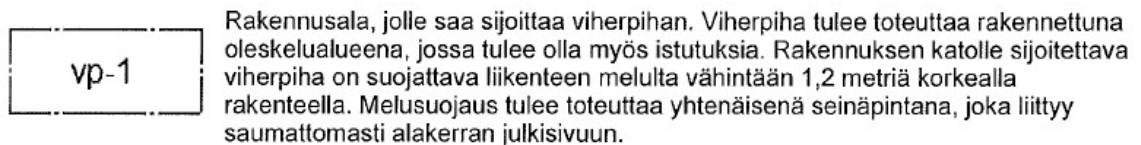
Taulukko 8. Asumisterveysasetuksen päivä- ja yöajan toimenpiderajat ($L_{A,eq}$) (Sosiaali- ja terveysministeriö 2015)

5.7 Kaavamääräykset

Maakuntakaavalla ja yleiskaavalla voidaan parhaiten vaikuttaa ennaltaehkäisevään meluntorjuntaan. Niitä laadittaessa voidaan vaikuttaa hiljaisuutta edellyttävien ja melua tuottavien alueiden erottamiseen toisistaan. Tehokkaita meluntorjuntakeinoja asuntoalueella ovat esimerkiksi liikenneympyrän, hidasteiden ja mutkien suunnittelu kokoojakaduille tai suunnitella asuntoalue niin, ettei läpiajon mahdollisuutta ole. (Kylliäinen 2006, 186.)

Asemakaavassa esitetään yksityiskohtaisesti meluntorjuntatoimenpiteet melulähteiden läheisyydessä sijaitseville alueille. Meluselvitys on tehtävä asemakaavoitusta varten. Meluselvityksestä käy ilmi melulähteen ja meluntorjuntaratkaisujen vaikutus melun leviämiseen. Asemakaavassa esitetään melusteiden sijainti

ja korkeus sekä parvekelasitusten tarve. Asemakaavassa määritellään myös rakennuksen ulkokuorelta vaadittava ääneneristys, rakennuksen sijainti ja muoto tontilla. Kaavamerkinnällä annetaan julkisivun ääneneristävyttä koskeva vaatimus tie- tai raideliikenteen melua vastaan. Kuvassa 2 on esitetty esimerkkejä asemakaavamerkinnöistä. Pihalla sijaitsevien oleskelualueiden sijoituksella voidaan asemakaavassa vaikuttaa niiden melutasoon. Rakennuslupavaiheessa valvotaan asemakaavan meluntorjuntaratkaisujen toteutumista. (Kylliäinen 2006, 177-178; Ympäristöministeriö 2003b, 9.)



Raja, johon on rakennettava 2 m korkea kiinteä meluaita.

YLEISET MÄÄRÄYKSET

Parvekkeiden melutaso ei saa ylittää VnP 993/92 melutason ohjearvoja.

Parvekkeiden tulee olla kaikilla julkisivuilla lasitettuja.

AK-, AL ja K-8 kortteleissa asuinrakennusten kadun puoleisilla sivuilla rakennuksen ulkoseinien, ikkunoiden ja ilmanvaihtauukkojen sekä muiden rakenteiden ääneneristävyden liikennemelua vastaan on oltava vähintään 35 dBA.

Kuva 2. Asemakaavamerkintäesimerkkejä (Asemakaava)

6 Meluntorjunta

Meluntorjunnan lähtökohtana on estää melun eteneminen niin, että se ei aiheuta ihmiselle terveydellistä haittaa. Meluntorjunnalla pyritään hyvään tai ainakin siedettävään ääniympäristöön. Meluntorjunnassa ja sen raja-arvojen asettamisessa on syytä ottaa huomioon melulähteen ominaisuudet ja altistustilanne. Erilaisten melujen herkkyys ihmiselle voi vaihdella jopa 20 dB ($L_{A,eq}$). Melun luonne ja taso vaihtelevat suuresti riippuen melun lähteestä. (Björk 1997, 192.)

6.1 Torjuntatoimenpiteet

Meluntorjuntatoimenpiteet voidaan jakaa kahteen osaan, tekniset ja hallinnolliset. Teknisistä toimenpiteistä tehokkain on melumäärän pienentäminen melulähdettä muuttaen esim. suunnittelemalla kone uudestaan tai käyttämällä äänenvaimentimia, tärinäeristimiä ja kotelointia. Melua voidaan torjua vaikuttamalla sen leviämiseen lisäämällä melulähteen ja kohteen välimatkaa. Melun leviämistä torjutaan

myös meluvallilla ja seinillä. Meluntorjuntatyön perusvaihtoehto on kohteen suojaaminen, joka tehdään lähinnä ääneneristystä parantamalla. (Björk 1997, 193.)

Melun ollessa lähes mahdotonta torjua käytetään henkilökohtaisia suojaimia kuten kuulosuojaimia. Altistumisaikaa voidaan säädellä esimerkiksi rajoittamalla melulähteiden toiminta-aikaa ja työkierrolla. Meluntorjunnan erilaisia keinoja tuuleekin käyttää samanaikaisesti, jotta löydetään käytännöllinen ja taloudellinen ratkaisu. (Björk 1997, 193-194.)

Teknisiä meluntorjuntakeinoja säädellään hallinnollisilla keinoilla. Hallinnolliset keinot sisältävät lakeja ja alempiarvoisia säädöksiä. Melun vaikutuksen vaarallisuuden rajat määrittelevät melunormit. Erilaisille melulähteille, kuten lentokoneille, työkoneille ja autoille, on annettu spesifioidut päästönormit. Erilaiset ympäristöt otetaan huomioon melutasoja käsittelevissä ohjearvoissa. Normit ja ohjearvot tulisi olla käytännön syistä yksiselitteisiä, täsmällisiä, selkeitä ja mahdollisia toteuttaa. (Björk 1997, 194-195.)

6.2 Teknisiä toimenpiteitä

Kuten yllä luvussa 6.1 mainittiin, teknisiin toimenpiteisiin kuuluu melumäärän pienentäminen melulähdettä muuttamalla, leviämiseen vaikuttamalla, erilaisilla melua torjuvilla rakenteilla, kuten meluvallit ja seinät, sekä erilaisia henkilökohtaisia suojaimia käyttämällä kuin myös altistumisaikaan vaikuttamalla. Tässä luvussa perehdytään tarkemmin melun torjunnan teknisistä toimenpiteistä erilaisiin seinärakenteisiin, parvekelasitukseen, meluesteisiin ja rakennettuun ympäristöön.

6.2.1 Seinärakenteet

Yksinkertaisten rakenteiden ilmaääneneristävyyden tärkein ominaisuus on massa. Rakenteen ilmaääneneristävyys massalain perusteella paranee 6 dB, kun rakenteen massa kaksinkertaistuu. Massaa voidaan lisätä valitsemalla isomman tiheyden omaavia materiaaleja tai paksuntamalla rakennetta. Kuitenkaan rakenteen liiallinen paksuntaminen ei ole kannattavaa. Tällöin kaksinkertaisten rakenteiden käyttäminen on käytännöllisempää ilmaääneneristävyyden parantamisen kannalta. (Ympäristöministeriö 2003a, 19.)

Kaksinkertainen seinärakenne muodostuu kahdesta seinästä, jotka ovat erillään toisistaan ja joiden välissä on ilmarako. Ääni aiheuttaa ensiksi toisen puoliskon värähtelyn, josta värähtely siirtyy ilmatilan välittämänä toiseen puoliskoon. Ilmaraon vaimennuskykyä voi lisätä esimerkiksi mineraalivillalla. (Björk 1997, 94.) Huokoisissa materiaaleissa kuten mineraalivillassa akustinen energia muuttuu kitkan vaikutuksesta lämmöksi (Björk 1997, 78). Ilmaääneneristävyttä saa parannettua myös tekemällä seinäpuoliskot eri paksuisiksi. Seinän puoliskojen paksuusero tulisi olla vähintään kaksinkertainen (Björk 1997, 102.)

Kerroksellisuutta saadaan lisää, jos julkisivumateriaali otetaan irti seinästä tai verhoillaan jo olemassa oleva rakenne. Koolauksesta aiheutuvan ilmaraon täyttäminen absorptiomateriaalilla seinän ja verhouksen välissä parantaa seinän ilmaääneneristävyttä. Verhousmateriaaleiksi sopivat hyvin kaikenlaiset levyt kuten kipsilevyt ja puukuitulevyt. (Björk 1997, 103.)

Seinärakenteen kokonaisilmaääneneristävyteen vaikuttavat seinässä sijaitsevat ikkunat, ovet ja muut läpiviennit, kuten ilmanvaihdon tuloilmaputki. Ilmaääneneristävyys ulkovaipassa määräytyy yleensä rakenteen heikoimman osan mukaan. Seinän ilmaääneneristävyys on yleensä parempi kuin ikkunoilla ja ovilla, jolloin ne määräävät seinän ilmaääneneristävyden. Ikkunoille ja oville saadaan hyvä ilmaääneneristävyys, kun ne tilataan suoraan tehtaalta tarvittavan eristävyyden omaavina ja huolehditaan asennuksessa tarpeen mukaisesta tiivyydestä. Korvausilmakanavia saadaan äänenvaimennuksella varustettuna, jotka auttavat ääneneristyksessä. (Tiihinen & Hänninen 1997, 66-68.)

Suunnittelussa voidaan vaikuttaa huoneiden melutasoon sijoittamalla herkimät huoneet kuten makuuhuone talon hiljaisemmalle puolelle. Porraskäytävän sijoittaminen melun puolelle vähentää taas melua koko huoneistossa. (Tiihinen & Hänninen 1997, 66.)

6.2.2 Parvekelasitukset

Parvekkeiden lasitus parantaa julkisivun ilmaääneneristystä liikennemelua vastaan jopa 10 dB, jos kaikki ikkunat jäävät lasituksen taakse. Tällöin parvekkeiden lasitukset ovat hyvä meluntorjuntakeino kerrostalossa (Tiihinen & Hänninen

1997, 68). Parvekkeiden lasitus pienentää myös parvekkeella vallitsevaa melutasoa huomattavasti. Parvekkeet katsotaan tavallisesti kuuluvan oleskelualueisiin, joiden äänitaso ei saa ylittää VnP 993/1992 ohjearvoja. Lasitusten ollessa avattavat niiden meluntorjuntakyky ei ole yhtä hyvä kuin umpinaisella lasituksella. Tiivisteiden asentaminen lasien rakoihin parantaa ilmasteneristävyyttä avattavissa laseissa. Paras ratkaisu parvekkeiden ilmasteneristävyyteen on, ettei niitä sijoiteta julkisivuille, joilla meluntorjuntatarve on suuri. (RIL 2007, 141.)

6.2.3 Meluesteet

Meluesteen tehtävänä on vähentää suojattavan kohteen melutasoa. Meluesteitä käytetään usein ulkoalueiden suojaamiseen, mutta myös vilkasliikenteisen tien varrella olevien rakennusten suojaamiseen. Korkeiden kerrostalojen ylimpien kerrosten melutasoon ei melueste vaikuta ollenkaan vaan lähinnä alimpien kerrosten ja sisäpihan melutasoon. Meluesteenä voi toimia meluvalli, -aita tai -kaide.

Meluvalli tehdään yleensä tien viereen maa-ainesta kasaamalla. Näin tehtyjä meluvallia voidaan kaunistaa maisemoinnilla käyttäen erilaisia istutuksia tai kasvilisuutta. Kuvassa 3 on esitetty esimerkki meluvallista.



Kuva 2. Meluvalli (Eg-trading Oy)

Meluaita voidaan tehdä esimerkiksi betonista, puusta, tiilestä, harkosta, metallikaseteista tai rakennuslevyistä. Rakenteeltaan meluidan tulee olla tiivis eli ääntä eristävä. Meluidan pinnoittaminen tien puolelta absorboivalla materiaalilla vähentää heijastuvan äänen määrää. Kuvassa 4 on esitetty esimerkki meluidasta.



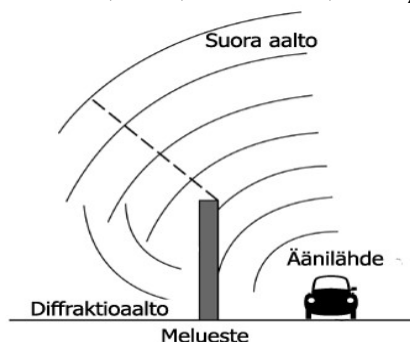
Kuva 3. Meluaita (Rautio)

Melukaide on matala meluaita ajoradan vieressä. Melukaiteella voidaan vaikuttaa lähinnä vain rengasmelusta aiheutuvan meluhaitan vähentämiseen. Kuvassa 5 on esitetty esimerkki melukaiteesta.

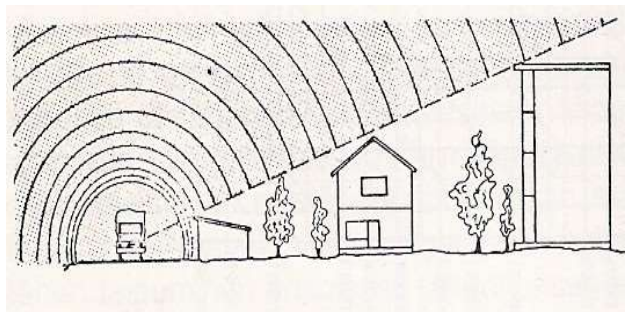


Kuva 5. Betoninen melukaide (Kuhmon Betoni Oy)

Meluste on tehokkaimmillaan, kun se sijoitetaan mahdollisimman lähelle melulähdettä. Melusteen korkeus vaikuttaa huomattavasti sen tehokkuuteen. Kuvassa 6 on esitetty melusteen vaikutusta ääniaaltoihin. Piharakennukset, autotallit ja jätekatokset voivat myös toimia melusteina kuvan 7 mukaisesti. (Kylliäinen 2006, 188; RIL 2007, 140.)



Kuva 6. Meluste (Liikonen 2013)



Kuva 7. Autotalli melusteenä (Partek 1991, 100)

6.2.4 Rakennettu ympäristö

Meluntorjunnan kannalta on huono ratkaisu sijoittaa rakennukset erilleen toisistaan. Melu etenee heijastumalla viereisten talojen kovien seinäpintojen kautta taloryhmän läpi lähes vaimentumatta. Rakennukset kannattaa sijoittaa tien suuntaisesti vaimentamaan sisäpihoille kantautuvaa tieliikennemelua. Lähekkäin sijoitettujen rakennuksien väliin voidaan rakentaa meluste yhdistämään melulta suojaavat rakennukset. Rakennusten ääneneristävyyteen voidaan näin ollen vaikuttaa niiden sijoittelulla ja muodolla. (Lahti 2003, 105.)

7 Suunnittelu ja meluselvitys

Rakennuksen käyttäjän tilantarve on rakennushankkeessa kaiken suunnittelun lähtökohta. Rakennus suunnitellaan teknisten ja taloudellisten edellytysten sallimissa puitteissa täyttämään käyttäjän tarpeita. Lähtökohtana akustiselle suunnittelulle on rakennuksen ja tilan käyttötarkoitus, joka määrää vaatimukset huoneakustiikalle ja tilan muodolle. Tilaa suunniteltaessa on otettava huomioon myös sen viihtyisyys terveysvaikutusten lisäksi. Tilat tulisi suunnitella tarkoituksenmukaisiksi, terveellisiksi ja viihtyisiksi. (RIL 2007, 9.)

Suunnittelijoilla on uuden rakennuksen suunnitteluvaiheessa todella hyvät mahdollisuudet vaikuttaa vähämeluisen ympäristön luomiseen. Meluntorjunnan vaatimat ratkaisut kannattaa ottaa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa huomioon suunnitelmissa. Suunnittelussa tulisi pyrkiä huomioimaan myös tulevaisuudessa tapahtuvat muutokset kuten tilojen muokkaukset ja laajennukset. (Partek 1991, 90.)

Meluselvitys

Meluselvityksen tarkoituksena on selvittää meluntorjuntaan ryhtymisen tarve. Suositeltava tapa meluselvityksen tekoon on käyttää laskentamalleja. Ympäristölupamenettelyn ja kaavoituksen suunnittelun yhteydessä käytetään yleensä laskentamalleja. Meluselvityksiä voidaan tehdä myös mittaamalla, kuten määrittämällä olemassa olevien melulähteiden melutaso. (Lahti 2003, 66; Tiihinen & Hänninen 1997, 47.)

Asemakaavoitusta varten on tehtävä meluselvitys, josta käy ilmi melun leviämisen melulähteestä ja meluntorjuntaratkaisujen vaikutus melun leviämiseen. Kunnat laativat meluselvityksiä asemakaavoitusta varten joko itse tai teettävät niitä alan konsulteilla. Rakennusliikkeet tarvitsevat usein meluselvityksiä omistamiensa toimisto-, liike- tai teollisuusrakennusalueiden muuttamisessa asuinrakennusalueeksi. Tällöin on tarkoituksena tutkia meluselvityksessä millaisia meluntorjuntatoimenpiteitä asuinrakentaminen tontille edellyttää. Meluselvitys kannattaa tehdä melualueelle rakennettaessa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta suunnittelussa voidaan varautua oikealla tavalla meluntorjuntaan. Rakennusten paikkojen suunnittelussa huomioidaan rakennusten meluesteenä toimiminen piha-alueille ja niiden ulkokuorelle asetettavien vaatimusten kohtuullisuus. (Kylliäinen 2006, 178.)

Meluselvitykset asemakaavaa varten perustuvat lähes poikkeuksetta melumallinnukseen, jotka tehdään melumallinnusohjelmistoilla. Ympäristömelun laskentaa varten on kehitetty melulähteittäin omat laskentamallit (Björk 1997, 71). Tie-, raide- ja lentoliikenteen aiheuttamaa melua voidaan mallinnuksen avulla arvioida laskennallisesti, kunhan tiedetään liikennemäärä, liikennöivä kalusto ja ajonopeus. Laskentamalleilla lasketaan melusta aiheutuva keskiäänitaso tarkastelupisteissä, joista muodostetaan koko tarkasteltavan alueen melukartta. Melukarttojen tarkastelupisteiden laskenta olisi käsin tehtynä todella haastavaa, siksi ne laaditaan lähes poikkeuksetta tietokoneohjelmistoilla. Ohjelmistot laskevat kolmiulotteisten maastomallien perusteella melukartan, jossa huomioidaan maastonmuodot, liikennemäärät, rakennusten sijainnit ja korkeudet. (Kylliäinen 2006, 184-185.)

8 Esimerkkikohde ja tehdyt mittaukset

Esimerkkikohde on rakenteilla oleva 6-kerroksinen kerrostalo, joka sijaitsee kaupungin keskustassa. Rakennus on asuinpalvelutalo, jonka ensimmäisessä kerroksessa on liiketiloja sekä asumista palvelevia toimintoja. Ylemmissä kerroksissa on palveluasumisen huoneistoja. Kohteen kahdella sivulla on vilkkaasti lii-

kennöidyt kadut, joissa kulkee jonkin verran myös raskasta liikennettä. Kerrostalon matalammalla osuudella (1-kerros) on kattoterassi, joka kuuluu oleskelualueisiin parvekkeiden ja piha-alueen kanssa.

Mittauksilla selvitetään, voiko oleskelualueille tehdä kevyempiä äänenvaimennusratkaisuja kuin mitä meluselvityksessä on esitetty. Rakennusvalvonta vaatii mittauksilla todennettavan äänenpainetasot, jos tehdään muita kuin meluselvityksessä esitettyjä ratkaisuja. Mittaukset sijoittuivat nyt kattoterassille ja malliparvekkeelle. Piha-alueella tehdään mittauksia myöhemmin, kun muu ympäristö on saatu valmiimmaksi.

8.1 Kohteen ympäristömeluvaatimukset

Kohteen kaavamääräyksessä ja rakennusluvassa on määritelty vaatimukset ympäristömelulle. Kaavamääräyksessä on määritelty seuraavat asiat:

- Kattoterassille tulee rakentaa vähintään 1,2 metrin korkuinen rakenne suojaamaan aluetta liikennemelulta.
- Parvekkeiden tulee olla lasitettuja kaikilla julkisivuilla eikä parvekkeiden melutaso saa ylittää VnP 993/92 ohjearvoja.
- Kadun puoleisilla sivuilla rakennuksen ikkunoiden, ilmanvaihtoaukkojen, ulkoseinien ja muiden rakenteiden ilmaääneneristävyyden liikennemelua vastaan on oltava vähintään 35 dBA.
- Alueelle tulee varata liikennemelulta suojattu oleskelu- ja leikkipiha siten, että melutaso ei ylitä VnP 993/1992 ohjearvoja.

Rakennusluvassa on määritelty, että parvekkeiden, oleskelu- ja piha-alueiden melutaso ei saa ylittää VnP 993/92 ohjearvoja. Kohteen kattoterassi luetaan oleskelualueisiin, joten siellä noudatetaan oleskelualueen vaatimuksia. Luvussa 5.4 on kerrottu tarkemmin VnP 993/1992 ohjearvoista.

8.2 Kohteen rakenteet

Kohteen runko on kantavat seinät ja paikallavalettu pohja -runkotyyppi, joka koostuu teräsbetonielementeistä ja paikallavaletusta betonirakenteesta. Kohteen ulkoseinät on tehty betonielementeistä, joissa julkisivumateriaalina on tiililaatta. Betonielementin paksuus on 475 mm, jossa sisäkuori on 150 mm, eristekerros

240 mm ja ulkokuori 85 mm. Seinien ilmaääneneristävyys on hyvä, joten ikkunat ja ovet ovat määräävämpiä seinän kokonaisilmaääneneristävydessä. Katujen puoleisilla seinillä ovien ilmaääneneristävyys on 38 dB ja ikkunoiden 42 dB. Kaikille parvekkeille on määrätty parvekelasitukset, joiden tarkemmat tiedot on esitetty kohteen teknisissä ratkaisuissa.

8.3 Suoritetut mittaukset

Tilaaaja halusi selvittää, päästäänkö valtioneuvoston päätöksen VnP 993/1992 ohjearvoihin esimerkkikohteen oleskelualueilla. Kattoterassin mittauksilla selvitettiin mahdollisen meluseinämän tarve. Tilaaaja oli tehnyt kohteen malliparvekkeelle lasitukset, ja niiden toimivuus varmennettiin mittauksilla. Malliparvekkeeksi on valittu lähimpänä melulähdettä oleva parveke, jotta saadaan testattua parvekelasituksen toimivuus kriittisimmässä paikassa.

Kohteen mittaukset suorittaa Saimaan ammattikorkeakoulun tekniikan laboratorio, joka tarjoaa standardien mukaisia ympäristömelumittauspalveluja. Mittauksissa olin mukana auttamassa laboratorion henkilökuntaa.

Mittaukset joissa, olin mukana, suoritettiin 14.2.2017–22.2.2017 välisenä aikana esimerkkikohteen malliparvekkeella ja kattoterassilla. Mittalaitteiden kalibrointi umpeutui kesken mittauksen, joten mittalaitteet jouduttiin lähettämään kalibroitavaksi mittauksen välissä. Mittalaitteiden kalibroinnin vuoksi loput mittaukset joudutaan jättämään tämän opinnäytetyön ulkopuolelle. Kuvassa 8 on käynnissä kattoterassin äänitasomittaus ja kuvassa 9 malliparvekkeen äänitasomittaus.



Kuva 8. Mittaus kattoterassilla



Kuva 9. Mittaus malliparvekkeella

Mittauksissa käytettiin puolentoista metrin korkuisia jalustoja, koska käsivaraisesti mittauksia ei kannata suorittaa. Mittareissa käytettiin tuulisuojaa jokaisessa mittauksessa. Ennen jokaista mittausta mittalaitteiden tarkkuus tarkastettiin kenttäkalibrointilaitteella.

Äänitasomittauksia suoritettiin kahdella äänitasomittarilla 9 kpl päiväaikana (7–22) ja 6 kpl yöaikana (22–7). Mittauksien määrään vaikutti mitattavan alueen koko. Parvekkeella tehtiin vähemmän mittauksia, koska se oli paljon pienempi ja tulokset olivat selvempiä. Mittausten lopullinen määrä päätettiin tuloksien perusteella, jotta saadaan mahdollisimman luotettavat ja edustavat tulokset. Mittauksien kestot vaihtelivat 20–60 minuutin välillä olosuhteiden mukaan.

Mittauksien aikana kerättiin tietoa sääolosuhteista ja mittaukseen vaikuttavista tekijöistä, kuten ylimääräisistä melunlähteistä. Sää tiedot katsottiin lentokentän sääasemasta, joka päätettiin luotettavimmaksi vaihtoehdoksi. Mittauksissa tieliikennemelu oli määräävin melunlähde kadun sijaitessa aivan mittauspisteiden vieressä. Kadulla kulkee pääasiassa henkilö- ja pakettiautoja mutta myös jonkin verran raskasta liikennettä.

Mittauksissa käytetyt laitteet

Mittauksissa käytetyt mittauslaitteet ovat Norsonic Nor 118 kuvassa 10 vasemalla ja Norsonic Nor 140 kuvassa 10 oikealla. Mittauksissa käytetyt mittauslaitteet kuuluvat tarkkuusluokkaan 1 ja ovat integroivia äänitasomittareita.



Kuva 10. Mittalaitteet

Mittauslaitteet kalibroidiin ennen mittausta kuvassa 11 olevalla kenttäkalibrointi-laitteella Norsonic N-1251, joka soveltuu tarkkuusluokan 1 mittalaitteiden kalib-rointiin. Kenttäkalibroinnissa kalibrointilaite asennetaan mikrofoniin päähän, jol-loin se antaa tasaista 114 dB ääntä 1000 Hz taajuudella. Käytettyjen mittalaittei-den tarkkuus on $\pm 0,2$ dB. Mittalaitteet täytyy kalibroida kahden vuoden välein val-mistajan hyväksymässä paikassa.



Kuva 11. Kenttäkalibrointilaite

8.4 Mittaustulokset

Taulukossa 9 on esitetty ajankohdan mukaan mittaustulokset 14.2.2017–22.2.2017 aikavälillä tehdyistä mittauksista. Mittauksia suoritettiin samaan aikaan kahdella äänitasomittarilla 9 kpl päiväaikana (7–22) ja 6 kpl yöaikana (22–7).

Mittaustuloksiin vaikuttivat monenlaiset tekijät, kuten päihtyneet nuoret, laatoitus-työt, viereisen talon lämmityspuhallin ja ohi ajavasta autosta kantautuva kovalla oleva musiikki. Mittaustulokset edustavat mittaushetkellä vallitsevaa tilannetta ja vuodenaikaa. Taulukon 9 tulokset ovat A-painotettuja keskiäänitasoja (L_{Aeq}). Alleviivatut tulokset eivät täyttäneet VnP 993/1992 ohjearvoja.

Mittauksen ajankohta	Kesto	Kattoterassi Päivä 7-22 (L_{Aeq}) <55 dB	Kattoterassi Yö 22-7 (L_{Aeq}) <50 dB	Malliparveke Päivä 7-22 (L_{Aeq}) <55 dB	Malliparveke Yö 22-7 (L_{Aeq}) <50 dB
14.02.2017 16:55-17:35	40 min	<u>56,9 dB</u> <u>56,6 dB</u>	-	-	-
15.02.2017 23:17-23:57	40 min	-	<u>52,1 dB</u> <u>51,5 dB</u>	-	-
16.02.2017 00:07-01:07	60 min	-	<u>51,0 dB</u> 50,0 dB	-	-
16.02.2017 01:14-01:34	20 min	-	-	-	47,8 dB 49,6 dB
16.02.2017 19:05-20:05	60 min	-	-	53,7 dB 53,4 dB	-
16.02.2017 20:10-20:40	30 min	-	-	53,7 dB 53,9 dB	-
16.02.2017 20:47-21:17	30 min	53,4 dB 53,4 dB	-	-	-
20.02.2017 15:45-16:15	30 min	<u>55,9 dB</u>	-	<u>56,6 dB</u>	-
20.02.2017 16:18-16:48	30 min	54,0 dB	-	54,8 dB	-
20.02.2017 16:52-17:37	30 min	53,4 dB	-	53,8 dB	-
20.02.2017 17:45-18:05	20 min	<u>56,8 dB</u>	-	53,5 dB	-
22.02.2017 00:07-00:47	40 min	-	-	-	45,6 dB 45,6 dB
22.02.2017 00:57-01:37	40 min	-	<u>51,0 dB</u> 50,0 dB	-	-
22.02.2017 01:49-02:29	40 min	-	<u>51,0 dB</u> <u>52,3 dB</u>	-	-

Taulukko 9. Mittaustulokset

Tuloksien perusteella nähdään, että nykyinen parvekelasitus täyttää sille asetetut vaatimukset yhtä mittausta lukuun ottamatta. Korkein arvo malliparvekkeelta saatiin pahimpaan ruuhka-aikaan, kun samanaikaisesti huoneistossa tehtiin melua aiheuttavaa laatoitustyötä.

Kattoterassilla 22.2.2017 tehdyissä mittauksissa melun aiheutti rakennustyömaalla oleva lämmitin, joten silloin todellista tilannetta ei saatu mitattua. Tähän mennessä tehtyjen mittauksien perusteella kattoterassi ei täytä vaatimuksia vaan vaatii melua vaimentavan lasikaiteen tai muun vastaavan melua vaimentavan ratkaisun. Mittaustulosten perusteella vaimennuksen pitäisi olla vähintään 2 dBA, jotta kattoterassilla täytyisi annetut VnP 993/1992 ohjearvot. Mittaushetkellä kattoterassilla ei ollut vaimentavaa kaidetta asennettuna.

Tehtyjen meluselvitysten mukaan kattoterassilla vallitsevat äänenpainetasot kadun läheisyydessä ilman lasikaidetta ovat päiväaikaan 60–65 dBA ja yöaikaan 55–60 dBA. Tehtyjen mittausten perusteella äänenpainetasot ovat päiväaikaan 53–57 dBA ja yöaikaan 50–52 dBA. Mittauksilla saadut tulokset ovat pienempiä kuin meluselvitysten tulokset. Ero voi johtua erilaisista liikennemääristä, jotka vaikuttavat olennaisesti tuloksiin.

Tässä työssä esitetyt tulokset ovat vielä keskeneräisiä ja mittaukset jatkuvat työn valmistuttua. Lopullisen raportin esimerkkikohteen mittauksista tilaajalle antaa mittauksista vastaava henkilö.

9 Kohteen tekniset ratkaisut

Parvekelasitukset vähentävät liikennemelua 8–12 dBA riippuen parvekelasitusratkaisusta. Parvekkeiden heikoimmat osat ilmaääneneristävyydessä ovat reiät ja raot. Pientenkin aukkojen vaikutus lasituksen ilmaääneneristävyydessä on merkittävä. Lasien paksuutta muuntamalla ja reikien tiivistämisellä voidaan vaikuttaa lasituksen ilmaääneneristävyyteen. Kaikkia reikiä ei voida kuitenkaan tilkitä, koska parvekkeelle on järjestettävä tuuletus.

Malliparvekkeen lasitusratkaisu on esitetty kuvassa 12. Parvekelasituksen alapuoli on kiinteästi asennettu ja yläpuoli avettava. Lasituksen runko koostuu alumiiniprofileista. Lasit on kiinnitetty alumiinilistoihin lasissa olevien urien ja liiman avulla. Kiinteä suojakaide on laminoitua 4+4 mm lasia. Lasituksen avettava yläpuoli on karkaistua 6 mm lasia. Lasien väliin on asennettu tiivisteet parantamaan ilmajäneneristävyyttä.



Kuva 12. Malliparvekkeen lasitukset

Malliparvekkeen ilmajäneneristävyyttä voidaan vielä parantaa nykyisestä tekemällä seuraavia muutoksia:

- Lisäämällä lasien paksuutta.
- Tekemällä vuorotiivistys kaidelasin ja yläpuolen lasien väliin. Tiiviste asennetaan noin 30 cm pätkissä vuorotellen sisä- ja ulkopuolelle.
- Asentamalla parvekkeen kattoon absorboivaa materiaalia noin 80 % kattopinnasta. Absorboivaksi materiaaliksi käy esimerkiksi Paracem -akustiikkalevy tai Parafon Direct -kivivillalevy. Käytettävän materiaalin paksuus oltava vähintään 50 mm.

Kattoterassille tuleva kaideratkaistu on vielä avoin, kuitenkin terassille tehdään vähintään 1,2 metriä korkea kaide vaimentamaan ympäristömelua. Lopullinen ratkaisu selviää mittausten valmistuttua. Kuvassa 13 on kattoterassi ilman melua vaimentavaa kaidetta. Kaiteen kiinnityspisteet ovat näkyvissä reunoilla, joista pystytään hahmottamaan tulevan kaiteen paikka.



Kuva 13. Kattoterassi

10 Päätelmät

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ympäristömelun hallintaa kerrostalossa ja Skanska talonrakennus Oy:n esimerkkikohteessa. Työn alussa käytiin läpi ympäristömelun lähteitä, vaatimuksia, mittauksia, suunnittelua ja torjuntaa. Tarkoituksena oli perehdyttää lukijalle ympäristömelun perusasiat. Sen jälkeen selvitettiin, kuinka kyseisessä rakennuksessa on ympäristömelu huomioitu. Esimerkkikohteen mittauksilla varmistettiin teknisten ratkaisujen toiminta malliparvekkeella ja kattoterassilla.

Ympäristöministeriön tekemässä Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset ja toimintaohjelma -tutkimuksessa asetetaan ympäristömelun torjuntaan tiukat tavoitteet. Meluntorjunta on haasteellista varsinkin, kun tieliikenne kasvaa koko ajan. Vuoden 2020 tavoitteeseen pääseminen edellyttää massiivisia meluntorjuntasuunnitelmia ja teknisiä ratkaisuja. Taulukosta 1, s. 8, nähdään tehtyjen selvitysten perusteella, että melulle altistuvien määrä ei ole lähtenytkään toivottuun suuntaan. Ympäristömeluun ja sen torjuntaan liittyy useita eri kokonaisuuksia, eikä sen hallinta ole yksiselitteistä.

Suunnittelussa pitää ottaa ympäristömelu tarkkaan huomioon, jos halutaan päästä meluttomaan ja viihtyisään ympäristöön. Olemassa olevan kohteen ratkaisut ympäristömelua vastaan ovat rajatumpia ja näin ollen hieman haastavampia. Kokonaisen olemassa olevan asuinalueen saaminen meluttomaksi ympäristöksi on todella haastavaa. Uusilla asuinalueilla meluton ympäristö on helpompi saavuttaa, koska asuinalueen suunnitteluvaiheessa voidaan vaikuttaa merkittävästi ympäristömelun hallintaan.

Työn lopputuloksena tilaaja saa tietoa ympäristömelusta ja siihen liittyvistä vaatimuksista sekä perehdytysoppaan tuleviin samankaltaisiin kohteisiin. Mittauksista tilaaja saa selville malliparvekkeen ja kattoterassin äänenpainetasot. Mittaukset jatkuvat työn valmistuttua, mutta lopuilla mittauksilla haetaan vain varmuutta mitaustuloksiin. Malliparvekkeella oleva parvekelasitus näyttäisi mittauksien perusteella täyttävän sille annetut vaatimukset. Kattoterassin tekniset ratkaisut jäivät vielä tässä työssä auki aikataulun takia. Mittausten päätyttyä tilaaja saa mittauksista vastaavalta henkilöltä lopullisen raportin mitaustuloksista.

Kuvat

Kuva 1. Mittauksissa käytetyt painotuskäyrät, s. 8 (Partek 1991, 11.)

Kuva 2. Asemakaavamerkintä esimerkkejä, s. 19 (Asemakaava)

Kuva 3. Meluvalli, s. 22 (Eg-trading Oy)

Kuva 4. Meluaita, s. 23 (Rautio)

Kuva 5. Betoninen melukaide, s. 23 (Kuhmon Betoni Oy)

Kuva 6. Melueste, s. 23 (Liikonen 2013)

Kuva 7. Autotalli melueste, s. 23 (Partek 1991, 100)

Kuva 8. Mittaus kattoterassilla, s. 27

Kuva 9. Mittaus malliparvekkeella, s. 28

Kuva 10. Mittalaitteet, s. 29

Kuva 11. Kenttäkalibrointi laite, s. 29

Kuva 12. Malliparvekkeen lasitukset, s. 32

Kuva 13. Kattoterassi, s. 33

Taulukot

Taulukko 1. Erilaisten äänilähteiden äänenpainetasoja dBA, s. 8 (TTK 2016, 43)

Taulukko 2. Melulle altistuminen Suomessa vuosina 1998, 2003 ja 2011, s. joku (Ympäristöministeriö 2013, 30.)

Taulukko 3. Rakennuksen ulkokuoren suunnittelukriteeri melualueilla eri luokissa, s. 16 (SFS 5907 2004, 32.)

Taulukko 4. Äänitasojen enimmäisarvot asuinhuoneissa ja oleskelualueilla, s. 16 (SFS 5907 2004, 9.)

Taulukko 5. Melutason ohjearvot ulkona s. 17 (Valtioneuvosto 1992.)

Taulukko 6. Melutason ohjearvot sisällä, s. 17 (Valtioneuvosto 1992.)

Taulukko 7. Ampumaradan aiheuttamien melutasojen ohjearvot, s. 17 (Valtioneuvosto 1997.)

Taulukko 8. Asumisterveysasetuksen päivä- ja yöajan toimenpiderajat, s. 18 (Sosiaali- ja terveysministeriö 2015)

Taulukko 9. Mittaustulokset, s. 30

Lähteet

Asemakaava. Esimerkkikohteen asemakaavamerkinnot ja -määräykset.

Björk, E. 1997. Meluntorjunta. 3. uudistettu painos. Kuopio: Kuopion yliopisto, Ympäristötieteiden laitos

C1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa. Määräykset ja ohjeet 1998. <http://www.finlex.fi/data/normit/1917/c1.pdf>. Luettu 28.2.2017.

Eg-trading Oy. Kotisivut. Meluvalli. <http://www.eg-trading.fi/content/pilebygg-pajumeluvalli>. Luettu 4.4.2017.

Jauhiainen, T., Vuorinen, H. & Heinonen-Guzejev, M. 2007. Ympäristömelun vaikutukset. Helsinki: Ympäristöministeriö. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38400/SY_3_2007_Ymparistomelun_vaikutukset.pdf. Luettu 4.4.2017.

Kylliäinen, M. 2006. Talonrakentamisen akustiikka. Tampereen teknillisen yliopiston tutkimusraportti 137. Tampere. https://tutcris.tut.fi/portal/files/1673910/kylliainen_talonrakentamisen_akustiikka.pdf. Luettu 7.3.2017.

Kuhmon Betoni Oy. Kotisivut. Referenssit. Meluaidat. <http://www.kuhmonbetoni.fi/referenssit.php?referenssi=5>. Luettu 4.4.2017.

Lahti, T. 2003. Ympäristömelun arviointi ja torjunta. Ympäristöopas 101. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Lehto, P. 2016. Säädosvalmisteluavustaja. Ympäristöministeriö. Sähköposti 2.3.2017.

Liikonen, L. & Leppänen, P. 2005. Altistuminen ympäristömelulle suomessa – Tilannekatsaus 2005 (verkkojulkaisu). Suomen ympäristö 809. Helsinki: Ympäristöministeriö. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40626/SY_809.pdf?sequence=1. Luettu 17.2.2017.

Liikonen 2013. Johdatus ympäristömeluun. Meluntorjunnan perusteet. Pohjois-Savon ELY. http://www.ely-keskus.fi/documents/10191/2073102/Liikonen_Johdatus_ymp%C3%A4rist%C3%B6meluun.pdf. Luettu 5.4.2017.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999.

Partek 1991. Äänikirja. Helsinki: Oy Partek Ab.

Rautio. Kotisivut. Referenssit. Kuullonmäen meluesteet. <http://www.mrautio.fi/nayta-referenssi/referenssit/meluesteet>. Luettu 4.4.2017.

RIL 2007. RIL 243-1-2007. Rakennusten akustinen suunnittelu. Akustiikan perusteet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.

SFS 5907 2004. Rakennusten akustinen luokitus. Suomen standardisoimisliitto SFS.

Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/10946>. Luettu 28.2.2017.

Siikanen, U. 2014. Rakennusfysiikka. Perusteet ja sovelluksia. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Sosiaali- ja terveysministeriö 2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>. Luettu 28.2.2017.

Suomen rakentamismääräyskokoelma 2016. http://www.ym.fi/fi-FI/Maan kaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaaraysko koelma. Luettu 28.2.2017.

Tiihinen, J. & Hänninen, O. 1997. Meluntorjunnan perusteet. Meluntorjunnan koulutusaineisto ja käsikirja. Ympäristöopas 18. Helsinki: Ympäristöministeriö.

TTK 2016. Työturvallisuus työpaikalla. Työkirja. Työturvallisuuskeskus TTK.

Valtioneuvosto 1992. Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista 993/1992. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19920993>. Luettu 15.2.2017.

Valtioneuvosto 1997. Valtioneuvoston päätös ampumaratojen aiheuttaman melutason ohjearvoista 53/1997. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1997/19970053>. Luettu 17.2.2017.

Ympäristöministeriö 1995. Ympäristömelun mittaaminen. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Ympäristöministeriö 2003a. Ääneneristys rakennuksessa. Ympäristöopas 99. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Ympäristöministeriö 2003b. Rakennuksen julkisivun ääneneristävyuden mitoittaminen. Ympäristöopas 108. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Ympäristöministeriö 2004. Suomen ympäristö 696. Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset ja toimintaohjelma. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40452/SY_696.pdf. Luettu 3.3.2017.

Ympäristöministeriö 2013. Valtioneuvoston periaatepäätös meluntorjunnasta työryhmän mietintö. [http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tyoryhma_ymparistomelulle_altistuminen_e\(28333\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tyoryhma_ymparistomelulle_altistuminen_e(28333)). Luettu 15.2.2017.

Ympäristönsuojelulaki 527/2014.

Mittauspöytäkirja

Päivämäärä

20.02.2017

Mittauksen suorittaja: Jon Kaila & Lauri Pellinen

Mittauksen paikka: Kattoterassi ja malliparveke

Mittausaika ja kesto:	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3	Mittaus 4
	15:45-16:15	16:18-16:48	16:52-17:37	17:45-18:05
	Kesto 30 min	Kesto 30 min	Kesto 45 min	Kesto 20 min

Mittauslaitteet:

Mittauslaitteet: Norsonic Nor 140 ja Nor 118

Viimeisin Kalibrointi: 20.02.2015

Kenttäkalibrointilaite: Norsonic N-1251

Mittausmenettely:

Ulkona mittaus

Mikrofonin korkeus: 1,5 m katto- tai lattiapinnasta

Sijaintipiirros: Lopussa

Tiedot maanpinnan laadusta: Tien pinta oli sohjoinen

Mittautulokseen mahdollisesti vaikuttavat tekijät:

- Mittauksissa 1, 2 ja 3 oli sisällä laatoitustyö käynnissä, josta kuului välillä laattojen leikkaamisesta ääntä.
- Terassilla kuului puhetta rakenteilla olevasta naapuritalosta (työmiehiä)

Mittauksen aikana vallitseva sää:

Lämpötila: -2,1 °C

Kosteus: 78 %

Tuulen nopeus: 2 m/s

Tuulen puuska: 3 m/s

Tuulen suunta: Koillistuuli (40°)

Pilvisyys: Pilvistä 8/8

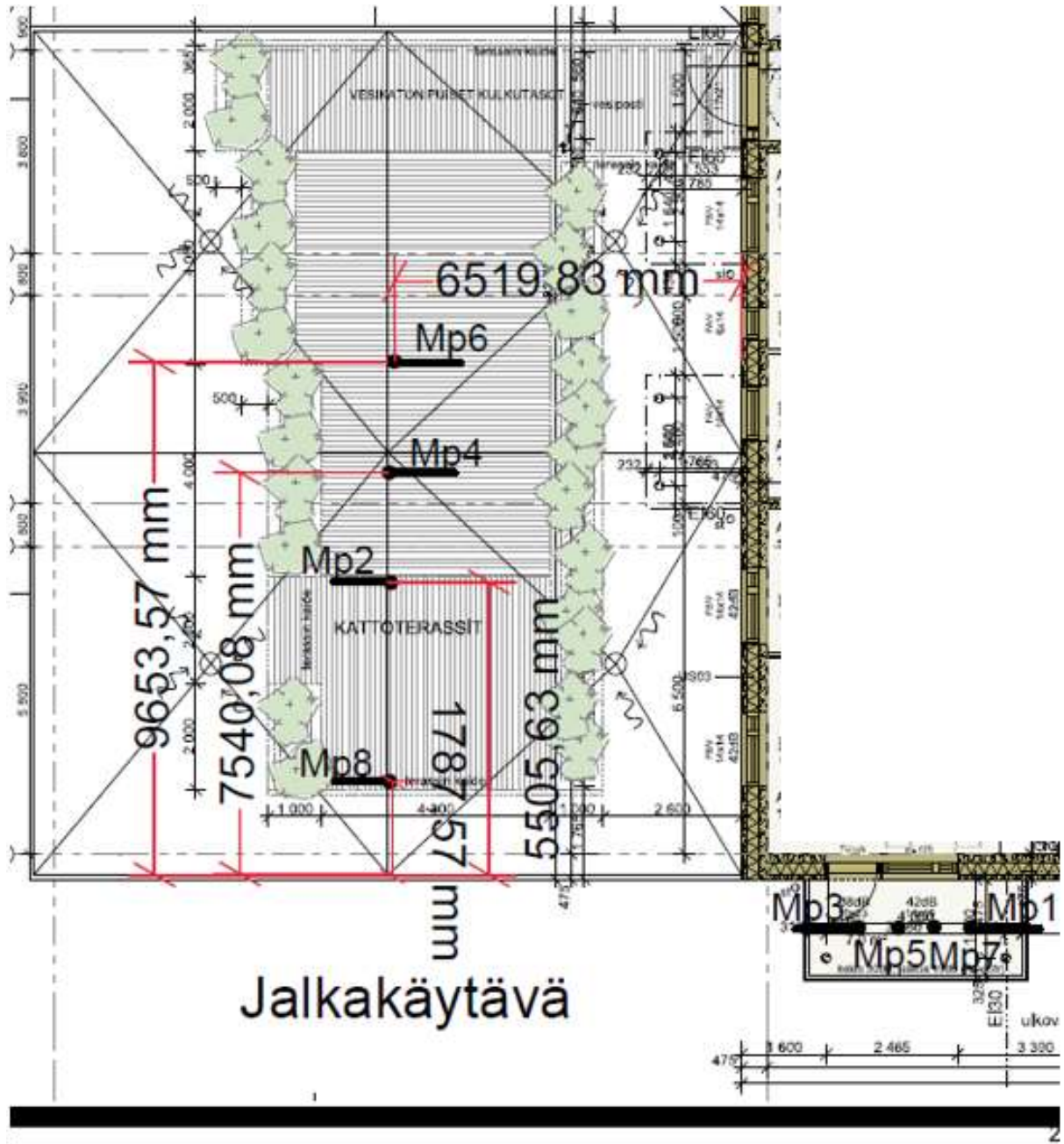
Mittautulokset:

L_{Aeq} (22-7) ()

L_{Aeq} (7-22) (X)

Mittauspaikka	Mittaus 1	Mittaus 2	Mittaus 3	Mittaus 4
Malliparveke	Mp1=56,6 dB	Mp3= 54,8 dB	Mp5= 53,8 dB	Mp7= 53,5 dB
Kattoterassi	Mp2= 55,9 dB	Mp4= 54,0 dB	Mp6= 53,4 dB	Mp8= 56,8 dB

Sijaintipiirros



Katu