

Natalia Aunio

PUUVERHOILTU PIENTALO LENTOMELUALUEELLA

PUUVERHOILTU PIENTALO LENTOMELUALUEELLA

Natalia Aunio
Opinnäytetyö
Kevät 2021
Rakennusarkkitehdin tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennusarkkitehtuuri

Tekijä(t): Natalia Aunio

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Puuverhoiltu pientalo lentomelualueella

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Timber Lined Detached House in Aircraft Noise Area

Työn ohjaaja: Anu Montin

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: Kevät 2021

Sivumäärä: 40 + 1 liite

Rakentamisen suunnittelulla, asetuksilla ja päätöksillä pyritään minimoimaan haitallisen melun vaikutuksia rakennuksen sisätiloissa ja piha-alueella. Liikennemelu tulee ottaa huomioon rakennusten suunnittelun eri vaiheissa. Ulkovaipan ja sen rakenneosien ääneneristävyyden tulee täyttää sisä- ja ulkomelutason vaatimukset.

Opinnäytetyön alussa käsiteltiin ääntä fysikaalisena ilmiönä, melua sekä liikennemelua ja sitä kautta lentomelun käsitettä. Lisäksi perehdyttiin lentomelun terveyttä uhkaaviin tekijöihin. Sen jälkeen tutkittiin ulkovaipan meluneristystä ja selvitettiin lentomelun vaikutusta arkkitehtuuriin. Työssä esiteltiin lentomelualueet ja niiden muodostuminen sekä käytiin läpi lentomelualueen kaavoitusta, melunhallintaa ja erityispiirteitä, joita tulee ottaa huomioon rakennettaessa lentomelualueelle.

Puurakenteisen pientalon suunnittelu on haastavaa lentomelualueella, jossa ääneneristävyyden vaatimus on korkea. Tässä opinnäytetyössä kartoitettiin lentomelua Helsinki-Vantaan lentomelualueella. Työssä käytiin läpi ääneneristys selvitystä ja kaavamääräysten mukaisten ääneneristävyyden vaatimusten vaikutuksia ulkovaipan rakenteisiin. Työssä havainnollistettiin ääneneristävyyttä puurakenteisessa pientalo Mallikkaassa lentomelualueella.

Opinnäytetyössä esitetty esimerkkikohde Mallikas osoittaa, mitä lentomelualueelle rakentaminen tarkoittaa käytännössä. Lisäksi kohteen avulla on mahdollista hahmottaa, mitä alueelle suunnittelu ja ääneneristävyyden laskelmat pitävät sisällään ja millaisia haasteita äänieristys selvityksissä saatu ääneneristävyyden vaatimus tuottaa ulkovaipan rakenteille.

Työssä todettiin, että nykyisten tyyppihyväksytyjen puuverhoiltujen ulkoseinärakenteiden joukosta ei löydy sellaista rakennetta, joka täyttäisi pientalo Mallikkaan ääneneristävyyden vaatimuksen.

Asiasanat: lentomelu, ääneneristys, äänimaisema, ulkovaipan ääneneristys

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Architecture

Author(s): Natalia Aunio
Title of thesis: Timber Lined Detached House in Aircraft Noise Area
Supervisor(s): Anu Montin
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2021
Pages: 40 + 1 appendix

Environmental noise, for example road traffic noise and aircraft noise, is a major environmental problem in urban areas. Legislation, regulations, and guideline values has to be taken into account in construction. The quality of life and the quality of living environment is achieved with a good sound insulation of an outer shell.

In the thesis, features of sound as well as noise, basic concepts, and sound theory were presented. Furthermore, a noise insulation calculation of the outer shell was orientated. In addition, aircraft noise zones and the detailed plan regulations, which were given for housing construction due to the aircraft noise area was survived.

Sound insulation in wooden structures is challenging to implement owing to the sound insulation requirements of the outer shell are high in some cases. The purpose of the thesis was to demonstrate how sound insulation regulations influence wooden houses in Helsinki-Vantaa aircraft noise area.

The aim of the thesis was to chart what it is like to construction in aircraft noise area. In this thesis, a professional who make a noise insulation surveys was interviewed. Additionally, a detached house named Mallikas was designed. The purpose of the Mallikas case is to show inadequacy of existing structures of wood to insulate noise.

Keywords: aircraft noise, sound insulation, sound environment, outer shell insulation

ALKULAUSE

Tämän opinnäytetyön prosessiin on käytetty arvokasta aikaa. Sanana kiitos on pieni mutta sen merkitys suuri. Kiitos Anu Montin ja Sanna Alitalo opinnäytetyön ohjauksesta. Kiitos isälleni Raimo Luukalle arvokkaasta tiedosta opinnäytetyön avuksi, kiitos myös muille, jotka olette olleet tukemassa minua opintojeni eri vaiheissa sekä opinnäytepolulla. Iso kiitos omalle perheelleni, miehelleni ja lapsilleni ajasta, jonka olen saanut opintoihini sekä tämän opinnäytetyön toteuttamiseen.

6.5.2021

Natalia Aunio

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	9
2 ÄÄNI JA YMPÄRISTÖ	10
2.1 Ääni fysikaalisena ilmiönä	10
2.2 Melu	11
2.2.1 Liikennemelu	11
2.2.2 Lentomelu	12
2.3 Melun mittaaminen	12
2.4 Melun ympäristö- ja terveyshaitat	12
3 RAKENNUKSEN ULKOVAIPAN ÄÄNENERISTÄVYYS	13
3.1 Laskentamallit ja mittaukset melun arvioinnissa	13
3.2 Rakentaminen lentomelualueella	14
3.3 Rakennuksen ääneneristävyyteen vaikuttavat tekijät	14
3.3.1 Koinsidenssi-ilmiö	15
3.3.2 Rakenteiden tiiviys, raot ja kiinnitykset	17
3.3.3 Rakennusmateriaalien absorptiokyky	18
3.3.4 Ikkunoiden ääneneristävyys	18
3.4 Ääneneristävyysvaatimukset ulkovaipalle	19
3.5 Ulkovaipan ääneneristävyyden mitoitusmenetelmät	20
3.6 Ilmaääneneristysluku tieliikennemelua vastaan	21
3.7 Rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyyden laskenta	22
3.8 Rakennusosien hyväksyntä ääneneristävyydelle	23
4 LENTOMELUN HILLITSEMINEN SUUNNITTELUSSA	25
4.1 Asumisen laatuvaatimukset	26
4.2 Asuinalueena lentomelualue	27
4.3 Tilat ja niiden sijoittelu	28
4.4 Ulkotilat	28
4.5 Rakennusmateriaalina puu	29
5 PUUVERHOILTU PIENTALO MALLIKAS	30
5.1 Suunnittelumenetelmän kuvaus	30
5.2 Suunnittelun lähtökohdat ja pientalo Mallikas	31
5.3 Ääneneristys selvitys ja tulokset	32

5.4 Tyyppihyväksytyt rakenteet	33
5.5 Tulosten analysointi ja johtopäätökset	34
5.6 Tulevaisuuden tuote laboratoriomittauksella	35
6 POHDINTA	36
LÄHTEET	37
Liite 1. Ääneneristys selvitys	

SANASTO

A-painotettu äänenpainetaso	suure, jota kuvataan tunnuksella dB. Mitattu äänenpainetaso, joka vastaa kuulon taajuusherkkyttä
Ekvivalenttitaso	termi, jolla tarkoitetaan keskiäänitasoa
Infraääni	äänentaajuus, jonka taajuus on alempi kuin ihmisen kuuloalueen alin taajuus
Keskiäänitaso	jatkuva vakioäänitaso, jonka mittaamisessa otetaan huomioon äänilähteen tuottaman äänen kesto aika ja mittaamiseen käytetty aika. Keskiäänitasossa äänitason huippukohdat erottuvat
L_{DEN}	melusuure, jolla kuvataan päivä–ilta–yö-melutasoja
Rakennuksen ulkovaippa	rakennuksen sisäpuoliset tilat ulkoilmasta erottavien rakenneosien kokonaisuus, johon kuuluvat muun muassa ulkoseinät, yläpohjat tai yläpohjan ja vesikaton yhdistelmät, ulkoikkunat, tuuletusluukut, ulko-ovet, korvausilmalaitteet
Ultraääni	äänentaajuus, joka ylittää ihmisen kuuleman ylimmän äänentaajuuden

1 JOHDANTO

Urbaaneja äänimaisemia on muodostunut teknologian kehityksen myötä ja ihmisten liikkumisen tarpeesta. Moottoritiet halkovat kaupunkeja, junaraiteet kuljettavat raskaita junia ja lentokoneet tarvitsevat oman tilansa, kiitotiensä ja ilmareittinsä. Äänimaisemaan kuuluu melu. Melua syntyy liikenteestä. Tätä melua kutsutaan myös ympäristöongelmaksi, sillä se koetaan häiritsevänä. (Äänimaisema 2011, 8–14.)

Helsinki-Vantaan lentomelualueella asuu arviolta yli 80 000 ihmistä. Nämä ihmiset altistuvat lentomelulle päivittäin. Melu on käsitteenä ei-toivottua ääntä. Lentomelu koetaan liikennemeluista haitallisimpana ja häiritsevimpänä. Se on haitallista niin terveydelle kuin ympäristön kokemiseen viihtyisänä. (Vantaan kaupunki 2019, 4–9.)

Valtioneuvosto on antanut päätöksen melutasojen ohjearvoista 1992, sekä ympäristöministeriö on antanut asetuksen rakennuksen ääniympäristöstä. Näiden päätösten ja asetusten on tarkoitus turvata asuinalueiden ja rakennusten viihtyvyys sekä asumisen laadun pysymistä korkeatasoisena. (Vantaan kaupunki 2019, 4.)

Lentomelu asettaa vaatimuksia myös rakentamiselle. Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia lentomelun asettamia vaatimuksia niin ääneneristävyyteen kuin arkkitehtuuriin. Lisäksi käsitellään lentomelualueelle rakentamisen vaiheita lupaprosessista ääneneristävyyden vaatimuksiin ja mitoittamiseen.

2 ÄÄNI JA YMPÄRISTÖ

Ääni on akustiikkaa. Akustiikka on äänioppia, joka on tiedettä ja tekniikkaa. Ääni on fysikaalinen ilmiö, jota ihminen aistii kuulonsa ja tuntonsa kautta. Tekniikan kehittyminen on tehnyt äänestä nautinnollista mutta myös haitallista. Nykyisen perustan akustiikalle on luonut oppikirja *Theory of Sounds* (1877). (Siikanen 1966, 113.)

Erilaiset äänet muodostavat ympärilleen erilaisia äänimaisemia tai äänimaiseman (Äänimaisema 2011). Kaupunkialueet tai ympäristöt, joissa on kaupunkimaisia piirteitä, kätkevät sisälleen paljon erilaisia ääniä. Näitä äänenlähteitä ovat esimerkiksi teollisuus, liikenne, ihmiset, rakentaminen. (Ympäristöministeriö 2003, 21.) Äänimaisema muokkautuu ihmisten tarpeiden mukaan. Uusi moottoritie tai lentoreitin siirtäminen ovat äänimaisemaa muokkaavia tekijöitä joko hiljaisempaan tai meluisampaan suuntaan. (Äänimaisema 2011, 15.)

Melun määrittäminen on vaikeaa, mutta esimerkiksi tieliikenteen aiheuttama äänitaso on korkea ja se määritellään meluksi (Siikanen 1996, 156). Melusta on muotoutunut ympäristöongelma 1960–70-luvun vaihteessa (Ampuja 2007, 78). Lentoliikenne ja sen aiheuttama melu on tie- ja raideliikenteeseen verrattuna erilaista häiritsevää melua. Sen aiheuttamat meluhuiput ovat voimakkaita ja sykleittäin toistuvia, ja se tulee korkealta ilmasta. (Vantaan kaupunki 2019, 7.)

2.1 Ääni fysikaalisena ilmiönä

Ääni on värähtelyä kimmoisassa väliaineessa. Ääni etenee väliaineessa aaltoliikkeenä, jonka nopeuteen vaikuttavat väliaine ja aaltotyyppi. (Halme 1977, 4.)

Väliaineen perusteella ääni voidaan luokitella eri ääneksi. Esimerkiksi ilmassa etenevää ääntä kutsutaan ilmaääneksi. Rakennuksen rungossa liikkuva ääni on runkoääntä (ääni voi edetä myös kiinteässä aineessa), runkoääni aiheuttaa yleensä myös ilmaääntä. (Halme 1977, 4; RIL 243-1-2007 2007, 35.)

Ihmisen korva kuulee eri taajuuden ääniä, jotka ovat välillä 20–20 000 Hz. Tälle välille asettuva ääni on matalaa tai korkeaa, riippuen värähtelystä. Tiheä värähtely muodostaa korkeaa ääntä, matala ääni on pienitaajuisia. Alle 20 Hz:n ääni on infraääntä ja yli 20 000 Hz:n ultraääntä. Ihminen voi tuntea äänen myös värähtelyn kautta. (RIL 243-1-2007 2007, 36.)

Äänenpaine kertoo ilmanpaineen muutoksesta, jonka yksikkö on Pascal. Pienin ihmisen aistima äänenpaine on 20 μPa ja suurin 20 Pa (kipuaistimuksena tuntuva ääni). Äänenpaineet ovat niin pieniä lukuja, että niitä on vaikea käyttää laskenta-arvoina. Siksi tarkasteltaessa äänenpainetta käytetään vertailuäänepainetta kuulokynnysarvoa p_0 . Äänenpainetaso L_p kuvaa äänen voimakkuutta. Äänenvoimakkuudesta käytetään yksikköä desibeli. Äänenpainetasoissa kuultavissa oleva väli on 0 dB – 120 dB (kipukynnys). (RIL 243-1-2007 2007, 36.)

2.2 Melu

Äänimaisematutkija ja säveltäjä R. Murray Schafer on määritellyt melun neljään eri kategoriaan: ei-toivottu ääni, ei-musiikillinen ääni (musiikillinen ääni on jaksollista ääntä), muu kova ääni (melu liitetään yleisesti erittäin voimakkaisiin ääniin nykyään) ja häiriöihin liittyvä merkityksetön melu, jota esiintyy esimerkiksi teknillisissä laitteissa. Schaferin mukaan tämmöistä melua voi olla esimerkiksi television ruudulla näkyvä lumisade. (Schafer 1977 (1994), 182.)

Melun määrittäminen on moninaista, kuten Schafer kuvaa osuvasti "One man's music may be another man's noise" (Schafer 1977 (1994), 183). Kaupungistuminen on tuonut melun ihmisten arkeen. Ihmiset altistuvat melulle ja sen terveyttä uhkaaville vaikutuksille. Liikennemelusta käytetäänkin myös ilmaisu ympäristöhaitta. (Ympäristöministeriö 2001, 9.) Liikennemelua aiheuttavat tieliikenne, raideliikenne ja lentoliikenne. Näistä melulähteistä lentomelu koetaan häiritsevimpänä. (RIL 243-1-2007 2007, 133.)

2.2.1 Liikennemelu

Liikennemelua ovat raideliikenne, lentoliikenne ja tieliikenne. Liikennemelua aiheuttaa ajoneuvomelu, joka synnyttää eri äänentaajuuksia. Esimerkiksi tieliikennemelua arvioitaessa otetaan huomioon raskaan liikenteen osuus, lisäksi huomioidaan vuorokauden päivä- ja yöaikoja. Liikennemelulle on asetettu ohjearvot, jotka määräytyvät näiden vuorokausiaikojen keskiäänitasojen perusteella. (RIL 243-1-2007 2007, 133–135.)

Liikennemelu voidaan jaotella häiritsevyytensä perusteella vähiten häiritsevimmästä häiritsevimpään. Häiritsevin melulähde on häiritsevimmästä lähtien lentoliikenne, tieliikenne ja raideliikenne. (RIL 243-1-2007 2007, 133–135.)

2.2.2 Lentomelu

Lentomelu koetaan liikennemelun muodoista häiritsevintä. Tämä perustuu siihen, että lentokoneiden aiheuttama äänitaso on hetkellisesti hyvin korkea ja ennakoimatonta. Lisäksi lentomelua pidetään vaarallisempänä kuin esimerkiksi raideliikennettä, mikä osaltaan johtaa kielteiseen mielikuvaan lentomelun vaarallisuudesta. (RIL 243-1-2007 2007, 133; Pesonen 2018, 9–10.)

Lentomelua synnyttävät lentokoneiden suihkumoottorit tai aerodynaaminen melu. Lentomelu on suurimmillaan laskeutumisprosessin loppulähestymisessä. (Finavia 2021.)

2.3 Melun mittaaminen

Melulla tarkoitetaan ei-toivottua ääntä tai ei-toivotulle äänelle altistumista. Melua voidaan mitata A-painotettuna äänitasona (dB_A), jossa on otettu huomioon ihmisen kuultavissa oleva äänipainetaso. Kun melulähde kaksinkertaistuu, niin äänitaso kasvaa 3 dB. (Siikanen 1996, 156–157.)

Eri melutasoille altistumiselle on arvioitu aikarajoitukset, jotka ovat turvallisia ilman esimerkiksi kuulovaurion riskiä. Esimerkiksi 85 dB:n äänitasolle altistumisen aikarajana pidetään enintään 8 tuntia päivässä. (Siikanen 1996, 156–157.)

2.4 Melun ympäristö- ja terveyshaitat

Melulle ja meluntorjunnan toimintasuunnitelmiin on asetettu erilaisia lainsäädäntöjä, jotka tukevat elämän ja terveyden laatua sekä elinympäristön viihtyisyyttä (Ympäristöministeriö 2001, 9–11). Muun muassa Euroopan unionin asetuksessa ((EU) N:o 305/2011) vaaditaan, että rakennuskohdeiden suunnittelun ja rakentamisen tulee tapahtua niin, etteivät käyttäjät tai muut rakennuksen lähellä olevat ihmiset altistu melulle, joka häiritsee perusarjen toimintaa tai vaarantaa terveyttä (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 305/2011). Tällainen häiritsevä melu vaikuttaa muun muassa unenlaatuun, viestintään, oppimiseen ja työskentelyyn. Melu voi vahingoittaa kuuloa tai kuulokyvyn alentumista, aiheuttaa fyysisiä tai psyykkisiä haittoja, esimerkiksi stressiä tai muodostaa muita pitkäaikaisia haittoja, kuten unenpuutetta. Melu voi vaikuttaa lasten kehitykseen, joka on merkittävän iso haitta. (Ympäristöministeriö 2001, 9–11.)

Melun kokeminen on yksilöllistä ja melun eri voimakkuudet vaikuttavat eri tavoin yksilötasolla. Melun ohjearvoja suunniteltaessa ei tulisi unohtaa meluherkkien ihmisten osuutta (kolmasosa väestöstä). (Ympäristöministeriö 2001, 9–11.)

3 RAKENNUKSEN ULKOVAIPAN ÄÄNERISTÄVYYS

Urbaani kaupunkirakentaminen on luonut oman äänimaisemansa. Tälle äänimaisemalle yksi ominainen elementti on melu. Melu ei kuitenkaan yleensä ole rakentamisen este, vaan rakentaminen on hyvin sopeutunut nykyajan melunmaisemaan. Nykyisin rakennetaan yhä enemmän lähelle melulähteitä ja myös melun määrä on lisääntynyt. Vaatimukset rakenteiden ääneneristävyydelle ovat tiukentuneet, mutta samalla myös rakenteiden ääneneristävyyssominaisuudet ovat osittain parantuneet. (Ympäristöministeriö 2001.)

Rakennuksen ulkovaipalle kohdistuu ääneneristävyysvaatimuksia. Niissä noudatetaan joko kaavojen vaatimuksia tai ympäristömelusta johdettuja vaatimuksia. Rakennuksen ulkovaipalta vaadittu ääneneristävyys on osoitettava rakennuslupahakemuksessa. Vaatimuksilla varmistetaan sisätilojen äänitason riittävän hyvä laatu sekä uudis- että täydennysrakentamisessa. (Ympäristöministeriö 2003.)

Ympäristömelu tai toisin sanoen ympäristömelujäte on tärkeä huomioon otettava tekijä rakennushankkeessa, kun rakennetaan lentomelualueelle. Melutason selvittäminen rakennushankkeen alkuvaiheessa on tärkeä toimenpide. Ääneneristävyyttä laskettaessa lähtöaineiston tulee olla tarpeeksi kattava. Ääneneristävyys suunnitelman tekemiseen käytetään yleisesti kahta eri mitoitustietoa. (Ympäristöministeriö 2003.)

Rakennuksen ääneneristävyydellä on vaikutusta sille, millaisilla rakenteilla ja ratkaisulla akustikan ohjearvojen mukainen riittävä sisämelutaso saavutetaan. (Pesonen 2018, 104; Kylliäinen 2006, 23–24.)

3.1 Laskentamallit ja mittaukset melun arvioinnissa

Ympäristömelun melutasoa arvioidaan muun muassa kaavojen suunnitteluvaiheessa laskentamalleilla ja mittauksilla. Meluselvityksiä tehdessä käytetään keskiäänitasoja $L_{A,eq}$, jotka pohjautuvat valtioneuvoston päätökseen. Ääneneristävyysvaatimuksen pohjautuvat sekä valtioneuvoston päätökseen melutason ohjearvoista 993/1992 että ympäristöministeriön asetukseen rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017. (Ympäristöministeriö 2017; Ympäristöministeriö 2001, 12, 14; Ympäristöministeriö 2003, 22.)

Laskentamalleja hyödynnetään, kun halutaan arvioida melun keskiäänitasoja joillain alueilla. Laskentamalleista saadaan tulokseksi esimerkiksi melukarttoja, joita voidaan hyödyntää esimerkiksi kartoittaessa meluntorjuntakeinoja eri alueilla. Mittauksilla saadaan tulokseksi lyhyen aikavälin melun keskiäänitasoja. Maastossa ääni käyttäytyy eri tavoin eri materiaalien vaikutuksesta. Pehmeät lehvästöt sekä huokoinen maa ammentavat ja asfalttipinta sekä kova betoni projisoivat ääntä. Tämä vaikuttaa siihen, että äänitaso on hiljaisempi pehmeässä ympäristössä ja kovempi kaupunkiympäristössä. (RIL 243-1-2007 2007, 137, 139.)

3.2 Rakentaminen lentomelualueella

Lentomelualueilla ääneneristävyyden kaavamääräys ilmoitetaan yleensä seuraavasti: *“Kaava-alueelle sijoitettavan asuinrakennuksen kattorakenteiden, ulkoseinien sekä ikkunoiden ja muiden rakenteiden tulee olla sellaisia, että ulko- ja sisämelutasojen erotus on vähintään XX dB”*. (Ympäristöministeriö 2003.)

Lentomelualueilla käytetään keskimääräisen vuorokauden ja vuoden aikana ilmenevän melutason ilmoittamiseen päivä-ilta-yömelutasoja, joita kuvataan suurella L_{DEN} . Suomessa lentomelulle käytetään ohjearvoa L_{DEN} 55 dB, jota käytetään asuinalueiden suunnittelussa. Keskiäänitasojen ilta-aikaan (kello 19–22) lisätään 5 dB ja yöaikaan (kello 22–07) lisätään 10 dB. Tämä perustuu siihen, että lentomelun huippuarvot ajoittuvat ilta-aikaan. Lisäyksillä lisätään myös häiritsevyyden tason huomioimista ilta- ja yöaikana. (RIL 243-1-2007 2007, 133,136; Finavia 2021.)

Asuinalueiden suunnittelulla pyritään sijoittamaan rakennukset ja toiminnot niille soveltuville alueille. Alueiden suunnittelussa otetaan huomioon rakennusten käyttötarkoitus. Jotkin rakennukset ovat toiminnoiltaan herkempiä melulle kuin toiset. Tällaisia rakennuksia ovat muun muassa sairaalarakennukset. Lähtökohtana lentomelualueilla on, että L_{DEN} 55 dB ylittävillä alueilla eivät sovellu melulle herkäät toiminnot. L_{DEN} 55 – 60 dB -alueilla voidaan hyväksyä täydennysrakentamista, joka on pienimuotoista, jos sille ei ole muita hylkääviä perusteita. L_{DEN} 60 dB:n ylittävillä alueilla ei tulisi rakentaa edes asumiseen tarkoitettuja rakennuksia. (Ympäristöministeriö 2001, 10–12.)

3.3 Rakennuksen ääneneristävyyteen vaikuttavat tekijät

Moottoritien tai ratakiskoja varrella sijaitsevan rakennuksen voidaan ajatella sijoittuvan niin, että toinen puoli rakennuksesta on meluisalla puolella ja toinen hiljaisemmalla puolella. Kun puhutaan lentomelusta, niin melu on kokonaisvaltaisempaa, se saavuttaa rakennuksen myös yläpuolelta kattorakenteiden kautta. (RIL 243-1-2007 2007, 141–143.)

Rakennuksen sijoittuminen tontilla ja sitä kautta tilojen sijoittuminen rakennuksessa vaikuttavat ääneneristävyyteen. Se, miten näiden tilojen ääneneristävyys toimii ulkoa tulevaan ääneen, riippuu taas ulkokuoren ääneneristävyydestä, johon vaikuttaa jokaisen rakenneosan ääneneristävyys. Lentomeluviikykkeet antavat lähtökohdat sille, mitä ja miten tulee ja saa rakentaa kyseisellä viikykkeellä. (Vantaan rakennusvalvonta 2007.)

Rakenteiden toimintatavat poikkeavat toisistaan riippuen monista rakenteiden ominaisuuksista. Näitä ominaisuuksia ovat esimerkiksi rakenteen paksuus ja materiaali. Kevyt puu ja raskas aine, kuten betoni tai tiili, eroavat toisistaan ääniteknisesti. Ääneneristävyyteen vaikuttaa myös rakenteiden kerroksellisuus, eli se, onko rakenne yksinkertaisen, kaksinkertaisen vai moninkertaisen. (Halme & Halme-Salo 2003, 9–10.)

Yksinkertainen rakenne tarkoittaa sitä, että se on yhtä ja samaa materiaalia tai materiaalikerrokset toimivat yhtenä massana ilman ilmvälejä. Yksinkertaisen rakenteen ääneneristävyyden kannalta merkittävimmät tekijät ovat tiiviys ja massa. Kaksinkertainen seinärakenne on kahden massan ja ilmanvälin kokonaisuus, puhutaan myös jousi-massa-rakenteesta (ilmatila toimii ilmajousena, joka välittää ääntä rakenteesta toiseen). Kun yksinkertaisessa rakenteessa lisätään massaa ja kaksinkertaisessa rakenteessa runkoihin lisätään massaa (kuten mineraalivillaa) ja etäisyyttä, saadaan parannettua ulkovaipan ääneneristävyyttä. (Wood Focus Oy 2004, 24; Halme & Halme-Salo 2003, 157.)

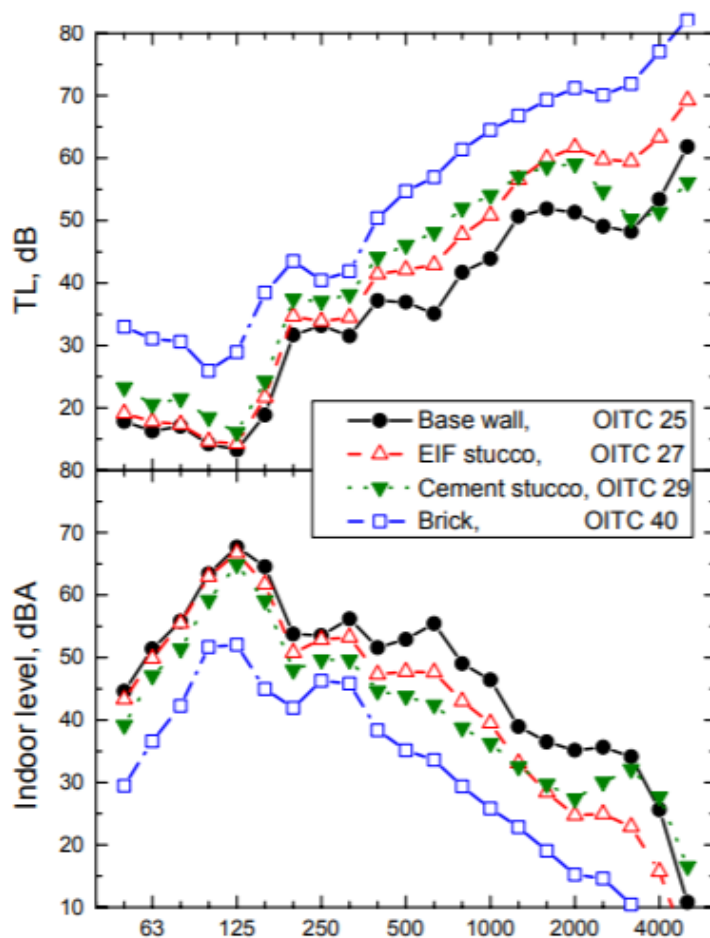
Kattorakenne on lentomelualueilla tarkasti huomioon otettava osa rakennusta. Lentokoneiden aiheuttama melu kulkeutuu räystäään kautta yläpohjan tuuletustilaan. Tähän ratkaisuna on esimerkiksi tehdä räystäään kohdalle kipsilevyrakenteesta ja mineraalivillasta vaimennus, joka vähentää melun määrää yläpohjan tuuletustilassa. Lisäksi ääneneristävyyttä tarvitaan läpivienneissä, kuten ilmastointikanavissa. Näissä käytetään äänen vaimentimia. (Kylliäinen 2006, 192–194.)

3.3.1 Koinsidenssi-ilmiö

Kaikissa rakenteen osissa on huomioitava koinsidenssi-ilmiö. Koinsidenssi-ilmiössä levyssä oleva äänen aiheuttama taivutusaalto ja tietyssä kulmassa levyn pintaan osuva ääniaalto kohtaavat täysin samassa vaiheessa. Tämän vaikutuksesta levyn ääneneristävyys lähes katoaa. Tämä ilmiö on tarkasteltava enempi ohuilla levyillä (ohuen levyn paksuus välillä 0,4–25 mm (RIL 243-1-2007 2007, 70) kuin paksuilla levyillä. Ohuilla levyillä koinsidenssi tapahtuu 2 000- Hz – 3 000 Hz:n taajuudella. Mitä ylempänä koinsidenssitaajuus on, sitä vähemmän rakenteen ääneneristävyys

heikkenee koinsidenssi-ilmiön vaikutuksesta. (RIL 243-1-2007 2007, 72–73; Wood Focus Oy 2004, 22.) Tämän ilmiön myötä on esimerkiksi tutkittu, että ääneneristävyys on parempi, mikäli monikerroksisissa rakenteissa rakennuslevyjä ei liimata toisiinsa. (Wood Focus Oy 2004, 23).

Kuvassa 1 on tutkimustuloksia Kanadassa tehdyssä tutkimuksessa seinämateriaalien ja eri pintäkäsittelyjen vaikutuksesta sisämelutasoon, kun tutkitaan lentomelun vaikutuksia ääneneristävyyteen. Käyristä käy ilmi, että sisämelu on sitä suurempaa, mitä matalataajuisempaa melu on ja mitä kevyempi seinärakenteen massa on. (Bradley 2004, 4.)

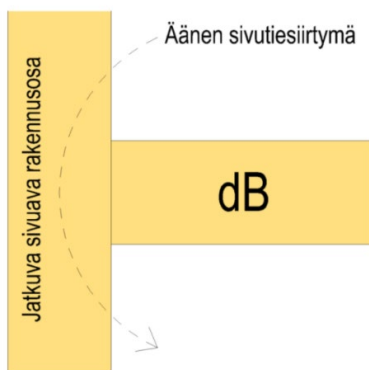


KUVA 1. Lentomelun vaikutus rakenteiden ääneneristävyyteen kanadalaisessa tutkimuksessa (Bradley 2004, 4)

3.3.2 Rakenteiden tiiviys, raot ja kiinnitykset

Rakenteiden ääneneristävyyteen vaikuttaa merkittävästi niiden tiiviys ja ikkunoissa sekä ovissa lasien paksuus ja lasien välinen etäisyys (Halme 2003, 283). Ilmaraoilla on myös iso merkitys rakenteissa. Esimerkiksi matalien taajuuksien aiheuttamaa eristävyysvajaisuutta voidaan parantaa jättämällä ilmarako huokoisen materiaalin ja sen takana olevan seinärakenteen väliin, sillä tällöin merkittävä äänen aallonosuus kohdistuu oikeaan kohtaan rakenteessa. Tietyissä rakenteissa ilmatilaan tulee lisätä absorboivaa materiaalia (esimerkiksi pehmeä mineraalivillaeriste), jotta ääneneristävyys ei kärsi korkeiden taajuuksien seisovien aaltojen vaikutuksesta. (Wood Focus Oy 2004, 18.)

Ääni kulkeutuu myös sivutiesiirtymien kautta. Tämä tarkoittaa sitä, että ääni kulkeutuu jatkuvien rakennusosien kautta, jotka sivuavat ääntä eristäviä rakennusosia. Sivutiesiirtymä selkeytyy kuvasta 2. Ääni kulkeutuu myös erilaisten läpivientien kautta, joita ovat muun muassa putket ja ilmastointikanavat. (Puuinfo, 37–38.)



KUVA 2. Äänen sivutiesiirtymä (Puuinfo 2020)

Rakenteissa myös kytkennöillä ja kiinnityksillä on väliä ääneneristävyyden kannalta. Yksi rako heikentää jo ääneneristävyyttä jopa 10 dB, joten tiivyyteen tulee kiinnittää huomiota. Kaksikerroksiset limittäin asetetut sisäverhouslevyt tuottavat paremman tuloksen kuin yksinkertainen sisäverhouslevytys. Limitys estää saumoista virtaavan äänen. Kaksi ohutta levyä on yleensä ääneneristävämpi ratkaisu kuin yksi paksu levy korkeilla äänentaajuuksilla. (Kylliäinen 2006, 83; Halme & Halme-Salo 2003, 17.)

3.3.3 Rakennusmateriaalien absorptiokyky

Kun ääniaalto osuu pintaan, niin osa äänitehosta heijastuu pinnasta takaisin, osa kulkeutuu pintarakenteen läpi ja osa imeytyy pintarakenteeseen muuttuen lämmöksi. Tämä pintaan imeytyvä eli absorboituva ääniteho vaimentuu pintarakenteessa. Tällaista pintarakennetta kutsutaan absorboivaksi pinnaksi. (Borenus, Jauhiainen, Lampio, Nuotio, Pesonen & Pyykkö 1985, 52.)

Äänenvaimennuskerroin eli absorptiokerroin kertoo, kuinka paljon rakenteisiin kohdistuvasta äänitehosta imeytyy rakenteisiin. Huokoiset materiaalit ovat absorptiokyvyltään hyviä, sillä niissä on ahtaat kuiturakenteet. Huokoisten materiaalien absorptiokyvyt ovat eri erikorkuisilla äänentaajuuksilla ja erilaisilla pintakäsittelyillä. Äänentaajuudet ja niiden aallonpituudet synkronoivat materiaalipaksuuden kanssa. Matalat taajuudet vaativat paksumpaa materiaalikerrosta kuin korkeat tai keskikorkeat äänet. Taajuus, jonka aallonpituus on nelinkertainen materiaalipaksuuteen verrattuna, toimii tehokkaimmin huokoisissa materiaaleissa. Absorptioon vaikuttavat myös muun muassa virtausvastus, materiaalin tiheys, rakenteen muotoilu ja ilmavälit. (Kyllönen 2007, 149; Halme 2003, 209–210.)

Absorboivan pintarakenteen taustalla on tiivis rakenne, jonka pinnalla on huokoinen materiaalikerros. Massiiviset ja tiiviit rakenteet ovat ääntä eristäviä ja huokoiset materiaalit ääntä absorboivia. Absorboiva pinta optimoi ääneneristävyttä. (RIL 243-1-2007 2007, 88–89.)

3.3.4 Ikkunoiden ääneneristävyys

Ikkunat ovat oma erityistarkastelua vaativa osa ulkovaippaa. Ikkunoissa on myös yksin-kaksin- ja kolminkertaisia rakenteita, kuten seinissä. Näiden rakenteiden kannalta toimivuus perustuu ilmatilaan ja lasin paksuuteen. Ääneneristävyys paranee, kun yksinkertaisessa rakenteessa lasin paksuus suurenee, kaksinkertaisessa rakenteessa lasien paksuus ja etäisyys suurenevat ja kolminkertaisessa rakenteessa kauimpana toisistaan olevien lasien etäisyys ja paksuus suurenevat. (Wood Focus Oy 2004, 24; Halme & Halme-Salo 2003, 157.)

Ikkunoiden eristävyys vaikuttaa lasien ja ilmavälien lisäksi myös karmisyytyys. Avattavat ikkunat ovat yleensä parempia ääneneristävyys kannalta kuin kiinteät ikkunat, sillä niissä on ikkunoiden välissä suurempi ilmaväli paksumman karmisyytyyden takia. (Laine, Yli-Kätkä & Hosiokangas 2014, 19–28.) Ikkunoiden ja ovien ääneneristävyysvaatimus perustuu niiden pinta-alojen osuuteen (Ympäristöministeriö 2003, 13).

3.4 Ääneneristävyysvaatimukset ulkovaipalle

Ääneneristävyysvaatimukset pohjautuvat joko kaavamääräyksiin tai muulla tavoin esitettyyn määräykseen. Esimerkiksi Vantaan kaupungin rakennusjärjestyksessä on määräykset ulkovaipan ääneneristävyydelle lentomelua vastaan eri lentomeluvyöhykkeillä. Ulkovaipalle kohdistuva vaatimus perustuu äänitasoeroon, jonka tunnus on ΔL_A . Se koskee kaikkien ulkovaipan rakennusosien muodostamaa kokonaisuutta ja sen äänieristävyyttä. Äänitasoero tarkoittaa A-painotettujen ulkoääni- ja sisääänitasojen eroa. Ulkoäänitaso vallitsee ulkoseinän pinnalla, jossa ei oteta huomioon ulkoseinän pinnan heijastuksia, sisääänitaso vallitsee rakennuksen sisätilassa. Ulkovaipan ääneneristävyyden lukuarvo muodostuu näin ollen näiden kahden äänitasolukuarvojen erotuksesta. Vantaalla asuin-, potilas- ja majoitushuoneissa sekä opetus- ja kokoontumistiloissa äänitasoeron tulee olla aina vähintään 28 dB lentomelua ja liikennemelua vastaan, ellei rakennusjärjestyksen taulukon mukaan vaadita parempaa ääneneristävyyttä. (RIL 243-1-2007 2007, 141, 143; Vantaan rakennusvalvonta 2007, 1; Vantaan kaupungin rakennusjärjestys 2010, 22.)

Äänitasoero vaatimus vaikuttaa eri tiloihin eri arvoin. Asuinrakennusten muiden tilojen äänitasoero vaatimus on muita tiloja 5 dB matalampi kuin asuinhuoneiden tilojen äänitasoero vaatimus. Muita tiloja ovat esimerkiksi kylpyhuone, sauna, vaatehuone, apukeittiö ja keittiö. Huomioon tulee kuitenkin ottaa asuinhuoneen ja muun tilan yhdistelmätilat, joissa käytetään aina asuinhuoneelle asetettuja arvoja. Taulukossa 1 on esitetty äänitasoero vaatimukset eri lentomeluvyöhykkeillä Vantaan kaupungin alueella. Naapurikaupungeissa vaatimukset eroavat hieman Vantaan vaatimuksista. (Luukka 20121; Vantaan rakennusvalvonta 2007, 2–3; Vantaan kaupungin rakennusjärjestys 2010, 22.)

TAULUKKO 1. Lentomeluvyöhykkeiden ja äänitasoerojen vaatimukset (Vantaan kaupungin rakennusjärjestys 2010, 22)

LENTOMELU			
Yleiskaavanmukainen lentomeluvyöhyke	Lentomeluvyöhyke	Äänitasoero Asuin-, potilas- ja majoitushuoneissa sekä opetus- ja kokoontumistiloissa	Äänitasoero Toimistotiloissa yleensä
	L_{DEN} (dB)	ΔL (dB)	ΔL (dB)
m1	> 60	-	35
m2	55 ... 60	35	32
m3	50 ... 55	32	28
Meluntorjuntatarvealue	-	28	25
TIE- JA RAIDELIIKENNEMELU			
Liikennemeluvyöhyke	L_{Aeq} (dB)	ΔL (dB)	ΔL (dB)
	65 ... 100	erillinen selvitys	
	60 ... 64,9	35	30
	55 ... 59,9	30	25
	50 ... 54,9	-	

Ulkovaipalle kohdistuvat ääneneristävyysvaatimukset asettavat ehtoja tilojen sijoittamiseen ja ulkoseinärakenteisiin. Asuinrakennuksen tilojen sijoittelussa tulee ottaa huomioon melulähteen sijainti, ulkoseinärakenteet ja esimerkiksi ikkunoiden aukkokoot sekä rakenteet. Lisäksi kattorakenteet tulee ottaa erityisesti melusuunnittelussa huomioon. (RIL 243-1-2007 2007, 142–143.)

3.5 Ulkovaipan ääneneristävyden mitoitustmenetelmät

Ulkovaipan ääneneristävyyskykyyn vaikuttaa sen pinta-ala. Mitä suurempi pinta-ala, sitä enemmän se välittää ääntä. Sisätilan äänitasoon vaikuttaa myös huoneen lattiapinta-ala. Sisätilojen äänitason on suurimmillaan silloin, kun ulkovaipan pinta-ala on suuri suhteessa lattiapinta-alaan. (Kylliäinen, 386.)

Ulkovaipan ääneneristävyyteen vaikuttavat eri rakenneosat ja niiden omat ääneneristävyyden arvot. Ikkunat ja ilmanvaihtoventtiilit ovat ulkovaipan heikkoja kohtia, joten niiden ääneneristävyys tulee ottaa huomioon kokonaisuuden kannalta. Kompromissiratkaisuna heikkojen osien huonom-

paa ääneneristävyyttä voidaan osittain kompensoida parantamalla muiden ulkovaipan osien ääneneristävyyttä. Heikomman rakenneosan ääneneristävyyden kompensointi voi olla silti vain muutamia desibelejä. (RIL 243-1-2007 2007, 143.)

Rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyys selvitetään yleensä joko ympäristöministeriön ympäristöoppaan 108 ääneneristävyyden mitoitusmenetelmällä Rakennuksen julkisivujen mitoittaminen tai RIL 129 - julkaisun ääneneristykseen toteuttaminen -menetelmällä. Menetelmien avulla luodaan ääneneristys suunnitelma ulkovaipalle kaikkine rakennusosineen. Sen tulee täyttää kaikki ääneneristävyydelle asetetut vaatimukset. (Vantaan kaupungin rakennusjärjestys 2010.)

Mitoitettaessa ääneneristävyyttä lähtötietoina ovat asuintilojen pinta-alat, käytettävät rakenteet (ulkoseinä ja yläpohja) sekä ikkunat ja ovet. Näistä rakenneosista selvitetään ne arvot, jotka kertovat ääneneristävyyden liikennemelua vastaan. Ääneneristävyyssuunnitelman tulee täyttää se vaatimustaso, joka sille on asetettu. Suunnitelmassa tulee todeta vaatimustaso ja sen täyttämiseen tarvittavat ehdot. Ääneneristävyyssuunnitelma liitetään rakennuslupa-asiakirjoihin. Rakentaminen suoritetaan ääneneristys suunnitelman mukaisesti. (Vantaan kaupungin rakennusjärjestys 2010.)

3.6 Ilmaääneneristysluku tieliikennemelua vastaan

Rakennusosiin kohdistuu äänitehoa, jonka suhde rakennusosan läpäisevään äänitehoon muodostaa läpäisysuhteen (kaava 1). Tämä määrittelee rakennusosan ääneneristävyyden R (kaava 2) ja ulkokuoren painotetun ääneneristävyyden R_w . Ääneneristävyys on parempi mitä suurempi ääneneristävyyden arvo R on. (Pesonen 2018, 104.)

KAAVA 1. Äänitehon läpäisysuhde (Pesonen 2018, 104)

$$\tau = P_1/P_2$$

P_1 = Rakennusosaan kohdistunut ääniteho

P_2 = Rakennusosan läpäisevä ääniteho/

KAAVA 2. Rakennusosan ääneneristävyys (Pesonen 2018, 104)

$$R = 10 \lg \frac{1}{\tau} = 10 \lg \frac{P_1}{P_2}$$

R = Rakennusosan ääneneristävyys

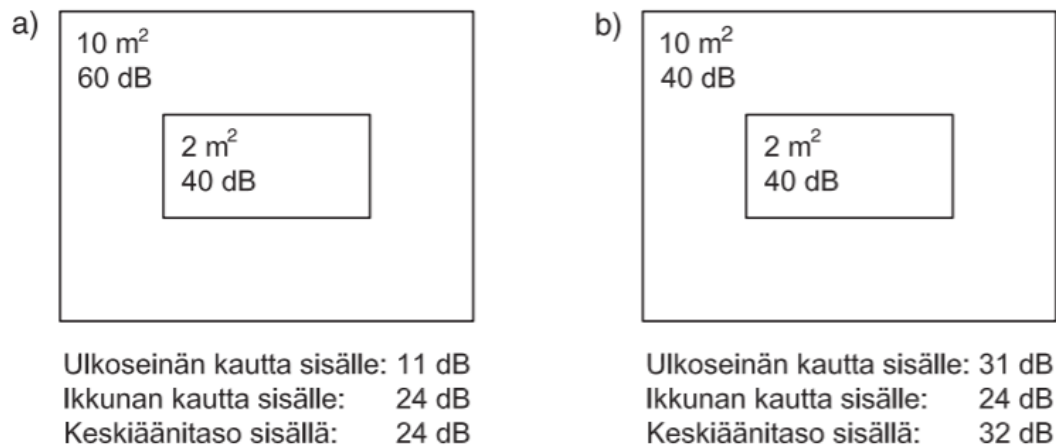
Rakenteiden ja rakenneosien, kuten ikkunoiden ilmaääneneristysluvut ilmoitetaan tieliikennemelua vastaan ja erikseen raide- ja lentomelua vastaan. Nämä arvot kertovat ääneneristyskyvyn ja niitä käytetään ääneneristuksen suunnittelussa ja laskennoissa. (RIL 243-1-2007 2007, 146.)

3.7 Rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyyden laskenta

Kaavamääräyksissä ilmoitetaan ulkovaipalle ääneneristävyyden äänitasoero ΔL_A , joka ei ole suoraan verrattavissa rakenteissa ilmoitettaviin ilmaääneneristyslukuihin. Koko ulkovaipan yhteisääneneristävyyttä ei voida laskea rakennusosien pinta-alojen ja ilmaääneneristyslukujen perusteella. Laskenta voidaan tehdä, kun tunnetaan rakennusosien ulkovaipan rakennusosien ilmaääneneristysluvut sekä sisätilojen absorptioalat. Ympäristöopas esittelee tavan (108/2003), jolla kaavamääräyksessä ilmoitetusta äänitasoerosta saadaan kullekin rakenneosalle vaadittavat ilmaääneneristysluvut. (RIL 243-1-2007 2007, 144–146.)

Laskenta tehdään yleisesti liikennemelua vastaan taulukkopohjaisesti. Ulkoseinän ilmaääneneristysluvun tulee olla 3 dB:ä suurempi, yläpohjarakenteen ilmaääneneristysluvun tulee olla 5 dB suurempi (lentomelualueilla) ja korvausilmaventtiilien ilmaääneneristävyys tulee olla 5 dB suurempi kuin koko ulkovaipan ilmaääneneristävyys liikennemelua vastaan. Ikkunoiden ja ovien ilmaääneneristävyys määräytyy niiden pinta-alojen mukaan. Ympäristöoppaan menetelmä 108/2003 saattaa joissain tapauksissa antaa liian korkeita ilmaääneneristävyysvaatimuksen arvoja joillekin rakenneosille, mikä vaikuttaa haluttuun äänitasoeroon. Tämä voi johtaa siihen, että tulee esimerkiksi edullisemmaksi parantaa ulkoseinän rakennetta kuin teetättää vakiotuotannon ulkopuolella erikoisikkuna. (RIL 243-1-2007 2007, 144–146.)

Heikoimman rakenneosan ilmaääneneristysluku määrittelee koko rakenteen keskiäänitason sisällä. Ikkunan kautta siirtyvä ääniteho on 100-kertaisesti verrattuna ulkoseinärakenteeseen. Ulkoseinän ilmaääneneristysluvun ollessa sama kuin ikkunalla siitä tulee määräävä ääntä ohjaava reitti. Ulkoseinärakenteen ollessa heikko keskiäänitaso sisällä voi nousta korkeaksi (kuva 3). Kuvassa a) ulkoseinän ilmaääneneristys on 60 dB ja sisätilan äänitaso on 24 dB b) ulkoseinän ilmaääneneristysluku on 40 dB ja sisätilan äänitaso 32 dB. Julkisivuun kohdistuu 65 dB keskiäänitason tieliikennemelua. Huomioitavaa on se, että ikkunoiden ääneneristävyys on kummasakin rakenteessa sama 40 dB. (Kylliäinen, 386.)



KUVA 3. Julkisivun ilmaäänieristävyyden vaikutus keskiäänitasoon sisällä (Kylliäinen 386)

Äänitasoeromenetelmällä lasketaan rakennusosien ilmanääneneristysluvuilla ulkovaipan tuottamana äänitasoero, joka on suoraan verrattavissa kaavamääräyksen mukaiseen äänitasoeroon. Äänitasoeromenetelmällä voidaan tutkia ja optimoida ympäristöoppaan menetelmän 108/2003 laskettuja arvoja, jotka tuottavat hankalia tilanteita. (RIL 243-1-2007 2007, 144–147.)

Ulkovaipan läpi kulkeutuvaa ääntä voidaan myös mitata mittauslaitteilla, jolloin valvotaan sitä, että kaavamääräyksen mukainen ääneneristävyysvaatimus täyttyisi. Ääni heijastuu ulkovaipan pinnasta osittain takaisinpäin, joten mittauksissa saadusta arvosta vähennetään 3 dB. (RIL 243-1-2007 2007, 147–148.)

Rakennusmateriaalien absorptiosuhteet sekä rakenneosien ääneneristävyydet mitataan laboratoriossa. Näitä mitattuja arvoja valmistajat käyttävät luetteloissaan, josta kuluttajan on helppo tehdä valinnat. (RIL 243-1-2007 2007, 147, 149, 156–157.)

3.8 Rakennusosien hyväksyntä ääneneristävyydelle

Laboratoriossa mitataan standardisoidusti rakennusosien ilmaääneneristävyyksilukuja liikennemeluun vastaan. Ilmaääneneristävyys voi heikentyä esimerkiksi asennusvaiheen virheiden tai tiivistysten kulumisen vuoksi. Esimerkiksi avattavat ikkunat eivät tuota niin hyvää ääneneristävyyttä kuin niiden ilmaääneneristävyyden arvo olisi staattisessa tilanteessa, joten mitoituksessa niiden ilmaääneneristävyydestä vähennetään 3 dB. (RIL 243-1-2007 2007, 147).

Mittauksilla selvitetään suureet taajuusalueella 100–3 150 Hz, joiden perusteella rakennusmateriaalit voidaan asettaa ilmaääneneristävyyden kannalta paremmuusjärjestykseen (Isover 2021). Ääneneristyslaskelmissa saa käyttää vain hyväksyttyjä testattuja ilmaääneneristävyydlukuja (Vantaan rakennusjärjestys 2010).

4 LENTOMELUN HILLITSEMINEN SUUNNITTELUSSA

Ääniympäristön hyvä laatu merkitsee hyvinvointia. Lentomelu ei saa rikkoa tätä laatua. Hyvinvointi parantaa elämänlaatua, joten rakennuksen hyvällä suunnittelulla on suora vaikutus rakennuksen käyttäjän hyvinvointiin. Hyvällä suunnittelulla luodaan sellainen ääniympäristö, jossa melu ei häiritse rakennuksen käyttäjää. (Äänimaisema 2011, 92–97; RIL 243-1-2007 2007, 142.)

Asuinalueet ovat äänenlähteitä sekä äänenkohteita. Melu on sietokysymys, mutta myös torjumisen asia kaupunkiympäristössä. Asumisen laadun tulee säilyä, vaikka melu lisääntyisi ympärillä. Maankäytön suunnittelu on tärkeässä roolissa meluntorjunnassa, kun alueita suunnitellaan rakentamiseen. Hyvällä maankäytön suunnittelulla säästetään rahaa ja terveyttä sekä luodaan miellyttävää äänimaisemaa. Jälkikäteen rakennettavat meluesteet tai rakenteiden parantaminen aiheuttavat lisäkustannuksia. (Ympäristöministeriö 2001, 8–9.)

Kaavoitus on tärkeä vaikutuskeino, kun suunnitellaan ja muokataan alueita meluntorjunnan tarpeen lähtökohdista. Huonolla kaavoituksella syntyy melu- ja värinäongelmia, jotka ovat vaikeasti muunneltavissa myöhemmin. Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999) ohjaa alueiden suunnittelun tavoitteeksi terveellisen ja viihtyisän elin- ja toimintaympäristön laadun. Terveellinen ja viihtyisä elinympäristö ovat osaltaan ihmisen psyykkisen ja fyysisen jopa sosiaalisen terveyden edellytyksiä. Melua mallinnetaan ja kartoitetaan sekä tehdään meluselvityksiä. Näiden pohjalta luodaan tarpeet meluntorjumiselle. (Airola 2013, 5–15.)

Lentomelualueet muodostavat oman haasteellisen ääniympäristön. Niiden meluntorjunta on hankalampaa kuin tieliikenteen, sillä melulähde sijaitsee myös korkealla. (Vantaan kaupunki 2019, 6.) Lentomelualueita suunnitellaan yhdessä kaavoitusviranomaisten kanssa. Kiitoteiden ja asuinalueiden tulee toimia yhdessä niin, että siitä koituu mahdollisimman vähän haittaa asumiselle. Meluhaittoja hallitaan niin lentokoneiden liikenteenohjauksella ja tekniikalla kuin kiitoteiden käyttötavoilla ja lentoreittien valinnoilla. (Finavia Oyj 2018, 2–5.)

Keskellä Vantaan kaupunkia sijaitsee Helsinki-Vantaan lentoasema. Lentoasemalla on kolme kiitotietä, joiden ympärillä on tiheääkin asutusta. Finaviolla on oma melunhallintasuunnitelma, jossa otetaan huomioon sekä lentoturvallisuus että asumisen viihtyvyys. Lisäksi Finavia on teetättänyt selvityksiä lentomelun vaikutuksista elinympäristöön. (Finavia Oyj 2018, 2–5, 23; Pesonen 2008, 5.)

Rakennuksen suunnittelun alkuvaiheessa täytyy ottaa huomioon asemakaavan asettamat vaatimukset (RIL 243-1-2007 2007, 144). Rakennussuunnittelijan tulee huomioida ne tekijät, jotka vähentävät meluhaittaa ja lisäävät viihtyisyyttä. Näitä tekijöitä ovat muun muassa tilojen välinen sijoittelu. (Betonikeskus ry & Rakennusteollisuus RT 2009,8.)

Arkkitehdin tulee osata valita oikeat rakenteet ja rakenneosat, jotta mikään tärkeä elementti kokonaisuudessa ei petä. Tätä voitaneen verrata konserttisalien suunnitteluun. Tärkeimpään, eli akustiikkaan vaikuttavat istuinten sijoittelu, mukavuus ja absorptiokykyinen verhoilu. (Beranek, 2004, 501–502.)

Ihmisen kokema äänitaso on subjektiivista. Rakennuksen sisämelun tasoon vaikuttavat myös tilan kaikuuus ja taustamelun vaikutus. Huoneiden taustamelutasolla on myös vaikutusta sille, miten muut äänet aistitaan. Taustamelu on melua, joka syntyy ulkomelun kulkeutumisesta (kuten lentomelun aiheuttamasta kohinasta) esimerkiksi ilmapaihdon kanavien kautta sisätilaan. Absorboivat pinnat huoneissa lisäävät äänenvaimennusta, mikä vaimentaa taustamelua ja lisää hiljaisuuden tuntua. (Betonikeskus ry & Rakennusteollisuus RT 2009, 45.)

4.1 Asumisen laatuvaatimukset

Elinympäristöön kytkeytyy monia laadullisia komponentteja. Niitä ovat muun muassa hajut, äänet, maisemat, kliinisyyt, kokemukset kuten turvallisuus. (Äänimaisema 2011, 94.)

Melulle sen hillitsemiseksi ja rakennetun ympäristön suunnittelulle on asetettu liikennemelua vastaan ohjearvoja valtioneuvoston päätöksen mukaan. Päätökset koskevat ulko- ja sisätiloja (taulukko 2). Päätöksissä painotetaan melun enimmäisäänitasoa, mikä edistää tilojen äänitason pysymistä terveydelle haittamattomana sekä elinympäristön pysymistä viihtyisenä. (Ympäristöministeriö 2001, 12–13.)

Valtioneuvoston päätös ohjaa A-painotetun ekvivalenttitason käyttöä erikseen päivä (kello 07-22) ja yöaikaan (kello 22–07). Lentomelualueilla melutasojen huiput voivat olla hetkellisesti korkeita ja liikennöintiä tapahtuu enemmän verrattuna tie- ja raideliikenteeseen. Ohjearvoista käy ilmi, että asuin-, potilas- ja majoitushuoneiden sisätilojen äänitaso ei saisi ylittää päiväaikaan 35 dB:ä eikä yöaikaan 30 dB:ä. (Ympäristöministeriö 2001, 12–13.)

TAULUKKO 2. Valtioneuvoston asettamat ohjearvot melutasoille (993/1992) (Ympäristöministeriö 2001, 12)

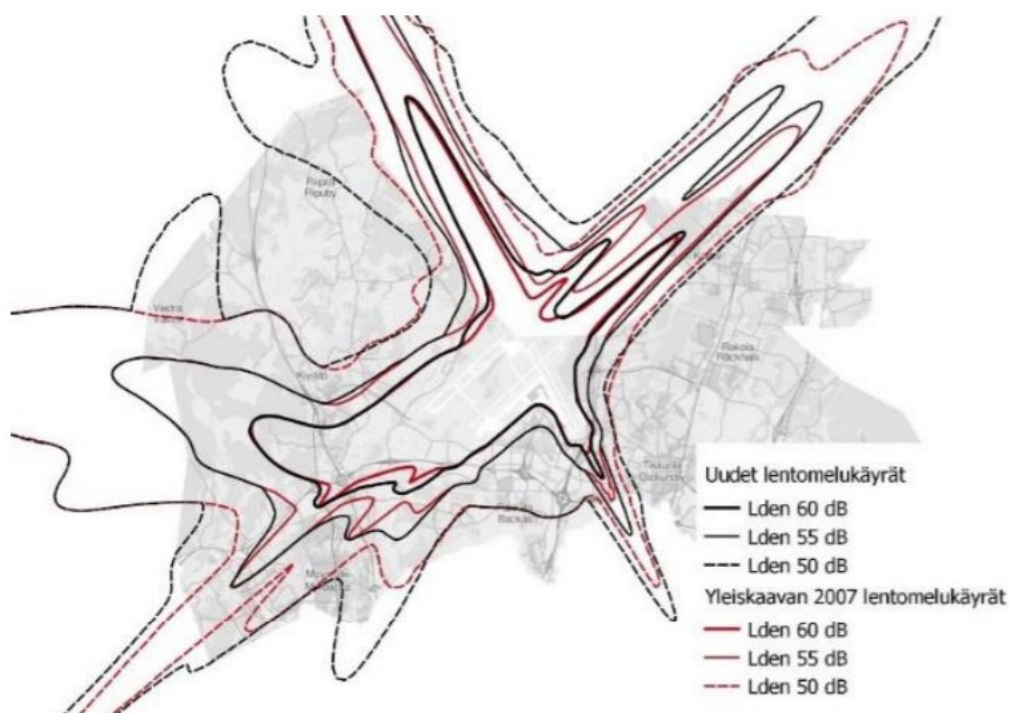
Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista (993/1992):		
A-painotettu keskiäänitaso L_{Aeq} enintään		
Ohjearvot ulkona	Päivällä	Yöllä
Asumiseen käytettävät alueet	55 dB	50 dB (uudet alueet 45 dB)
Virkistysalueet taajamissa ja taajamien välittömässä läheisyydessä	55 dB	50 dB (uudet alueet 45 dB)
Hoitolaitoksia palvelevat alueet	55 dB	50 dB (uudet alueet 45 dB)
Oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dB	-
Loma-asumiseen käytettävät alueet ja leirintäalueet	45 dB	40 dB
Virkistysalueet taajamien ulkopuolella ja luonnonsuojelualueet	45 dB	40 dB
Ohjearvot sisällä	Päivällä	Yöllä
Asuin-, potilas- ja majoitushuoneet	35 dB	30 dB
Opetus- ja kokoontumistilat	35 dB	-
Liike- ja toimistohuoneistot	45 dB	-

4.2 Asuinalueena lentomelualue

Yleiskaavalla pyritään strategiaan, joka ottaa huomioon tulevaisuuden tarpeita. Yleiskaavoituksen tärkeä tavoite on saada kaupunkirakenne toimivaksi ja keskittää alueita lähelle toisiaan. Strategiaassa otetaan huomioon mahdolliset tulevat häiritteijät ja ympäristökysymykset, joista yksi on melu. Asemakaavan on tarkoitus yksityiskohtaisemmin toteuttaa yleiskaavan tarkoituksia. (Vantaan kaupunki.)

Helsinki-Vantaan lentomelualue on alue, jonka kaavoituksessa on otettu huomioon asumisen laatu ja melu. Alue jaottuu vyöhykkeisiin, jotka on määritelty mallinnuksen kautta eri korkuisille melukäyrille. Sydänalue L_{DEN} 60 dB ei sovi uudisrakentamiseen liian korkean melutason vuoksi. (Vantaan kaupunki 2019.)

Helsinki-Vantaan lentomelualue koostuu kolmesta meluvyöhykkeestä (kuva 4), jotka kombinaationa ulottuvat noin puolikkaan Vantaan alueelle keskusta- ja asuinalueiden yli. Helsinki-Vantaan lentomelualueella asuu arviolta noin 82 000 asukasta (2019). Kuvasta 4 käy ilmi, että lentomelualueella asuvien määrä on lisääntynyt lentomelukäyrien muodostamien alueiden laajentuessa. (Vantaan kaupunki 2019.)



KUVA 4. Helsinki-Vantaan lentomelualuekartta (Vantaan kaupunki 2019)

4.3 Tilat ja niiden sijoittelu

Tilojen ääneneristävyys asettaa vaatimuksia suunnittelulle ja tilojen keskinäiselle sijoittelulle. Asuinhuoneissa tulee olla ikkuna (127/2018, 5§), mikä luo omat ehtonsa ja vaikutuksensa tilojen äänimaisemaan. Tämä vaikuttaa siihen, miten tiloja kannattaa sijoittaa toisiinsa nähden, jotta ääneneristävyys säilyy asuinhuoneissa. Keittiötä ei lueta asuinhuoneeksi ja sen ääneneristävyyden vaatimukset ovat pienemmät. (Betonikeskus ry & Rakennusteollisuus RT 2009, 4, 12.)

Suunnittelijalta vaaditaan ongelmanratkaisukykyä, kun tilaaja haluaa olohuone- keittiö- ratkaisun, jossa on paljon ikkunapinta-alaa. Kulmahuoneissa on paljon julkisivupinta-alaa lattia-alan suhteen ja monet makuuhuoneet sijaitsevat juuri kulmahuoneissa. Nämä niin sanotut kriittiset tilat määrittävät sen, mitä rakenteita käytetään, jotta määräykset täyttyvät. (Vantaan kaupunki.)

4.4 Ulkotilat

Rakennuksen sijainti ei saa edistää melun leviämistä piha-alueella tai se ei saa heijastaa melua naapurustoon. Rakennuksen oleskelutiloihin luokitellaan parvekeratkaisut sekä terassi ja piha-alueet. (Vantaan rakennusvalvonta, 2007.) Parveke voidaan lasittaa, jolloin melutaso alenee jopa 10 dB (Airola 2013, 23; Kylliäinen 2006, 190).

Kevyen puurunkoisen rakennuksen parveke voidaan rakentaa kannattamaan itse itsensä. Tällöin sen aiheuttama runkoääni ei johdata melua sisälle. (Wood Focus Oy 2004, 16.)

4.5 Rakennusmateriaalina puu

Puu on kevyt materiaali. Puu johtaa ääntä syiden pituussuunnassa paremmin kuin syitä vastaan kohtisuorassa (Puuinfo). Puu ei yksistään riitä eristämään ääntä yksinkertaisena rakenteena, sillä se on usein tiivispintaista ja sileää. Kaksinkertaisena rakenteena, jossa runkona oleva puu levytetään, saadaan parempi ääneneristävyys. Kevyen rakenteen ääneneristävyys on heikompi matalilla äänentaajuuksilla kuin raskaan aineksisen massiivirakenteen, mutta erittäin hyvä korkeilla taajuuksilla. (Wood Focus Oy 2004, 14–16.)

Puurakenteisen rakennuksen rakenteiden ääneneristävyyttä voidaan parantaa esimerkiksi levytyksillä, paneloinneilla ja rimoituksilla. Levyjä voidaan rei'ittää, jolloin saadaan tehokkaasti keskikorkeita ääniä eristäviä reikäresonaattoreita. Reikäresonaattori toimii niin, että reiässä oleva ilma on massa ja ilmapölyssä oleva ilma on jousi. Syntyy massa-jousi-järjestelmä, joka absorboi ääntä massa-jousi-järjestelmän ominaistajuuksilla (RIL 243-1-2007 2007, 150; Wood Focus Oy 2004, 14.)

Päätekijät, jotka aiheuttavat rasitusta sekä muutoksia puupinnoissa ovat säärasitukset ja biologiset vauriotekijät. Säärasitusta aiheuttavat lähinnä sade, tuuli, pakkanen ja auringonvalo. Biologista rasitusta aiheuttavat muun muassa lahottaja- ja homesienet. Huomioitakoon, että biologisen rasituksen syntyminen vaatii otolliset olosuhteet esimerkiksi homesienille. Rakenteellisilla ratkaisuilla otollisten olosuhteiden syntymistä voidaan torjua. (Julkisivuyhdistys r.y. 1997, 34–35.)

Ulkoseinän pinta (esimerkiksi laudoitus) suojaa pinnan alla olevia muita ulkoseinän rakenteita haittatekijöiltä. Kova tuuli ja vesisade voivat aiheuttaa pinnan suojaavan vaikutuksen heikkenemisen, mikä johtaa veden tunkeutumisen ulkoseinän rakenteisiin. Esimerkiksi eristeiden kostuessa niiden eristävyys heikkenee, rakenteisiin jäätyvä vesi voi vahingoittaa rakenteiden kantavuuksia ja lahottajasienet voivat lahottaa julkisivupinnan. (ARA 2016.)

5 PUUVERHOILTU PIENTALO MALLIKAS

Rakennusten suunnittelussa on tärkeä huomioida rakennuksen käyttäjien tarpeet. Arkkitehtuurissa on tärkeä kuunnella ammattilaisia ja heidän näkemyksiään rakennusten kehittämiskohteista. (Cityform 2020.)

Opinnäytetyössä haastateltiin ääneneristävyyden laskentaan erikoistunutta henkilöä. Haastattelun tarkoitus oli saada vastauksia lentomelun vaikutuksesta ääneneristävyyteen ääneneristävyyden laskentatyön näkökulmasta sekä selvittää haastekohtia. Haastattelun ja työssä mallinnetun pientalo Mallikkaan kautta vertailtiin ulkoseinän ääneneristävyyden parantamisen haasteita ja mahdollisuuksia.

Työn lähtötiedoilla selvitettiin kriittisimmän tilanteen mukaan, onko olemassa sellaista puista ulkoseinärakennetta, joka suojaisi käyttäjää valtioneuvoston päätösten mukaisesti lentomelulta sellaisella alueella, jossa melutaso on korkea (kaavamääräys äänitasoero 35 dB).

5.1 Suunnittelumenetelmän kuvaus

Rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyyden suunnittelu ja kehitys on osittain käyttäjäkeskeistä suunnittelua. Käyttäjäkeskeisen suunnittelun lähtökohtana on täyttää käyttäjien tai asiakkaiden toiveet ja tarpeet. (Crasman 2021.)

Suunnittelun tueksi toteutettiin haastattelu, jotta voitiin päästä selville puurakenteisen rakennuksen rakenteiden nykyratkaisuksista ja niiden kehityskohdista. Haastattelu teetettiin vuoden 2021 alussa.

Haastattelun tuloksista saatiin arvokasta tietoa puurakenteisen rakennuksen ääneneristävyyden haasteista lentomelualueilla. Kevyiden puurakenteisten rakennusten ulkovaipan yhteisääneneristävyyden toteutus tuottaa hankaluuksia, kun ääneneristävyydellä on korkeita vaatimuksia (kaavamääräys tai muu määräys). Haastattelusta kävi ilmi, että ulkoseinän rakenteiden ääneneristävyydessä on kehittämisen varaa.

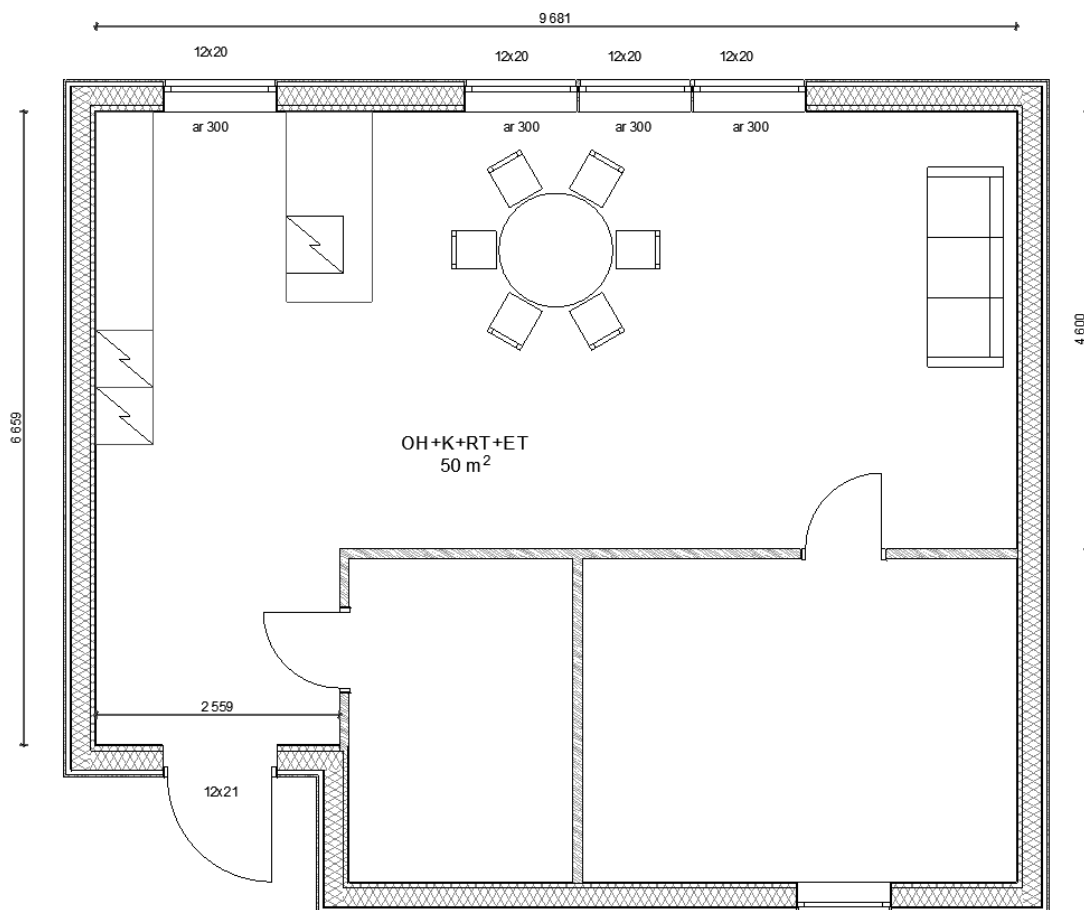
Puurakenteisen pientalon ulkoseinät ovat heikko lenkki ääneneristävyyden kannalta. Millä rakenteellisilla keinoilla voisimme suojautua paremmin lentomelua vastaan, kun haluamme ympärillämmme puurakenteen? Tässä opinnäytetyössä yritettiin löytää vastausta tähän kysymykseen.

Ihminen aistii melutasoissa noin 2–3 dB muutoksen. 5–6 dB muutos aistitaan merkittävänä (Vantaan kaupunki 2019). Jo pienellä ääneneristävyyden arvolla, saadaan sisätilan äänimaisemaa paremmaksi.

5.2 Suunnittelun lähtökohdat ja pientalo Mallikas

Opinnäytetyössä mallinnettiin pientalo Mallikas, josta määritettiin olohuone-keittiö-ruokailutila-eteinen-tilakokonaisuus. Pientalo sijaitsee kuvitteellisesti Lden 55 dB -lentomelualueella (lentomelualueet kuvassa 4 sivulla 28). Kuvitteellinen kaavamääräys kyseisen rakennuksen ulkovaipan yhteisäänieristävyydelle on 35 dB.

Tilan lattiapinta-ala on 50 m², rakennuksessa on 4 avattavaa ikkunaa ja tavallinen ulko-ovi. Tilan huonekorkeus on 2,8 metriä. Pohjapiirustus on esitetty kuvassa 5. Pohjapiirustukseen on merkitty lisäksi ulkoseinien sisäpuoliset pituudet, joita käytetään ääneneristävyyden selvityksessä.



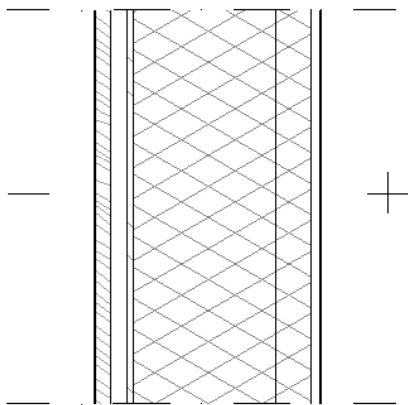
KUVA 5. Pientalo Mallikkaan pohjapiirustus

5.3 Ääneneristys selvitys ja tulokset

Pientalo Mallikkaasta tehtiin ääneneristys selvitys (liite 1). Selvityksessä laskettiin ääneneristävyys vaatimukset ulkoseinille, ikkunoille ja ulko-ovelle sekä yläpohjalle, kun kaavamääräyksen mukainen äänitasoero vaatimus ulkovaipalle on 35 dB. Laskennalla haluttiin selvittää heikoimman rakenneseosan, eli ulkoseinien riittävää ääneneristävyttä. Ääneneristys selvitys tehtiin ympäristöoppaan 108/2003 menetelmällä.

Ääneneristys selvityksessä käy ilmi, että ulkoseinän ääneneristykseen vaatimus on 47 dB ikkunoissa ja ulko-ovessa 41 dB ja yläpohjassa 49 dB. Nämä tulokset määräävät käytettävät rakenneseosat. Ääneneristys selvitys on siis tärkeä tehdä jo suunnitteluvaiheessa, jotta kaikki vaatimukset pystytään ottamaan rakennusvaiheessa huomioon.

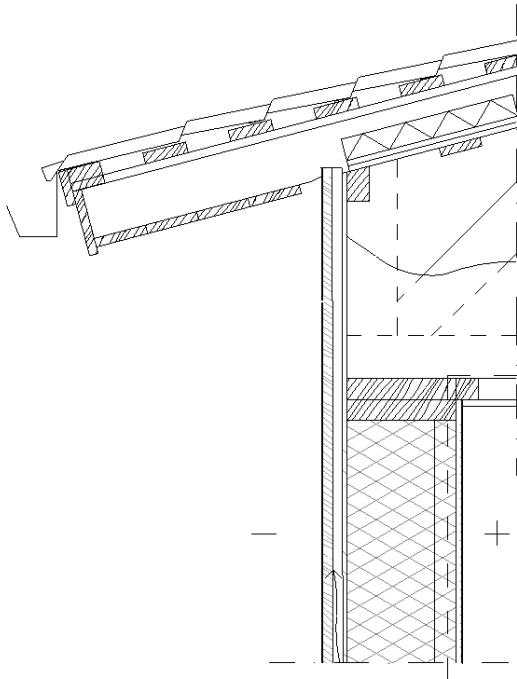
Kuvassa 6 on esitetty oletettu puurakenteinen ulkoseinä. Haastattelun tuloksista kävi ilmi, että kyseinen rakenne on tavallisimpia pientaloissa ja myös lentomelualueella käytettäviä rakenteita. Rakenne ulkoapäin on seuraavanlainen: ulkoverhouslauta 23 mm, tuuletusrako ja vaakakoolaus 23 mm, tuulensuojalevy 9 mm, puurunko ja mineraalivilla 198 mm, höyrynsulkumuovi, vaakakoolaus ja mineraalivilla 50 mm ja sisäverhouslevy 13 mm.



KUVA 6. Ulkoseinän rakenne

Gyprocin käsikirjasta löytyvän taulukon 6b rakenne yhdellä 13 mm:n sisäverhouslevyllä antaa ääneneristysluvun $R_{A,tr}$ 42 dB ($R_w + C_{tr}$). Kahdella 13 mm:n sisäverhouslevyllä rakenteen ääneneristävyys on $R_{A,tr}$ 44 dB ($R_w + C_{tr}$). (Gyproc, Saint-Gobain Finland Oy 2018, 274.)

Kuvassa 7 on esitetty rakennuksessa käytettävä yläpohjan rakenne. Yläpohjan rakenne ulkoapäin on seuraavanlainen: peltikate, ruodelaudoitus, korokerima, aluskate, ristikkoyläpohja + lämmöneriste puhallusvilla 500 mm, höyrynsulkumuovi, koolaus ja kipsilevy 13 mm.



KUVA 7. Yläpohjan rakenne

Wood Focus julkaisun Ääneneristys puutalossa ristikkoyläpohja antaa rakenteelle ääneneristävyysarvon $RA_{tr} 49 \text{ dB}$ ($R_w + C_{tr}$). Rakenteeseen tulee asentaa räystäiden kohdalle tuloilman tuuletusaukkoihin äänenvaimentimet. (Wood Focus 2004, 60.)

5.4 Tyypihyväksytyt rakenteet

Jokainen rakenne ja rakenneosa, joita käytetään melualueilla, tulee olla laboratoriomitattuja tai laskennallisesti todettuja ja hyväksyttyjä, jotta niitä voidaan käyttää. Tässä työssä oli tarkoitus keskittyä puuverhotun ulkoseinän rakenteen ääneneristävyyteen ja sen haasteisiin. Ikkuna- ja ulko-ovi-toimittajilta löytyy tyypitettyjä tuotteita, joilla voidaan täyttää pientalo Mallikkaan ääneneristävyysvaatimukset. Lisäksi löytyy yläpohjan ääneneristävyysvaatimuksen täyttävä rakenne, kuten luvussa 6.3 lopussa todetaan.

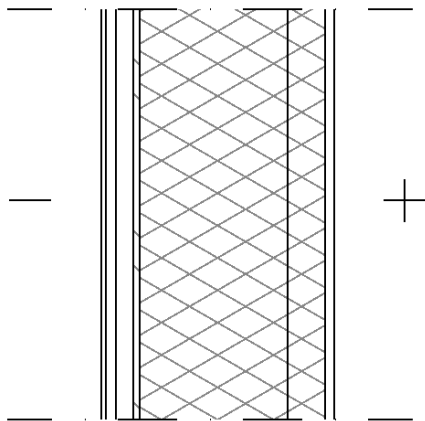
Gyprocilla on ollut käytössä ulkoseinärakenne, mutta se on poistettu rakennekirjastosta eikä sille enää ole hyväksyntää. Kyseissä ulkoseinärakenteessa on ollut toisena sisäverhouslevynä 15,4 mm

raskas sisäverhouslevy. Tällä seinärakenteelle on päästy ääneneristävyyden arvoon $R_{A,tr}$ 47 dB (R_w+C_{tr}).

5.5 Tulosten analysointi ja johtopäätökset

Puurakenteisen ulkovaipan kriittisin osa on ulkoseinä. Työn tarkoituksena oli todistaa, että nykyisillä viranomaisten hyväksymillä rakenteilla ei saavuteta ulkoseinän 47 dB ääneneristävyyden vaatimusta, vaikka sisäpuolelle asennettaisiin kaksi 13 mm:n kipsilevyä. Puuverhottuihin ulkoseiniin ei löydy 47 dB:n tyydyttettyjä rakenteita, joten tässä tapauksessa pientalo Mallikkaan ääneneristysvaatimusta ei voida täysin toteuttaa.

Gyprocin käsikirjassa käy ilmi, että lautaverhouksen vaihtamisella tiiliverhoukseen, rapattuun julkisivulevyyn tai teräspeltiin päästään ääneneristyslukuihin, jotka ovat yli $R_{A,tr}$ 47 dB (R_w+C_{tr}). Tällöin rakenne ei ole enää yleisesti käytetty kevyt puurakenne. Pientalo Mallikkaan kohdalla joudutaan siis vaihtamaan kevyt ulkoseinän puurakenne esimerkiksi kuvan 8 mukaiseen rakenteeseen.



KUVA 8. Pientalo Mallikkaan ulkoseinän rakenne 2

Ulkoseinän 2 rakenne on ulkoapäin seuraavanlainen: Aquaroc 13 mm ja rappaus 6 mm, tuuletusrako ja vaakakoolaus 23 mm, tuulensuojalevy 9 mm, puurunko ja mineraalivilla 198 mm, höyrynsulkumuovi, vaakakoolaus ja mineraalivilla 50 mm ja sisäverhouslevy 12,5 mm. Tällä rakenteella päästään ääneneristyslukuun, joka on $R_{A,tr}$ 51 dB (R_w+C_{tr}).

5.6 Tulevaisuuden tuote laboratoriomittauksella

Lentomelua vastaan voi olla korkeitakin ääneneristävyyden vaatimuksia. Tässä työssä kriittisen tarkastelun kautta todettiin, että esimerkkirakennuksen puurunkoisen ulkoseinän ääneneristävyyden vaatimus on niin korkea, että sitä ei voida toteuttaa tyypitetyillä rakenteilla.

Talotehtaiden tai kipsilevytoimittajien tulisi testata puuverhoiltuja ulkoseinärakenteita sellaisilla kipsilevy-yhdistelmillä, joilla päästäisiin ääneneristävyyden arvoon, joka ylittäisi $R_{A,tr}$ 44 dB (R_w+C_{tr}).

Ääneneristävyys voitaisiin mahdollisesti saavuttaa paksummilla ja painavammilla sisäverhouslevyillä. Kuten luvussa 5.4. todettiin, tällainen seinärakenne on ollut käytössä. Kyseinen seinärakenne olisi tuottanut riittävän ääneneristävyyden pientalo Mallikkaaseen ja pientalo olisi voitu toteuttaa puurakenteisena lautaverhoiluin.

Myös haastattelusta käy ilmi, että yleisimmin käytössä olevalle puurakenteisen pientalon seinärakenteelle ei ole riittävää ääneneristävyyden ratkaisua silloin, kun vaatimus on suuri (esimerkiksi 35 dB). Tarve uusille rakenteille on siis ilmeinen.

6 POHDINTA

Kenen vastuulla asuinympäristön laatu ja lentomelun häiritsevyys ovat? Kenen tehtävä on vastustaa meluhaittojen vaikutusta? Me ihmiset olemme biologisia olentoja. Olemme syntyneet urbaaniin äänimaisemaan ilman omaa tahtoaamme. Me olemme oppineet elämään lentomelun alla, sen kokonaisvaltaisen äänentaajuuden alaisina. Olemme oppineet suojautumaan siltä eristävin rakentein, rakentamalla suojan ympärillemme henkilökohtaisiin tiloihimme.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia lentomelua ja sen vaikutuksia rakenteiden ääneneristävyyteen. Työssä käy ilmi, että puurakenteisten ulkoseinien ääneneristämisessä on kehittämisen varaa. Työssä tehty haastattelu vahvisti sen, että uusille ratkaisuille on tarvetta. Puurakenteiselle ulkoseinälle ei ole riittävää ääneneristävää rakennetta, joka täyttäisi kriittisimmätkin ääneneristävyyden vaatimukset.

Tätä työtä tehdessä ajatukset suuntasivat usein ulos ja kuulosta oli herkillä. Työn äärellä tarkkailin, kuuluuko lentomelu ja miten häiritsevää se oikeastaan on.

”Yhtäkkinen voimistuva, ajatukset pois pyyhkäisevä melu huumaa mielen. Jäljelle jää turvattomuus ja levottomuus, ja seinärakenteet, jotka eivät suojanneetkaan”.

Tämä toivoton näkemys kykenemättömyydestä luomaan hiljaisuutta ympärillemme tuntuu olevan puuverhotun huuto lentomelualueella. On olemassa silti mahdollinen ratkaisu, jolla kevyetkin rakenteet ja lautaverhoilut sopisivat meluisamman asteen pientaloalueelle. Siksi toivon, että tämä opinnäytetyö tuottaisi hedelmää puurakenteisten ulkoseinien ääneneristävyyden tutkimiseen ja uusien ideoiden kehittämiseen.

LÄHTEET

Airola, Hannu 2013. Opas 02. Melun- ja värinätorjunta maankäytön suunnittelussa. Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Kopijyvä Oy.

Ampuja, Outi 2007. Melun sieto kaupunkielämän välttämättömyytenä. Helsinki: Suomalaisen kirjallisuuden seura.

Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA 2016. Säännöllinen huolto pidentää julkisivun käyttöikää. Hakupäivä 4.5.2021. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/rakentaminen/korjaustieto/pientalot/korjaushankkeet/julkisivu_ja_kattokorjaukset/Julkisivukorjaukset.

Beranek, Leo 2004 (1996). Concert Halls and opera houses. United States of America: Springer.

Betonikeskus ry, Rakennusteollisuus RT 2009. Asuinrakennusten äänitekniikan täydentävä suunnitteluohje.

Borenus, Juhani, Lampio, Eero, Pesonen, Kari, Jauhiainen, Kari, Nuotio, Juhani & Pyykkö, Ilmari 1985. Akustiikan perusteet. Insinööritieto Oy.

Bradley, John S 2004. Sound Insulation Issues. Hakupäivä 12.4.2021. <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/accepted/?id=5cad07d6-940f-4e9e-9792-659dbb8654cd>.

Crasman 2021. Käyttäjälähtöinen suunnittelu. Hakupäivä 3.5.2021. <https://www.crasman.fi/palvelut/suunnittelu/kayttajalahtoinen-suunnittelu>.

Cityform 2020. Arkkitehti. Hakupäivä 3.5.2021. <https://cityformdesign.pl/fi/news/architekt/>.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukset (EU) N:o 305/2011. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukset (EU) N:o 305/2011, annettu 9 päivänä maaliskuuta 2011, rakennustuotteiden kaupan pitämistä koskevien ehtojen yhdenmukaistamisesta ja neuvoston direktiivin 89/106/ETY kumoamisesta. ETA:n kannalta merkityksellinen teksti (europa.eu). Hakupäivä 3.3.2021. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:FI:PDF>.

Finavia 2021. Lentokoneiden melu. Hakupäivä 26.2.2021. <https://www.finavia.fi/fi/tietoa-finaviasta/vastuullisuus/ymparistovastuu/melu>.

Finavia Oyj 2017. Helsinki-Vantaan lentoasema lentokonemeluselvitys, vuosi 2016. Hakupäivä 24.3.2021. https://www.finavia.fi/sites/default/files/documents/liite-kartta4_vuosi2016_LDEN_pieni.pdf.

Finavia Oyj 2018. Lentokonemelun hallintasuunnitelma. Hakupäivä 23.11.2020. <https://www.finavia.fi/sites/default/files/documents/EFHK%20melunhallintasuunnitelma%202018%20lowres.pdf>.

Gyproc, Saint-Gobain Finland Oy 2018. Gyproc käsikirja kevytrakennejärjestelmät. Saint-Gobain Oy.

Halme, Alpo 1977. Rakennus- ja huoneakustiikka. Espoo: Otakustantamo.

Halme, Alpo & Halme-Salo, Eija 2003. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. RIL 129-2003. Ääneneristysten toteuttaminen. RIL 129-2003. Vammalan kirjapaino Oy.

Hosiokangas, Jari, Laine, Petteri & Yli-Kätkä, Veli-Matti 2014. Ikkunoiden ääneneristävyysominaisuudet ja niiden vaikutus julkisivujen ääneneristävyyteen. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 52/2014. Hakupäivä 19.4.2021. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2014-52_ikkunoiden_aaneristavyysominaisuudet_web.pdf.

Isover Saint Gobain 2021. Ilmaääneneristävyys. Hakupäivä 12.4.2021. <https://www.isover.fi/suunnittelijalle/aaneristaminen/ilmaaneneristavyys-r>.

Julkisivuyhdistys r.y. 1997. Julkisivujen korjausopas. Hyvinkää: SP-Paino.

JYU.FI. Haastattelu. Hakupäivä 3.5.2021. <https://www.jyu.fi/viesti/verkkotuotanto/haastattelu/lu.htm>.

Kylliäinen, Mikko 2006. Talonrakentamisen akustiikka. Tutkimusraportti 137: Tampereen teknillinen yliopisto.

Kylliäinen, Mikko. Rakennuksen ulkovaipan ääneneristysten suunnittelu. Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy. Hakupäivä 28.4.2021. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK090303.pdf>.

Kylliäinen, Mikko. Puukerrostalojen akustiikkasuunnittelu. A-insinöörit. Hakupäivä 3.5.2021. https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/06/39_Puukerrostalojen-akustiikkasuunnittelu.pdf.

Lehvävirta, Susanna, Mesimäki, Marja & Veuro, Sini 2012. Viherkattojen elinkaarianalyysi ja kestävät rakennusratkaisut. Helsingin yliopisto. Hakupäivä 21.4.2021. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/39203/Esiselvitys_viherkattojen_LCA.pdf?sequence=.

Liikonen, Larri 2013. Johdatus ympäristömeluun. Hakupäivä 13.4.2021. https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/2073102/Liikonen_Johdatus_ympeC3%A4ristC3%B6meluun.pdf.

LOCI maisema-arkkitehdit Oy 2020. Espoon kaupungin viherkattovisio.

Luukka, Raimo 2021. Ääneneristävyysasiantuntija, Luukka Oy. Haastattelu 19.5.2021.

Peda.net. Ultra- ja infraääni. Hakupäivä 13.4.2021. <https://peda.net/oppimateriaalit/e-oppi/luokit/vieremC3%A4/avk/vl2/fl2/resonanssi-52/luku-6-C3%A4C3%A4ni/C3%A4C3%A4nen-sovelluksia/ujj>.

Pesonen, Kari 2018. Lentomelun vaikutuksista ja niihin liittyvistä tekijöistä. Helsinki: Insinööritoimisto Kari Pesonen Oy. Hakupäivä 26.2.2021. <https://www.finavia.fi/sites/default/files/documents/Lentomelunvaikutuksista2018.pdf>.

Puuinfo 2020. Ääneneristys. Hakupäivä 12.4.2021. <https://puuinfo.fi/rakenteet/pilari-palkkirakenteet/aaneneristys/>.

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

Schafer, R. Murray 1977 (1994). The soundscape: our sonic environment and the tuning of the world. Hakupäivä 26.2.2021. https://monoskop.org/images/d/d4/Schafer_R_Murray_The_Soundscape_Our_Sonic_Environment_and_the_Tuning_of_the_World_1994.pdf.

Siikanen, Unto 1996. Akustiikka. Teoksessa Rakennusfysiikka, perusteet ja sovellukset. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Vantaan kaupunki 2019. YK0048 Yleiskaava 2020. Melu- ja ilmanlaatuvaikutusten arviointi.

Vantaan kaupunki. Pientalon ääneneristävyyden suunnittelu. Hakupäivä 1.3.2021. https://www.vantaa.fi/asuminen_ja_ymparisto/rakentaminen/ohjeita_rakentamiseen/aaneneristys-selvityksen_laadintaohje.

Vantaan kaupungin rakennusjärjestys 2010. Hakupäivä 20.5.2021. https://www.vantaa.fi/instance/data/prime_product_julkaisu/vantaa/embeds/vantaawwwstructure/106114_Rakennusjarjestys.pdf.

Vantaan rakennusvalvonta 2007. Rakennuksen ulkovaipan ääneneristysvaatimukset. Hakupäivä 22.3.2021. 110974_67808_Tie_lentomeluohje.pdf (vantaa.fi).

Väylävirasto. Melusuojaus, tieympäristön hiljainen sankari. Hakupäivä 20.4.2021. <https://vayla.fi/ymparisto/melu-tarina/meluesteet>.

Wood Focus Oy 2004. Ääneneristys puutalossa. Hakupäivä 12.4.2021. <https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/%C3%84%C3%A4neneristys-puutalossa-web.pdf>.

127/2018 2018. Ympäristöministeriön asetus asuin-, majoitus-, ja työtiloista annetun ympäristöministeriön asetuksen 5§:n muuttamisesta. Helsinki: Ympäristöministeriö. Hakupäivä 20.4.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180127>.

Ympäristöministeriö 2001. Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa. Suomen ympäristö 493. Alueiden käyttö. Hakupäivä 28.2.2021. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40628/SY_493.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Ympäristöministeriö 2003. Rakennuksen julkisivun ääneneristävyysmitoittaminen. Ympäristö-opas 108. Asunto- ja rakennusosasto. Hakupäivä 20.4.2021 taittopohjaA4 (helsinki.fi).

Ympäristöministeriö 2019. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:28. Rakennuksen ääniolosuhteiden suunnittelu ja toteutus. Hakupäivä 18.5.2021. Rakennuksen ääniolosuhteiden suunnittelu ja toteutus (valtioneuvosto.fi).

Äänimaisema 2011. Yhdyskuntasuunnittelu 2011:1. VOL. 49. Yhdyskuntasuunnittelun seura.

993/1992. 1992. Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista. Helsinki: Ympäristöministeriö. Hakupäivä: 29.4.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19920993>.

796/2017. 2017. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä. Helsinki: Ympäristöministeriö. Hakupäivä 24.3.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170796>

ÄÄNENERISTYSELVITYS**1. KOHDE**

OKT Mallikas

Vantaa

Tontille rakennetaan yksitasoinen pientalo.

Rakennuskohde sijaitsee lentomelualueella Lden 55 dB.

Vantaan rakennusjärjestyksen mukaan lentomelualueella Lden 55 dB asuinhuoneet on liikenteen aiheuttaman melun torjumiseksi varustettava sellaisilla ulkoseinä-, ikkuna- ja kattorakenteilla, joiden ääneneristävyys on vähintään 35 dB(A). Tällä tarkoitetaan ulkomelutason ja sallittavan sisämelutason erotusta.

2. PERUSTEET

Ääneneristykseen onnistumisen edellytyksenä on ulkovaipan rakenteiden, ikkunoiden ja ovien hyvä tiivistys.

Tässä selvityksessä asuinrakennusten ulkokuoren äänierovaatimuksena asuinhuoneiden kohdalla käytetään arvoa **ΔL 35 dB**.

Selvitys on laadittu Ympäristöministeriön julkaiseman ympäristöoppaan 108 "Rakennuksen julkisivun ääneneristämisen mitoittaminen" pohjalta. Mitoitustarkastelu on tehty ääneneristyksellisesti kriittisimmän tilanteen mukaan.

Yhteenveto rakennusosittain vaatimuksista:

Tila		US (dB)	Ikkuna ja ulko-ovet (dB)	YP (dB)
K+RT+OH+ET	50 m ²	47	41	49

Laskennallisten tulosten laskentatarkkuuden voidaan olettaa olevan ± 2 dB laboratoriomittauksiin verrattuna.

3. LASKENTA

3.1 Julkisivu

Kun tarkastellaan asuintilan ulkoseinien pinta-alan (S) suhdetta lattiapinta-alaan (S_H) muodostuu tilan suhdeluku seuraavasti:

$$K+RT+OH+ET \quad 50 \text{ m}^2, \text{ US pinta-ala } 65,8 \text{ m}^2 \quad S/S_H=1,3 \quad K_1=2$$

Ulkoseinä- ja lattia-alojen perusteella absorptioalan korjaustermi huomioon ottaen julkisivun ääneneristävyyden vaatimukseksi saadaan:

$$R_{tr,vaad} = \Delta L + K_1 + 7 \text{ dB} = 35 \text{ dB} + 2 \text{ dB} + 7 \text{ dB} = 44 \text{ dB}$$

Ulkoseinän ääneneristävyyden vaatimus

Ulkoseinän rakenteellisen osuuden tulee olla 3 dB parempi, kuin koko julkisivulta vaadittu ääneneristävyys. Rakenteellisen osuuden ääneneristykseen vaatimukseksi tulee:

$$R_{A,tr,seinä} \geq R_{tr,vaad} + 3 \text{ dB} = 44 \text{ dB} + 3 \text{ dB} = 47 \text{ dB}$$

3.2 Ikkunat ja ovet

Ikkunoiden ja ovien ääneneristävyyden vaatimus

Tarkasteltaessa julkisivussa olevien ikkunoiden ja ovien yhteispinta-alan (ΣS_i) suhdetta julkisivun pinta-alaan (S) muodostuvat tilan suhdeluvut seuraavasti:

$$K+RT+OH+ET \quad S=50 \text{ m}^2, \Sigma S_i = 12,12 \text{ m}^2 \quad \Sigma S_i/S=0,24 \quad K_2=-3$$

Ikkuna- ja seinäalojen perusteella absorptioalan korjaustermi huomioon ottaen ikkunoiden ja ovien ääneneristävyyden vaatimukseksi saadaan:

$$R_{A,tr,ikkuna} \geq R_{tr,vaad} + K_2 = 44 \text{ dB} + (-3 \text{ dB}) = 41 \text{ dB}$$

Käytettävät ikkunat ja ovet

Rakennuksessa tulee käyttää ikkunoita, joiden ilmaääneneristysluku liikennemelua vastaan on vähintään $R_{A,tr} \geq 41 (R_w + C_{tr})$ yllä olevan laskennan mukaan. Jos näissä tiloissa käytetään kiinteitä eristyslaseja, niiden tulee olla raskaita erikoislaseja.

Pääovena tulee käyttää äänieristettyä ovea, jonka eristävyys on **41 dB** liikennemelua vastaan.

3.3 Yläpohja

Yläpohjan ääneneristävyysvaatimus

Yläpohjarakenteen ääneneristävyys tulee olla 5 dB parempi, kuin koko julkisivulta vaadittu ääneneristävyys:

$$R_{A,tr,katto} \geq R_{tr,vaad} + 5 \text{ dB} = 44 \text{ dB} + 5 \text{ dB} = 49 \text{ dB}$$

3.4 Ilmanvaihto

Ilmanvaihto toteutetaan koneellisena sisään- / ulospuhalluksena, jolloin huonekohtaisia ääneneristävyyteen vaikuttavia ulkoilmaventtiilejä ei asenneta rakennukseen.

4 RAKENTEET

4.1 Ulkoseinä

Ulkoseinärakenne on ulkoapäin: ulkoverhouslauta 23 mm, tuuletusrako/koolaus 23mm, tuulensuojakipsilevy 9 mm, puurunko + mineraalivilla 198 mm, höyrynsulkumuovi, koolaus + mineraalivilla 48 mm ja kipsilevy 13 mm. Peruseinärakenteen ääneneristysluku on $R_{A,tr} \geq 42 \text{ dB} (R_w + C_{tr})$. Kun sisäpintaan asennetaan kaksi 13 mm:n kipsilevyä, ääneneristysluku on 44 dB.

Arvot perustuvat Gyprocin käsikirjan sivulla 274 olevan taulukon 6b rakenteeseen.

4.2 Yläpohjarakenne

Rakennuksen yläpohjan rakenne on ulkoapäin: peltikate, ruodelaudoitus, korokerima, aluskate, ristikkoyläpohja + lämmöneriste puhallusvilla 500 mm, höyrynsulkumuovi, koolaus ja kipsilevy 13 mm.

Rakenteen ääneneristävyys on **$R_{A,tr}$ 49 dB (R_w+C_{tr})**.

Arvo perustuu Wood Focuksen julkaisuun "Ääneneristys puutalossa" Ristikkoyläpohja s. 60.

Räystäälle tuloilman tuuletusaukkoihin asennetaan äänenvaimentimet.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Ulkoseinän ääneneristävyys ei ole riittävä, vaikka sisäpintaan asennettaisiin kaksi kipsilevyä. Puuverhottuihin ulkoseiniin ei tällä hetkellä löydy tyypitettyjä rakenteita, joiden ääneneristävyys liikennemelua vastaan olisi riittävä, jos ulkoseinärakenteen vaatimus on yli 44 dB.