

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Talotekniikan koulutusohjelma

Jani Romppanen

Toimistohuoneiden välinen ilmaääneneristävyys sekä laitemelu

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2019



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Toukokuu 2019**  
**Talotekniikan koulutusohjelma**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600

Tekijä  
Jani Romppanen

Nimeke  
Toimistohuoneiden välinen ilmaääneneristävyys sekä laitemelu

**Tiivistelmä**

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin ilmanvaihdosta aiheutuvaa laitemelua ja ääntä sekä toimistohuoneiden välistä ilmaääneneristävyyttä. Työssä tutkittiin ilmanvaihdon kautta kulkevaa ääntä tilojen välillä.

Työssä tutkittiin uuden toimistorakennuksen toisen kerroksen kahden eri toimistotilan äänipainetasoa sekä ilmaääneneristävyyttä viereisiin toimistotiloihin. Äänipainetason mittaustauksiin valittiin toimisto, joka on rakennuksen ulkoreunalla, sekä neuvotteluhuone, joka on rakennuksen keskiosassa. Ilmaääneneristävyydessä mitattiin kahden vierekkäisen toimistohuoneen sekä neuvottelu- ja toimistohuoneen välistä ilmaääneneristävyyttä.

Ilmaääneneristävyyssmittauksessa huomattiin, että toimistot, joiden välillä ilmanvaihtoputki kulkee lyhyen matkan ilmanvaihto heikentää huomattavasti tilojen välistä ilmaääneneristävyyttä. Laskemalla pystyi toteamaan, että laittamalla pienimmän äänenvaimentimen, saataisiin poistettua ilmanvaihdosta aiheutuva äänen sivutiesiirtymä. Äänipainetasomittauksessa todettiin, että toimisto- ja neuvotteluhuoneen mittaustulokset eivät ylitä sallittuja arvoja.

Kieli  
suomi

Sivuja 24

**Asiasanat**

laitemelu, ilmaääneneristävyys, ilmanvaihto, toimisto



**THESIS**  
**May 2019**  
**Degree Programme in Building**  
**Services Engineering**  
Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600

Author  
Jani Romppanen

Title  
Airborne Sound Insulation Between Office Rooms and Equipment Noise

**Abstract**

This thesis dealt with equipment noise and the noise caused by ventilation, as well as airborne sound insulation between office rooms. The work examined the sound passing through the space through ventilation.

The work examined the sound pressure levels of two different office spaces on the second floor of a new office building and the airborne sound insulation in the adjacent office premises. For the sound pressure level measurements, an office near the outer edge of the building was selected, as well as a conference room in the middle of the building. The airborne sound insulation was measured between two adjacent office rooms and the conference room and office room.

In the airborne sound insulation measurement, it was found that the offices between which the ventilation pipe passes a short distance, ventilation significantly reduces the airborne sound insulation between the spaces. By calculating, it was found that by inserting the smallest silencer, the flanking transmission of the sound from the ventilation would be eliminated. The sound pressure regulation showed that the measurement results of the office and conference room did not exceed the permissible values.

Language

Finnish

Pages 24

Keywords

equipment noise, airborne sound insulation, ventilation, office

# Sisältö

1	Johdanto.....	5
2	Ääni ja melu .....	5
2.1	Ääni.....	5
2.2	Äänen aiheuttajat .....	6
2.3	Äänen eteneminen .....	6
2.4	Äänen vaimeneminen.....	8
2.5	Äänenvaimentimet .....	9
2.6	Melu.....	10
2.7	Ilmaääneneristysluku .....	11
2.8	Jälkikaiunta-aika ja huonevaimennus.....	12
3	Mittalaitteet.....	12
3.1	Äänimittari.....	12
3.2	Kaiutin.....	13
4	Mittaukset.....	13
5	Tulokset .....	16
5.1	Ilmaääneneristys .....	16
5.2	Laitemelu .....	17
5.3	Jälkikaiunta-ajat.....	18
5.4	Väliseinät .....	19
6	Pohdinta.....	20
6.1	Ilmaääneneristävyys vertailu.....	20
6.2	Laitemelu .....	23
	Lähteet .....	24

# 1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena on toimistojen välinen ilmastäneristävyyys ja laitemelun toteaminen. Sain aiheen Karelia-ammattikorkeakoulun opettajalta. Mittauskohteeksi sain hankittua loppuvuodesta 2018 valmistuneen toimistorakennuksen Pohjois-Karjalan alueelta.

Laitemelun mittauksissa käytettiin kymmenen neliön toimistoa, joka on rakennuksen ulkoreunalla ja 20 neliön neuvotteluhuonetta, joka on toimistorakennuksen keskellä. Molemmat sijaitsevat rakennuksen toisessa kerroksessa. Ilmastäneristävyyssmittauksessa mitattiin kahden vierekkäisen kymmenen neliön toimiston välistä ilmastäneristävyyttä sekä 20 neliön neuvotteluhuoneen ja kymmenen neliön toimistohuoneen välistä ilmastäneristävyyttä.

Ilmastäneristävyyssmittauksessa rakennuksen ulkoreunalla olevien toimistojen välillä ilmanvaihtokanavia pitkin ääni kulkee helposti. Keskellä olevan neuvotteluhuoneen ja toimiston välillä ilmanvaihtokanava kulkee paljon pidemmän matkan ennen kuin on toisessa toimistossa, joten ääni ei kulje niiden välillä kanavia pitkin niin helposti. Mittauksia vertaillaan kahden eri tilan mittauksen avulla, kuinka paljon ääntä siirtyy ilmanvaihtokanavan välityksellä toimistosta toiseen toimistoon.

## 2 Ääni ja melu

### 2.1 Ääni

Kimmoisessa väliaineessa etenevää värähtelyä eli aaltoliikettä kutsutaan ääneksi. Ääni tarvitsee edetäkseen väliaineen. Ilmastäneksi kutsutaan ääntä, jonka väliaineena on ilma. Runkoääni on rakennuksen runko-osissa tapahtuvaa värähtelyä. [1, 5.]

”Taajuus on jaksojen lukumäärä aikayksikössä.” Äänen yksikkö on hertsi ja sen lyhenne on Hz (Hertsi=1/sekunti). Ihminen tajuaa äänen, kun taajuus on vähintään noin 16 hertsiä ja enintään noin 16 000 hertsiä. [1, 5.]

## 2.2 Äänen aiheuttajat

Toimistorakennuksissa ääntä aiheuttavat pääsääntöisesti ilmanvaihto ja puhe. Ilmanvaihdossa ääntä aiheuttaa puhallin, säätölaitteet, päätelaitteet ja kanavanosat esimerkiksi haarat ja putkikoon muutokset, näitä kutsutaan virtausääniksi. Virtaavan ilman nopeuden ja pyörteisyyden muutos aiheuttaa ääntä. Puhe siirtyy kanavia pitkin helposti toimistohuoneesta toiseen, kuten kuvassa 1. Taulukossa 1 esitetty ympäristöministeriön ohjearvot toimistorakennuksen tilojen äänitasoista. [2, 3.]

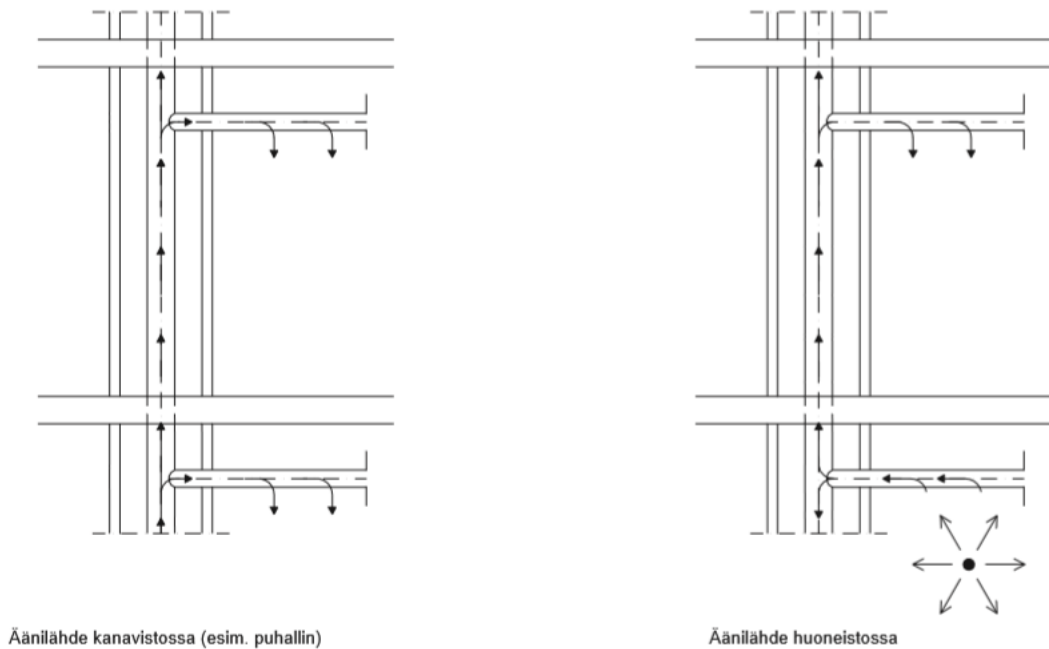
Taulukko 1. Suurimmat sallitut äänitasot toimistossa. [3, 32]

Tila	Ohjearvo Keskiäänitaso $L_{A,eq,T}$ (dB)	Ohjearvo Enimmäisäänitaso $L_{A,max}$ (dB)
Yhden hengen toimistohuone	33	38
Neuvottelutila	33	38

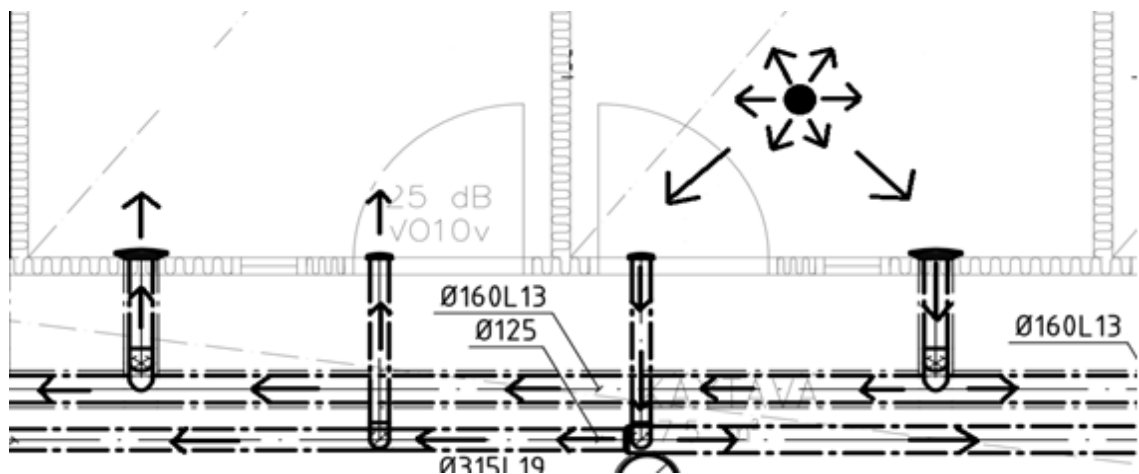
## 2.3 Äänen eteneminen

Ilmanvaihdossa ääni etenee kolmella eri tavalla. Kanavan rakenteita pitkin etenevää ääntä kutsutaan runkoääneksi. Ääni etenee rungossa värähtelynä kuten kuvassa 4. Ilmaääni etenee kanavassa kulkevan ilman välityksellä joka suuntaan, myös niin sanotusti väärään suuntaan, koska ääni etenee noin 340 metriä sekunnissa ja on paljon nopeampi kuin kanavassa kulkeva ääni. (Kuva 2.) Ilmaääni siirtyy myös kanavan läpi aiheuttaen ääntä kanavan ympäröivään tilaan. [2, 3.]

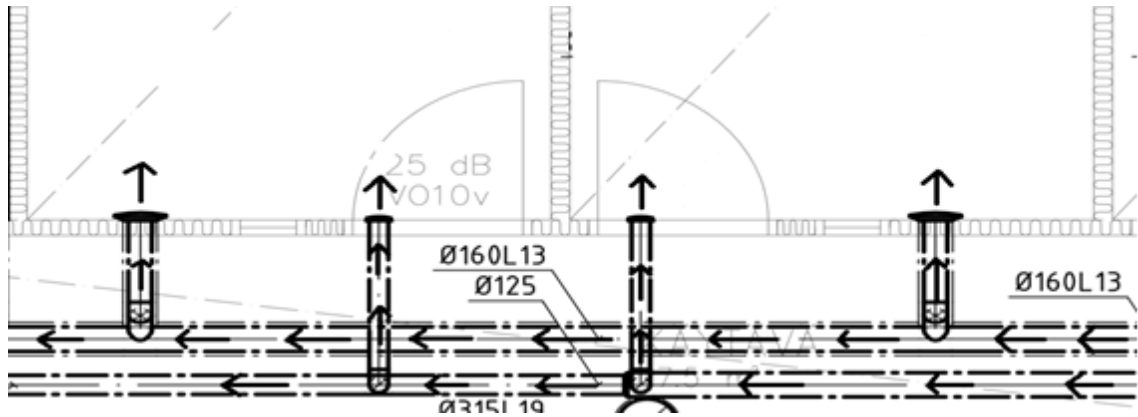
Ääni etenee myös sivutiesiirtymillä, eli rakenneosan rungon värähtelynä tilasta toiseen. Sivutiesiirtymä voi heikentää ääneneristävyyttä jopa 15-20 desibeliä. [4, 14-15.]



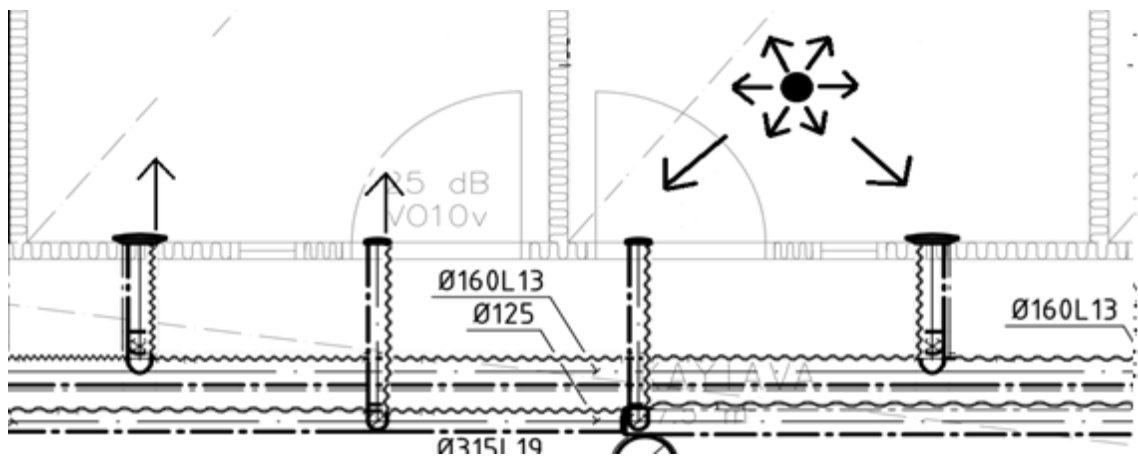
Kuva 1. Äänen siirtyminen kanavan seinämän läpi. [2, 10]



Kuva 2. Äänen siirtyminen kanavan ilman välityksellä. Äänilähde toimistossa esimerkiksi puhe.



Kuva 3. Äänen siirtyminen kanavan ilman välityksellä. Äänilähteenä esimerkiksi ilmanvaihtokone.



Kuva 4. Äänen siirtyminen kanavan seinämää pitkin. Äänilähde toimistossa esimerkiksi puhe.

## 2.4 Äänen vaimeneminen

Äänen vaimenemiseen vaikuttaa moni tekijä. Ääntä vaimentavia osia ilmanvaihdossa ovat äänenvaimennin, päätevaimennus, huonevaimennus, mutkat ja kanavan haaroitukset. [2, 3.]

Tärinävaimentimilla voidaan estää runkoäänen siirtymistä kanavassa. Kanavan rungossa siirtyvä runkoääni myös vaimenee vähitellen mitä kauemmas ääni siirtyy äänilähteestä, koska se menettää vähitellen tehoa siirtyessään. [2, 3.]



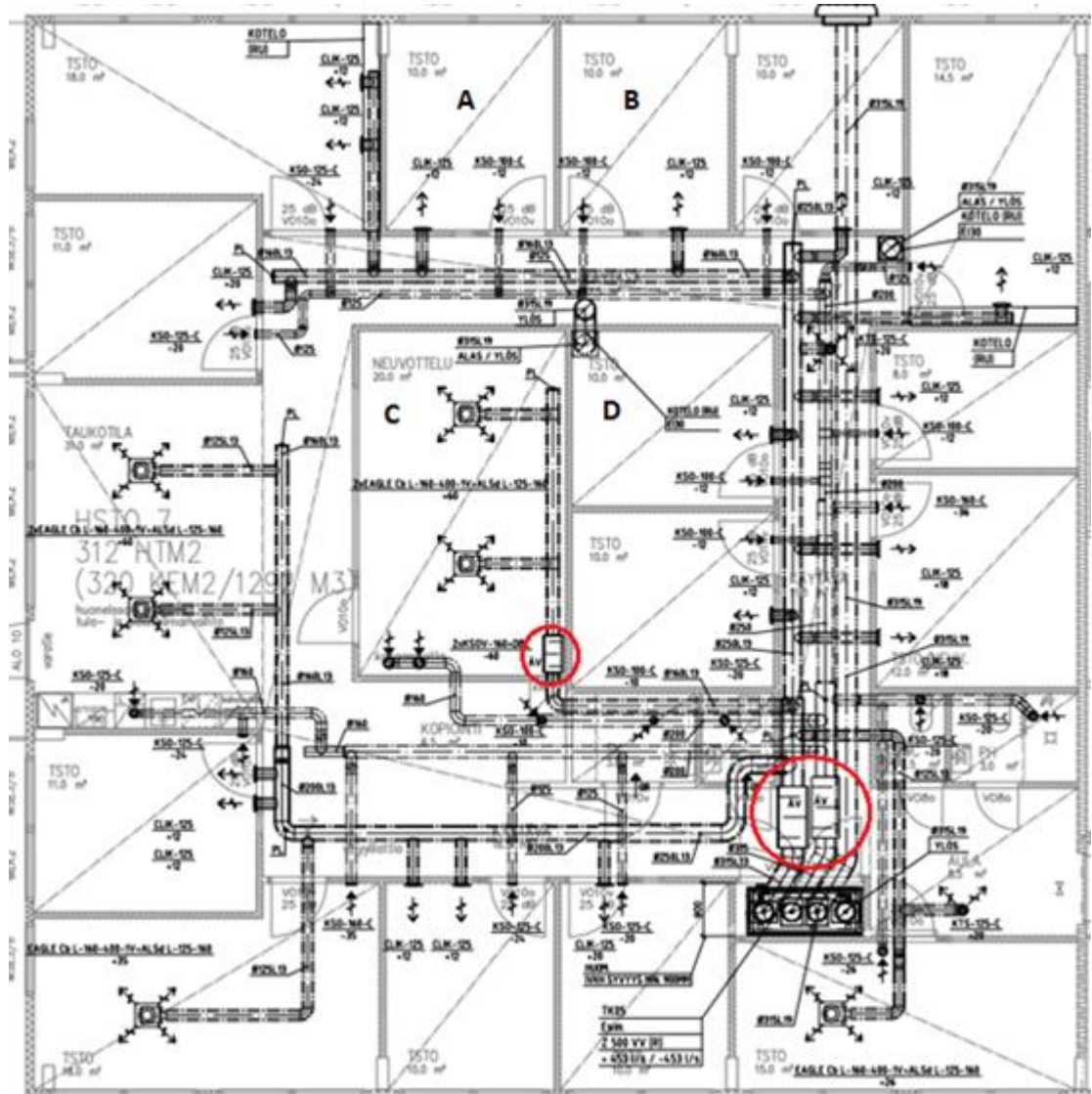
Äänen osuessa kanavan muutoksiin esimerkiksi mutkiin, haaroihin tai kanava-koon muutoksiin se menettää tehoaan ja vaimenee. Mutkat, haarat ja koon muutokset myös aiheuttavat ääntä, mutta jos ilmavirran nopeuden muutokset eli äänenaiheuttaja jää pieneksi tällöin syntyy vain vähän ääntä ja vaimennuskyky on suurempi, joten ääni vaimenee. Ilmavirran jakautuessa haaroissa ääniteho jakautuu haarautuvien kanavien pinta-alojen suhteen ja syntyy haaravaimennus. [2, 3.]

Pääsääntöisin äänen vaimentaja on tähän tarkoitukseen tehty äänenvaimennin. Absorptiovaimennin on yleisin käytetty äänenvaimennin. Näissä vaimentimissa ääni menettää tehoaan, kun se imeytyy äänenvaimentimen vaimennusmateriaaliin. [2, 3.]

## 2.5 Äänenvaimentimet

Kanavistoon asennettavia laitteita, joiden tarkoitus on vaimentaa ilmanvaihdon ääntä todella tehokkaasti, kutsutaan äänenvaimentimiksi. Äänenvaimentimiksi voidaan jo kutsua kanavaa tai mutkaa, jonka sisäpuoli on verhottu absorboivalla materiaalilla. Äänenvaimentimet jaotellaan kolmeen ryhmään rakenteensa, muotoilunsa ja toimitapansa puolesta. [1, 71.]

Lamelli-, kulmalamelli-, sylinteri- ja laatikkovaimentimet ovat absorptiovaimentimia. Näissä vaimennus perustuu huokoisen materiaalin absorptioon. Kammiotilassa äänen osittaiseen hajautumiseen ja absorptioon sekä kanavan pinta-alamuutokseen perustuvia äänenvaimentimia ovat kammiovaimentimet. Äänienergian heijastuksiin perustuvia äänenvaimentimia ovat reaktiiviset vaimentimet. [1, 71.]



Kuva 5. Toisen kerroksen yhden liiketilan ilmanvaihto ja sen äänenvaimentimet.

## 2.6 Melu

Meluksi kutsutaan ääntä, joka on ei-toivottua, häiritsee ihmisen toimintaa, on muutoin tarpeetonta ja liian voimakasta. Liiallisesta melusta voi aiheutua jopa pysyvää tai välitöntä kuulovauriota. Pienempi melu häiritsee ihmisen unta. Se voi vaikeuttaa nukahtamista, aiheuttaa ylimääräisiä ja ennenaikaisia heräämisiä, sekä vähentää unen syvyyttä. Ongelma normaaliin puheen tuottamiseen eli ää-

nihäiriö voi aiheutua liian meluisasta, liian kaikuisasta tai liian vaimennetusta tilasta, sillä tilassa puhujan on korotettava ääntään jatkuvasti, että se kuuluisi muille. Tämän kaltaisissa tiloissa on puutteelliset akustiset olosuhteet. [5,10.]

## 2.7 Ilmaääneneristysluku

Ilmaääneneristävyyysluku  $R_w$  määritetään ISO 717-1:n mukaan. Ilmaääneneristävyyysluku on kehitetty, koska ilmaääneneristävyys riippuu taajuudesta ja testeissä tulos mitataan yleensä taajuuksilla 100 - 3 150 hertsiä tai mieluummin taajuuksilla 50 - 5 000 hertsiä ja näistä saadaan 16 kolmasosaoktaavikaistaisia tai 21 kolmasosaoktaavikaistaisia tuloksia. Noissa muodoissa tulokset ovat hankala käyttää, joten tätä varten on pelkistetty  $R_w$ -ilmaääneneristävyyysluku. Pilkkullinen  $R'_w$  arvo on mitattu arvo kenttäolosuhteissa ja tälle arvolle esitetään rakentamismääräykset sekä suositukset. [4, 59.]

Taulukko 2. Seinän ääneneristyksen vaikutus puheen kuuluvuuteen. [1, 37]

<b>Seinän vaikutus puheen kuuluvuuteen</b>	<b>Seinän ääneneristys <math>R'_w</math> dB</b>
Voimakas puhe ei kuulu seinän läpi	55
Voimakas puhe kuuluu seinän läpi, sanoista ei saa selvää	50
Normaali keskusteluääni ei kuulu seinän läpi	45
Normaali keskusteluääni kuuluu seinän läpi, sanoista ei saa selvää	40
Normaali keskustelu kuuluu seinän läpi siten, että sanoistakin voi saada selvän, ääni ei haittaa olennaisesti toimintaa toisessa huoneessa	35
Seinä on lähinnä näkösuoja	30

## 2.8 Jälkikaiunta-aika ja huonevaimennus

”Kun äänilähde lopettaa äkillisen toimintansa huoneessa, ääni vaimenee. Jälkikaiunta-aika on se aika, jonka kuluessa huoneen äänenpainetaso alenee 60 dB äänilähteen vaiettua.” Ympäristöministeriön ohjeellinen arvo toimistohuoneille on pienempi tai yhtä suuri kuin 0,8 sekuntia ja neuvottelutiloille on 0,5 - 0,7 sekuntia. [1, 20. 3, 36-37.]

Tilan äänenpainetasoon vaikuttaa tilan huonevaimennus. Huonevaimennus on riippuvainen tilan absorptioalasta. Absorptioalalla tarkoitetaan huoneessa olevien pintojen esimerkiksi seinän kipsilevyn kykyä vaimentaa ääntä. Huonevaimennus vaikuttaa jälkikaiunta-aikaan. Parantamalla huonevaimennusta saadaan lyhennettyä jälkikaiunta-aikaa ja alennettua huoneen äänipainetasoa. Näin ollen tiloissa, joissa on sama äänilähde, mutta eri jälkikaiunta-ajat ovat äänipainetasot eri. Esimerkiksi ilmanvaihtokoneesta aiheutuva melu on suurempi tilassa, jossa jälkikaiunta-aika on pidempi. [3, 25,35.]

## 3 Mittalaitteet

### 3.1 Äänimittari

Desibelimittarilla mitataan äänen voimakkuutta. Mikrofoniiin osuva paineaalto eli ääni tuottaa jännitteen syntymisen mikrofoniiin ja desibelimittari muuttaa jännitteen desibeleiksi ja näyttää desibeliarvon mittarissa. Tiettyjä taajuuksia vahvistetaan tai vaimennetaan suodattimilla. [6, 114-115.]

Melumittareissa käytetään eri suodattimia, että mittarin antama lukema vastaisi korvan aistimaa äänenvoimakkuutta. Ihmiskorvan standardikuulokäyrää vastaa A-suodatin ja sitä käytetään äänen voimakkuudesta riippumatta. Mittauksissa käytettiin Norsonicin Precision Sound Analyser Nor140 -äänimittaria ja A-suodatinta. [6, 114-115.]

### 3.2 Kaiutin

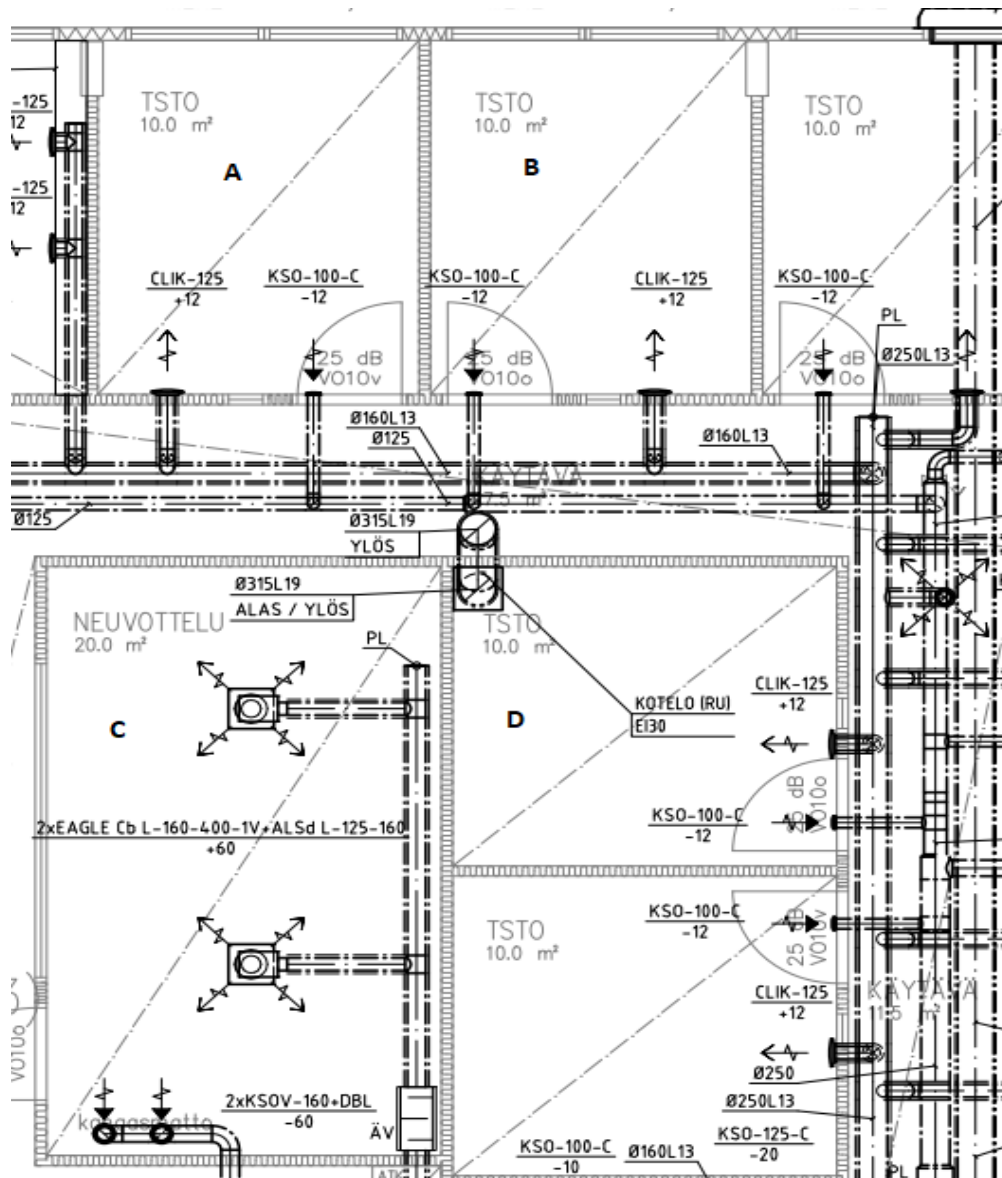
Jälkikaiunta-ajan ja ääneneristävyyden mittauksissa käytettiin standardien mukaista vahvistinta Norsonic Power Amplifier Nor280 ja Norsonic Nor275 -kaiutinta. Laitteet esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Kaiutin ja vahvistin.

## 4 Mittaukset

Mittaukset suoritettiin standardien SFS-EN ISO 717-1, SFS-EN ISO 10052, SFS-EN ISO 16032, SFS-EN ISO 16283-1, SFS-EN ISO 16283-2:2018 ja SFS-EN ISO 16283-3 mukaan. Ennen mittausta mittari kalibroitiin kalibrointipalikalla näyttämään 114 dB. Mittalaite ja kalibrointipalikka on esitetty kuvassa 8.



Kuva 7. Toimistojen ja neuvotteluhuoneen nimet A-D ja ilmanvaihto.

Laitemelumittaukset suoritettiin kymmenen neliön A-toimistoon ja kahdenkymmenen neliön C-neuvotteluhuoneeseen. Ilmääneneristävyys-mittaukset suoritettiin samaan toimistoon ja neuvotteluhuoneeseen ja niiden oikealla puolella oleviin toimistoihin. Sekä A-toimiston että C-neuvotteluhuoneen oikealla puolella olevat B-toimisto ja D-toimisto ovat molemmat kymmenen neliön kokoisia.

Laitemelumittauksessa jälkikaiunta-aika mitattiin niin, että kaiutin oli yhdessä paikassa ja mikrofoni kolmessa eri kohdassa. Nurkkapiste mitattiin puolen metrin päästä seinistä ja kauimmasta nurkasta äänilähteeseen nähden ja tästä pisteestä mittauksia otettiin kaksi kappaletta. Kaikukentästä mitattiin kahdesta eri pisteestä

kaksi kertaa per piste. Taustamelu mitattiin ilmanvaihtokoneen ollessa kiinni yhdestä kohtaa yhdellä mittauksella.

Ilmaääneneristävyyssmittauksessa mitattiin ensin jälkikaiunta-aika vastaanottohuoneesta. Mittaus suoritettiin samalla tavalla kuin laitemelumittauksessa eli yhdellä kaiuttimen paikalla ja kolmella eri mikrofonin paikalla. Taustamelunmittaus suoritettiin vastaanottohuoneessa ilmanvaihdon ollessa päällä yhdestä pisteestä. Ilmaääneneristävyyssmittauksessa kaiutin siirrettiin oikeanpuoleiseen toimistoon eli lähetyshuoneeseen. Lähetyshuoneessa valittiin yksi paikka kaiuttimelle ja mitattiin yhdestä kohtaa äänenvoimakkuutta. Vastaanottohuoneesta mitattiin myös yhdestä kohtaa äänenvoimakkuutta. Tämä suoritettiin kolmelle eri kaiuttimen paikalle ja joka kerta valittiin myös uudet mittarin paikat molemmista huoneista.

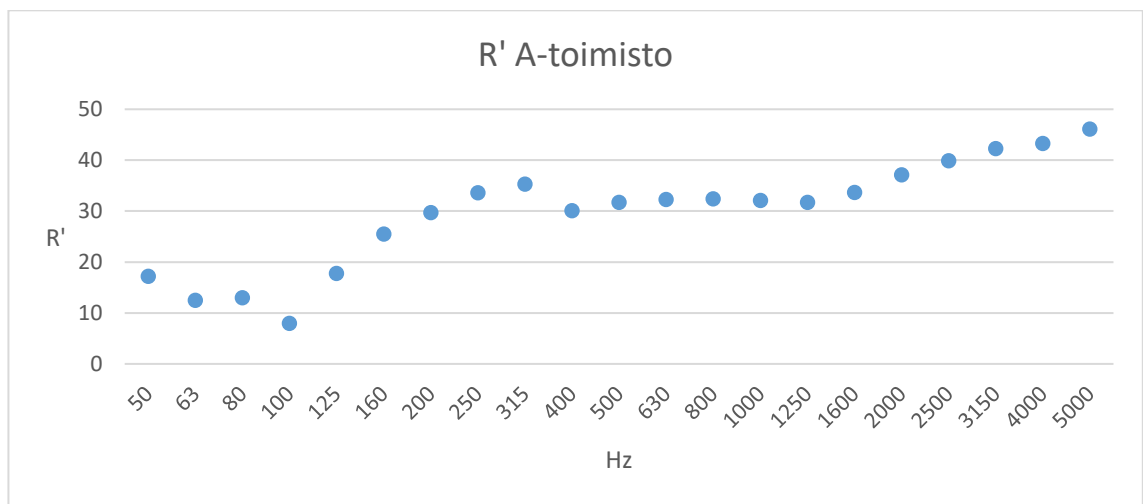


Kuva 8. Mittalaite ja kalibrointipalikka.

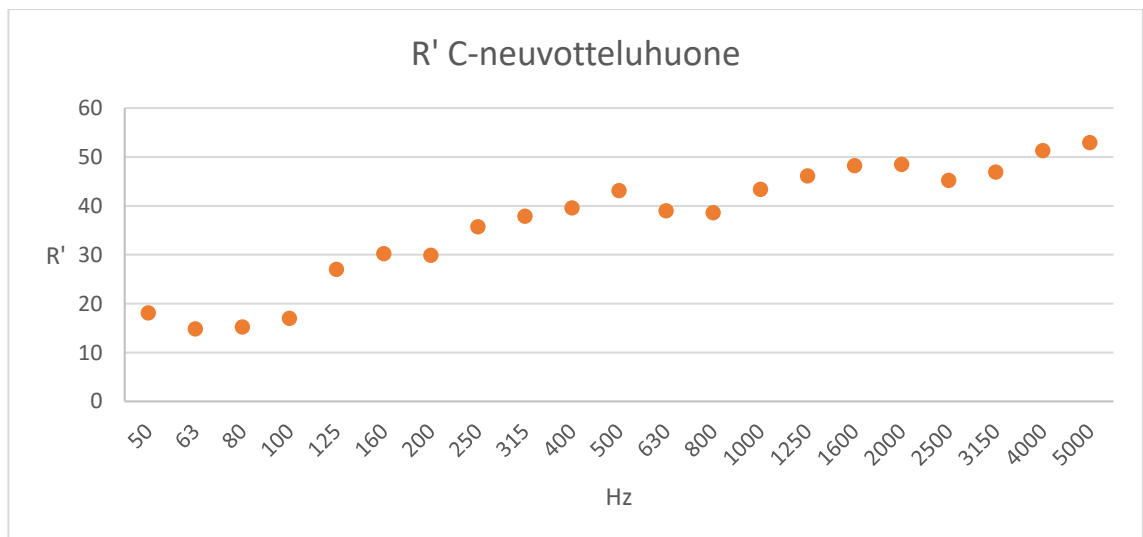
## 5 Tulokset

### 5.1 Ilmaääneneristys

A- ja B-neuvotteluhuoneen välille ilmaääneneristävyydeksi mitattiin 33 dB. C-neuvotteluhuoneen ja D-toimiston välinen ilmaääneneristävyydeksi mitattiin 43 dB. Mittaustulokset yksi kolmasosa oktaavikaistoittain kuvissa 9 ja 10.



Kuva 9. A-toimiston mitattu ilmaääneneristävyys.

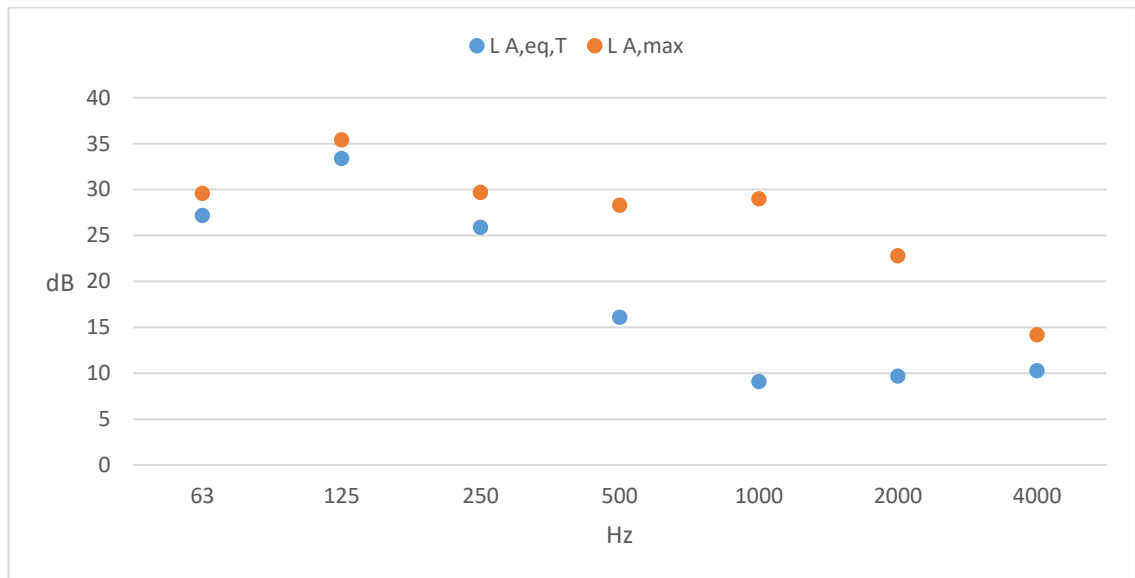


Kuva 10. C-neuvotteluhuoneen mitattu ilmaääneneristävyys.

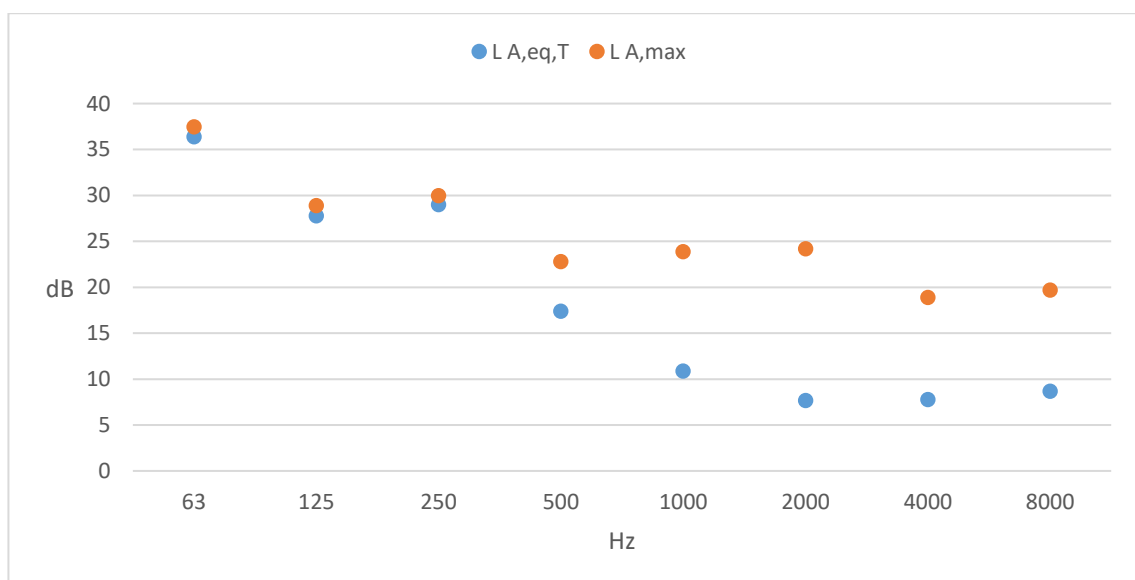


## 5.2 Laitemelu

A-toimiston  $L_{A,eq,T}$  mitattiin 27,6 dB ja  $L_{A,max}$  34,7 dB. C-toimistolle  $L_{A,eq,T}$  mitattiin 22,9 dB ja  $L_{A,max}$  30,1 dB. Mittaustulokset on esitetty taajuuskaistoittain kuvissa 11 ja 12.



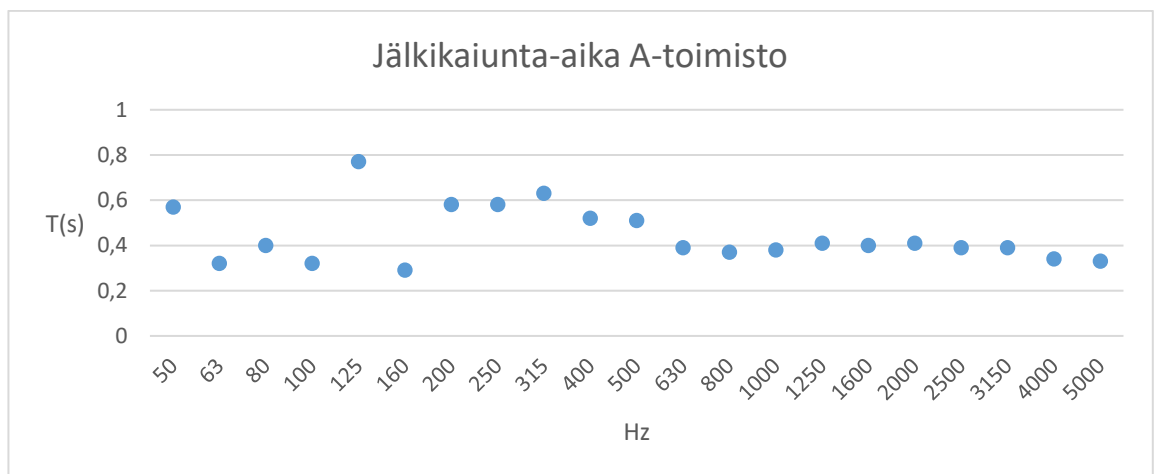
Kuva 11. A-toimiston mitattu laitemelu.



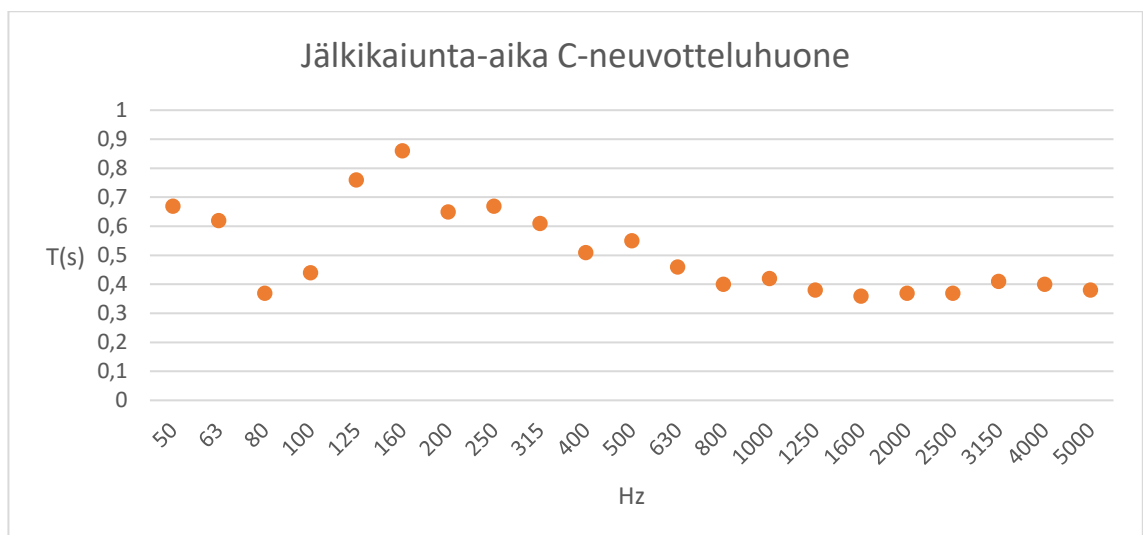
Kuva 12. C-neuvotteluhuoneen mitattu laitemelu.

### 5.3 Jälkikaiunta-ajat

A-toimiston jälkikaiunta-ajat on esitetty kuvassa 13 yksi kolmasosa oktaavitaajuuskaistoittain. C-neuvotteluhuoneen jälkikaiunta-ajat on esitetty kuvassa 14 yksi kolmasosa oktaavitaajuuskaistoittain.



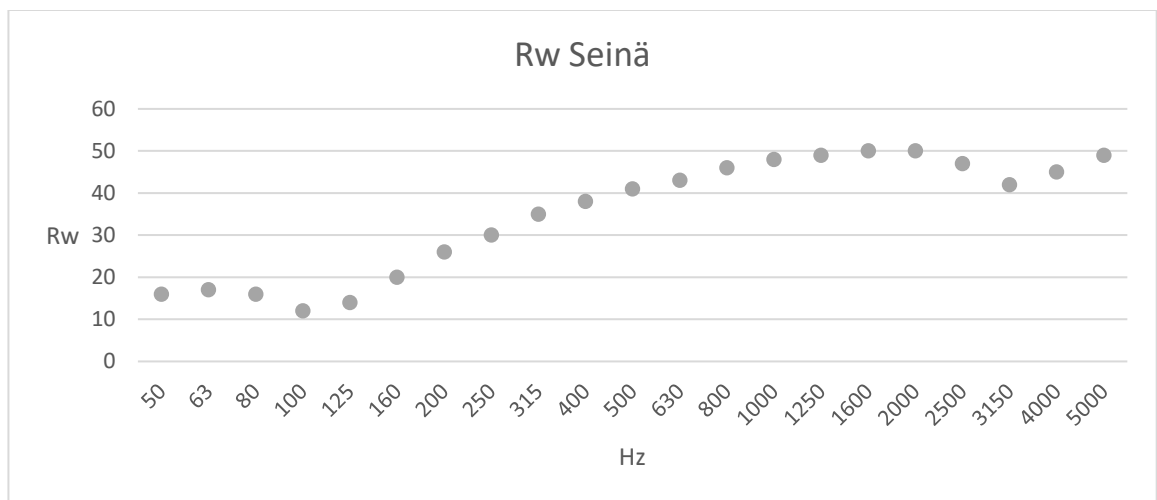
Kuva 13. A-toimiston mitattu jälkikaiunta-aika.



Kuva 14. C-neuvotteluhuoneen mitattu jälkikaiunta-aika.

## 5.4 Väliseinät

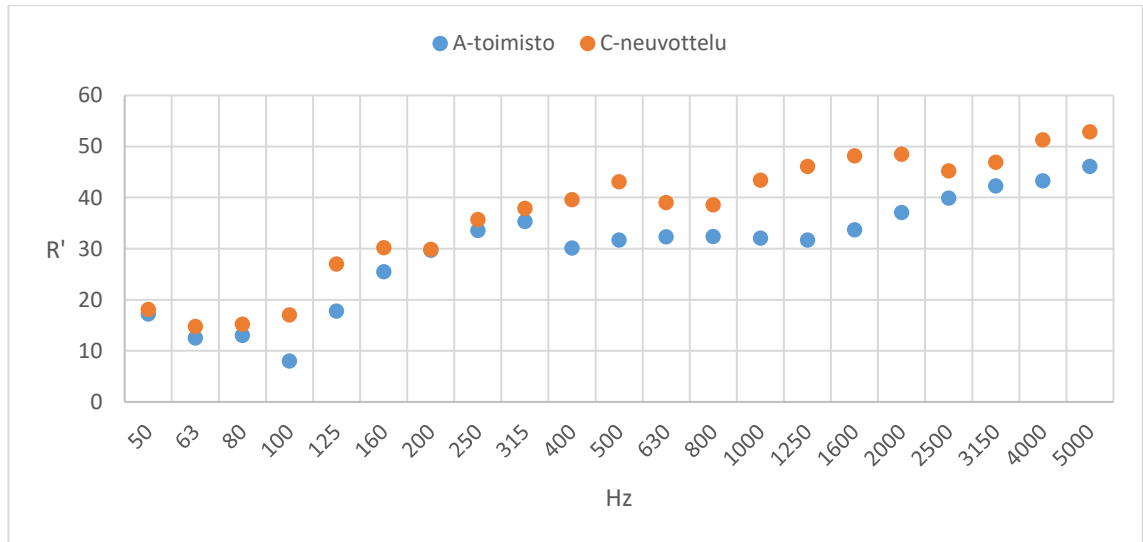
Kohteen väliseinien rakenteet ovat 13 mm kipsilevy + 66 mm kertopuurunko + 50 mm mineraalivilla + 13 mm kipsilevy. Tietokoneohjelmalla väliseinien rakenteiden avulla simuloiduksi ilmaääneneristävyyksiksi tuli 41 dB. Kuvassa 15 on esitetty tietokoneohjelmalla saadut ilmaääneneristävyydet taajuuskaistoittain.



Kuva 15. Väliseinien ilmaääneneristävyys.

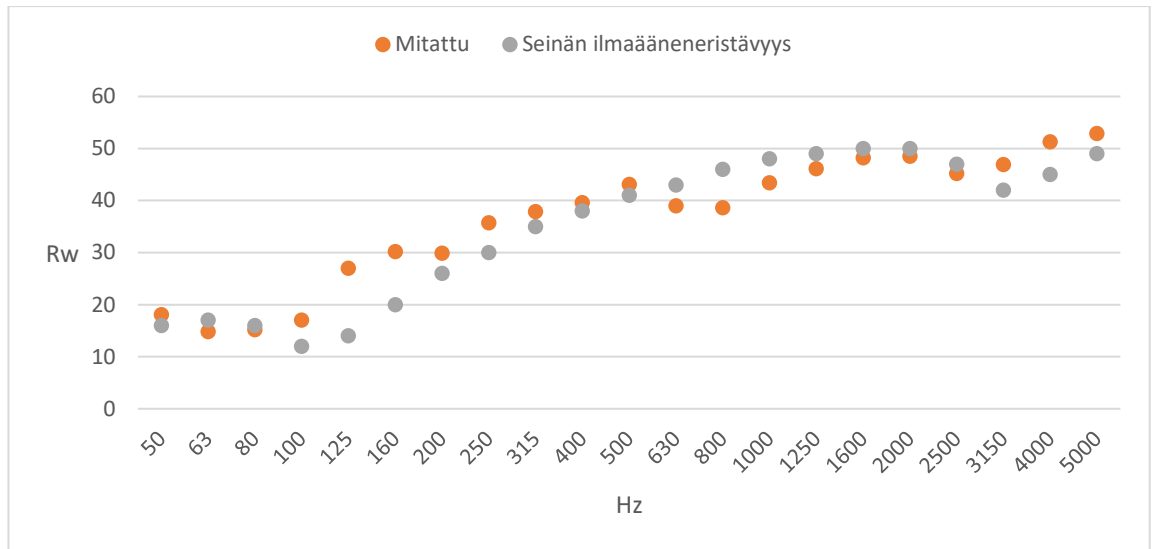
## 6 Pohdinta

### 6.1 Ilmaääneneristävyys vertailu

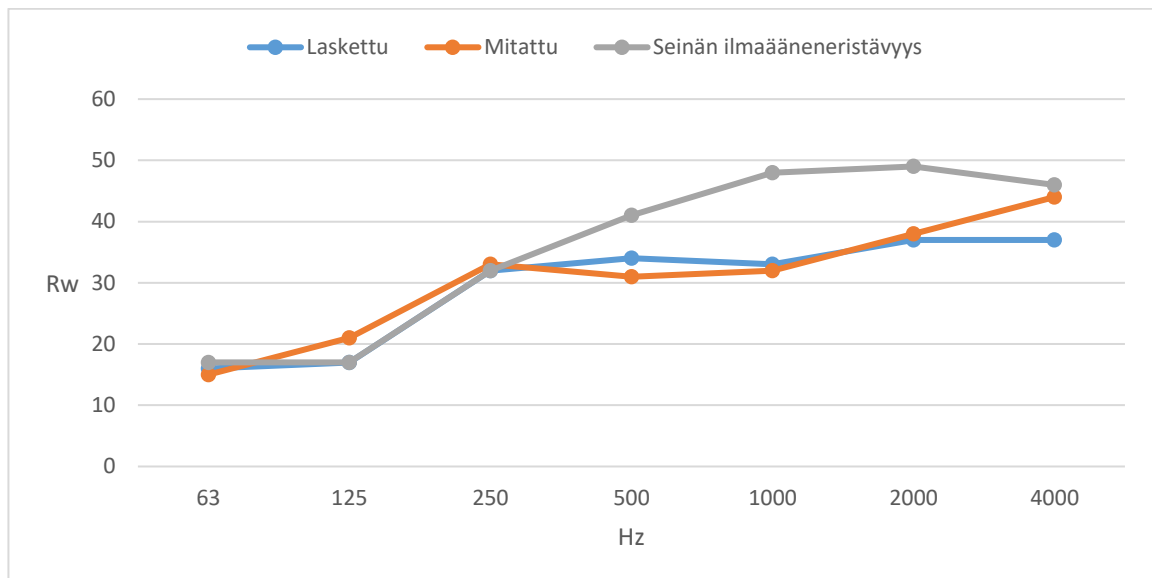


Kuva 16. A-toimiston ja C-neuvottelun R' vertailu.

Kuvassa 16 oranssit pallot kuvaavat C-neuvottelun ja D-toimiston välistä ilmaääneneristävyyttä ja siniset A-toimiston ja B-toimiston välistä ilmaääneneristävyyttä. Ilmaääneneristävyys on huomattavasti heikompi A- ja B-toimistojen välillä. Näiden toimistojen välillä ääni kulkee helpommin ilmastointikanavaa pitkin, sekä pääsee kulkemaan ovien läpi käytävän kautta toimistosta toiseen. C-neuvottelun ja D-toimiston välissä oleva ilmastointikanava joutuu kiertämään kaukaa, eivätkä ovet ole vierekkäin, joten ääni kulkee pääsääntöisesti vain tilojen välissä olevan seinän läpi ja rakenteita pitkin. Kuten kuvassa 17 huomataan, ilmaääneneristävyydet ovat lähes identtiset mitatulla ja pelkän seinän arvolla.



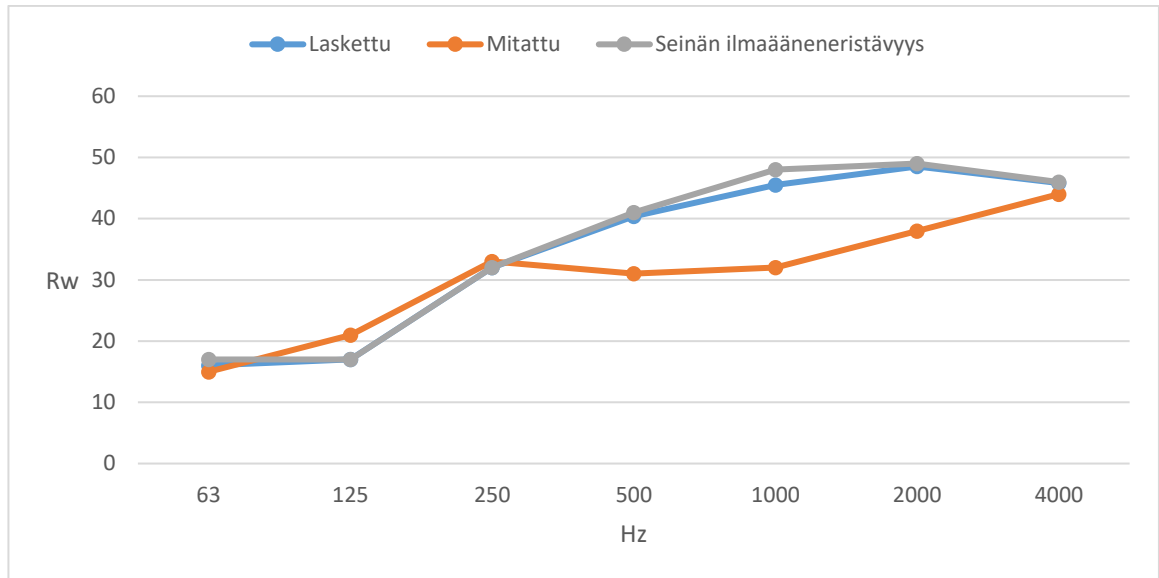
Kuva 17. C-neuvotteluhuoneen ja D-toimiston välisen seinän ilmasteneristävyyys ja mitattu arvo.



Kuva 18. A-B-toimistojen välinen laskettu, mitattu ja seinän ilmasteneristävyyys.

Kuvassa 18 on esitetty A- ja B-toimistojen välistä ilmasteneristävyyttä laskennallisesti ja mitatusti, sekä pelkän seinän ilmasteneristävyyys. Laskennassa on otettu huomioon toimistojen välillä kulkevat ilmastenvaihtokanavat ja sitä kautta kulkeva ääni. Kuten kuvasta huomataan, ilmasteneristävyyys laskee 500 hertsin kohdalla noin seitsemän desibeliä, 1000 hertsin kohdalla 16 desibeliä ja 2000

hertsin kohdalla 13 desibeliä. Ääni siis kulkee näillä taajuuksilla helposti ilmanvaihtokanavaa pitkin toimistosta toiseen.

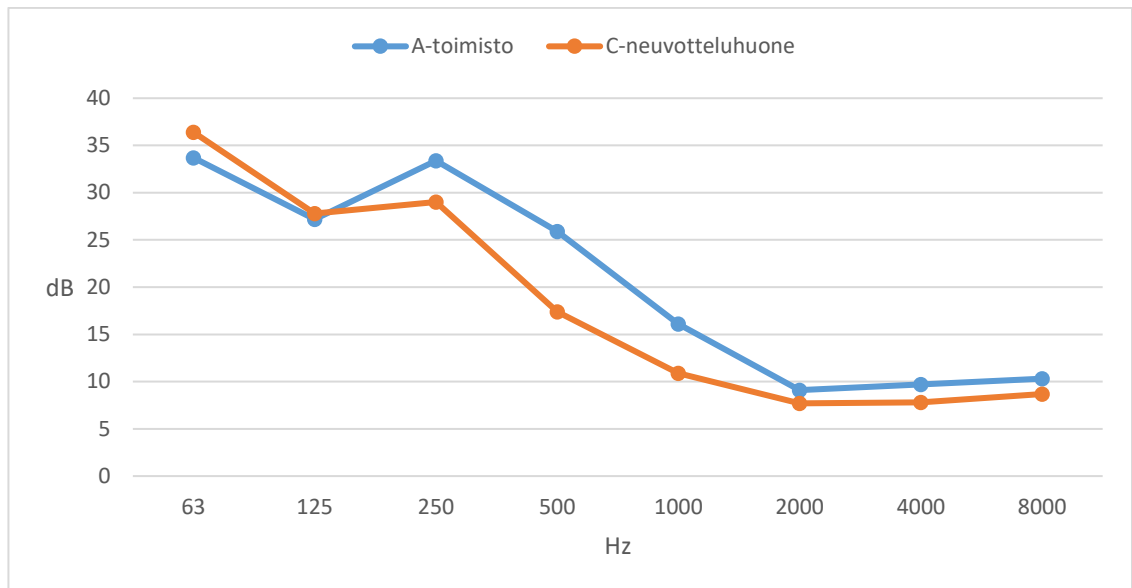


Kuva 19. Laskennassa lisätty äänenvaimennin A- ja B-toimiston välille.

Kuvassa 19 ilmanvaihtoon on lisätty tulo- ja poistokanavaan laskennallisesti 30 senttimetrin pituinen Fläktwoods-in äänenvaimennin. Verratessa kuvaa 18 ja 19 voidaan siis huomata, että ääni kulkee yli 250- ja alle 4000 hertsin välissä ilmanvaihtokanavassa toimistosta toiseen. Lisäämällä 30 senttimetrin pituisen äänenvaimentimen tulo- ja poistokanavaan ilmasteneristävyyden luku nousee jo seinän tasolle.

Ilmasteneristävyyden luku A-toimiston ja D-toimiston väliselle seinälle on 41 dB, mitattu arvo 33 dB ja laskettu tilojen välinen arvo 34 dB. Lähelle rakennesuunnittelijan seinän ilmasteneristävyyden lukua 41 dB päästään jo, kun lisätään yläpuolella mainittu lyhin eli 30 senttimetrin mittainen Fläktwoods-in äänenvaimennin tulo- ja poistokanavaan. Tällöin ilmasteneristävyyden luvuksi tulee laskennallisesti 40 dB.

## 6.2 Laitemelu



Kuva 20. A-toimiston ja C-neuvottelun laitemelun vertailu.

A-toimiston laitemeluun vaikutti huomattavasti ulkoa tuleva liikenteen melu, koska A-toimisto sijaitsee rakennuksen ulkoreunalla ja ikkunan suunta on viistosti tiehen päin. Vilkaasti liikennöivä tie on noin 100 metrin päässä toimistorakennuksesta ja liikennemelun pystyi selvästi kuulemaan. Mittaukset olisi näin ollen pitänyt suorittaa yöllä, jolloin liikennemelu ei olisi häirinnyt mittausta. Näillä mittauksilla sekä A-toimisto että C-neuvotteluhuone eivät ylitä ympäristöministeriön enimmäisarvoja (taulukko 1.). Jälkikaiunta-ajat ovat A-toimistossa sekä C-neuvotteluhuoneessa pääsääntöisesti todella hyvät ja alle ympäristöministeriön ohjeellisten enimmäisarvojen.

## Lähteet

1. Halme, A. & Seppänen, O. 2002. Ilmastoinnin ääniteknikka. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
2. Rakennustieto Oy. 2002 LVI 30-10333 Ilmanvaihtolaitteiden äänitekkinen suunnittelu ja äänenvaimennus asuinrakennuksissa. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.
3. <https://www.ym.fi/download/noname/%7B2852D34E-DA43-4DCA-9CEE-47DBB9EFCB08%7D/138568>. Ympäristöministeriö.
4. RIL 129. 2003. Ääneneristyksen toteuttaminen. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
5. RIL 243-1-2007. 2007. Rakennusten akustinen suunnittelu, akustiikan perusteet. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
6. Peltonen, H., Perkkiö, J. & Vierinen, K. 2007. Insinöörin (AMK) FYSIIKKA osa 2. Saarijärvi: Saarijärven OFFSET.



