

MILLÄ MITTALUVULLA ASUINHUONEISTOJEN VÄLINEN ILMAÄNENERISTYS TULISI ILMOITTAA?

Valtteri Hongisto, David Oliva

Työterveyslaitos
Lemminkäisenkatu 14-18 B
20520 Turku
valtteri.hongisto@ttl.fi

Tiivistelmä

Tavoitteena oli selvittää, mikä nykyisistä ISO 717-1 mukaisista ilmaääneneristyksen mittaluvuista on parhaiten yhteydessä naapurimelusta koetun häiritsevyyden kanssa. Kuuntelukokeeseen osallistui 59 koehenkilöä. Kokeessa simuloitiin tilannetta, jossa henkilö kuulee asunnon sisälle naapurimelua seinärakenteen läpi. Jokainen koehenkilö arvioi yhteensä 54 erilaista ääntä, jotka olivat kombinaatioita 6 erilaisesta naapurimelutyypistä (23 erilaista musiikkia, vauvan itku, koiran haukkuminen, kitaran soitto, kovaääninen keskustelu) ja 9 erilaisesta seinärakenteesta. Parhaiten häiritsevyyttä selittivät mittaluvut R_w ja $R_w+C_{100-3150}$. Tulokset eivät tue mittaluvun R_w korvaamista mittaluvulla $R_w+C_{50-3150}$. Tulokset on julkaistu kansainvälisesti [1].

1 JOHDANTO

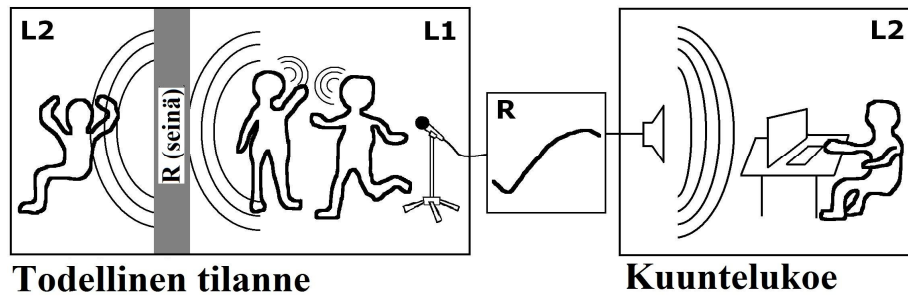
ISO 717-1 esittää useita ääneneristyksen mittalukuja, joita voidaan käyttää kuvaamaan huoneistojen välistä ääneneristystä. Suomessa käytettävä mittaluku on R_w . Kirjallisuudessa ja standardointiryhmässä ISO TC 43 SC 2 WG 18 esitettiin vuosikymmenen alussa luopumista mittaluvusta R_w ja siirtymistä mittalukuun $R_w+C_{50-3150}$. Muutoksen tarpeellisuudelle ei kuitenkaan esitetty tieteellistä näyttöä.

Työryhmän WG 18 näkökulmasta tarkoin kontrolloidut ja riittävän laajat psykoakustiset kuuntelukokeet ovat varmin keino arvioida eri mittalukujen optimaalisuutta melun häiritsevyyden kannalta. Hongisto esitti Oslossa lokakuussa 2012 työryhmän kokouksessa yksityiskohtaisen tutkimussuunnitelman tässä esiteltävästä kuuntelukoeesta ja suunnitelma sai laajaa kannatusta [2].

Tavoitteena oli selvittää psykoakustisen tutkimuksen keinoin, mikä nykyisistä ISO 717-1 mukaisista ääneneristyksen mittaluvuista on parhaiten yhteydessä ihmisen kokeman naapurimelun häiritsevyyden kanssa. Tutkimus rajautui ilmaääneen ja taajuusalueeseen 50-5000 Hz.

2 AINEISTON KERUU

Kokeessa simuloitiin tilannetta, jossa asuinhuoneistoon kuuluu väliseinän läpi naapurin melua (Kuva 1). Laboratoriotutkimukseen rekrytoitiin 59 koehenkilöä. Koe toteutettiin 30 m² kokoisessa kuunteluhuoneessa Turussa maaliskuussa 2013. Äänet toistettiin kaiuttimilla. Äänet taajuusodotettiin siten, että koehenkilön pään alueella saavutettiin haluttu äänenpainetaso L2.



Kuva 1. Kuuntelukokeen periaate. Äänenpainetaso L_2 saatiin kaavalla $L_2=L_1-R$, missä L_1 on äänenpainetaso naapurissa ja R on väliseinän ilmaääneneristys. Suodattimella huomioitiin R :n lisäksi kuunteluhuoneen ja äänentoistolaitteiston siirtofunktio.

Koehenkilö arvioi yhteensä 54 erilaista ääntä, jotka kombinoitiin 6 äänilajista (S1-S6, Kuva 2) ja 9 seinärakenteesta (W1-W9, Kuva 2, Taulukko 1). Rakenteina käytettiin monipuolisesti sekä kevytrakenteita että massiivisia rakenteita.

Hongiston ym. [3,4] kerrostaloissa tekemien kyselytutkimusten mukaan naapurimelun ilmaäänistä eniten asukkaita häiritsevät kovaääninen nauru, itku ja huutaminen, TV:n ja musiikin äänet sekä kotieläinten äänet. Tämän tiedon valossa koetta varten tehtiin 2-kanavaisia nauhoituksia asunnoissa simuloituissa tilanteissa. Kokeeseen päätyneet äänilajit ja niiden ekvivalenttitasot naapurissa (L_1 , L_{Aeq}) olivat:

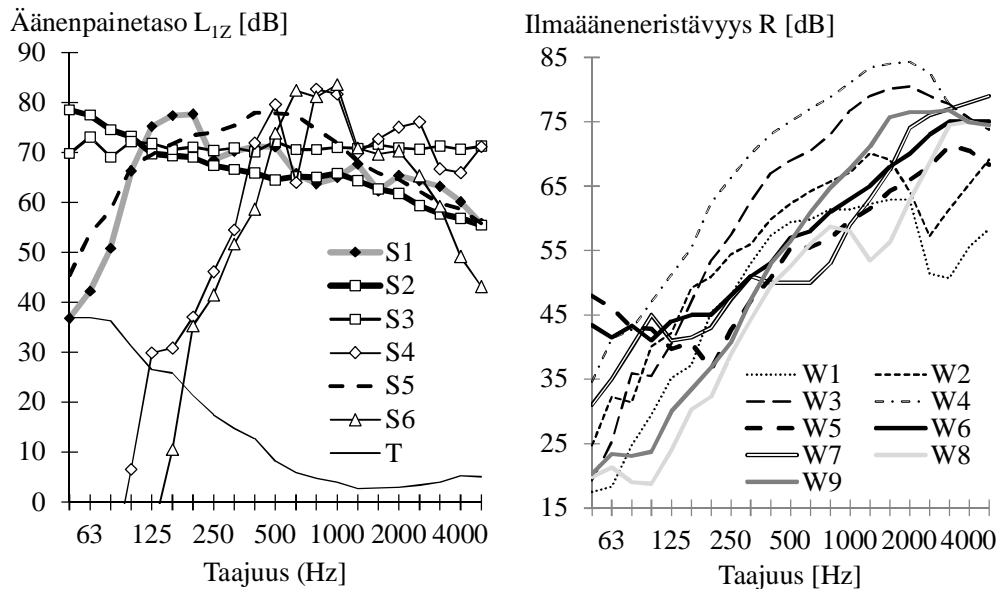
- S1 - Akustinen kitara, komppaus (77 dB)
- S2 - Musiikki bassokorostuksella, Janet Jackson ”Together Again” (74 dB)
- S3 - Musiikki ilman bassokorostusta, Rammstein ”Feuer Frei” (82 dB)
- S4 - Vauvan itku (87 dB)
- S5 - Kovaääninen keskustelu (82 dB)
- S6 - Koiran haukkuminen, Chihuahua (87 dB)

Tyypillisesti naapurista kantautuvien äänten tasot eivät ylitä asuinhuoneistoissa arvoa 40 dB. Tämän vuoksi kuuntelutasot (L_2) suunniteltiin välille 8 - 40 dB L_{Aeq} . Tutkimushuoneen taustamelutaso oli 24 dB vastaten normaalia asuinhuoneiston taustamelutasoa.

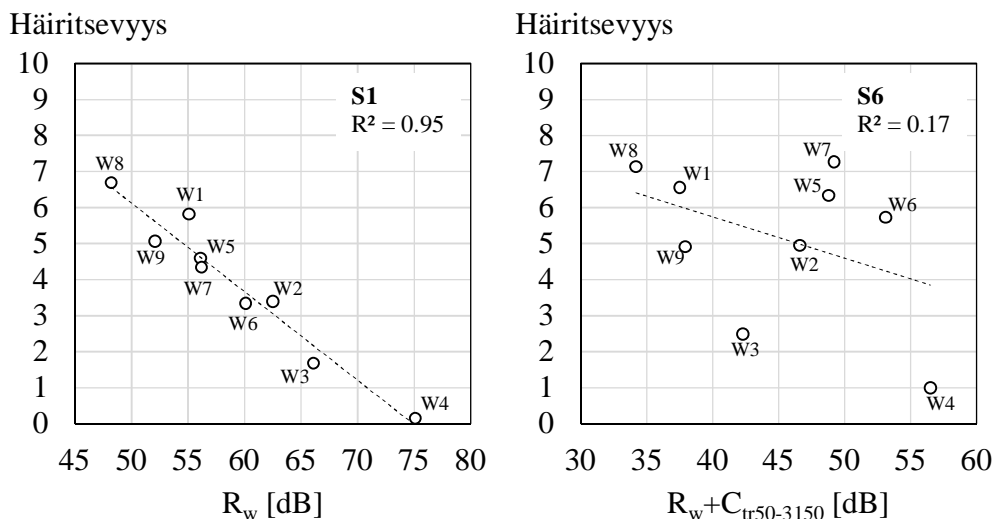
Kutakin ääntä kuunneltiin ensin 18 sekuntia, jonka jälkeen äänen arviointi oli mahdollista äänen jatkuessa taustalla. Koehenkilöitä pyydettiin kuvittelemaan tilannetta, jossa hän on kotona rauhassa selailemassa lehtiä tai internetiä ja hän alkaa kuulla tällaista ääntä seinän takaa. Koehenkilöitä pyydettiin arvioimaan joka äänen kohdalla *äänekkyys* ja *häiritsevyys* asteikolla 0-10 sekä *hyväksyttävyyys* asteikolla 0-2. Tässä paperissa raportoidaan vain häiritsevyyden tulokset. Kunkin äänilajin kohdalla määritettiin lineaarinen korrelaatio äänieristyksen mittalukujen ja koehenkilövastausten välillä (Kuva 3).

Taulukko 1. ISO 717-1 mukaisten keskeisimpien mittalukujen arvot seinille W1-W9.

	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9
R_w	55.1	62.5	66.1	75.1	56.1	60.1	56.2	48.2	52.1
$R_w+C_{100-3150}$	52.1	59.9	61.1	71.0	53.3	58.2	54.6	43.9	48.6
$R_w+C_{50-3150}$	48.7	57.3	55.5	68.0	53.3	58.0	54.4	43.0	47.4
$R_w+C_{tr,100-3150}$	47.0	55.9	53.7	64.5	49.0	53.9	51.4	36.8	41.6
$R_w+C_{tr,50-3150}$	37.5	46.6	42.3	56.5	48.8	53.1	49.2	34.2	37.9



Kuva 2. Äänilajien S1-S6 sekä huoneen taustamelun lineaariset spektrit. Oikealla seinärakenteiden W1-W9 ääneneristävyyden (R) spektrit.



Kuva 3. Esimerkki korrelaatioanalyysimenetelmästä. Pallot edustavat 59 koehenkilön vastausten keskiarvoa. Vasemmalla on voimakas ja oikealla heikko korrelaatio.

3 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tulokset on esitetty Taulukossa 2. Kun tarkastellaan kaikkia äänilajeja yhtä aikaa, parhaiten häiritsevyyden kanssa ovat yhteydessä mittaluvut R_w ja $R_w + C_{100-3150}$ (eli $R_w + C$). Sama tulos pätee myös äänilajeihin S1 ja S3-S6. Poikkeuksen tekee äänilaji S2, joka sisälsi poikkeuksellisen paljon bassoääniä. Tässä tapauksessa häiritsevyyttä selittää parhaiten $R_w + C_{50-3150}$. Näin voimakkaita bassoääniä ei näyttäisi esiintyvän asuinhuoneistoissa kovin usein, joten tämän löydöksen painoarvo ei ole kovin suuri. Tutkimus ei siis tue mittaluvun R_w korvaamista mittaluvulla $R_w + C_{50-3150}$.

Vastaavanlainen tutkimus toistettiin Ranskassa 2014 [5] ja tulokset olivat yhteneväisiä

tässä esitettyjen kanssa. Tutkimukset myötävaikuttivat merkittävästi siihen, että ISO 717-1 korvaajaksi kaavailtu ISO DIS 16717-1 standardiehdotus, joka sisälsi mittaluvun $R_w+C_{50-3150}$ eikä mittalukua R_w , kaatui toukokuussa 2014 pidetyssä WG 18 kokouksessa Berliinissä [2].

Taulukko 2. Häiritsevyyden ja ilmaääneneristyksen mittalukujen välisen Pearsonin lineaarisen korrelaatiokertoimen neliö (R^2) äänilähteillä S1-S6. Lihavoitujen kohdalla tilastollinen merkitsevyys on riittävän suuri ($R^2>0.64$, $p<0.01$,).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
R_w	0.95	0.86	0.90	0.62	0.94	0.77
$R_w+C_{100-3150}$	0.92	0.90	0.84	0.54	0.86	0.66
$R_w+C_{50-3150}$	0.85	0.96	0.75	0.46	0.70	0.51
$R_w+C_{tr,100-3150}$	0.83	0.87	0.70	0.38	0.70	0.47
$R_w+C_{tr,50-3150}$	0.54	0.79	0.42	0.22	0.31	0.17

4 KIITOKSET

Hanke on osa ÄKK hanketta, jota rahoittivat Tekes, ympäristöministeriö ja 8 yritystä.

VIITTEET

- [1] Hongisto V, Oliva D, Keränen J, Subjective and objective rating of airborne sound insulation – living sounds, *Acta Acustica united with Acustica* 100 2014 848-863.
- [2] Hongisto V, Oliva D, Keränen J, Response to Parmanen, *Acta Acustica united with Acustica*, 101 2015 467-469.
- [3] Hongisto V, Suokas M, Mäkilä M, Satisfaction with sound insulation in residential dwellings – the effect of wall construction, *Building and Environment* 85 2015 309-320.
- [4] Hongisto V, Mäkilä M, Haapakangas A, Hakala J, Hyönä J, Kylliäinen M, Acoustic satisfaction in multi-storey buildings built after 1950 – preliminary results of a field survey, paper 835, *Internoise* 2013, 15-18 September, Innsbruck, Austria.
- [5] Bailhache S, Jagla J, Guigou-Carter C, Environnement et ambiances, effet des basses fréquences sur le confort acoustique – Tests psychoacoustiques. Rapport USC-EA-D1_A2.1.4_2, Centre Scientifique et Technique du Batiment CSTB, France, Février 2014 (Käännetty englanniksi).