

JULKISIVUN KOETTU ÄÄNENERISTYS TIEMELUA VASTAAN – MITÄ MITTALUKUA TULISI KÄYTTÄÄ?

Valtteri Hongisto¹, David Oliva¹, Laura Rekola¹

¹ Työterveyslaitos
Lemminkäisenkatu 14-18 B
20520 Turku
valtteri.hongisto@ttl.fi

Tiivistelmä

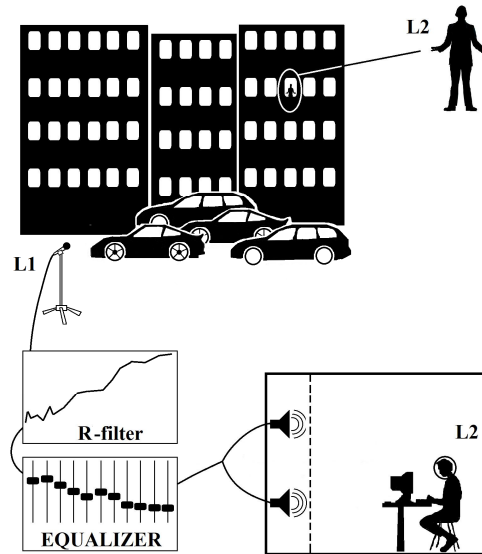
Tavoitteena oli selvittää, mikä nykyisistä ISO 717-1 mukaisista ilmaääneneristykseen mittaluvuista on parhaiten yhteydessä tieliikennemelusta koetun häiritsevyyden kanssa. Kuuntelukokeeseen osallistui 43 koehenkilöä. Kokeessa simuloitiin tilannetta, jossa henkilö kuulee asunnon sisälle tieliikennemelua julkisivurakenteen läpi. Jokainen koehenkilö arvioi yhteensä 60 erilaista ääntä, jotka olivat kombinaatioita viidestä erilaisesta tieliikennemelutyypistä ja 12 erilaisesta julkisivurakenteesta. Henkilöautoista koostuvan liikenteen kohdalla häiritsevyyden kanssa korreloivat tasavahvasti mittaluvut R_w , $R_w+C_{100-3150}$ ja $R_w+C_{50-3150}$. Raskaista ajoneuvoista koostuvan liikenteen kohdalla paras mittaluku oli $R_w+C_{tr,50-3150}$. ISO 717-1 mukaisen standardispektrin tapauksessa paras mittaluku oli $R_w+C_{50-3150}$ mutta ero muihin oli pieni. Tutkimus ei anna perusteita sille, että siirryttäisiin käyttämään yksinomaan mittalukua $R_w+C_{tr,50-3150}$. Meluntorjuntasuunnittelun kannalta optimaalista olisi käyttää eri mittalukua erilaisille nopeus- tai liikennelajeille.

1 JOHDANTO

ISO 717-1 mukaan ilmaääneneristys tieliikennemelua vastaan tulisi ilmoittaa mittaluvulla, jossa huomioidaan standardin mukaisen tieliikenteen spektri. Suomessa käytetään mittalukua $R_w+C_{tr,100-3150}$ (R_w+C_{tr}). Euroopassa on esitetty siirtymistä mittalukuun $R_w+C_{tr,50-3150}$. Muutoksen tarpeellisuudelle ei ole esitetty tieteellistä näyttöä.

Hongisto ja Koskinen [1] havaitsivat, että tiemelun spektrit poikkeavat merkittävästi toisistaan eri nopeusalueilla. ISO 717-1 standardispektrin havaittiin edustavan vain kaupunkikeskustan hidasta liikennettä mutta suuremmilla nopeuksilla se yliarvioi matalataajuisen äänen osuutta (moottorimelu, 63-250 Hz) ja aliarvioi korkeiden äänten osuutta (renkasmelu, 1 kHz alue). Hongisto ja Koskinen [2] arvioivat eri tutkimuksessa, että mittalukua R_w+C_{tr} tarvitsisi soveltaa vain nopeusalueilla 0-50 km/h. Nopeusalueilla 60-80 km/h riittäisi käyttää R_w -arvoa. Mittaluvulle $R_w+C_{tr,50-3150}$ ei nähty tarvetta. Lisäksi taajuusalueeseen 50-80 Hz liittyy liikaa mittauserävarmuuksia [3].

Työryhmän ISO TC 43 SC 2 WG 18 näkökulmasta tarkoin kontrolloidut ja riittävän laajat psykoakustiset kuuntelukokeet ovat keskeisin keino arvioida eri mittalukujen optimaalisuutta melun häiritsevyyden kannalta. Tällaisen tutkimuksen on julkaissut Hongisto ym. [4]. Aiempien objektiivisten havaintojen [1,2] vahvistamiseksi päätettiin soveltaa samaa kokeellista tutkimusmenetelmää. Tavoitteena oli selvittää psykoakustisen tutkimuksen keinoin, mikä nykyisistä ISO 717-1 mukaisista ääneneristykseen mittaluvuista on parhaiten yhteydessä ihmisen kokeman tieliikennemelun häiritsevyyden kanssa.



Kuva 1. Kuuntelukokeen periaate. Äänenpainetaso L_2 saatiin kaavalla $L_2=L_1-R-3$, missä L_1 on ulkoäänitaso ja R on ilmaääneneristys. Suodattimella kompensoitiin lisäksi huoneen ja äänentoistolaitteiston siirtofunktio.

2 AINEISTON KERUU

Laboratoriotutkimukseen rekrytoitiin 43 koehenkilöä. Koe toteutettiin vastikään rakennetussa kuunteluhuone Hiljassa Turussa tammi-helmikuussa 2015. Äänet toistettiin kaiuttimilla. Kokeessa simuloitiin tilannetta, jossa kuunnellaan sisätilaan julkisivurakenteen läpi kuuluvaa tieliikennemelua (Kuva 1). Koehenkilö arvioi yhteensä 60 erilaista ääntä, jotka olivat kombinaatioita viidestä äänilajista (S1-S5, Kuva 2) ja 12 eri julkisivurakenteesta (W1-W12, Kuva 2, Taulukko 1).

Koetta varten tehtiin 2-kanavaisia nauhoituksia katujen ja moottoritien varsilla eri nopeusalueilla ja eri liikennemelutyypeillä (raskas vs. kevyt liikenne). Kokeeseen päätyneet äänilajit ja niiden ekvivalenttitasot ulkona (L_1) olivat:

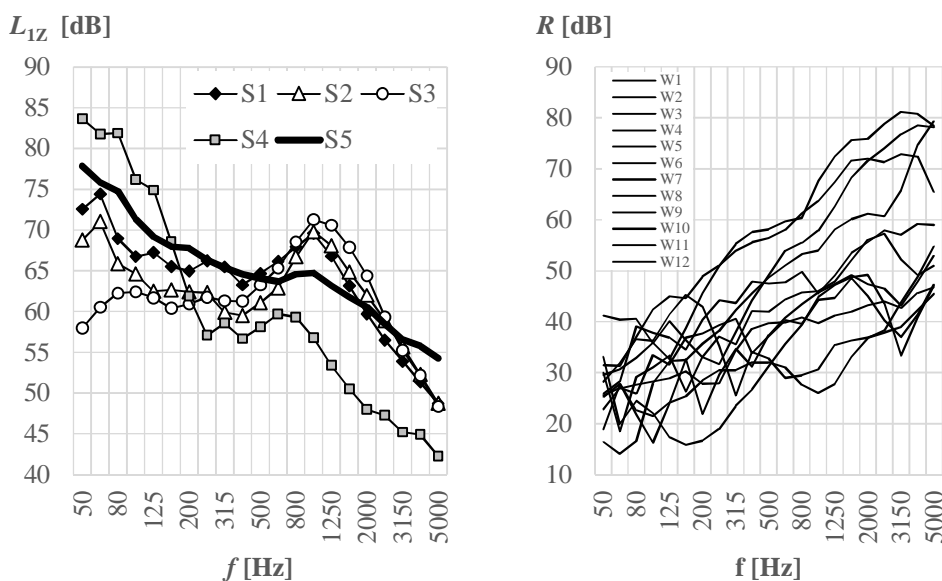
- S1 - henkilöautoliikenne 50 km/h (75 dB L_{Aeq})
- S2 - henkilöautoliikenne 80 km/h (75 dB)
- S3 - henkilöautoliikenne 100 km/h (77 dB)
- S4 - raskas liikenne 60 km/h (68 dB)
- S5 - ISO 717-1 standardispektrin mukainen liikenne (73 dB).

Kuuntelutasot (L_2) olivat välillä 12 - 46 dB L_{Aeq} . Äänitasoalue vastaa hyvin todellisten tiemelutasojen kirjoa erilaisissa elinympäristöissä sisätiloissa.

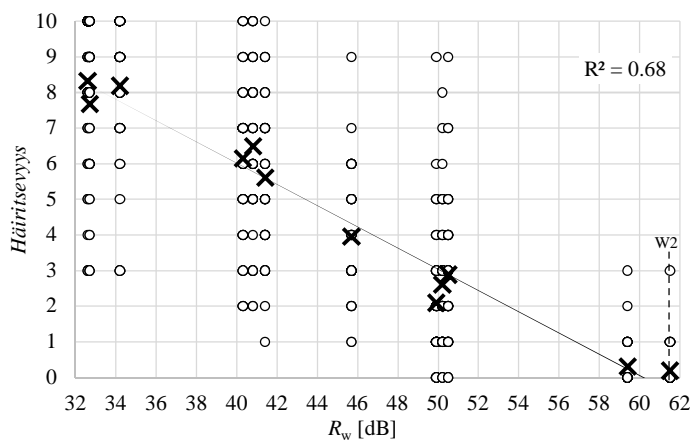
Kutakin ääntä kuunneltiin ensin 20 sekuntia, jonka jälkeen äänen arviointi oli mahdollista. Koehenkilöitä pyydettiin arvioimaan joka äänen kohdalla *äänekkyys*, *häiritsevyys* ja *ärsyttävyyys* asteikolla 0-10. Tässä paperissa raportoidaan vain häiritsevyyden tulokset. Kunkin äänilajin kohdalla määritettiin lineaarinen korrelaatio (Kuva 3) tutkittujen mittalukujen ja koehenkilöiden antamien vastausten välillä.

Taulukko 1. ISO 717-1 mukaisten mittalukujen arvot seinille W1-W12.

	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12
R_w	49.9	61.5	59.4	50.5	41.4	32.6	50.5	45.7	40.3	40.8	32.7	34.2
$R_w+C_{100-3150}$	47.0	59.7	55.2	48.3	40.2	30.5	48.7	43.8	37.6	39.3	30.9	33.2
$R_w+C_{100-5000}$	48.0	60.5	56.2	49.3	40.7	31.5	49.6	44.5	38.5	40.1	31.9	34.1
$R_w+C_{50-3150}$	47.0	58.5	54.4	44.2	40.1	30.5	48.5	43.4	37.5	39.2	30.9	33.2
$R_w+C_{50-5000}$	48.0	59.3	55.4	45.2	40.6	31.5	49.4	44.1	38.4	40.0	31.9	34.1
$R_w+C_{tr,100-3150}$	42.9	55.5	49.3	43.1	39.8	28.9	45.9	40.0	32.5	36.6	27.0	31.9
$R_w+C_{tr,100-5000}$	42.9	55.5	49.3	43.1	39.7	28.9	45.9	40.0	32.5	36.5	27.0	31.9
$R_w+C_{tr,50-3150}$	42.8	49.9	46.3	33.1	38.4	28.6	43.7	37.4	31.9	35.8	26.8	31.9
$R_w+C_{tr,50-5000}$	42.8	49.9	46.3	33.1	38.4	28.6	43.7	37.4	31.9	35.8	26.8	31.9



Kuva 2. Äänilajien S1-S5 lineaariset spektrit ulkona (L_{1Z}) ja julkisivurakenteiden W1-W12 ilmäeneristävyyden (R) spektrit. R-arvot perustuvat laboratoriotestituloksiin erillisille seinille, ikkunoille ja läpivientielementeille.



Kuva 3. Esimerkki korrelaatioanalyysistä yhdellä äänilajilla ja mittaluvulla (S3, R_w). Rasti kertoo häiritsevyyden keskiarvon kullekin seinälle. Ympyrät kuvaavat yksittäisiä vastauksia (paljon päällekkäisiä). Katkoviiva edustaa seinän W2 vastauksia.

3 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tulokset on esitetty Taulukossa 2. Pelkästään henkilöautoista (S1-S3) koostuvan liikenteen kohdalla häiritsevyyden kanssa korreloivat tasavahvasti mittaluvut R_w , $R_w+C_{100-3150}$ ja $R_w+C_{50-3150}$. Pelkästään raskaista ajoneuvoista koostuvan liikenteen kohdalla (S4) paras mittaluku oli $R_w+C_{tr,50-3150}$. ISO 717-1 mukaisen standardiliikennespektrin tapauksessa (S5) paras mittaluku oli $R_w+C_{50-3150}$ mutta ero muihin oli mitättömän pieni.

Suomessa pääasiallisesti käytetty mittaluku $R_w+C_{tr,100-3150}$ ei ollut parhaiden joukossa millään äänilajilla. Tutkimus ei anna perusteita sille, että siirryttäisiin käyttämään yksinomaan mittalukua $R_w+C_{tr,50-3150}$. Meluntorjuntasuunnittelun optimoinnin kannalta järkevämpää olisi käyttää eri mittalukua erilaisille nopeus- tai liikennelajeille.

Taulukko 2. Häiritsevyyden ja ilmaääneneristykseen mittalukujen välisen Pearsonin lineaarisen korrelaatiokertoimen neliö (R^2) äänilähteillä S1-S5. Suuri arvo tarkoittaa voimakasta yhteyttä. Parhaat arvot kullakin äänilajilla on lihavoitu.

	S1	S2	S3	S4	S5
R_w	0.62	0.62	0.68	0.31	0.56
$R_w+C_{100-3150}$	0.62	0.61	0.67	0.32	0.56
$R_w+C_{100-5000}$	0.62	0.61	0.68	0.32	0.56
$R_w+C_{50-3150}$	0.63	0.62	0.66	0.36	0.58
$R_w+C_{50-5000}$	0.63	0.62	0.67	0.36	0.58
$R_w+C_{tr,100-3150}$	0.61	0.58	0.63	0.34	0.56
$R_w+C_{tr,100-5000}$	0.61	0.58	0.63	0.34	0.56
$R_w+C_{tr,50-3150}$	0.57	0.55	0.54	0.43	0.56
$R_w+C_{tr,50-5000}$	0.57	0.55	0.54	0.43	0.56

4 KIITOKSET

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

VIITTEET

- [1] Koskinen V, Hongisto V, Tieliikennemelun taajuusjakauma, Sisäympäristölaboratorio, Turku, *Työterveyslaitos*, Helsinki, 2011.
- [2] Hongisto V, Koskinen V, Tieliikennemelun spektripainotusermi ylikorostaa pientaajuisten melun osuutta, *Akustiikkapäivät 2011*, Tampere 11-12.5.2011, 389-394, Akustinen Seura ry, Espoo, 2011.
- [3] Hongisto V, Keränen J, Kylliäinen M, Mahn J, Reproducibility of the present and proposed single-number quantities of airborne sound insulation, *Acta Acustica united with Acustica* 98 2012 811-819.
- [4] 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.