

TOIMISTOMELUN HÄIRITSEVYYDEN VOI NYT ARVIoidA ÄÄNITASOMITTARILLA

Valtteri Hongisto, Jukka Keränen, Reijo Alakoivu, Johann Laukka

Turun ammattikorkeakoulu, Rakennetun ympäristön tutkimusryhmä
Joukahaisenkatu 3–5
20520 Turku
etunimi.sukunimi@turkuamk.fi

Tiivistelmä

Itselle tarpeeton puheääni on yleisin melun häiritsevyyttä aiheuttava ääni toimistoissa. Useissa ammateissa (kuulonhuolto, työterveys, tilapalvelut, johto, työympäristösuunnittelu, akustikko) tulisi voida arvioida häiritsevyyttä objektiivisesti mutta tähän ei ole menetelmää. Tavoitteenamme oli selvittää, voidaanko toimistoissa esiintyvien puheääniskenaaroiden häiritsevyyttä mitata objektiivisesti mittaluvuilla L_{Aeq} ja $L_{A5-L_{A95}}$. Toteutimme psykoakustisen laboratorikokeen, jossa 39 osallistujaa arvioi 111:n äänen häiritsevyyden. Äänet koostuivat peittokohinan (SNR +25, +15, +5, -5, $-\infty$ dB) ja monipuheäänen (0, 1, 2, 3, 6 tai 12 puhujaa) 37 kombinaatiosta. Samat äänet soitettiin kolmella eri tasolla, missä toimistomelu yleisesti esiintyy (40, 50 ja 60 dB L_{Aeq}). Kokeessa havaittu häiritsevyys voitiin selittää objektiivisesti kaavalla, jossa esiintyvät mittaluvut $L_{A5-L_{A95}}$ ja L_{Aeq} . Selitysaste oli erittäin korkea ($R^2=0.93$). Menetelmää voidaan käyttää melun häiritsevyyden objektiiviseen arviointiin ilman, että tarvitaan akustiikan erityisosaamista.

1 JOHDANTO

Työtoverien puheääni on yleisin melulähde toimistoissa. Puheäänit aiheuttavat kokemushaittoja, heikentävät työtehoa ja lisäävät stressiä (Radun et al., 2020). Yksittäisen puheäänin haittavaikutus työtehoon on jopa 16 % (Haapakangas et al., 2020). Puheääni haittaa työtehoa sitä enemmän, mitä korkeampi puheen erotettavuus on. Erotettavuutta edustaa hyvin mittalaitteilla mitattava puheensirtoindeksi, STI.

Turun ryhmä on tutkinut miehittämättömien toimistojen huoneakustiikkaa pitkään. Lisäksi ryhmä on tehnyt paljon kyselytutkimuksia työpaikoilla. Vähemmälle huomiolle on jäänyt filosofinen pohdiskelu siitä, mitkä tekijät tekevät toimistomelusta häiritsevää. Häiritsevyyttä pitäisi pystyä arvioimaan objektiivisesti, eli mittalaitteella, koska monet ammattiryhmät joutuvat työssään tekemisiin ongelman kanssa.

STI ei sovellu melun häiritsevyyden arvioinnin mittaluvuksi, koska menetelmä edellyttää ns. kohdepuhujaa, jonka laatua STI mittaa. Toimistossa puhujia voi olla yhtä aikaa useita. Toimistojen hetkelliset äänitasot vaihtelevat 30 ja 70 dB välillä. Äänitasolla itselläänkin on varmasti vaikutusta, jos vaihtelu on näin suurta.

Tavoitteenamme oli kehittää yksinkertainen malli, jonka avulla toimistomelun



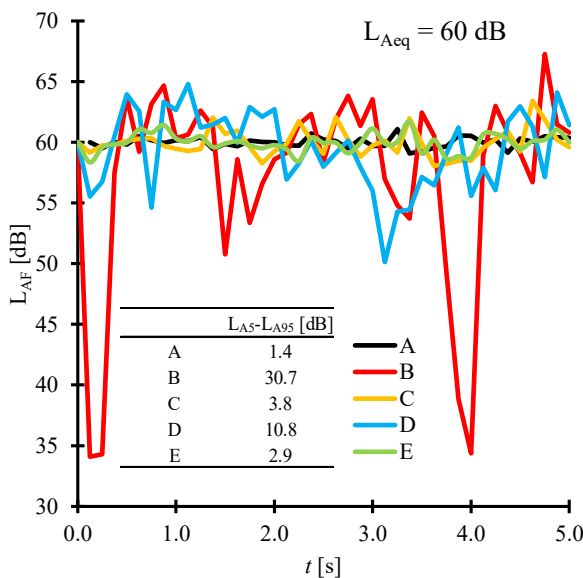
© 2025 Valtteri Hongisto, Jukka Keränen, Reijo Alakoivu, Johann Laukka. Tämä on avoimesti julkaistu teos, joka noudattaa Creative Commons NIMEÄ 4.0 Kansainvälinen –lisenssiä (CC BY 4.0). Teosta saa kopioida, levittää, näyttää ja esittää julkisesti ja siitä saa luoda johdannaisteoksia, kunhan tekijän nimi ja lähde mainitaan asianmukaisesti.

häiritsevyyttä voisi arvioida äänitasomittarin avulla. Yksityiskohtaiset tulokset on annettu kansainvälisessä julkaisussa (Hongisto et al., 2025).

2 AINEISTOT JA MENETELMÄT

Kolmekymmentäyhdeksän suomenkielistä osallistui laboratoriokeeseen, joka järjestettiin Turun ammattikorkeakoulun psykofysiikkalaboratoriossa. Äänet soitettiin kuulokkeilla. Halutut tasot ja spektrit säädettiin mittaamalla kuulokeäänit keinopään avulla.

Kokeen aikana tutkittavat eivät tehneet työtä, mutta heille esitettiin seuraava konteksti: “Kun kuulet ääntä, kuvittele että olet tekemässä yksin keskittymistä ja ajattelua vaativaa työtä toimistossa tai kirjastossa. Äänet eivät sisälly työhön, jota olet tekemässä.” Äänim-päristön häiritsevyyttä arvioitiin kysymyksellä: “Kuinka paljon ääni häiritsi työnte-koasi?” Vastausasteikko oli 11-portainen (0 Ei lainkaan, 10 Erittäin paljon). Kukin ääni soi 10 sekuntia ennen arvioinnin alkua.



A) Ei yhtään puhujaa, vain kohina. Alhainen vaihtelevuus.

B) Yksi puhuja, korkea SNR (+25 dB). Puhe erottuu kohinasta selkeästi ja vaihtelevuus suurin.

C) Yksi puhuja, alhainen SNR (-5 dB). Puhe ei erotu ja vaihtelevuus pientä.

D) Kuusi puhujaa, korkea SNR (+25 dB). Vaihtelevuus kohtalaista.

E) Kuusi puhujaa, alhainen SNR (-5 dB). Vaihtelevuus alhainen, puhe ei erotu.

Kuva 1. Viiden sekunnin äänitasoprofiili viidelle äänelle. Kokonaistasot on normalisoitu.

Taulukko 1. 37:n ydinäänen ominaisuudet. Puhujat a ja b olivat miehiä, puhuja c nainen.

Puhujien määrä	Puhujat	SNR				
		$-\infty$	-5	+5	+10	+25
1	a		x	x	x	x
1	b		x	x	x	x
1	c		x	x	x	x
2	ab		x	x	x	x
2	ac		x	x	x	x
2	bc		x	x	x	x
3	abc		x	x	x	x
6	2*abc		x	x	x	x
12	4*abc		x	x	x	x
0	-	x				

Ääniä oli yhteensä 111. Ns. ydinääniä oli 37 ja ne on selitetty taulukossa 1. Ydinäänet esitettiin tasoilla 40, 50 ja 60 dB L_{Aeq} . Ydinäänissä yhdisteltiin erilaisia puhujien määriä ja signaalikohinasuhteita. Kuvassa 1 on joitakin esimerkkejä äänistä. Mallin kehittämiseksi joka äänelle mitattiin L_{Aeq} ja vaihtelevuus $L_{A5} - L_{A95}$. Puheääni koostui 3–8 sanan lauseista, jotka olivat peräisin muumikirjasta. Sekä puheen että kohinan spektrit olivat puheen spektrin muotoisia (ISO 3382-3).

3 TULOKSET

Tutkittavien raportoiman häiritsevyyden keskiarvot on esitetty symbolein kuvassa 2. Häiritsevyys oli korkeampi, kun L_{Aeq} oli korkeampi. Häiritsevyys kuitenkin vaihteli merkittävän paljon kunkin L_{Aeq} tason sisällä. Kokeessa havaittu häiritsevyys voitiin objektiivisesti ennustaa kaavalla:

$$(1) \quad D_p = 0.205 \cdot L_{Aeq} + 8.63 \cdot \frac{V_{15}}{V_{15}+4.65} - 10$$

missä $V_{15} = \min[L_{A5} - L_{A95}; +15]$ dB. Ennustekäyrät esitetään viivoin kuvassa 2. Kuvassa 3 on ennustetun ja havaitun häiritsevyyden yhteys, joka oli erittäin suuri ($R^2=0.93$).

4 POHDINTA

Kirjallisuudessa on pitkään arveltu, että vaihtelevuus selittäisi puhemelun häiritsevyyttä. Tämä on kuitenkin ensimmäinen kontrolloitu tutkimus, jossa asiaa on systemaattisesti selvitetty käyttäen mahdollisimman monipuolisia puheääniskenaarioita.

Esitimme tässä tulokset vain yhdestä kokeesta, jonka Hongisto ym. (2025) raportoivat. Tutkimus koostui kolmesta laboratorioskokeesta, joista kaikissa saatiin samansuuntaisia tuloksia. Tulos päti hyvin myös sellaisten parissa, jotka eivät ymmärtäneet Suomea. Mallin toimivuutta kannattaisi seuraavaksi testata oikeissa toimistoympäristöissä.

Malli voidaan helposti integroida äänitasomittareihin, koska kaavan 1 suureet ovat jo useimmissa äänitasomittareissa valmiina tarjolla.

Malli tarjoaa useille ammattiryhmille mahdollisuuden arvioida toimistomelua työpaikoilla (kuulonhuolto, työterveys, tilapalvelut, johto, työsuojelu, työhygienia, ergonomia, työympäristösuunnittelu, akustiikkakonsultti). Mallia voi myös hyödyntää osoittamaan vähän häiritseviä tai paljon häiritseviä alueita toimitilanäytöissä ja varausjärjestelmissä.

KIITOKSET

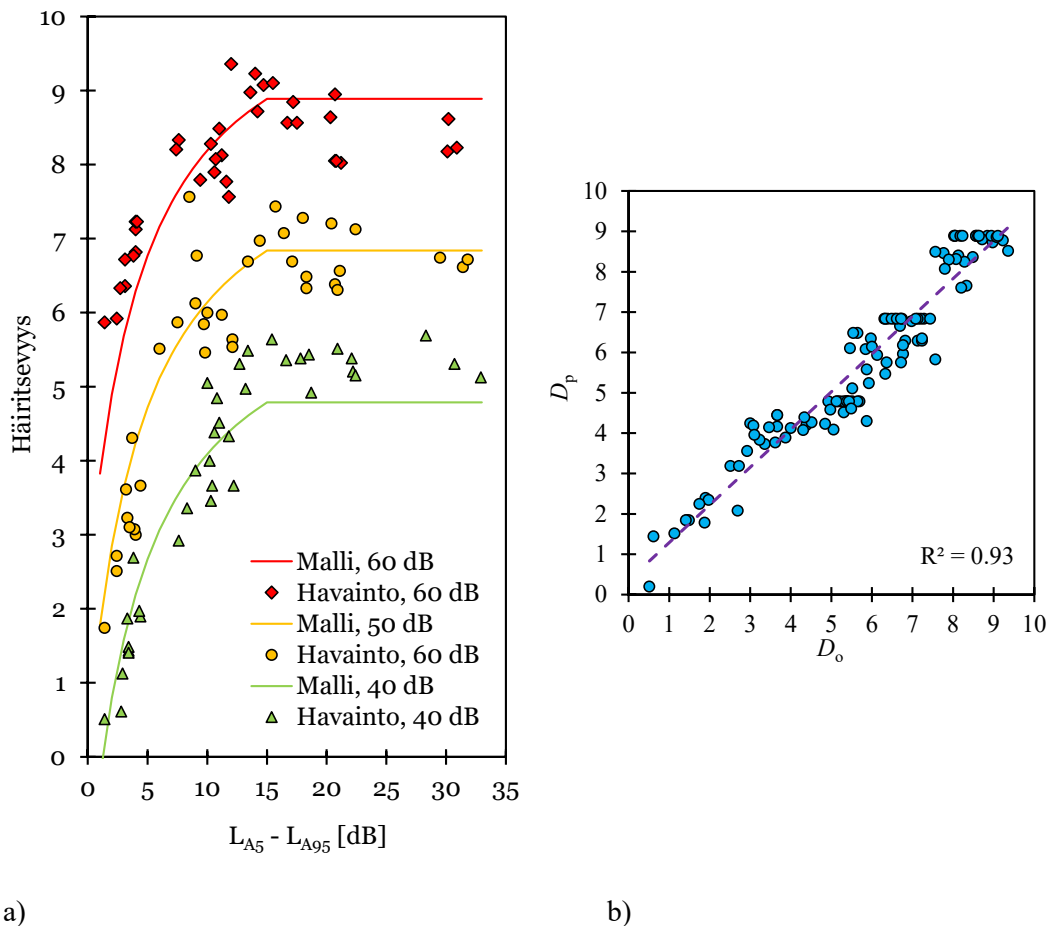
Tutkimus oli osa MOTTI projektia (2020–2024) jonka päärahoittaja oli Business Finland Oy (2682/31/2019). Muut rahoittajat olivat Audico Systems Oy, Framery Oy, Halton Oy, Martela Oy, Pietiko Oy, Rockwool Finland Oy, Suomen yliopistokiinteistöt Oy, Turun teknologiakiinteistöt Oy ja ympäristöministeriö.

KIRJALLISUUS

Haapakangas, A., Hongisto, V., Liebl, A. (2020). The relation between the intelligibility of irrelevant speech and cognitive performance—A revised model based on laboratory studies. *Indoor Air* 30 1130–1146.

Hongisto, V., Alakoivu, R., Keränen, J., Laukka, J. (2025). Simple method for predicting the distraction due to speech and babble. *Building and Environment* 276 112915. Open access: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.112915>.

Radun, J., Maula, H., Rajala, V., Scheinin, M., Hongisto, V. (2021). Speech is Special. The Stress Effects of Speech, Noise, and Silence during Tasks Requiring Concentration. *Indoor Air* 31(1) 264–274.



Kuva 2. a) Häiritsevyyden riippuvuus äänitason vaihtelevuudesta ($L_{A5} - L_{A95}$) ja keskiäänitasosta (L_{Aeq}) 111 tutkitulla äänellä. Symbolit esittävät 39 tutkittavan subjektiivista keskiarvoa psykoakustisessa kokeessa ja viivat edustavat kaavan (1) mallin antamaa objektiivista arviota. **b)** Subjektiivisen (koe), D_o , ja ennustetun (kaava 1), D_p , häiritsevyyden suhde 111 äänellä.