

Tämä on rinnakkaistallennettu versio alkuperäisestä  
julkaisusta.

Tämä on alkuperäisen julkaisun kustantajan pdf -versio.

Käytä viitatessasi alkuperäistä julkaisua:

**Hongisto, V., Keränen, J., Alakoivu, R., Tervahartiala, I-K., Schiller, I., Schlittmeier, S., & Radun, J. 2023,  
Määräystasoa parempi huoneakustiikka vähentää puhemelun häiritsevyyttä avotoimistossa.  
Sisäilmastoseminaari 2023. Sisäilmayhdistys raportti, no. 41, SIY Sisäilmatieto Oy, s. 133-137,  
Sisäilmastoseminaari, Helsinki, 14.3.2023.**

Kaikki julkaisut Turun AMK:n rinnakkaistallennettujen julkaisujen kokoelmassa Theseuksessa ovat  
tekijänoikeussäännösten alaisia.

Rinnakkaistallenteisiin liittyvät tiedustelut: [julkaisutiedonkeruu@turkuamk.fi](mailto:julkaisutiedonkeruu@turkuamk.fi)

## **MÄÄRÄYSTASOA PAREMPI HUONEAKUSTIIKKA VÄHENTÄÄ PUHEMELUN HÄIRITSEVYYTTÄ AVOTOIMISTOSSA**

Valtteri Hongisto<sup>1</sup>, Jukka Keränen<sup>1</sup>, Reijo Alakoivu<sup>1</sup>, Iida-Kaisa Tervahartiala<sup>1</sup>, Isabel Schiller<sup>2</sup>, Sabine Schlittmeier<sup>2</sup> ja Jenni Radun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Turun ammattikorkeakoulu, Rakennetun ympäristön tutkimusryhmä

<sup>2</sup>RWTH Aachen University, Institut für Psychologie, Aachen, Germany

### **TIIVISTELMÄ**

Tarkastelimme puheäänien vaikutuksia työntekijään, kun avotoimiston huoneakustiikkaa muutetaan. 98 osallistujaa teki tehtäviä ja arvioi kokemusta kolmessa tilanteessa: A) suomalaisia määräyksiä heikompi huoneakustiikka, B) määräykset täyttävä huoneakustiikka ja C) määräyksiä parempi huoneakustiikka. Koe toteutettiin sekä Suomessa että Saksassa. Maiden välillä ei ollut eroja, joten tulokset lienevät yleistettävissä muihinkin maihin. Määräykset täyttävä huoneakustiikka (B) parantaa suoriutumista ja osin kokemusta verrattuna määräyksiä heikompaan akustiikkaan (A). Kuitenkin määräykset ylittävä akustiikka (C) parantaa kokemusta verrattuna määräykset täyttävään akustiikkaan (B). Jos haetaan parasta työympäristöä, on suositeltavaa toteuttaa huoneakustiikka määräystasoa paremmin (C).

### **JOHDANTO**

Tuoreen globaalin kartoituksen perusteella toimistoissa melu häiritsee jopa 28 % toimistotyöntekijöistä /1/. Puhe on avoimissa toimistotiloissa häiritsevin äänilaji. Tehtävään liittymättömässä puhemelussa työskentely voi heikentää tehtävissä suoriutumista yli 15 % /2/ ja se voi aiheuttaa stressiä /3/. Suomen rakentamismääräykset edellyttävät, että avotoimiston huoneakustisten olosuhteiden tulisi täyttää kansainvälisesti ottaen tiukat tavoitetasot /4/. Sen mukaan puheensiirtoindeksin STI tulee olla alle 0.50 kalustamattomassa avotoimistossa, kun puhuja on yli 8 metrin päässä. Ei ole kuitenkaan tutkittu, miten määräystasosta eri suuntiin poikkeavat huoneakustiset olosuhteet vaikuttaisivat avotilassa työskentelevään ihmiseen tarpeettoman puheäänien aikana.

Aikaisempi suomalainen laboratoriokoe vuodelta 2011 selvitti, miten tarpeeton puheääni erilaisissa huoneakustisissa olosuhteissa vaikutti työtehoon ja kokemukseen /5/. Kokeessa käytettiin ryhmien välistä asetelmaa, koska tutkitut äänitilanteet rakennettiin avotoimistoon käyttäen todellisia materiaaliratkaisuja. Valitettavasti asetelmaan liittyi joitakin metodisia heikkouksia. Siksi kyseinen tutkimus haluttiin osittain uusia toistettujen mittausten asetelmalla, jossa sama henkilö käy kaikissa olosuhteissa. Lisäksi tutkimuskysymys haluttiin liittää 2018 voimaan astuneisiin määräyksiin.

Yksittäisen maan yksittäisessä laboratoriossa saatuja tuloksia usein kyseenalaistetaan jossain toisessa maassa käyttäen perusteena erilaista melukulttuuria. Harva tutkimusryhmä on selvittänyt, miten hyvin yhden laboratorion tulokset edustavat ulkomaisessa laboratoriossa saatuja tuloksia, kun koeasetelma on täysin identtinen.

Tutkimuksemme ensimmäisenä tavoitteena oli tarkastella määräystasoon  $STI=0.50$  nähden eri tasoisten huoneakustisten ratkaisujen vaikutuksia työntekijään, joka altistuu tarpeettomalle puheäänelle. Toisena tavoitteena oli tarkastella eroavatko kahdessa laboratoriossa ja maassa kerätyt aineistot toisistaan. Tätä varten aineisto kerättiin sekä Suomessa että Saksassa.

## MENETELMÄT

Tutkittavien määrä oli 98, joista 54 oli Suomesta ja 44 Saksasta. Tutkittavien keski-ikä oli 25 vuotta (vaihteluväli 19–45 vuotta). Turun ammattikorkeakoulun että Aachenin teknillisen yliopiston eettiset toimikunnat hyväksyivät tutkimuksen.

### Tilanteet

Tutkimuksessa tarkastelimme kolmea Tilannetta (taulukko 1). Tilanteet olivat

- määräyksiä heikompi huoneakustiikka, joka vastaa tilannetta, jossa on pelkkä huoneabsorptio ( $STI > 0.50$ );
- määräykset täyttävä huoneakustiikka, jossa on sekä huoneabsorptio, että peiteääni ( $STI < 0.50$ );
- määräyksiä parempi huoneakustiikka, jossa on huoneabsorptio, peiteääni sekä absorboivat 140 cm korkeat pöytäsermit ( $STI \ll 0.50$ ).

Kaikki tilanteet A–C vastaavat olosuhteita, jotka on mitattu eräässä suomalaisessa toimistossa ISO 3382-3-2012 standardin mukaan sen sisustamisen eri vaiheissa. Simuloitu olosuhde vastaa tilannetta, jossa käytetään 5 dB ISO-standardia hiljaisempaa puheen äänitehotasoa ja kuulijan etäisyys on 6 m puhujasta.

Tilanteiden kokonaisäänitasot eivät eronneet toisistaan mainittavasti (43.1–46.7 dB  $L_{Aeq}$ ) mutta puheen erotettavuus (puheensiirtaindeksi STI) pieneni merkittävästi siirryttäessä tilanteesta A tilanteeseen C. Puheäänien STI saa arvoja nollan (puhe ei erotu lainkaan) ja yhden (puhe erottuu täydellisesti) välillä. Puheen STI mitataan mittalaitteilla IEC 60268-16 standardin mukaan.

Tilanteet simuloitiin laboratoriossa soittamalla 3–8 sanan lauseita kaiuttimista. Suomessa lauseet olivat suomeksi ja Saksassa saksaksi, molemmissa yhden miespuhujan lukemina. Lauseet olivat peräisin äänikirjoista ja niiden järjestys oli sekoitettu. Puheääntä käsiteltiin niin, että äänenvoimakkuus ja STI vastasivat tilanteita A–C.

Taulukko 1. Tilanteiden akustiset olosuhteet.  $L_{Aeq}$  on A-painotettu ekvivalentti äänenpainetaso.  $SNR = L_{Aeq,S} - L_{Aeq,B}$ .

Tilanne	STI	Taustaääni $L_{Aeq,B}$ [dB]	Puheääni $L_{Aeq,S}$ [dB]	SNR [dB]
A. Määräyksiä heikompi huoneakustiikka	0.81	33,0	42,7	9,7
B. Määräykset täyttävä huoneakustiikka	0.37	44,0	42,7	-1,3
C. Määräyksiä parempi huoneakustiikka	0.11	44,0	35,4	-8,6

### Suoriutumismuuttujat

Suoriutumista tarkasteltiin kahdella sarjauistitehtävällä, joissa mitattiin 9 numeron muistamista. Numerot 1–9 esitettiin satunnaistetussa järjestyksessä yksitellen näytöltä

(visuaalinen sarjamuisti) tai kaiuttimista (auditiivinen sarjamuisti). 10 sekuntia viimeisen numeron esityksen jälkeen järjestys piti palauttaa vastausruutuun. Joka äänitilanteessa esitettiin 11 sarjaa. Tarkkuus oli oikein muistettujen numeroiden määrä. Vastausaika oli vastaamiseen käytetty aika vastausruudun ilmaantumisen jälkeen.

### **Kokemusmuuttajat**

Jokaisen tehtävän jälkeen osallistujat arvioivat häiritsevyyttä (Kuinka paljon puheääni häiritsee, ärsyttää tai vaivaa heitä?), kuormittavuutta (Kuinka rasittavaa edellisen tehtävän tekeminen mielestäsi oli?), keskittymiskykyä (Kuinka vaikea sinun oli ylläpitää keskittymistäsi?). Asteikkona oli 0 Ei lainkaan – 10 Erittäin paljon.

Jokaisen tilanteen lopussa koehenkilöt arvioivat väittämiä ”Ääniympäristö oli miellyttävä.” (miellyttävyys), ”Ääniympäristö häiritsi keskittymiskykyä.” (keskittymishaitta), ”Ääniympäristö heikensi tehtäväsuoritusni.” (suoritusmishaitta), ”Voisin työskennellä pitkiäkin aikoja samanlaisessa ääniympäristössä.” (työskentelyteho). Asteikkona oli 1 Täysin eri mieltä – 5 Täysin samaa mieltä.

### **Kokeellinen asetelma**

Jokainen tutkittava teki kaikki tehtävät ja arviot kaikissa tilanteissa (toistettujen mittauksen asetelma). Tilanteiden järjestys oli balansoitu. Jokainen tilanne kesti keskimäärin 21 minuuttia.

### **Tilastoanalyysit**




Tulosten analysointiin käytettiin varianssianalyysiä, jossa tilanne oli koehenkilöiden sisäinen muuttuja ja maa oli koehenkilöiden välinen muuttuja. Merkitsevyyden rajana pidettiin  $p < 0.05$ .

### **TULOKSET**

Maa oli koehenkilöiden välisenä muuttujana kaikissa varianssianalyysissä, mutta millään muuttujalla se ei ollut merkitsevä ( $p > 0.05$ ).

Tilanteiden väliset erot on esitetty yhteenvetona kuvassa 1. Tilanteet erosivat toisistaan kaikilla kokemusmuuttujilla ( $p < 0.05$ ). Tilanne C erosi tilanteesta B kaikilla kokemusmuuttujilla ja tilanteesta A muilla kokemusmuuttujilla paitsi miellyttävyydellä ( $p < 0.05$ ). Toisistaan eroavilla muuttujilla tilanne C arvioitiin positiivisemmaksi kuin Tilanne B tai Tilanne A. Tilanne A erosi tilanteesta B muuttujilla häiritsevyyden ja keskittymiskyky ( $p < 0.05$ ), jolloin Tilanne A arvioitiin heikommaksi kuin Tilanne B. Muilla kokemusmuuttujilla Tilanne A ei eronnut Tilanteesta B ( $p > 0.05$ ).

Tilanne vaikutti visuaalisen sarjamuistin tarkkuuteen ( $p < 0.05$ ). Visuaalinen sarjamuistisuoritus oli tarkempaa Tilanteissa B ja C kuin Tilanteessa A. Auditiivisessa sarjamuistissa Tilanteilla ei ollut vaikutusta suoritumisen tarkkuuteen ( $p > 0.05$ ).

Muuttuja	Tilanne			
	A	B	C	
<u>Kokemusmuuttujat</u>				
<i>Puheen häiritsevyys</i>	-		+	 Vähemmän kuormitusta tai parempi suoriutuminen
<i>Kuormittavuus</i>			+	
<i>Keskittymiskyky</i>	-		+	
<i>Miellyttävyyys</i>			+	 Neutraali
<i>Keskittymishaitta</i>			+	
<i>Suoriutumishaitta</i>			+	
<i>Työskentelyteho</i>			+	 Enemmän kuormitusta tai heikompi suoriutuminen
<u>Suoriutumismuuttujat</u>				
<i>Vis. sarjamuisti - tarkkuus</i>	-			
<i>Aud. sarjamuisti - tarkkuus</i>				

Kuva 1. Yhteenveto kokeen tuloksista.

## POHDINTA

Tutkimus on harvinainen, koska se sisältää identtisen laboratoriokokeen kahdessa eri maassa eri kielillä. Koska maiden tulokset eivät eronneet toisistaan, on todennäköistä, että tulokset pätevät muissakin maissa. Puheäänien työteho vaikutukset on havaittu aiemmin samaksi mm. Saksan ja Japanin välillä /6/.

Kokeemme osoittaa, että toimistojen akustinen ympäristö vaikuttaa työntekijän kokemukseen ja suoriutumiseen. Työntekijöille, jotka tekevät keskittymistä vaativia kielellisiä tehtäviä, määräykset täyttävä akustiikka (B) on parempi kuin määräykset alittava akustiikka (A). Määräykset täyttävä akustiikka (B) vähentää puheäänien vaikutuksia suoriutumiseen, vähentää puheen häiritsevyyttä ja parantaa kokemusta keskittymiskyvystä. Työskentelykokemusta voidaan kuitenkin vielä parantaa lisäämällä ääntä vaimentavat sermit ja huonekalut, kuten tilanteessa C. Määräykset ylittävä akustiikka (C) oli kaikilla kokemusmuuttujilla parempi kuin määräykset täyttävä akustiikka (B). Tilanne C oli paras erityisesti kokemuksellisesti. Tämä viittaa siihen, että investointi ääntä vaimentaviin sermeihin ja huonekaluihin parantaa kokemusta, edellyttäen, että tila muilta osin jo vastaa Suomen määräyksiä (taso B).

Tilanteen C kaltaisia toimistoja on rakennettu Suomeen enenevässä määrin viimeisten vuosien aikana. Tärkein syy lienee teknisiä tavoitetasoja sisältävien rakentamismääräysten voimaantulo 2018 /4/. On myös arvioitu, että paremman huoneakustiikan kustannukset ovat murto-osa rakennuksen kokonaiskustannuksista. Lisäinvestointi huoneakustiikkaan voisi maksaa itsensä takaisin peräti muutamissa kuukausissa parantuneen työtehon kautta /7/. Tämän tutkimuksen toivotaan kiihdyttävän viime vuosina tapahtunutta edistystä siinä, että huoneakustisiin tavoitetasoihin suhtaudutaan positiivisesti eikä huoneakustiikkaa nähdä menoeränä vaan organisaation tuottavuutta parantavana investointina.

## KIITOKSET

Tutkimus on osa MOTTI projektia (2020–2024), jonka toteuttaa Turun ammattikorkeakoulu Oy. Sen päärahoittaja on Business Finland Oy (2682/31/2019). Muut rahoittajat ovat Audico Systems Oy, Framery Oy, Halton Oy, Martela Oy, Pietiko Oy, Rockwool Finland Oy, Suomen yliopistokiinteistöt Oy, Turun ammattikorkeakoulu Oy, Turun teknologiakiinteistöt Oy ja ympäristöministeriö. Projektista rahoitettiin myös saksalaisten tutkijoiden toteuttama laboratoriokoe.

**LÄHDELUETTELO**

1. Radun, J., & Hongisto, V. (2022). Indoor environmental quality satisfaction in offices – office types and differences between continents. In C. Tagliaro, M. Alessandra, & R. Silvestri (Eds.), *Proceedings of the 3rd Transdisciplinary Workplace Research Conference* (pp. 510–516). Milan, Italy.
2. 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.
3. 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.
4. Ympäristöministeriö (2019). Rakennuksen ääniolosuhteiden suunnittelu ja toteutus. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:28, 50 pp., Helsinki.  
<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161953>.
5. Haapakangas, A., Hongisto, V., Hyönä, J., Kokko, J., Keränen, J. (2014). Effects of irrelevant speech on performance and subjective distraction: The role of acoustic design in open-plan offices, *Applied Acoustics* 86 1–16.
6. Hellbrück, J., Kuwano, S., Namba, S. (1996). Irrelevant background speech and human performance: Is there long-term habituation. *J. Acoust. Soc. Jpn.* 15(5) 239–247.
7. Hongisto, V. (2021). Office noise reduces work performance – A tool to assess the payback time of room acoustic investments. *Proc. Euronoise 2021*, pp. 1262–1269, 25–27 Oct, Madeira, Portugal. Online at: <http://ftp.sea-acustica.es/fileadmin/Madeira21/ID247.pdf>.