

TYÖPISTEKOKONAISUUKSIEN JA PUHELINKOPPIEN ÄÄNENVAIMENNUKSEN UUSI MITTAUSMENETELMÄ

Jarkko Hakala, Jukka Keränen, Petra Virjonen, Valtteri Hongisto

Turun ammattikorkeakoulu, sisäympäristö
Lemminkäisenkatu 14-18 B
20520 TURKU
nimi.sukunimi@turkuamk.fi

Tiivistelmä

Avotoimistoissa käytetään enenevässä määrin ääntä vaimentavia työpistekokonaisuuksia. Esimerkkejä tällaisista ovat työpisteiden väliset sermit, osittain suljetut työpistekalusteet, neuvottelukopit ja puhelinkopit. Tuotevalikoima laajenee jatkuvasti, mutta tuotteiden äänenvaimennuskyvyn määrittämiseen ei ole standardimenetelmää. Tutkimuksen tavoite oli kehittää yksinkertainen laboratoriomittausmenetelmä, jolla voidaan määrittää helpottajuihin yksilukuarvo kuvaamaan työpistekokonaisuuden tehokkuutta puheäänien vaimentamisessa. Mittaukset tehdään kaiutahuoneessa ISO 3741 standardia mukaillen ilman työpistekokonaisuutta ja sen kanssa. Äänilähteenä käytetään käyttäjän paikalle sijoitettavaa kaiutinta. Ilman työpistekokonaisuutta ja sen kanssa mitattujen äänitehtasojen ero oktaavikaistoilla 125 – 8000 Hz ilmaisee työpistekokonaisuuden äänenvaimennuksen. Yksilukuarvo äänenvaimennuskyvylle, puheäänenvaimennusluku, määritetään käyttäen standardin ISO 3382-3 mukaista puheen spektriä ja A-taajuuspainotusta. Menetelmällä testattiin laboratoriossa viisi erilaista työpistekokonaisuutta ja puhelinkoppi. Menetelmällä mitatut arvot olivat loogisia ja johdonmukaisia. Epävarmuudeksi arvioitiin 1 dB. Tulokset on julkaistu kansainvälisessä vertaisarvioidussa lehdessä.

1 JOHDANTO

Avotoimistoissa yksityisyyden puute ja häiritsevä toimistomelu ovat pahimpia työssä suoriutumista heikentäviä tekijöitä [1–4]. Nykyään käytetään enenevässä määrin erilaisia avoimia ja suljettuja työpistekokonaisuuksia, joilla pyritään vaimentamaan häiritsevien puheäänien kuulumista niiden sisään tai päinvastoin. Tällaisia ovat esimerkiksi puoliavoimet työpistekokonaisuudet ja sohvaryhmät sekä suljetut työpisteet ja puhelinkopit. Tuotevalikoima laajenee jatkuvasti, mutta tuotteiden äänenvaimennuskyvyn määrittämiseen ei ole yhtenäistä standardimenetelmää.

Puhelinkoppien kohdalla äänenvaimennusta on pyritty usein määrittämään ISO 16283-1 mukaan [5]. Menetelmä ei kuitenkaan sovellu puhelinkopeille, koska tulos riippuu huoneesta, johon tuote on asennettu mittauksen ajaksi. Seinäkkeille on olemassa testimenetelmä ISO 10053 [6]. Sillä saadut äänenvaimennustulokset ovat kuitenkin ylioptimistisia, koska mittaus suoritetaan kaiuttomassa huoneessa.

Tutkimuksen tavoite oli kehittää yksinkertainen laboratoriomittausmenetelmä, jolla voidaan määrittää helpotajuinen yksilukuarvo kuvaamaan kalustekokonaisuuksien tehokkuutta puheäänien vaimentamisessa. Tutkimuksen tulokset on julkaistu kansainvälisessä vertaisarvioidussa lehdessä [7].

2 MENETELMÄ

Tutkimuksessa kehitettiin menetelmä, jossa määritetään kaiuntahuoneessa ISO 3741 standardia [8] mukailleen työpistekokonaisuuden äänenvaimennus äänitehotasojen avulla. Ilman työpistekokonaisuutta ja sen kanssa mitataan tunnetun äänilähteen äänitehotaso siten, että ainoa olennainen ero mittaustilanteiden välillä on työpisteeseen puhujan paikalle sijoitetun äänilähteen osittain tai kokonaan ympäröivä työpistekokonaisuus (Kuva 1). Tässä tutkimuksessa äänilähteenä käytettiin puhujan suuntakuviota hyvin mallintavaa aktiivikaiutinta (Genelec 8020), jolla toistettiin vaaleanpunaista kohinaa signaaligeneraattorista (Neutrik MR1).



Kuva 1. Työpistekokonaisuuden äänenvaimennusmittauksen vaiheet: vasemmalla mitaus puhelinkopin #6 kanssa ja oikealla mitaus ilman puhelinkoppia. Mikrofoni ei näy kuvassa.

Kaiuntahuoneessa mitattujen äänitehotasojen erotus D oktaavikaistoilla 125 – 8000 Hz ilmaisee työpistekokonaisuuden äänenvaimennuksen:

$$D = L_{W,P,1} - L_{W,P,2}, \quad (1)$$

missä $L_{W,P,1}$ on kohinan aiheuttama äänitehotaso ilman työpistekokonaisuutta ja $L_{W,P,2}$ on kohinan aiheuttama äänitehotaso työpistekokonaisuuden kanssa.

Puhe on toimistossa ensisijainen häiritsevän äänen lähde, joten äänenvaimennus on perusteltua liittämällä standardipuheeseen. Tätä kautta voidaan mittaustuloksesta määrittää hel-

posti ymmärrettävä yksiluarvo, puheäänenvaimennusluku, joka kuvaa, miten hyvin työpistekokonaisuus vaimentaa puheääntä A-painotettuna.

Työpistekokonaisuuden äänenvaimennus puheelle määritetään käyttäen standardin ISO 3382-3 mukaista normaalin puheen äänitehospektriä [9] $L_{W,S,1}$. Tällöin puhujan ääniteho-taso työpistekokonaisuuden sisältä ympäröivään tilaan on oktaavikaistoilla 125 – 8000 Hz

$$L_{W,S,2} = L_{W,S,1} - D. \quad (2)$$

Puheäänenvaimennusluku D_S lasketaan yhtälöllä

$$D_S = L_{W,S,A,1} - L_{W,S,A,2}, \quad (3)$$

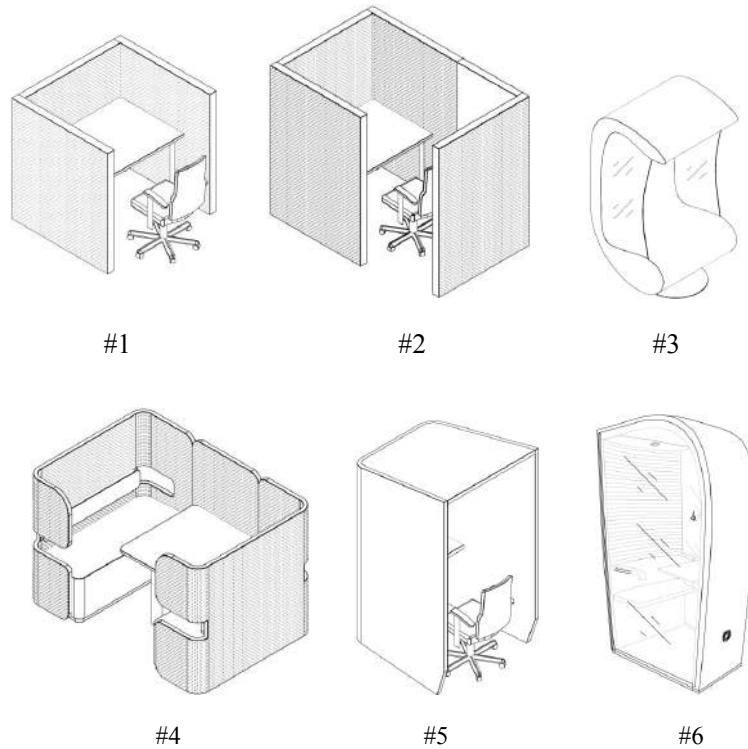
missä $L_{W,S,A,1}$ ja $L_{W,S,A,2}$ ovat puheen A-taajuuspainotetut äänitehotasot ilman työpisteko-konaisuutta ja sen kanssa. Esimerkki mittauksen ja laskennan vaiheista esitetään Taulu-kossa 1.

Taulukko 1. Työpistekokonaisuuden äänenvaimennuskyvyn määrittäminen. Esimerkkinä on työpistekokonaisuus #2.

Taajuus	vaaleanpunainen kohina			ISO 3382-3 puhespektri			A-painotetut arvot	
f	$L_{W,P,1}$	$L_{W,P,2}$	D	$L_{W,S,1}$	$L_{W,S,2}$	A-painotus	$L_{W,S,1}$	$L_{W,S,2}$
[Hz]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
125	88.4	85.4	3.0	60.9	57.9	-16.1	44.8	41.8
250	88.9	84.9	4.0	65.3	61.3	-8.6	56.7	52.7
500	88.2	84.2	4.0	69.0	65.0	-3.2	65.8	61.8
1000	88.8	84.7	4.1	63.0	58.9	0.0	63.0	58.9
2000	89.9	85.9	4.0	55.8	51.8	1.2	57.0	53.0
4000	88.0	84.0	4.0	49.8	45.8	1.0	50.8	46.8
							$L_{W,S,A,1}$	68.4
							$L_{W,S,A,2}$	64.4
							D_S	4.0

3 MATERIAALIT

Menetelmällä testattiin kaiuntahuoneessa kuusi erilaista työpistekokonaisuutta (Kuva 2): Kaksi geometrialtaan erilaista työpistekokonaisuutta, puoliavoin tuoli, sohvaryhmä, puo-liksi suljettu työpiste ja puhelinkoppi.



Kuva 2. Tutkimuksessa testatut työpistekokonaisuudet #1 – #6.

4 TULOKSET

Tulokset esitetään kuvassa 3. Mitatut arvot olivat loogisia ja johdonmukaisia. Puheäänenvaimennusluvun mittausepävarmuudeksi saatiin 1 dB.

5 POHDINTA

Tutkimuksessa kehitetty menetelmä antaa helposti ymmärrettäviä, johdonmukaisia ja riittävän tarkkoja tuloksia erilaisten työpistekokonaisuuksien vertailemiseen. Menetelmää on sovellettu jo useissa asiakasprojekteissa, joista saatu palaute on ollut positiivista. On huomattava, että äänenvaimennuslevyille ja seinäkkeille on olemassa jo omat testistandardit. Tämä menetelmä ei ole päällekkäinen niiden kanssa.

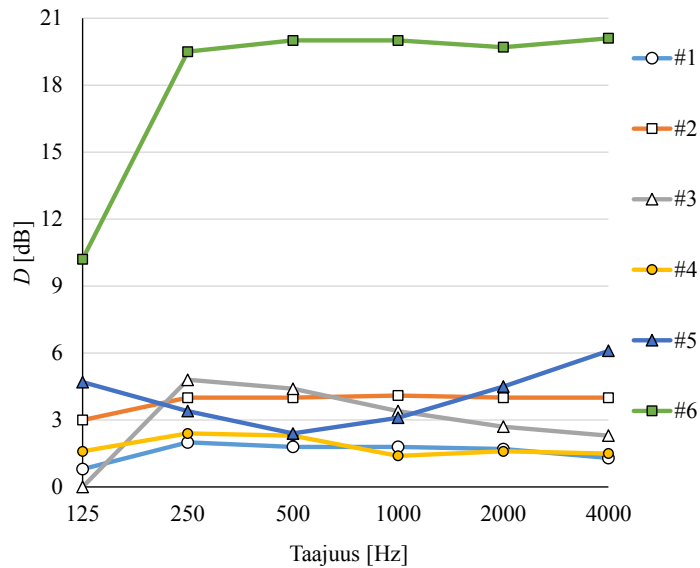
Mittauksen epävarmuudesta, kenttämittausmenetelmästä, menetelmän soveltamisesta erilaisiin työpistekalusteratkaisuihin ja tulosten hyödyntämisestä tilojen akustisessa suunnittelussa tarvitaan kuitenkin vielä lisää tutkimusta ja käytännön ohjeistusta.

Tähän mennessä korkein laboratoriossamme mitattu D_s -arvo on ollut 30 dB (mobiili puhelinlappi). Yli 35 dB arvoja lienee vaikea saavuttaa helposti pystytettävillä ja liikuteltavilla ratkaisuilla. Tämä voi myös olla tarpeetonta. Lähitulevaisuudessa on tarkoitus laatia ehdotus suositusravoista puheenvaimennusluville erilaisilla työpistekokonaisuuksilla, joilla voidaan ohjata konsultteja ja käyttäjiä valitsemaan ääntä hyvin vaimentavia tuotteita.

KIITOKSET

Tutkimus tehtiin Työterveyslaitoksen akustiikkalaboratoriossa Turussa. Laboratorio on nykyisin Turku AMK:n käytössä.

Työpiste	#1	#2	#3	#4	#5	#6
D_s [dB]	1.8	4.0	3.9	1.9	2.8	19.8



Kuva 3. Mittaustulokset 6 työpistekokonaisuudelle.

VIITTEET

- [1] Haapakangas A, Helenius R, Keskinen E, Hongisto V, Perceived acoustic environment, work performance and well-being – survey results from Finnish offices, Proc. of the 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem, Mashantucket, Connecticut, USA, 2008, 434–441.
- [2] Kaarlela-Tuomaala A, Helenius R, Keskinen E, Hongisto V, Effects of acoustic environment on work in private office rooms and open-plan offices – longitudinal study during relocation, *Ergonomics* 52(11), 2009, 1423–1444.
- [3] Hongisto V, Haapakangas A, Varjo J, Helenius R, Koskela H, Refurbishment of an open-plan office – environmental and job satisfaction, *Journal of Environmental Psychology* 45, 2016, 176–191.
- [4] Hongisto V, Haapakangas A, Helenius R, Keränen J, Oliva D, Acoustic satisfaction in an open-plan office before and after the renovation, Proc. of Euronoise 2012, Prague, Czech Republic, 2012, 654–659.
- [5] ISO 16283-1 Acoustics – Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation. International Organization for Standardization, 2014, Geneva, Switzerland.
- [6] ISO 10053 Acoustics – Measurement of office screen sound attenuation under specific laboratory conditions. International Organization for Standardization, 1991, Geneva, Switzerland.
- [7] Hongisto V, Keränen J, Virjonen P, Hakala J, New method for determining sound reduction of furniture ensembles in laboratory, *Acta Acustica united with Acustica* 102(1) 2016, 67–79.
- [8] ISO 3741 Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Precision methods for reverberation test rooms. International Organization for Standardization, 2010, Geneva, Switzerland.
- [9] ISO 3382-3 Acoustics – Measurement of room acoustic parameters – Part 3: Open plan offices. International Organization for Standardization, 2012, Geneva, Switzerland.