

VIIDEN PEITEÄÄNEN VERTAILU TOIMISTOLABORATORIOSSA - VAIKUTUKSET KESKITTYMISKYKYYN JA AKUSTISEEN TYYTYVÄISYYTEEN

Annu Haapakangas, Valtteri Hongisto & Eveliina Kankkunen*

Työterveyslaitos, Sisäympäristölaboratorio
Lemminkäisenkatu 14-18 B, 20520 Turku
etunimi.sukunimi@utu.fi

* Turun yliopisto, psykologian laitos
20014 Turku
etunimi.sukunimi@ttl.fi

1 TAUSTA

Melu on yleisin sisäympäristöongelma avotoimistoissa. Toimistoissa tehtyjen kyselytutkimusten perusteella puheäännet koetaan kaikkein häiritsevimmäksi melulähteeksi [1]. Omassa työpisteessä koettu yksityisyys on myös yleisesti alhaisempi avotoimistoissa kuin huonetoimistoissa. Keskittymisvaikeudet ovat avotoimistotyöntekijöillä tyypillinen tilan akustiikkaan liittyvä ongelma [1].

Aiemmat laboratoriotutkimukset osoittavat, että taustalla kuuluva puhe voi laskea yksilön suoritustasoa 4-41 % käsillä olevan tehtävän luonteesta riippuen [2,3,4].

Meluhaittoja voidaan vähentää avotoimistoissa asianmukaisella akustisella toteutuksella. Uudet akustiikkaa koskevat ohjearvot on julkaistu vuonna 2008 [5]. Suunnittelulla pyritään heikentämään puheen erotettavuutta työpisteiden välillä. Tällöin keskittyminen omaan työntekoon helpottuu ja puheyksityisyys paranee.

Puheen erotettavuuden pienentäminen edellyttää useiden yhtäaikaisten keinojen käyttöä. Puheääniä tulee vaimentaa absorboivilla pintamateriaaleilla katossa, seinillä ja kalusteissa. Lisäksi äänen vapaa eteneminen katkaistaan korkeilla seinäkkeillä, kalusteilla tai vaikkapa katosta riippuvilla vaimennuselementeillä. Nämä keinot eivät kuitenkaan yksin riitä laskemaan puheen erotettavuutta tarpeeksi, vaan tilassa tarvitaan myös peiteääntä.

Asianmukainen peiteääni voi olla toimistossa jo valmiina. Esimerkiksi puhallinkonvektori, ohiajava liikenne tai etäinen puheensorina voivat muodostaa äänenlaadultaan ja voimakkuudeltaan optimaalisen äänimaiseman, jossa puheäänten erottuminen työpisteiden välillä pienenee. Näin ei kuitenkaan useimmissa toimistoissa ole. Sopiva äänitaso on 40-45 dBA. Suomalaisissa toimistoissa suurin yksittäinen akustinen ongelma on liian alhainen taustäänitaso, joka useimmiten on alle 35 dBA. Siksi peiteäänien tekemistä joudutaan harkitsemaan jälkikäteen.

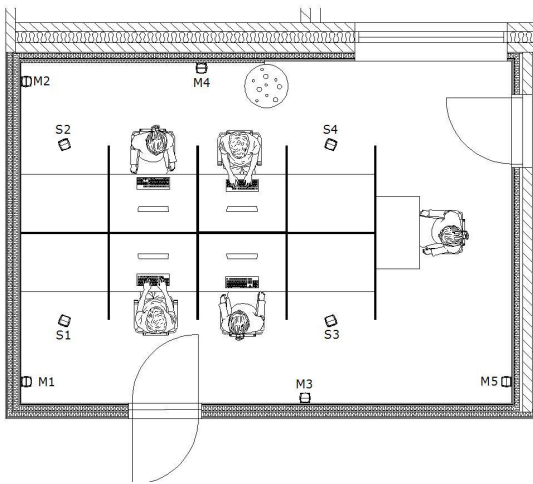
Peiteäänien tarve kävi ilmi jo alkuperäisissä avotoimistokonsepteissa, joita kehitettiin 1960-luvulla yhtäaikaisesti sekä Pohjois-Amerikassa että Euroopassa. Jo tuolloin tiedettiin, että pelkillä seinäkkeillä ja äänenvaimennusmateriaaleilla ei voida saavuttaa riittävää puheyksityisyyttä. Peiteäänien tarve on noussut Suomessa esille vasta viime vuosina, kun akustiset ongelmat ovat herättäneet laajempaa keskustelua avotoimistojen voimakkaan yleistymisen ja työtehtävien vaatavuustason kohoamisen myötä. Samanaikaisesti ilmanvaihdon äänitasovaatimuksia kiristettiin tiedostamatta, että tästä aiheutuu uusi ääniympäristöongelma eli informaatiohäiriöiltään korkeampien äänten parempi erottuminen ja siitä aiheutuva keskittymishaitta (*distraction*).

2 TAVOITE

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, minkälainen peiteääni on työsuoriutumisen ja subjektiivisen kokemuksen kannalta optimaalisin. Tutkimuksen tavoitteena oli saada tietoa erilaisten peiteäänien soveltuvuudesta toimistoympäristöön tulevaisuuden ohjeita ja tuotekehitystä silmälläpitäen.

3 MENETELMÄT

Tutkimus suoritettiin Työterveyslaitoksen toimistolaboratoriossa Turussa (Kuva 1). Noin 4½ tuntia kestäneisiin kokeisiin osallistui yhteensä 54 koehenkilöä, 3-4 henkilöä kerrallaan. Jokainen koehenkilö kävi läpi kaikki 7 tilannetta eli koeasetelmalla voitiin verrata, miten saman henkilön suoriutuminen ja tyytyväisyys vaihtelevat eri olosuhteissa.



Kuva 1. Laboratorion pohjakuva ja valokuva. Puhe tuotettiin tyhjiin työpisteisiin sijoitetuista kaiuttimista (S1-S4). Peiteääni tuotettiin alakattoon piilotetuista kaiuttimista (M1-M5).

Koetilanteissa testattiin seuraavia viittä eri peiteääntä: suodatettu kohina (-5 dB/oktaavi), ilmanvaihdon ääni, instrumentaalimusiikki, laulua sisältävä musiikki sekä puron solina. Peiteääni soitettiin yhtäaikaaisesti puheen kanssa siten, että puheensiirtoindeksin STI arvo oli vakio (STI=0.38). Koetilanteita verrattiin keskittymisen kannalta optimaalisimpaan tilanteeseen eli hiljaisuuteen sekä keskittymisen kannalta huonoimpaan tilanteeseen eli taustapuheeseen ilman peiteääntä, jossa STI arvo oli korkea (STI=0.62).

Äänitaso äänitilanteisiin suunniteltiin siten, että se vastaa tyypillistä äänitason avotoimistossa, 48 dBA. Poikkeuksena tästä oli hiljaisuus, 37 dBA.

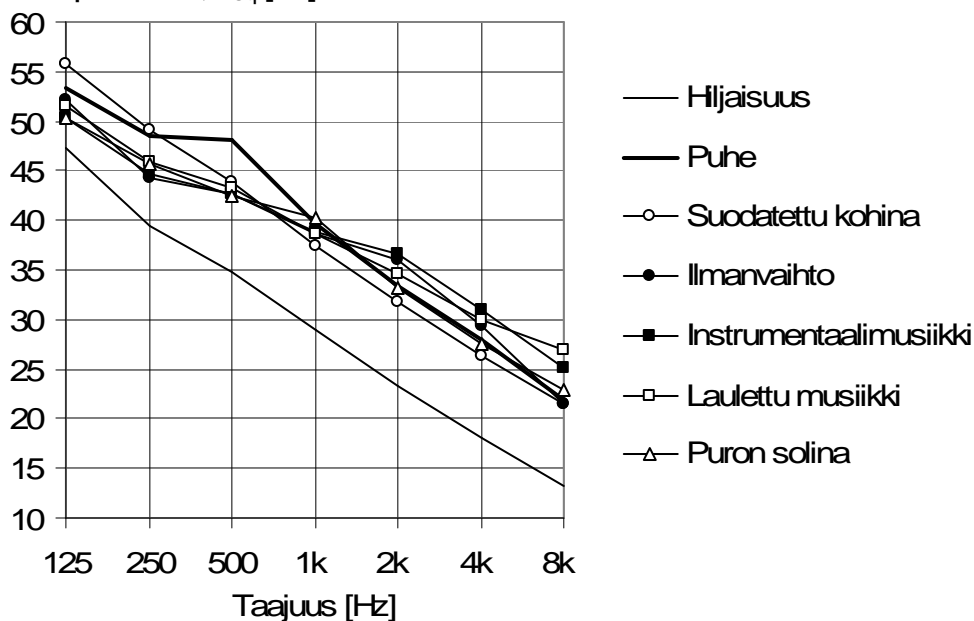
Taulukossa 1 on esitetty äänitilanteiden STI-arvot ja äänitasot koehenkilön paikalta mitattuna. Kuvassa 2 on esitetty käytettyjen äänten taajuusjakaumat.

Sisäympäristön olosuhteita kontrolloitiin äänitason, lämpötilan, ilmamäärän, hiilidioksidipitoisuuden ja valaistusvoimakkuuden osalta. Kokeiden aikana olosuhteet olivat ohjearvojen mukaisia.

Taulukko 1. Äänitilanteiden kokonaisäänitaso, äänitilanteen muodostavien komponenttien eli puheen sekä peiteäänen äänitasot ja näistä muodostuva puheensirtoindeksi.

Äänitilanne	Kokonais- äänitaso $L_{A,eq}$ [dB]	Puheen äänitaso $L_{A,eq}$ [dB]	Peiteäänen äänitaso $L_{A,eq}$ [dB]	Puheensir- toindeksi STI
<i>vastaavuus todelliseen toimistoympäristöön</i>				
Hiljaisuus <i>oma työhuone, ovet kiinni</i>	37	-	37	0.00
Puhe <i>avotoimisto, huono puheyksityisyys</i>	48	48	37	0.62
Suodatettu kohina, -5 dB/oktaavi <i>avotoimisto, hyvä puheyksityisyys</i>	48	45	45	0.39
Ilmanvaihto <i>avotoimisto, hyvä puheyksityisyys</i>	48	45	45	0.37
Instrumentaalimusiikki <i>avotoimisto, hyvä puheyksityisyys</i>	48	45	45	0.35
Laulettu musiikki <i>avotoimisto, hyvä puheyksityisyys</i>	48	45	45	0.36
Puron solina <i>avotoimisto, hyvä puheyksityisyys</i>	48	45	45	0.40

Äänenpainetaso, L_{eq} [dB]



Kuva 2. Taajuusjakaumat eri äänikomponenteille. Peiteäänten spektrit säädettiin mahdollisimman lähelle toisiaan.

Tehtäväsuoriutumisen mittaamisessa hyödynnettiin kognitiivisen psykologian tutkimusmenetelmiä, joilla voidaan mitata toimistotyön kannalta keskeisiä tiedonkäsittelyprosesseja, kuten lyhytkestoista muistia, tekstin ymmärtämistä ja

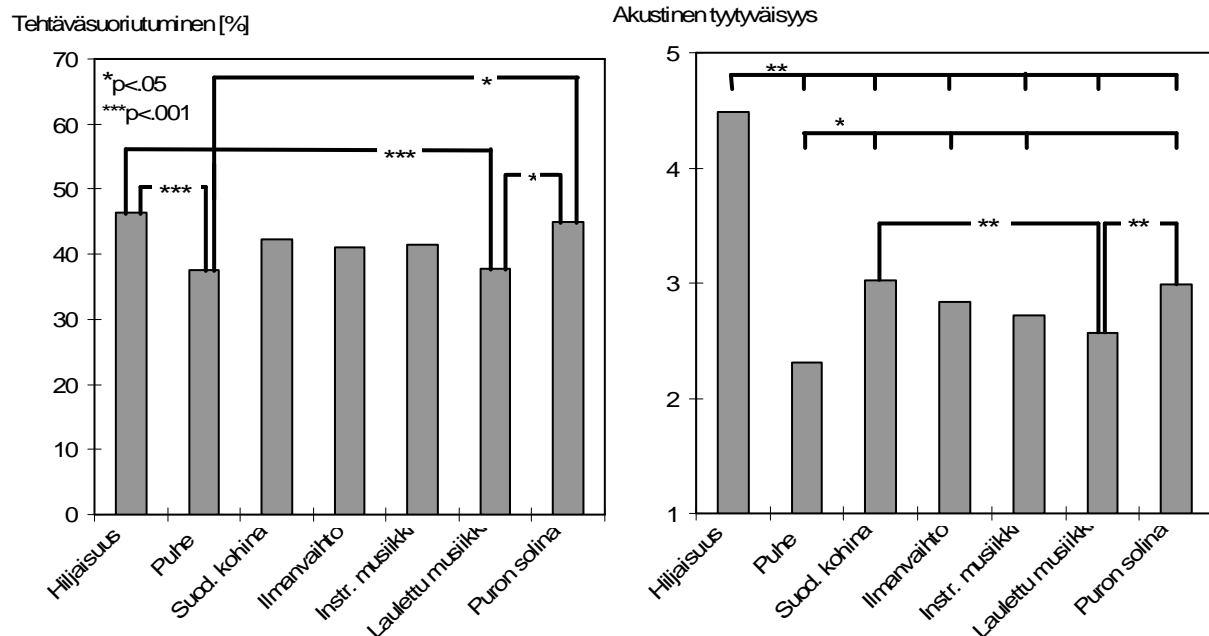
ideointikykyä. Kyselyllä kartoitettiin subjektiivisia kokemuksia ääniympäristöstä ja sen vaikutuksesta työskentelyyn. Yhteensä 14 kysymyksestä laadittiin summamuuttuja "Akustinen tyytyväisyys", johon sisältyi mm. ääniympäristön miellyttävyyttä, häiritsevyyttä ja hyväksyttävyyttä kartoitettavia kysymyksiä.

4 TULOKSET

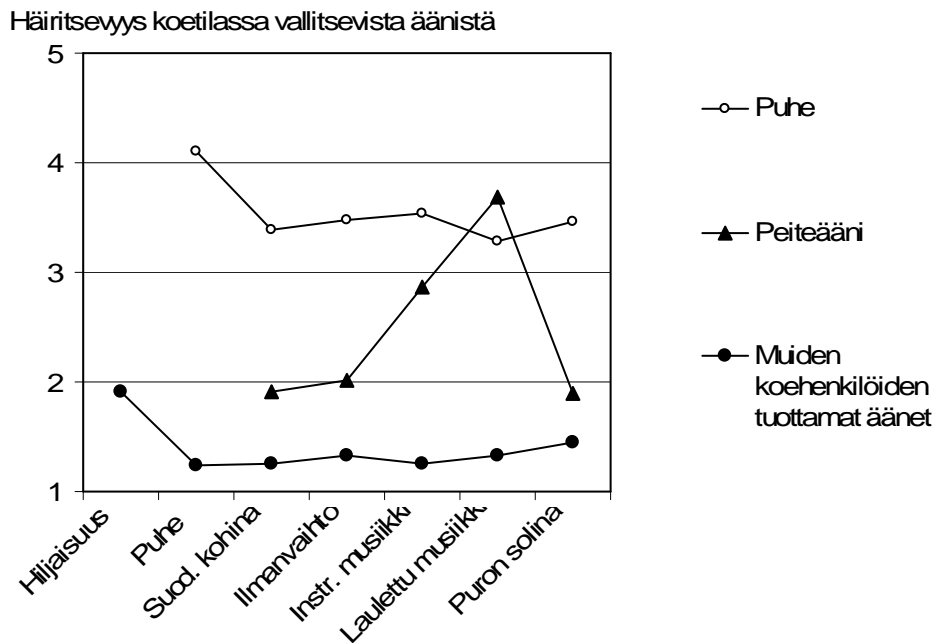
Tulokset analysoitiin SPSS 16.0 -ohjelmistolla toistettujen mittausten varianssianalyysia ja t-testiä käyttäen. Monivertailuihin tehtiin Bonferroni-korjaukset. Tilastollisesti merkitsevät erot eri tilanteiden välillä on merkitty Kuvaan 3.

Äänitilanteilla oli selkeä vaikutus tehtäväsuoriutumiseen. Suoritustaso oli paras hiljaisuudessa. Suoriutuminen oli heikoimmillaan, kun taustalla kuului pelkästään puhetta ilman peiteääntä tai puhetta peitettynä laulettulla musiikilla. Suorituskyvyn kannalta edullisin peiteääni oli puron solina. Muut peiteäänit sijoittuivat puron solinan ja laulettu musiikin välimaastoon. Vaikutus tuli selvimmin näkyviin keskittymiskykyä ja lyhytkestoista muistia mittaavassa tehtävässä.

Akustinen tyytyväisyys noudatti samoja linjoja kuin edellä, mutta toi esiin voimakkaampia eroja tilanteiden välillä. Akustinen tyytyväisyys oli korkeimmillaan hiljaisuudessa ja alhaisimmillaan, kun taustalla kuului puhetta ilman peiteääntä. Kun puhetta peitettiin peiteäänillä, akustinen tyytyväisyys kasvoi. Tästä poikkeuksena oli vokaalinen musiikki, joka häiritsi koehenkilöitä jopa enemmän kuin samanaikaisesti kuuluva puhe (Kuva 4). Muiden peiteäänien häiritsevyyttä oli vähäistä suhteessa puheen häiritsevyyteen.



Kuva 3. Suoriutuminen keskittymistä ja lyhytkestoista muistia vaativassa tehtävässä (% oikein) ja Akustinen tyytyväisyys asteikolla 1(ei lainkaan)-5(erittäin paljon). Tilastollisesti merkitsevät erot on merkitty * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.



Kuva 4. Häiritsevyyden laboratorion äänilähteistä eri äänitilanteiden aikana asteikolla 1 (ei lainkaan) - 5 (erittäin paljon).

4 POHDINTA JA KÄYTÄNNÖN SUOSITUKSET

Ääniympäristö, jossa puheäänit erottuvat selvästi, heikentää sekä työtehokkuutta että akustista tyytyväisyyttä. Tulos on yhtenevä aikaisempien laboratoriotutkimustemme kanssa [2-4]. Näyttö puheäänien haitoista työnteolle on erittäin vahva.

Puheen negatiivisia vaikutuksia voidaan vähentää pienentämällä puheen erotettavuutta. Tähän voidaan päästä vaimentamalla puheäänien voimakkuutta ja käyttämällä peiteääntä. Tässä tutkimuksessa keskityttiin jälkimmäiseen. Tulosten mukaan puheen negatiivisia vaikutuksia voitiin vähentää peiteäänellä edellyttäen, että se ei sisällä laulettua musiikkia. Ilmanvaihdon kaltaiset tasaiset äänet, instrumentaalinen musiikki ja puronsolina toimivat hyvin peiteääninä.

Puronsolina oli laboratorio-olosuhteissa hieman muita peiteääniä parempi, mutta sen ja muiden luonnonäänten soveltuvuutta jokapäiväiseen työskentelyyn täytyy kuitenkin vielä tutkia ja kokeilla. Rakennukselle tai ympäristölle ominaiset äänet luultavasti sopivat parhaiten peiteääniksi, koska tällöin niitä ei koeta ylimääräisenä, keinotekoisena äänenä.

Peiteäänien käyttöä voidaan harkita keinona parantaa keskittymiskykyä sellaisissa avotoimistoissa, joissa tehdään yksilötyötä ja joissa ympäröivät puheäänit selvästi koetaan keskittymistä haittaaviksi. Peiteäänien käyttö edellyttää, että puheäänien vaimennus on muilta osin kunnossa. Keinotekoisia peiteääntä ei myöskään tarvita tiloissa, joissa peiteääni on jo valmiiksi olemassa. Työtehtävän luonne ratkaisee tilalle asetettavat akustiset vaatimukset. Tiimin sisällä tarvitaan vähemmän akustista hallintaa kuin tiimien välillä tai yksilötyötä korostavilla alueilla.

Peiteäänelle löytyy sovelluksia myös muissa tiloissa, joissa tarvitaan puheyksityisyyttä ja keskittymisrauhaa, esimerkiksi terveydenhoitoalalla, pankkisaleissa ja kirjastoissa.

Yksityiskohtaiset tulokset on tarkoitus julkaista kansainvälisesti [6].

KIITOKSET

Tämä tutkimus on osa MAKSI "Mallinnettu ja koettu sisäympäristö" hanketta. Hanketta rahoittivat Tekes, Työterveyslaitos ja 11 yritystä.

VIITTEET

1. HAAPAKANGAS A, HELENIUS R, KESKINEN E & HONGISTO V, Toimistojen ääniolosuhteet - kyselytutkimusten yhteenveto. *Akustiikkapäivät 2007*, 27.-28.9.2007, Espoo, 160-165.
2. HONGISTO V, HAAPAKANGAS A, VENETJOKI N, HAKA M & KESKINEN E, Toimistomelun vaikutus työstä suoriutumiseen - laboratoriotutkimus ja yleinen malli. *Akustiikkapäivät 2007*, 27.-28.9.2007, Espoo, 166-173.
3. HAAPAKANGAS A, HAKA M, KESKINEN E & HONGISTO V, Toimistomelun vaikutus työsuoriutumiseen - laboratoriotutkimus. *Sisäilmastoseminaari 2008*, 5.3.2008, Espoo, Sisäilmayhdistys raportti 26, 191-196, Espoo, 2008.
4. HONGISTO V, VENETJOKI N, KAARLELA-TUOMAALA A & KESKINEN E, Puhemelun vaikutus tehtäväsuoriutumiseen - laboratoriotutkimus. *Sisäilmastoseminaari 2006*, SIY Raportti 24, 35-40, Sisäilmayhdistys ry, 2006.
5. RIL 243-3-2008 *Rakennusten akustinen suunnittelu. Toimistot.* Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., 96 s, Helsinki 2008.
6. KANKKUNEN E, HAAPAKANGAS A, VIRJONEN P, OLIVA D, KESKINEN E & HONGISTO V, Comparison of five speech masking sounds types for open-plan offices - Laboratory experiment measuring performance and acoustic satisfaction. Submitted for publication, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2009.