

# ERI TYYPPISTEN ÄÄNTEN FYSIOLOGISET, PSYKOLOGISET JA SUORIUTUMISVAIKUTUKSET

Jenni Radun<sup>1</sup>, Valtteri Hongisto<sup>1</sup>, Henna Maula<sup>1</sup>, Ville Rajala<sup>1</sup>, Darin Al-Ramahi<sup>2</sup>, Mika Scheinin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Turun ammattikorkeakoulu  
Lemminkäisenkatu 14-18 B,  
20520 TURKU  
etunimi.sukunimi@turkuamk.fi

<sup>2</sup> Turun yliopisto  
Itäinen Pitkätie 4 B  
20014 TURUN YLIOPISTO  
[darin.al-ramahi@utu.fi](mailto:darin.al-ramahi@utu.fi); [mschein@utu.fi](mailto:mschein@utu.fi)

## Tiivistelmä

Tavoitteena oli tarkastella eri tyyppisten äänien vaikutusta ihmisen fysiologisiin stressivasteisiin, psykologiseen kokemukseen sekä tehtäväsuoriutumiseen. Neljän eri äänilajin vaikutusta tarkasteltiin ryhmien välisessä vertailussa (N=98). Ryhmien äänilajeina olivat laajakaistaääni, kapeakaistaääni, impulssiääni sekä puheääni. Äänet soitettiin 65 dB  $L_{Aeq}$  voimakkuudella ja altistus kesti noin 50 minuuttia. Viides äänilaji oli hiljaisuus (35 dB  $L_{Aeq}$ ), johon muita äänitilanteita verrattiin. Koehenkilöiltä mitattiin psykologista kokemusta (häiritsevyys ja kuormittuminen), tehtäväsuoriutumista työmuistitehtävissä (sarjamuisti ja N-back) sekä fysiologisia stressivasteita (stressihormonit, verenpaine, sykeväli-vaihtelu). Impulssiäänien ja erityisesti puheäänien vaikutukset niin psykologisiin, fysiologisiin kuin suoriutumismittoihin olivat selkeimmät. Kuitenkin hiljaisuuteen verrattuna saimme kaikilla äänilajeilla näkyviin jonkun vaikutuksen fysiologisiin vasteisiin, joten kaikki äänilajit lisäävät kuormittumista.

## 1 JOHDANTO

Melu on terveydelle haitallista, epämiellyttäväksi koettua tai itselle tarpeetonta ääntä. Kohtuullisilla äänen voimakkuuksilla melu vaikuttaa ihmiseen lähinnä epäsuorasti häiritsevyyden kokemuksen kautta, johon saattaa liittyä myös stressireaktio [1]. Häiritsevyyttä lisäävät luonnollisesti äänen voimakkuuden kasvu mutta myös äänen sisältämä kapeakaistaisuus, impulssimaisuus ja informaatioisältö. Akuutti altistuminen melulle onkin liitetty stressireaktioon, joka näkyy mm. autonomisen hermoston ja endokriinisysteemin aktivoitumisena [1]. Tämä tarkoittaa, että melulla voi olla sekä psykologisia että fysiologisia seurauksia. Näiden lisäksi melu voi häiritä suoriutumista, erityisesti tarkkuutta vaativissa kognitiivisissa tehtävissä [2].



© 2019 Jenni Radun, Valtteri Hongisto, Henna Maula, Ville Rajala, Darin Al-Ramahi, Mika Scheinin. Tämä on avoimesti julkaistu teos, joka noudattaa Creative Commons NIMEÄ 4.0 Ei sovitettu –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.

Yleisesti tiedetään, että äänen voimakkuuden merkittävä korotus voi aiheuttaa akuutteja fysiologisia stressivasteita. Sen sijaan eri tyyppisten äänten vaikutusta on tutkittu systemaattisesti erittäin vähän. Suurin osa tutkimuksesta on keskittynyt äänen voimakkuuden tai puheen vaikutusten tutkimiseen. Vaikka impulssimaisesta ja kapeakaistaisesta ympäristömelusta sanktioidaan 5 dB niiden tuoman häiritsevyyssisän vuoksi (VnA 993/1992), ei näiden ääniominaisuuksien fysiologisista vaikutuksista tiedetä juuri mitään.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tarjota systemaattinen laboratoriotutkimus koskien eri tyyppisten äänten vaikutuksia fysiologisiin ja psykologisiin vasteisiin sekä suoriutumiseen.

## 2 MENETELMÄT

Riippumaton muuttuja oli äänilaji. Äänilajeja olivat **laajakaistaääni**, **kapeakaistaääni**, **impulssiääni** ja **puheääni**, jotka esitettiin 65 dB  $L_{Aeq}$  tasolla, sekä verrokkina **hiljaisuus**, joka oli laajakaistaääni esitettynä 35 dB  $L_{Aeq}$  tasolla. Neljää edellistä verrattiin tässä tutkimuksessa vain hiljaisuuteen. Laajakaistaäänenä toimi ns. ”Beranekin” miellyttävä taustaaääni, kapeakaistaäänenä sähkömoottori (3753 Hz,  $\Delta L_{ta}$  15 dB), impulssiäänenä paalutusjunta (LD 8.6 dB, OR 236 dB/s) ja puheäänenä radiodiologi.

Koe toteutettiin ryhmien välisenä vertailuna. Hiljaisuusryhmässä oli 19 koehenkilöä, laajakaistaäänänen ryhmässä 19, kapeakaistaäänänen ryhmässä 18, impulssiäänänen ryhmässä 21 ja puheäänänen ryhmässä 21. Kaikki ryhmät tekivät samat tehtävät.

Tarkastelun kohteena olivat äänilajin vaikutukset fysiologisiin ja psykologisiin muuttujiin sekä suoriutumiseen. Fysiologiset riippuvat muuttujat olivat sykevälivaihtelu ( $HRV_{stressi(LF/HF)}$ ), systolinen ja diastolinen verenpaine sekä stressihormonien kortisoli ja noradrenaliinipitoisuudet plasmassa. Psykologiset riippuvat muuttujat olivat häiritsevyyden ja kuormituksen. Suoriutumista mitattiin työmuistia vaativilla tehtävillä, joita olivat auditiivinen ja visuaalinen sarjamuisti sekä N-back.

Kaikki koehenkilöt kävivät läpi kokeessa alkuvalmistelun, harjoitusosion, perustilanteen, tauon, varsinaisen koetilanteen (äänialtistus) ja palautumistilanteen. Perustilanne ja koetilanne vastasivat toisiaan, ainoana erona oli koetilanteessa taustalla oleva äänialtistus. Äänialtistus oli myös ainoa ryhmästä riippuva tekijä. Äänialtistuksen pituus oli keskimäärin 49 minuuttia. Perus- ja koetilanteissa koehenkilöt suorittivat tehtävät järjestyksessä visuaalinen sarjamuisti, N-back, auditiivinen sarjamuisti ja N-back. Subjektiiiset arviot annettiin jokaisen tehtävän jälkeen. Sykevälivaihtelua mitattiin jatkuvasti rinnan ympärillä olevalla sykevyöllä. Verenpainetta ja stressihormonitasoja mitattiin kuusi kertaa kokeen aikana. Verikokeet otettiin käsivarteen laitetun kanyylin kautta. Koko koe kesti yhteensä keskimäärin 3 tuntia 21 minuuttia.

Tulokset analysoitiin tarkastelemalla ääniryhmien välisiä eroja varianssianalyysillä tai toistomittausvarienssianalyysillä. Jos äänitilanteiden päävaikutus oli merkitsevä, verrattiin muita äänitilanteita hiljaisuusryhmään.

## 3 TULOKSET

Kokeen päätulokset on esitetty taulukossa 1. Äänilaji vaikutti häiritsevyyden ( $F(4,92)=10.9$ ,  $p<0.001$ ) ja kuormittavuuden ( $F(4,89)=4.5$ ,  $p=0.002$ ) kokemukseen. Laajakaistaääni, kapeakaistaääni ja impulssiääni arvioitiin häiritsevämmäksi kuin hiljaisuus.

Kapeakaista-, impulssi- ja puheäänien aikana tehtävien tekeminen arvioitiin kuormittavammaksi kuin hiljaisuuden aikana. Auditivisessa sarjamuistissa sarjan viimeisten numeroiden muistaminen oli heikompaa puheäänien kuin hiljaisuuden aikana (kuva 1; interaktio äänitilanne x positio:  $F(17,385)=2.5$ ,  $p=0.001$ ). 3-backissä äänitilanne vaikutti muistamiseen ( $F(4,91)=3.1$ ,  $p=0.020$ ) ja muistamisen tarkkuus oli heikompaa laajakaista-impulssi-, ja puheäänien aikana kuin hiljaisuudessa. Kortisolitaso palautumistilanteeseen nähden oli suurempi laajakaista-, impulssi- ja puheäänien aikana kuin hiljaisuudessa ( $F(4,69)=3.1$ ,  $p=0.021$ ). Noradrenaliinitason ero perustilanteeseen nähden oli hiljaisuudessa suurempi kuin impulssiäänellä ( $F(4,76)=4.3$ ,  $p=0.004$ ), jossa taso pysyi vakaana. Sykevälvaihtelussa näkyi puhe- ja kapeakaistaäänellä kuormittumista N-back tehtävässä: kuormittuminen lisääntyi, kun tehtävä tehtiin toista kertaa ( $F(4,84)=4.1$ ,  $p=0.004$ ).

**Taulukko 1.** Kokeen päätulokset. Punaiset ruudut osoittavat äänilajeja, joiden arvot erosivat merkittävästi hiljaisuuden arvoista häiritsevään/heikentävään suuntaan. Vihreät ruudut kuvaavat eroa hiljaisuuteen nähden positiiviseen suuntaan.

Muuttuja <sup>a</sup>	Referessi	Laajakais- tainen	Kapeakais- tainen	Impulssi- mainen	Puhe
<b>Subjektiivinen</b>					
Häiritsevyys ***	Perustilanne	**	***	***	***
Kuormittavuus **	Perustilanne	ns	*	***	**
<b>Suoriutumisen</b>					
Auditiivinen sarjamuisti (As) <sup>x</sup>	-	ns	ns	ns	x
Visuaalinen sarjamuisti (Vs)	-	ns	ns	ns	ns
3-back **	-	*	ns	***	*
<b>Fysiologinen</b>					
Kortisoli *	Palautumistilanne	*	ns	***	**
Noradrenaliini **	Perustilanne	ns	ns	*	ns
Systolinen verenpaine	Perustilanne	ns	ns	ns	ns
Diastolinen verenpaine	Perustilanne	ns	ns	ns	ns
HRV <sub>stressi(LF/HF)</sub> As	Perustilanne	ns	ns	ns	ns
HRV <sub>stressi(LF/HF)</sub> Vs	Perustilanne	ns	ns	ns	ns
HRV <sub>stressi(LF/HF)</sub> n-back <sup>x</sup>	Perustilanne	ns	x	ns	x

<sup>a</sup> Taustääniä on verrattu hiljaisuuteen vain jos päävaikutus muuttujalla on merkitsevä.

\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$ , \*\*\* $p<0.001$

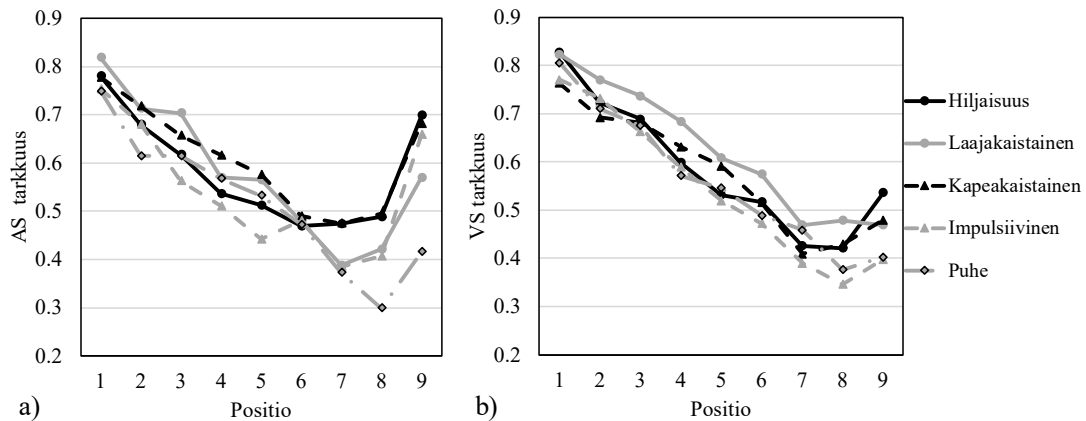
x=Taustäänen ja position tai ajan interaktio merkitsevä.

ns= ei merkitsevä

## 4 POHDINTA

Kaikki äänilajit, jotka kokeessamme esitettiin 65 dB voimakkuudella, aiheuttivat fysiologisia ja psykologisia seurauksia ja suurin osa myös suoriutumisen heikentymistä verrattuna hiljaisuuteen. Tämä on yllättävää, etenkin laajakaistaäänien kohdalla, sillä informaationisällöttömän, staattisen ja spektriltään tasaisen äänen on raportoitu aiheuttavan vain pieniä vaikutuksia suoriutumiseen [2]. Puheäänien vaikutus oli laajin. Puhe häiritsevi, lisäsi kuormitusta ja heikensi suoriutumista kahdessa eri tehtävässä. Verrattuna hiljaisuuteen puheääni myös nosti kortisolitasoja sekä sykevälvaihtelussa näkyi ajan myötä merkkejä kuormittumisesta. Myös impulssiääni koettiin häiritsevänä, kuormittavana ja se heikensi suoriutumista 3-back tehtävässä ja nosti kortisolitasoja verrattuna hiljaisuuteen. Odotusten vastaisesti noradrenaliinitason muutos perustilanteeseen verrattuna oli impulssiäänien tapauksessa pienempi kuin hiljaisuuden. Tulkitsimme kuitenkin eron noradrenaliinitasoissa niin pieneksi, ettei sillä fysiologisessa mielessä ole merkitystä, vaikka ero oli tilas-

tollisesti merkitsevä. Kapeakaistaääni puolestaan oli häiritsevä ja kuormittava, muttei heikentänyt suoriutumista. Ajan myötä sykevälvaihtelussa näkyi kuitenkin kuormittumista. Laajakaistaäänen odotettiin olevan vähemmän häiritsevä kuin kapeakaistaäänen, ja subjektiivisesti sitä ei arvioitukaan hiljaisuutta kuormittavammaksi, mutta laajakaistaääni arvioitiin häiritseväksi ja se kohotti kortisolitasoja ja alensi suoriutumista 3-back tehtävässä. Kortisolitason nousu onkin liitetty tehtävään liittyvään pinnistelyyn, eikä niinkään suoraan äänialtistukseen [3].



**Kuva 1.** Audiitiivisen (a) ja visuaalisen (b) sarjamuistitehtävän (AS ja VS) tarkkuus suhteessa numeroiden esitysjärjestykseen sarjassa (positio) eri äänilajeilla.

Tutkimus osoittaa, että jo 65 desibelin voimakkuisella äänellä on moninaiset vaikutukset sekä psykologisiin että fysiologisiin vasteisiin, mutta myös suoriutumiseen. Neljästä tutkitusta äänilajista puheäänen vaikutukset olivat laajimmat. Erityisesti työpaikoilla, joissa samanaikaisesti tehdään muistiprosessointia ja keskittymistä vaativaa työtä, pitää kiinnittää huomiota ääniympäristöön.

## KIITOKSET

Tutkimus on osa Anojanssi-projektia, jonka rahoittivat Business Finland, Turun ammattikorkeakoulu, ympäristöministeriö, sosiaali- ja terveysministeriö sekä yhteistyöyritykset.

## VIITTEET

[1] Basner M, Babisch W, Davis A, Brink M, Clark C, Janssen S, Stansfeld S, Auditory and non-auditory effects of noise on health, *Lancet*. 383 (2014), 1325–1332.

[2] Szalma JL, Hancock PA, Noise effects on human performance: A meta-analytic synthesis, *Psychol. Bull.* 137(2011), 682–707.

[3] Brandenberger G, Follenius M, Wittersheim G, Salame P, Siméoni M, Reinhardt B, Plasma catecholamines and pituitary adrenal hormones related to mental task demand under quiet and noise conditions, *Biol. Psychol.* 10(1980), 239–252.