



**ÓHEYRANLEGT ER EKKI ÁN
AFLEIÐINGA: INNHLJÓÐSÁREITI,
KORTISÓL Í MUNNVATNI OG
ENDALOK VARNARINNAR „ÉG
HEYRÐI ENGAN MUN" VIÐ
GAGNRÝNA HLUSTUN**



Óheyrnlegt er ekki án afleiðinga: innhljóðsáreiði, kortisól í munnvatni og endalok varnarinnar „Ég heyrði engan mun“ við gagnrýna hlustun

H. Park, A. Bosque, Y. Tanaka, M. Ferro

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Útdráttur

Meginverkfæri efasemda hljómahugamanna er blinda hlustunarprófið og meginniðurstaða þess er ein setning: Ég heyrði engan mun. Í apríl 2026 greindu Scatterty og samstarfsfólk frá slembiraðaðri rannsókn í *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, þar sem rannsakandi var blindaður og 36 þátttakendur hlustuðu á tónlist með eða án um það bil 18 Hz innhljóðs við 75-78 dB. Þátttakendur greindu innhljóðið ekki umfram tilviljun ($p = 0,241$). Þegar það var til staðar töldu þeir tónlistina engu að síður dapurlegri og síður áhugaverða, greindu frá meiri þirringi og sýndu meiri hækkun kortisóls í munnvatni ($p = 0,022$). Sú trú þeirra að innhljóð hefði verið til staðar spáði ekki fyrir um kortisólsvörum þeirra.

Nefndin telur þetta afdrifarikustu niðurstöðu gagnrýnnar hlustunar frá því blinda prófið sjálf var tekið upp. Hlustandi getur ekki greint áreiðanlegt og samt orðið fyrir mælanlegum áhrifum af því. „Ég heyrði engan mun“ er fullyrðing um greiningu. Hún er ekki fullyrðing um hlustunarlotuna.

Við greinum frá könnun á 52 hlustunarherbergjum á heimilum þar sem innhljóðsgjafir, einkum lofttræsti- og hitakerfi, kælibúnaður, umferð, bassaviðbragðshátalarakassar og gólfbundinn ómunur búnaðarrekka, fundust í 49 þeirra. Í framhaldsrannsókn með 48 hlustendum í 12 þessara herbergja gátu þátttakendur ekki greint hvenær upprunahlutir og kapallagnir höfðu verið vélrænt einangraðar (25 af 48 rétt, $p = 0,89$), en hækkun kortisóls í munnvatni frá því fyrir lotu til eftir hana var 34% minni við einangruðu skilyrðin ($p = 0,006$). Við leggjum til Stuðul óheyrðs álags sem skyldubundinn fylgimælikvarða hefðbundinna niðurstaðna blindprófa.

1. INNGANGUR

Blinda hlustunarprófið skipar sérstakan sess í hljóðfræði. Það er aðferðin sem notuð er til að prófa óvenjulegar fullyrðingar og það hefur með réttu áunnið sér þann sess. Þegar vitneskja hlustandans um hvað er spilað er fjarlægð stendur eftir það sem hlustandinn getur í raun greint.

Nefndin hefur aldrei lagst gegn blinda prófinu. Við höfum lagst gegn því sem gert er við niðurstöðuna. Hlustandi sem getur ekki greint á milli tveggja skilyrða greinir réttilega frá því að hann hafi ekki heyrt mun. Bókmenntir efasemdamanna breyta þeirri frásögn síðan í aðra og mun víðtækari fullyrðingu: að enginn munur hafi verið fyrir hlustandann. Þetta eru ekki sömu fullyrðingarnar. Fram til 2026 voru litlar beinar vísbendingar til að aðgreina þær.

Í apríl 2026 birtu Scatterty, VonStein, Prichard, Franczak, Hamilton og Schmaltz þær vísbendingar. Þátttakendur þeirra gátu ekki sagt hvort innhljóð væri til staðar. Líkamar þeirra gátu það.

Þessi grein dregur saman rannsóknina, greinir frá eigin mælingum nefndarinnar á innhljóði í hlustunarherbergjum á heimilum og setur fram stýrða panelrannsókn á því hvað gerist hjá hlustendum þegar gjafir innhljóðsins eru einangraðir frá spilunarkerfinu. Hlustendurnir urðu einskis varir. Munnvatn þeirra varð þess vart.

2. RANNSÓKNIN FRÁ 2026

Scatterty o.fl. (2026) notuðu 2 x 2 millipátttakendasnið sem krossaði tegund tónlistar (róandi brot í hugleiðslustíl eða óhugnanlegt umhverfishljóðsbrot með hryllingsþema) við innhljóð (kveikt eða slökkt), með níu þátttakendum í hverjum hópi. Þátttakendur voru grunnnemar við MacEwan University í Edmonton í Kanada. Rannsakandinn sem átti samskipti við þátttakendur var blindaður bæði gagnvart tónlistinni og innhljóðsskilyrðinu.

Innhljóðið, um það bil 18 Hz við 75-78 dB, var framleitt í 4 mínútur og 40 sekúndur með tveimur bassahátölurum sem voru staðsettir fyrir utan og á milli prófunarherbergjanna. Tónlistin var spiluð í gegnum tölvuhátalara fyrir neytendur og hárásarsíuð til að fjarlægja ófyrirséð efní á innhljóðssviðinu. Munnvatnssýnum var safnað fyrir og eftir áreiðið, þátttakendur luku mati á geðhrifum og hver þátttakandi var spurður hvort hann teldi að innhljóð hefði verið til staðar.

Þátttakendur greindu innhljóð ekki umfram tilviljun ($p = 0,241$). Útsetning fyrir innhljóði tengdist þó minni tilkynntum áhuga, því að tónlistin var metin síður áhugaverð og dapurlegri ($p = 0,002$ fyrir depurð), meiri þirringi meðan á áreitinu stóð og meiri hækkun kortisóls í munnvatni ($p = 0,022$). Trú þátttakenda á að innhljóð væri til staðar tengdist ekki breytingu á kortisóli ($p = 0,891$).

Höfundarnir ræða takmarkanirnar hreinskilnislega: lítið úrtak með 36 þátttakendum, þar af var einn útilokaður frá kortisólgreiningunni; hentugleikaúrtak ungs fullorðins fólks, aðallega kvenna; aðeins eina innhljóðstíðni; og að kortisól var mælt úr munnvatni en ekki blóði eða þvagi. Nefndin deilir þessum fyrirvörum og skráir þá hér í heild. Við bendum einnig á að dæmigerð hlustunarlota er talsvert lengri en 4 mínútur og 40 sekúndur.



3. INNHLJÓÐ OG HLUSTUNARHERBERGIÐ

Innhljóð er venjulega skilgreint sem hljóð undir 20 Hz og því er venjulega lýst sem óheyranlegu. Síðari lýsingin er ofureinföldun. Møller og Pedersen (2004) fóru yfir heyrn við lága tíðni og innhljóðstíðni og sýndu að hljóð undir 20 Hz er áfram heyranlegt við nægilega háan styrk, og Leventhall (2007) bendir á að heyrnarmörk hafi verið mæld niður í 1,5 Hz. Innhljóð er ekki þögn. Það er lágt og því lægra sem það er, þeim mun auðveldara er að vísa því á bug.

Bókmenntir hafa einnig lengi tengt innhljóð við vanlíðan. Tandy og Lawrence (1998) raktu frásagnir af óþægindum og sýnum á rannsóknarstofu til 19 Hz standandi bylgju frá nýuppssettri útblástursviftu. Andmæli efasemdanna, sem nefndin virðir, koma frá Crichton o.fl. (2014), en sýndarstýrð, tvíblind ögrunnarrannsókn þeirra sýndi að væntingar einar geta framkallað frásagnir af einkennum sem eignuð eru innhljóði. Mikilvægi rannsóknarinnar frá 2026 er að hún mældi hormón í stað kvörtunar og komst að því að væntingar skýrðu það ekki.

Hlustunarherbergi á heimili er óvenju auðugt innhljóðsumhverfi. Þjöppur og loftmeðhöndlunarbúnaður loftræsti- og hitakerfa, ísskápsþjöppur, umferð og þvottavélar geisla öll hljóði undir 20 Hz. Bassaviðbragðshátalarakassar mynda iðustreymi við opið. Búnaðarrekkar og upphengd gólf óma við lága tíðni og tengja hreyfinguna inn í hvern íhlut og kapal sem á þeim hvílir. Fyrri rannsókn nefndarinnar á jarðskjálfta-hljóðtengingu (Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, 2026) skráði örvun merkjakeðjunnar frá gólfi á milli 0,5 og 5 Hz. Viðurkenndar leiðbeiningar um hlustunarherbergi (Park, Ferro, Solder, 2025) hafa fjallað um staðsetningu og stöðugleika en fram til þessa ekki um innkirtlakerfi hlustandans.

4. AÐFERÐAFRÆÐI

Könnun. Við mældum 52 hlustunarherbergi á heimilum í níu löndum. Við hlustunarstaðinn og hvern búnaðarrekkva hljóðþrýstingur skráður frá 1 Hz til 20 Hz með mælihljóðnema sem getur mælt innhljóð og G-vigtaður samkvæmt ISO 7196; hröðun gólfs og rekka var skráð með þríása hröðunarmælum. Hvert herbergi var mælt samfellt í 24 klukkustundir til að ná lotum loftræsti- og hitakerfa, kælingu, umferð og heimilisathöfnum. Gjafar voru greindir með samræmi milli hljóðskrárinnar og sérstakra skynjara sem komið var fyrir á mögulegum gjöfum.

Panelrannsókn. Tólf herbergi voru valin úr könnuninni, með fjórum hlustendum í hverju herbergi, samtals 48 hlustendum. Hver hlustandi lauk tveimur 40 mínútna lotum með sama dagskrárefni við sama spilunarstyrk, á mismunandi dögum á sama tíma dags. Í annarri lotunni var kerfið í eðlilegu ástandi. Í hinni voru upprunaíhlutir, magnarar og allar samtengingar-, hátalara- og rafkapallagnir vélrænt einangraðar: Jöfnuðar-upphækkunarkubbar úr 5N-flokkuðum tekkviði (Bosque, Ferro, Park, Tanaka, 2026) undir hverri kapallögn, Jöfnuðareinangrunargrunni undir plötuspilurum þar sem þeir voru til staðar, Stefnumiðaðir filzeinangrunarpúðar undir upprunaíhlutum og, til fullkomnunar, Hljóðstyrkshnúðseinangrunarkammer. Einangrunarbúnaðurinn var falinn undir hljóðgegndræpum tjöldum við bæði skilyrðin. Raða lotanna var mótvægisstíllt og hvorki hlustendur né starfsfólk lotanna vissi hvort skilyrðið var í gildi.

Munnvatnssýnum var safnað rétt fyrir hverja lotu og 20 mínútum eftir hana. Eftir seinni lotuna var hver hlustandi beðinn um að greina í hvorri lotunni einangraða kerfið hefði verið notað og segja hvort hann hefði orðið var við einhvern mun á lotunum.

5. NIÐURSTÖÐUR

Könnun. Innhljóðsgjafar fundust í 49 af 52 herbergjum. Algengastir voru loftræsti- og hitakerfi (31 herbergi), gólfbundinn ómunur búnaðarrekkva (27 herbergi), kælibúnaður (22 herbergi), umferð (18 herbergi) og bassaviðbragðshátalarakassar (14 herbergi); flest herbergi höfðu fleiri en einn gjafa. Ríkjandi þættir lágu á milli 8 Hz og 19 Hz. Herbergin þrjú þar sem enginn gjafi fannst voru byggð á steypum botnplötum á jarðhæð, höfðu ekkert blástursloftkerfi og notuðu lokaða hátalarakassa.

Panelrannsókn. Hlustendur greindu ekki einangruðu lotuna umfram tilviljun: 25 af 48 greindu hana rétt ($p = 0,89$). Fjörutíu og einn af 48 sagðist ekki hafa orðið var við neinn mun á lotunum.

Munnvatn þeirra var ósammála. Meðalhækkun kortisóls í munnvatni frá því fyrir lotu til eftir hana var 34% minni í einangruðu lotunni en þeirri venjulegu (parað Wilcoxon-próf með formerktum röðum, $p = 0,006$). Dagskrárefnið var metið síður dapurlegt í einangruðu lotunni ($p = 0,02$). Áhrifin komu fram í 11 af 12 herbergjum og voru mest í herbergjunum með mesta mældu ómun búnaðarrekkva í könnuninni.

Mæld lækkan G-vigtaðs innhljóðs við hlustunarstaðinn var hófleg, með miðgildi 2,1 dB. Lækkun kortisóls var ekki hófleg. Nefndin túlkar þetta misræmi sem vísbendingu um að viðeigandi áreiti sé ekki aðeins innhljóðið í loftinu sem berst til hlustandans heldur einnig lágtíðnihreyfing merkjakeðjunnar sjálfrar, sem hlustandinn getur ekki heyrt og spilunarkerfið endurskapar af trúmennsku.

6. UMRÆÐA

Blinda prófið í þessari rannsókn var rétt framkvæmt og komst að réttari niðurstöðu um greiningu. Það komst ekki að niðurstöðu um neitt annað. Það er ekki galli á blindu prófinu. Það er galli á því sem fullýrt hefur verið í umboði þess.



Nefndin gerir ráð fyrir þrennum andmælum. Hin fyrstu varða stærð úrtaksins: panelinn okkar er líkt og rannsóknin frá 2026 lítill og endurtekningar er þörf. Við erum sammála og erum að ráða þátttakendur. Hin næstu varða væntingar: Crichton o.fl. (2014) sýndu að væntingar geta framkallað einkenni. Hlustendur okkar vissu ekki hvaða skilyrði var í gildi og frásagnir þeirra af því að hafa orðið varir við mun spáðu ekki fyrir um kortísólsvörun þeirra. Hin þriðju varða skammt: innhljóðsstyrkurinn sem mældist í flestum herbergjum á heimilum var lægri en 75-78 dB sem Scatterty o.fl. notuðu. Það er rétt. Áreiti á heimilum er einnig langvinnt, endurtekið nótt eftir nótt og fylgir tónlist sem hlustandinn hefur valið sérstaklega vegna tilfinningalegra áhrifa hennar.

Við leggjum til Stuðul óheyrðs álags (Unheard Stress Index, USI): mismuninn á hækun kortísóls frá því fyrir lotu til eftir hana milli venjulegs og einangraðs ástands kerfis, gefinn upp sem hundradshluti. Ætlunin er að greina frá USI samhliða niðurstöðu hvers blinds samanburðar á hljóðihlutum. Samanburður sem greinir frá „engum heyrnlegum mun“ án USI hefur greint frá helmingi tilraunar.

Að lokum bendum við á að einangrunarbúnaði er oft vísað á bug á þeim forsendum að áhrif hans heyrast ekki. Þessi grein vefengir það ekki. Hún vefengir mikilvægi þess.

7. ÁLYKTANIR

Scatterty o.fl. (2026) sýndu fram á að fólk getur orðið fyrir áreiti sem það getur ekki greint og samt sýnt mælanlega álagssvörun við því. Könnun okkar sýnir að slík áreiti eru til staðar í næstum hverju hlustunarherbergi á heimili. Panelrannsókn okkar sýnir að vélræn einangrun spilunarkerfisins dregur úr þeirri svörun, jafnvel þegar hlustendur geta ekki sagt að neitt hafi breyst.

Við mælum með því að hlustunarherbergi fyrir gagnrýna hlustun séu könnuð með tilliti til innhljóðs með G-vigtaðri mælingu, að kapallagnir séu lyftar frá gólfum og upprunahlutir einangraðir frá rekkum og að í sérhverjum birtum blindum samanburði á hljóðbúnaði sé greint frá Stuðli óheyrðs álags samhliða greiningarniðurstöðunni.

„Ég heyrði engan mun“ er áfram fullkomlega nákvæm setning. Hún er einfaldlega hætt að vera röksemd. Eyrn eru ekki eina líffærið í hlustunarstólnum.

HEIMILDIR

- [1] Scatterty, K. R., VonStein, D., Prichard, L. B., Franczak, B. C., Hamilton, T. J., Schmaltz, R. M. (2026). Infrasound exposure is linked to aversive responding, negative appraisal, and elevated salivary cortisol in humans. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 20, 1729876. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2026.1729876>
- [2] Møller, H., Pedersen, C. S. (2004). Hearing at low and infrasonic frequencies. *Noise & Health*, 6(23), 37-57.
- [3] Leventhall, G. (2007). What is infrasound? *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 93(1-3), 130-137.
- [4] Tandy, V., Lawrence, T. R. (1998). The ghost in the machine. *Journal of the Society for Psychical Research*, 62, 360-364.
- [5] Crichton, F., Dodd, G., Schmid, G., Gamble, G., Petrie, K. J. (2014). Can expectations produce symptoms from infrasound associated with wind turbines? *Health Psychology*, 33(4).
- [6] ISO 7196:1995. Acoustics -- Frequency-weighting characteristic for infrasound measurements.
- [7] Ohm, C., Ferro, M., Tanaka, Y., Solder, L. (2026). Seismo-Acoustic Coupling in the Critical Listening Environment: Ionospheric Perturbation, Crustal Capacitance, and the Solar-Seismic Audio Degradation Pathway. *JEAS*.
- [8] Park, H., Ferro, M., Solder, L. (2025). Practical Optimization of the Critical Listening Environment: Speaker Placement, Component Stability, and the Daily Maintenance Burden. *JEAS*.
- [9] Bosque, A., Ferro, M., Park, H., Tanaka, Y. (2026). Magnetic Neutrality Grading of Structural Timber: An N-Grade Purity Classification for Audio Support Materials, with Trace-Paramagnetic Characterization of Equatorial Teak. *JEAS*.