

TURUN UUDET AKUSTIIKKALABORATORIOT

Valtteri Hongisto, Jarkko Hakala, Jukka Keränen, Reijo Alakoivu

Turun ammattikorkeakoulu Oy
Joukahaisenkatu 7
20520 Turku
Etunimi.sukunimi@turkuamk.fi

Tiivistelmä

Turussa on toiminut rakennusakustiikkalaboratorio 1992 alkaen ja psykofysiikkalaboratorio 2004 alkaen. Laboratorioiden tarkoitus on tarjota laadukkaita tuotetestaus- ja tuotekehityspalveluja yrityksille. Lisäksi niissä tehdään tutkimustyötä ajankohtaisiin teemoihin liittyen. Laboratorioissa ei työskentele opiskelijoita vaan palveluista vastaavat kokeneet asiantuntijat. Kesällä 2020 molemmat laboratoriot muuttivat saman korttelin uudisrakennukseen. Uusissa laboratorioissa on otettu kaikin mahdollisin keinoin huomioon värähtelyeristys, sivutiesiirtymien esto ja ilmanvaihdon meluntorjunta. Tässä artikkelissa esitetään laboratorion käyttötarkoituksia, akustisia ratkaisuja ja ominaisuuksia.

1 JOHDANTO

Kesällä 2020 Turussa otettiin käyttöön Educityn uudisrakennuksen katutasoon sijoittuvat rakennusakustiikkalaboratorio ja psykofysiikkalaboratorio. Viereisen DataCityn 6. kerroksessa 1992–2020 toimineen akustiikkalaboratorion tilat muunnettiin sinne jääneen ilmastointilaboratorion käyttöön. DataCityssä 2004–2020 toimineen psykofysiikkalaboratorion kevytrakenteiset testihuoneet purettiin ja laboratorion huonealasta luovuttiin.

Uusi rakennusakustiikkalaboratorio on suunniteltu rakenteiden, rakennuselementtien, akustiikkatuotteiden, ilmatuotteiden, kalusteiden ja laitteiden akustisiin testauksiin. Niitä tehdään pääasiassa yritysten tilauspalveluihin liittyen. Psykofysiikkalaboratoriossa sen sijaan tutkitaan elinympäristön fysikaalisten tekijöiden vaikutuksia ihmisiin.

Uusissa laboratorioissa on otettu kaikin mahdollisin keinoin huomioon värähtelyeristys, sivutiesiirtymien esto ja ilmanvaihdon meluntorjunta. Tässä artikkelissa esitetään laboratorioden käyttötarkoitukset, akustiset ratkaisut ja toteutuneet ominaisuudet.

2 RAKENNUSAKUSTIIKKALABORATORIO

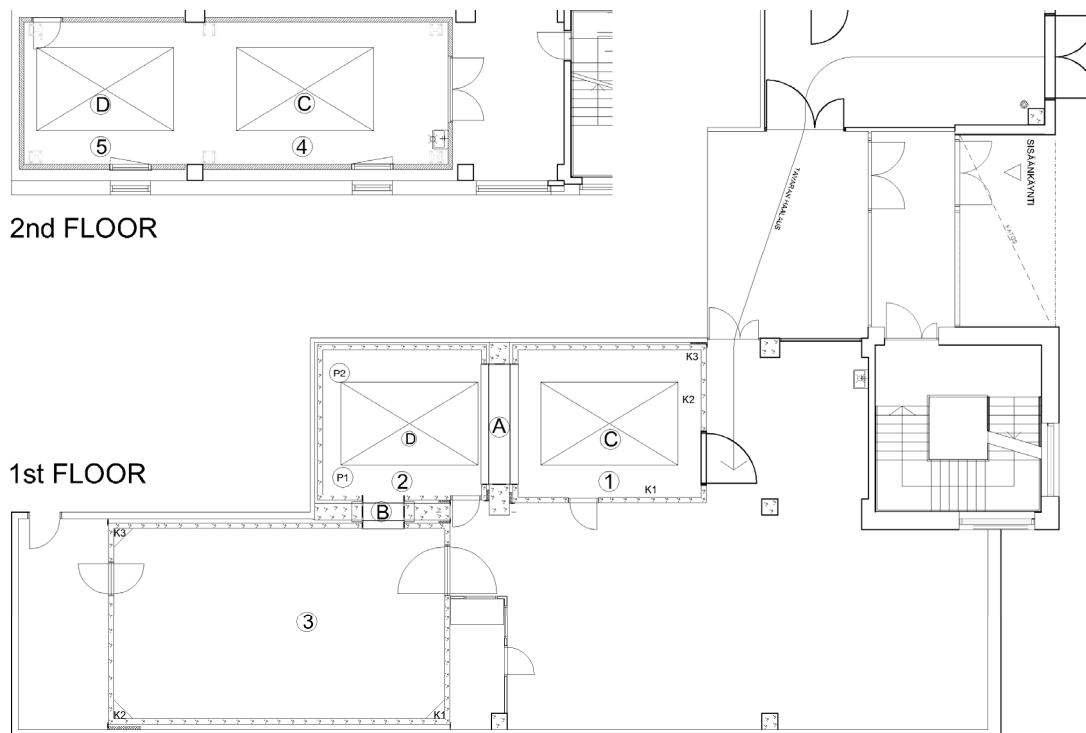
2.1 Yleistä

Rakennusakustiikkalaboratorion pohjakuva on esitetty kuvassa 1. Katutasossa sijaitsevat kaiuntahuoneet 1–3. 1. kerroksessa sijaitsevat kaiuntahuoneet 4–5. Huoneiden ja asennusaukkojen A–D mitat ovat taulukossa 1.



© 2021 Etunimi1 Sukunimi1, Etunimi2 Sukunimi2 ja Etunimi3 Sukunimi3. Tämä on avoimesti julkaistu teos, joka noudattaa Creative Commons NIMEÄ 4.0 Kansainvälinen –lisenssiä (CC BY 4.0). Teosta saa kopioida, levittää, näyttää ja esittää julkisesti ja siitä saa luoda johdannaisiteoksia, kunhan tekijän nimi ja lähde mainitaan asianmukaisesti.

Kaiuntahuoneiden 1–3 lattiana on paikallaanvalettu 160 mm teräsbetoni. Betoni valettiin teräsmuottiin, joka oli värähtelyeristeiden päällä. Lattiaan tukeutuvat seinä- ja kattorakenteet ovat 160 mm teräsbetonielementtejä. Huoneet 1–3 piti rakentaa ennen 1. kerroksen rakentamista. Rakentamisen aloituksesta tilojen luovutukseen kului yli 2 vuotta.



Kuva 1. Rakennusakustiikkalaboratorion pohjakuva katutasosta (huoneet 1–3) ja 1. kerroksesta (huoneet 4&5). Kuvassa näkyvät kaiuntahuoneet 1–5, vaakasuuntaiset asennusaukot A&B ja pystysuuntaiset asennusaukot C&D. Huoneet 1–3 ovat 20 cm syvissä kaukaloissa, jolloin niiden lattiat on samalla tasolla kuin ympäröivien tilojen lattiat.

Taulukko 1. Rakennusakustiikkalaboratorion mittoja.

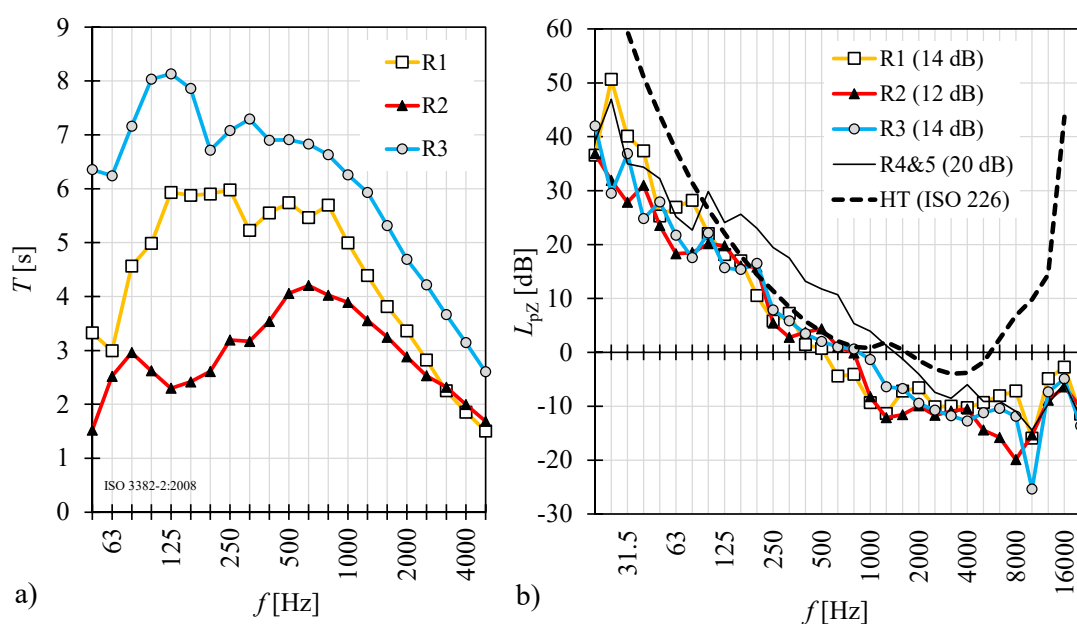
Huone	Pit	Lev	Kork	Tilavuus	Aukko	Kork	Lev	Syv	Ala
	[m]	[m]	[m]	[m ³]		[m]	[m]	[m]	[m ²]
1	5.5	4.5	3.1	76	A	2.8	3.6	0.7	10.0
2	4.8	4.4	3.1	64	B	2.1	1.2	0.6	2.6
3	9.9	5.7	3.6	201	C	4.1	2.5	0.6	10.3
4+5	12.7	4.3	3.4	190	D	4.1	2.5	0.6	10.3

Huoneet 1–3 on värähtelyeristetty elastisilla eristekaistoilla rakennuksen rungosta niin, että resonanssitaajuus on 7–8 Hz. Ympäröivistä tiloista huoneisiin mitattu standardisoitu äänitasoero on 54–62 dB $D_{nT,w}$ ($C_{tr,50-3150} = -7$ dB). Tämä mahdollistaa lähihuoneissa työskentelyn myös mittauksen aikana. Normalisoitu askeläänepainetaso ympäristöstä huoneisiin on 32–35 dB L'_{nw} ($C_{l,50-2500} = -6$ dB). Rakennuksessa olevalla moottorilaboratoriolla on rakennuksesta erillinen perustus, mikä estää runkoäänten kantautumisen akustiikkalaboratorioihin.

Huoneiden 1–3 sisäpinnat ovat maalattua betonia. Huoneessa 3 on staattiset diffusorile-

vyt äänikentän tasaamiseksi. Huoneiden jälkikaiunta-ajat ovat kuvassa 2a. Huoneissa on pientaajuisten kaiun rajoittamiseksi pysyvästi muutamia resonaattoreita.

Huoneiden 1–3 taustamelun tavoitearvona oli 20 dB L_{Aeq} , jotta hiljaisimpiakin laitteita voisi luotettavasti mitata. 20 dB on vaativa tavoite huoneille, joiden sisäpinnat ovat kovat ja vieressä sijaitsee talon IV-kuilu, katu ja kampuksen pääovi. Tästä syystä ilmanvaihtoa ei huoneissa 1–3 ole lainkaan. Taustamelun mittaamiseksi käytettiin ensin tavallista ½” tarkkuusmikrofonia, jonka sähköinen kohina on tyypillisesti kullakin terssikaistalla luokkaa 5 dB ja alin mitattavissa oleva A-painotettu äänenpainetaso 17 dB L_{Aeq} . Tällä mikrofonilla mitattu huoneiden 1–3 taustamelutaso oli taajuuden 250 Hz yläpuolella epäilyttävästi 5 dB tasolla. Tämän vuoksi käytimme taustamelun mittaamiseen kaksimikrofoni-menettelmää, jolla päästään jopa -20 dB äänenpainetasoon tarkkuusmikrofoneja käyttäen. Kuvassa 2b on esitetty huoneiden 1–3 taustamelu tällä menetelmällä mitattuna.



Kuva 2. Kaiuntahuoneiden 1–5 ominaisuuksia. a) Huoneiden 1–3 jälkikaiunta-aika T taajuuden f funktiona. b) Painottoman äänenpainetaso L_{pZ} taajuuden funktiona huoneiden 1–5 taustamelutasolle sekä ISO 226 mukaiselle kuulokynnykselle. Sulkeissa on taustamelun A-painotettu äänenpainetaso kaistalla 20–20 000 Hz.

2.2 Askelääneneristävyyden mittaus

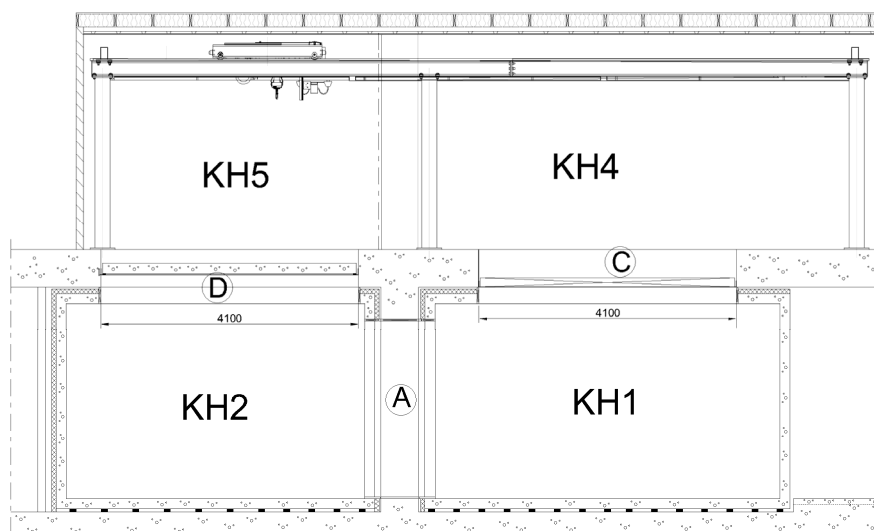
Välipohjan askelääneneristävyys määritetään ISO 10140-3 ja ISO 717-2 mukaan joko asennusaukossa C tai D (Kuva 3). Samalla menetelmällä määritetään myös lattianpäällysteiden, kelluvien lattioiden ja alakattojen askeläänitason vaimennusluku ΔL_w . Askeläänilähteenä käytetään lähtökohtaisesti standardoitua askeläänikojetta. Standardoidun kumi-pallon pudotusta 1 m korkeudelta käytetään askeläänikojeen lisäksi, kun halutaan tietää rakenteen toimivuus raskailla herätteillä.

Asennusaukossa C tutkitaan kevytrakenteiset välipohjat tai niihin asennettavat päällysteet tai alakatot. Laboratoriossa on valmiina kolme kantavaa puurakenteista välipohjaa (CLT140, CLT260, AKL370), joita voi käyttää asiakasprojekteissa.

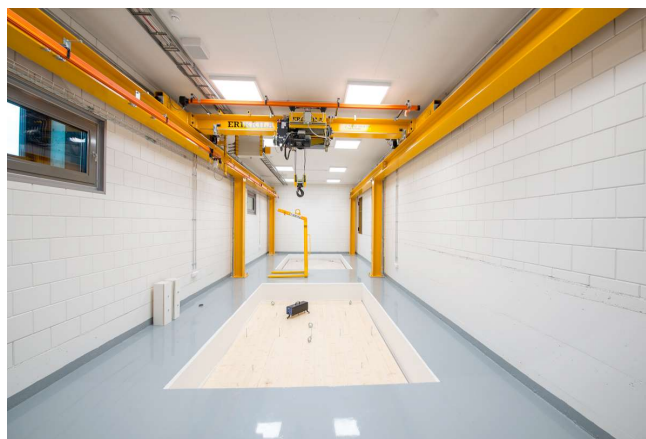
Asennusaukkoa D käytetään pääsääntöisesti lattianpäällysteiden ja kelluvien lattioiden askeläänitason vaimennusluvun ΔL_w määrittämiseen. Aukossa on pysyvästi ISO 717-2 mukainen referenssilatta, joka on 160 mm teräsbetonia.

Mittausaukkoja C ja D ympäröivä lattia on 600 mm paksu. Pienin luotettavasti mitattu askeläänitasoluku on ≤ 24 dB $L_{n,w}$. Yleensä arvot ovat yli 40 dB $L_{n,w}$. Rakenteelliset sivutiisiytymät eivät siis haittaa edes tavanomaista parempien välipohjien testauksia.

Huoneissa 4&5 on 4 tonnin siltanosturi (Kuva 4), jolla tehdään elementtien ja rakennusaineiden siirtoja huoneesta 1 huoneisiin 4&5 ja siirtoja huoneen 4&5 sisällä.



Kuva 3. Leikkauskuva rakennusakustiikkalaboratorion asennusaukoista C ja D.



Kuva 4. Kaiuntahuoneet 4&5, mittausaukot C ja D ja 4 tn siltanosturi.

2.3 Ilmaääneneristävyyden mittaus

Ilmaääneneristävyys määritetään lähtökohtaisesti painemenetelmällä ISO 10140-2 mukaan asennusaukoissa A–D. Asennusaukossa A (10.0 m²) mitataan mm. huonemittaiset seinät, siirtoseinät, parvekelasitukset, pariovet ja meluesteet. Asennusaukossa B (2.6 m²) mitataan mm. ovet, ikkunat ja pienikokoiset elementit. Jos tuote on asennusaukkoa pienempi, asennusaukkoa kavennetaan tai madalletaan tuotetta 10–20 dB paremmin ääntä

eristäviä betonielementtejä ja lisäverhouksia käyttäen. Asennusaukossa C (10.3 m²) mitataan kevyet välipohjat ja katot.

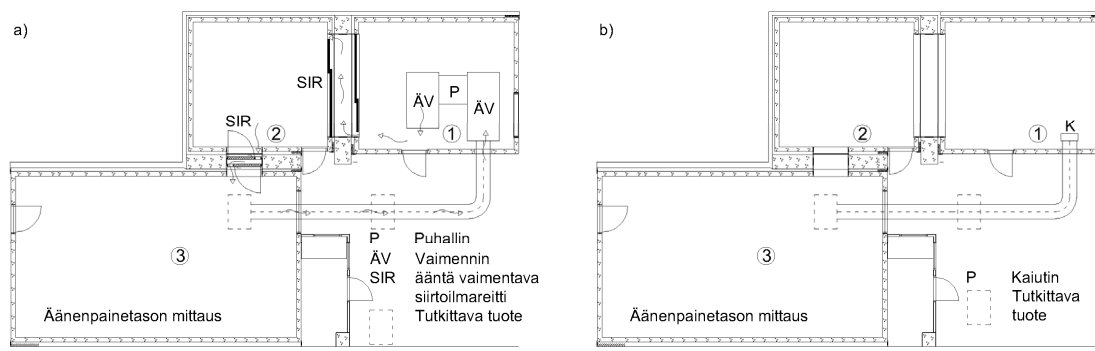
Aukon A asennussyvyys on 700 mm ja aukon B asennussyvyys 600 mm. Kantavuus riittää myös massiivirakenteiden mittauksiin. Aukossa A voidaan mitata ilmaääneneristysluku luotettavasti 75 dB R_w asti. Asennusaukossa B jäädyän 5 dB tämän alapuolelle. Tavallisesti arvot ovat alle 60 dB R_w . Rakenteelliset sivutiesiirtymät eivät siten häiritse tavanomaista parempienkaan rakenteiden testauksia. Tarvittaessa voidaan soveltaa intensiteettimenetelmää ISO 15186-1, jos ilmaääneneristävyys on em. suurempi tai jos halutaan kartoittaa äänensäteilyä rakenteen eri osista. Intensiteettimenetelmällä on mahdollista mitata jopa 10 dB korkeampia ilmaääneneristävyden arvoja kuin painemenetelmällä. Pientaajuisen ilmaääneneristävyden mittauksissa sovelletaan pientaajuusmenettelyä ISO 15186-3, jos tarvitaan luotettava mittaustulos taajuusalueelta 50–80 Hz.

Huoneet 4&5 ovat samaa tilaa mutta ne voi jakaa väliseinällä, joka mahdollistaa alakattojen äänitasoeron määrittämisen ISO 10848-2 mukaan tasoon 50 dB $D_{nf,w}$ asti.

2.4 Akustiikkalevyt, kalusteet ja koneet

Huone 3 on kaiuntahuoneista suurin. Sitä käytetään mm. seuraaviin testeihin:

- Koppien ja puolisoljettujen kalusteiden puheäänenvaimennus $D_{S,A}$ (ISO 23351-1)
- Levyjen, sermien, kalusteiden ja kappaleiden absorptiosuhde α_S (ISO 354)
- Koneiden ja laitteiden äänitehotaso (ISO 3741) 22 dB L_{WA} ylöspäin
- Koneiden äänenpainetaso (ISO 11200) 20 dB L_{pA} ylöspäin
- Ilmatuotteiden mittaukset (luku 2.5)



Kuva 5. Periaatekuva ilmatuotteiden testauksista: a) Melupäästö. b) Äänenvaimennus.

2.5 Ilmatuotteiden akustiset mittaukset

Huoneiden 1–3 keskinäinen sijoittelu ja huoneiden läpiviennit ja oviaukot on suunniteltu niin, että laboratorio voidaan 2 päivän asennustyöllä muuttaa palvelemaan ilmatuotteiden testauksia. Ilmatuotteiden akustiikan siirrettävä testausjärjestelmä sisältää puhaltimen (2.5 m³/s), kaksi äänenvaimenninta ja testauskanavistot. Ilmatuotetestauksia ovat mm.

- Sääteläpeltien ja päätelaitteiden äänitehotaso (ISO 5145, kuva 5a)
- Päätelaitteiden ja äänenvaimentimien äänenvaimennus (ISO 7235, kuva 5b)
- Puhaltimen melupäästö vaipan yli tai kanavaan (ISO 5135).

3 PSYKOFYSIIKKALABORATORIO

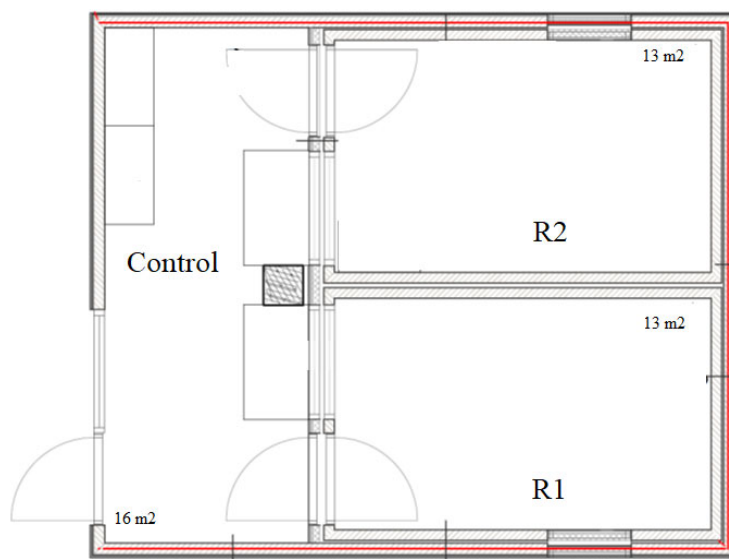
Psykofysiikkalaboratoriossa (kuva 6) tutkitaan mm. akustiikka- ja ilmastointiolojen ja visuaalisten ärsykkeiden vaikutuksia ihmisiin. Koehenkilöiksi kutsutaan yleensä lähialueen aikuisia opiskelijoita. Esimerkkejä akustiikkaratkaisujen tutkimuksista ovat mm.

- Tuoteäänien äänenlaatu ja häiritsevyys
- Rakenteiden koettu ilma- tai askelääneneristys ja häiritsevyys
- Melun vaikutus työtehokkuuteen (ympäristö-, asunto-, koulu- tai työpaikkamelu)
- Melun fysiologiset vaikutukset (mm. stressihormonit, sykevälivaihtelu)

Laboratorio on rakennettu 130 mm tiilivaippaisen osaston sisälle ja siinä on valvomo sekä kaksi koehuonetta. Koehuoneiden lattiarakenne on 120 mm teräsbetonia, joka on valettu teräsrousien (resonanssitaajuus 6 Hz) päällä olevaan muottiin. Seinät ovat 130 mm tiiltä ja katto kevytrakenteinen. Ilmaääneneristävyys osaston ulkoa koehuoneeseen on > 75 dB $D_{nT,w}$ ja askeläänitasoluku osaston ulkopuolelta koehuoneeseen on < 30 L' nT,w .

Taustamelun (16 dB L_{Aeq}) äänenpainetason terssikaista-arvot ovat kuulokynnyksen alapuolella (kuva 2b), kun ilmanvaihto käy normaalitasolla (40 l/s). Tähän päästiin, koska puhaltimen ja huoneen välillä on yli 6 metriä vaimennettua ilmakanavaa. Koehuoneissa jälkikaiunta-aika on lyhyt (alle 0.2 sekuntia). Valvomon ja koehuoneen väliseinä on tuplarunkoinen ja siinä olevat talotekniikka- ja signaaliläpiviennit loukutettu.

Kontrollihuoneesta ohjataan kokeessa esitettäviä ääniä ja hallitaan lämpöolosuhteita, jotka ovat kontrolloitavissa laajalla alueella (18–35 °C, 0–120 l/s). Ääniä esitetään joko kaiuttimilla tai kuulokkeilla. Jälkimmäisessä tapauksessa käytetään keinopäämittauksia (*head-and-torso simulator*) esitettävien äänien säätövaiheessa.



Kuva 6. Psykofysiikkalaboratorion pohjakuva. Tutkittava henkilö on huoneessa 1 tai 2. Huoneet 1–2 ovat 20 cm syvissä kaukaloissa, jolloin niiden lattiat teknisen tilan lattian korossa.

KIITOKSET

Kiitämme suunnittelu- ja rakentamisosapuolia hyvästä yhteistyöstä.