

Opinnäytetyö (AMK)

Elektroniikka

Elektroniikkasuunnittelu

2014

Akseli Karlsson

ÄÄNENSIIRTOJÄRJESTELMÄT ESTEETTÖMÄÄN KUULEMISEEN

– toteutussuunnitelma julkiseen tilaan



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Elektroniikka | Elektroniikka suunnittelu

2014 | Sivumäärä

Timo Tolmunen

Akseli Karlsson

ÄÄNENSIIRTOJÄRJESTELMÄT ESTEETTÖMÄÄN KUULEMISEEN

Huonokuuloisuuden on todettu lisääntyvän sekä ikääntyneiden että nuorten keskuudessa. Julkisten tilojen tulisi olla esteettömiä paitsi liikkumisen myös kuulemisen osalta. Tässä opinnäytetyössä kartoitettiin esteettömän asumisen neuvontakeskus Kunnonkodin kuuloympäristö ja suunnitellaan tilaan parhaiten sopivan äänensiirtojärjestelmän suunnitelma.

Työssä tutustuttiin kuuloaistiin ja ääneen fysikaalisena ilmiönä taustatiedon kartuttamiseksi. Tilan kuulemiseen liittyvä esteettömyys kuten akustiset ominaisuudet ja muodon tuomat haasteet kartoitettiin. Työssä tutustuttiin erilaisiin äänensiirtomahdollisuuksiin, joihin kuului infrapunajärjestelmä, FM-järjestelmä ja Induktiosilmukka. Häiriötä äänensiirtoon tilassa oli lähinnä kattoa kohti nousevan sähköjohtosuman läheisyydessä. Asia todettiin niin magneettikenttiä mittaamalla, kuin myös käytännön kuuntelukokeiluin.

Lopuksi esitetään suunnitelma parhaasta kyseiseen tilaan sopivasta äänensiirtojärjestelmästä. Piirretystä kuvaajasta saadaan kokonaiskuva suunnitelmasta ja ehdotettavan äänensiirtojärjestelmän asennuksesta.

ASIASANAT: ääni, äänentoisto, kuuleminen, huonokuuloisuus, induktiosilmukka, kuulokojeet

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Electronics | Electronics design

2014 | Total number of pages

Timo Tolmunen

Akseli Karlsson

SOUND TRANSMISSION SYSTEMS AS HEARING AIDES

In modern society, hearing loss is a common problem not only suffered by the aging population, but now also a common problem among the young people. To address this problem, a device to assist the hearing impaired should be installed in public venues and spaces. The purpose of this thesis was to map the counselling center Kunnonkoti and select the appropriate sound transmission system for hearing aid in this space.

In this thesis, the focus is firstly on hearing and sound as physical phenomena to gain a better understanding of the two. Then comes the inspection of different sound transmission technologies, the specific space where the system is going to be deployed, and the acoustics and the shape of this specific space. Possible interference locations were pinpointed out with magnetic field meter that was used by placing it on solid locations across the room and taking a readings from there. Higher than usual magnetic fields were located at few points in the room.

As a result, this thesis presents a plan for a sound transmission system best suited for this counselling center. The planned system provides better hearing conditions to the hearing impaired, who visit the counselling center. The system is also expected to give every visitor the most information-filled and enjoyable visit experience as possible.

KEYWORDS: sound, sound transmission, hearing, hearing loss, induction loop, hearing aid

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	1
2 KUULOAIISTI JA HUONOKUULOISUUS	2
2.1 Kuuloaisti	2
2.2 Huonokuuloisuus	3
3 ÄÄNI JA ÄÄNENSIIRTO	5
3.1 Äänen spektri	5
3.2 Äänilähteet ja äänen leviäminen	6
3.3 Äänenpainetaso	6
3.3.1 Äänen intensiteetti	7
3.3.2 Intensiteettitaso	8
3.4 Taajuus	8
3.5 Vaimeneminen	9
3.5.1 Absorptiovaimennus	9
3.5.2 Leviämisvaimennus	9
3.6 Langaton äänensiirto	10
4 ESTEETÖN KUUNTELUYMPÄRISTÖ	11
4.1 Akustiikka	11
4.2 Kaikuisuus	11
4.3 Taustamelu ja äänen eristys	12
4.4 Tilojen sijoittelu ja puhekuulttuuri	13
4.5 Valaistuksen vaikutus	13
5 KUULOKOJE JA ÄÄNENSIIRTOJÄRJESTELMÄT	15
5.1 Kuulokoje	15
5.1.1 Kuulokojemallit	15
5.1.2 Kuulokojeen käyttäminen	16
5.2 Äänensiirtojärjestelmät	17
5.2.1 Induktiosilmukka	17
5.2.2 Infrapunalla toimivat kuulon apuvälineet	20
5.2.3 FM-laite apuvälineenä	21

6 TILAN KARTOITUS, MITTAUKSET JA ÄÄNENSIIRTOJÄRJESTELMIEN	
VERTAILU	22
6.1 Tutustuminen tilaan	22
6.2 Mittaukset	23
6.3 Järjestelmien vertailu	24
6.4 Suunnitelma	25
7 POHDINTA	26
8 YHTEENVETO	27
LÄHTEET	28
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Huonokuuloisuuden on todettu lisääntyvän sekä ikääntyneiden että nuorten keskuudessa. Nykyisin eletään aikaisempaa pidempään, jolloin huonokuuloisuus koskettaa yhä suurempaa osaa väestöstä. Nuorten keskuudessa huonokuuloisuus lisääntyy muun muassa meluallistumisten vuoksi. Huonokuuloisia arvioidaan olevan Suomessa noin 750 000. [1]

Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999) ja rakennusasetus (RakA/1994) velvoittavat rakentamaan julkiset tilat kuuntelun kannalta esteettömiksi. Myös korjausrakentamisen yhteydessä tai tilojen käyttötarkoituksen muuttuessa tulee huolehtia hyvästä kuuntelu-ympäristöstä kaikille, myös huonokuuloisille. Tällä tarkoitetaan huonokuuloisten aseman parantamista ja heidän kuuntelunsa helpottamista äänensiirtojärjestelmällä tai muulla kuulonapuvälineellä. Hyvä kuuntelu-ympäristö on miellyttävä kaikille mutta mahdollistaa sujuvan kommunikaation, tiedonsaannin ja osallistumisen myös huonokuuloiselle.

Opinnäytetyö tehtiin Turun ammattikorkeakoulun Ruiskadun kampuksella sijaitsevan esteettömän asumisen Neuvontakeskus Kunnonkodin toimeksiantona. Kunnonkodissa vieraillee vuosittain noin 2 500 kävijää, joista osa on huonokuuloisia. Tällä hetkellä tilassa ei ole käytössä äänensiirtojärjestelmää. Tehtävänä oli vertailla erilaisia äänensiirtojärjestelmiä ja suunnitella tilaan sopivin järjestelmä huonokuuloisten apuvälineeksi.

Työssä kerättiin tietoa kuuloaistista, äänen ominaisuuksista ja ympäristön vaikutuksista kuulemiseen ja äänen siirtoon asian kokonaisvaltaiseksi ymmärtämiseksi. Suunnitelmaa varten perehdyttiin tilaan, akustiikkaan ja äänensiirtojärjestelmiin sekä mitattiin tilan magneettikentät. Lopussa esitetään suunnitelma tilaan parhaiten sopivan äänensiirtojärjestelmän toteuttamiseksi.

2 KUULOASTI JA HUONOKUULOISUUS

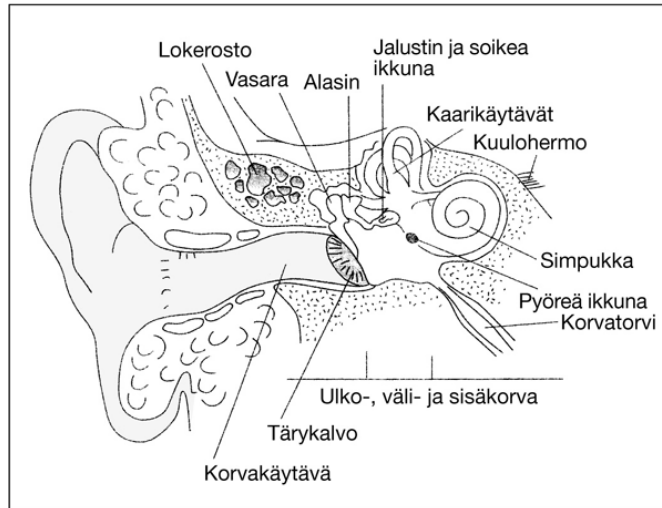
Kuulo on ihmisten välisen kommunikaation perusta. Kuulon heikentyminen ei vaikuta pelkästään kommunikaatioon vaan se heikentää myös tiedonsaantia, turvallista liikkuamista ja päivittäisten asioiden hoitamista. Ihminen orientoituu tilaan paitsi näön myös kuulon avulla. Ääriolosuhteissa, esimerkiksi pimeässä, ihminen alkaa luottaa kuuloaistimuksiinsa ympäristön todentamisessa.

Korva on eräs ihmiskehon monimutkaisimmista osista. Korvassa ilman ääniaallot muuttuvat aistimuksiksi, ja näin saamme yleisen kuvan erilaisista tilanteista ja tapahtumista visuaalisen aistimuksen tueksi. Korvassa sijaitsee myös ihmisen tasapainosta vastaavat elimet. [1], [2]

2.1 Kuuloaisti

Ihmisen kuulo- ja tasapainoelin korva on rakenteeltaan jaettu kolmeen osaan: ulkokorvaan, välikorvaan ja sisäkorvaan. Neljäntenä erillisenä osana voidaan pitää kuulohermoa, jota pitkin korvan keräämä informaatio siirtyy aivoihin tulkittavaksi. Korvan tehtävänä on toimia ääntensuodattimena ja muuntaa nämä äänet ihmisen tulkittavaksi informaatioksi. Ulkokorva muodostuu korvalehdestä ja korvakäytävästä, näiden tehtävänä on siirtää ääniaallot ilmasta tärykalvolle, joka sitten värähtelee ääniaaltojen mukaisesti. Välikorva on ohimoluussa sijaitseva ilmaa täynnä oleva ontelo. Kuuloluut, vasara, alasin ja jalustin, sijaitsevat tässä korvan osassa. Tärykalvosta ääni kulkee kuuloluiden kautta eteisikkunaan, joka on väli- ja sisäkorvan toisistaan erottava osanen. Lopuksi ääni välittyy sisäkorvan simpukkaan. Simpukka on nesteen täyttämä kuuloelin. [1]

Simpukkaan välittynyt ääni saa aikaan basilaarikalvon värähtelyä. Nämä ääniaallot muuttuvat simpukassa hermoärsykeiksi. Värähtely liikuttaa kuuloreseptorisoluja. Näiden solujen värekarvojen osuessa yläpuoliseen katekalvoon, lähtee kuuloreseptoreista kuulotasapainohermoa pitkin impulssi isoavokuoren kuuloalueelle. Matalammat äänet kulkevat simpukassa pidemmälle. Nämä impulssit välittyvät kuulohermoja pitkin kuulokeskukseen, josta ihminen saa kokemuksensa äänestä ja sen ominaisuuksista. [3], [4]



Kuva 1 Korvan rakenne [5]

Kuulon ansiosta ihminen pystyy hahmottamaan äänen kestot, painotukset, sävelkulut sekä äänteet, sanat ja kielen rakenteelliset seikat. Kielen osaaminen antaa mahdollisuuden oppia, ajatella ja viestiä muiden ihmisten kanssa.

2.2 Huonokuuloisuus

Huonokuuloisuus mielletään yleensä ikään sidonnaiseksi ja on totta että vanhemmalla väestön osalla ongelma on yleinen. Nykyisin huonokuuloisuutta esiintyy enenevässä määrin myös nuorilla. Yleisimmät syyt huonokuuloisuuteen ovat ikä ja jatkuva melulle altistuminen. Muita syitä ovat päävamma, tärykalvon puhkeaminen sekä välikorvan tulehdus. [2]

Kuulovammalla tarkoitetaan henkilöllä esiintyvää kuulonalenemaa lievästä aina kuurouteen asti. Yleisimmin huonokuuloinen henkilö kärsii sosiaalisesta kuulonalenemasta. Henkilö kuulee puhetta ja pystyy kommunikoimaan muiden kanssa kuulokojetta ja huuilitalukua apunaan käyttäen. Täysin kuuro tai kuuroutuneen henkilö ei kuule puhetta edes apuvälineen avulla.

Taulukko 1 Kuulovikojen vaikeusasteluokituksia WHO:n mukaan [6]

Kuulovian vaikeusaste	WHO
Lievä	26 – 40 dB
Keskivaikea	41 – 60 dB
Vaikea	61 – 80 dB
Erittäin vaikea	≥ 81 dB

Normaalikuuloisen henkilön kuuloalue on välillä 10 – 20 dB. Puhekuulon tason laskettua noin 30 dB, puhutaan sosiaalisen kuulemisen rajasta. Tällöin henkilö ei enää pysty vaivattomasti seuraamaan keskustelua tai osallistumaan siihen. Puhekuulon rajana on 60 – 65 dB kuulotaso, jolloin henkilö kuulee puhetta vain läheltä, noin metrin etäisyydeltä. Tason ollessa 85 – 90 dB on henkilö käytännössä kuuro. [7]

3 ÄÄNI JA ÄÄNENSIIRTO

Ääni on molekyylien värähtelyä väliaineessa, yleisesti ilmassa. Tyhjiössä ääntä ei synny väliaineettomuuden vuoksi. Äänen värähtelyjä voidaan käsitellä analogisian jännitteenmuutoksina sähköakustisissa laitteissa, sekä numeerisesti digitaalisessa signaalin muokkauksessa. [8, s.11.]

Värähtelyliikkeenä ääni kulkee aaltomaisesti ja aiheuttaa painemuutoksia kulkusuunnassaan. Koska ääni tarvitsee väliaineen värähtelynsä, se ilmenee väliaineessa molekyylien harventumis- ja tihentymisvaiheina. Ilmassa paineen vaihtelut ovat hyvin pieniä ilmanpaineen muutoksia. Ulkoiset seikat vaikuttavat äänennopeuteen. Normaalipaineisessa 101,3 kPa ja 20 °C ilmassa äänennopeus on 343 m/s, mutta jo lämpötilan vaihtaminen 0 °C:n hidastaa äänennopeuden lukemaan 331,6 m/s. Lämpötilan vaihtelut vaikuttavat eniten äänennopeuteen, ilmanpaineen muutosten vaikutus on vähäisempi. Kiinteissä aineissa ääni etenee nopeammin kuin esimerkiksi ilmassa. Tämä selittyy materiaalien tiheyksillä. Ääni kulkee nopeammin tiheämmässä aineessa. [8, s.11.]

Ihminen mieltää ääneksi vain kuuloalueellaan vaikuttavan värähtelyn. Häly- ja kohinaäänet syntyvät epätasaisesta paineenvaihtelusta. Musiikissa paineenvaihtelu on puolestaan säännöllistä, minkä johdosta ihminen erottaa esimerkiksi eri sävelkorkeudet toisistaan.

3.1 Äänen spektri

Äänen spektri kuvaa eri taajuuksien, mutta samanhetkisten äänten äänenpainetasoja eri taajuuksilla. Spektrien kuvaajissa pystyakselille merkitään äänenpainetaso ja vaakakselille taajuus. Soitinten spektrit ovat aina kyseiselle instrumentille ominaisia, joiden perusteella ne voidaan erottaa toisistaan. [8, s.13 - 14.]

Harmonisen ääniaallon äänenpaine vaihtelee jokaisessa pisteessä ajan suhteen sini-muotoisesti käytetyllä taajuudella. Täysin harmonisia ääniaaltoja ei käytännön äänilähteistä synny. [9, s. 279 - 281]

Jaksollinen aalto voidaan esittää aina eritaajuuksien harmonisten aaltojen summana. Perusäänoksen lisäksi ääniaallot koostuvat yliaaneista, jotka ovat perustaajuuden

monikertoja. Mikäli äänilähteenä toimii jokin instrumentti, on äänen taajuus sama, kuin perusäänneksen taajuus. Soinnin erot määräytyvät kuitenkin yliaänneksen jakautumisesta äänen spektrissä. [9, s. 279 - 281]

3.2 Äänilähteet ja äänen leviäminen

Mikä tahansa kimmoisassa väliaineessa värähtelevä materiaali voi toimia äänilähteenä. Ihminen esimerkiksi tuottaa puheääntä äänihuulten värähdellessä. Kun äänilähteen aiheuttama ilmanvärähtely saapuu korvaan, aistimme äänen.

Ääni leviää pallomaisena paineaaltona tasaisesti kaikkiin suuntiin väliaineen ollessa ilma. Paineaallon tiellä olevat esteet vaikuttavat äänen etenemiseen, sillä materiaalista riippuen ääni imeytyy ja/tai heijastuu kyseisestä esteestä. On olemassa myös suuntaavia äänilähteitä, joista ääni kulkeutuu nimensä mukaisesti tiettyyn suuntaan. Tätä ominaisuutta käytetään hyväksi esimerkiksi äänentoistojärjestelmien suunnittelussa ja kaiutinten asettelussa parhaaseen mahdolliseen kulmaan kuulijaan nähden. [8, s. 11 - 12]

3.3 Äänenpainetaso

Äänenpainetasolla tarkoitetaan äänen aiheuttamaa painevaihtelua, eli äänenvoimakkuutta. Äänenpainetta mitataan logaritmisella asteikolla ja mittayksikkönä on beli (B), tai tämän kymmenys desibeli (dB). Desibeli on suhteellinen mittayksikkö, joten desibeleistä puhuttaessa tarvitsee tietää myös äänipainetaso, johon desibelien kasvu tai lasku on sidoksissa. [7, s.12] ”Hiljaisin normaalilla (keskimääräisellä) kuuloaistilla havaittava ääni on desibeleinä 0 dB (äänipainearvona $2 \cdot 10^{-5}$ Pascalia ja intensiteettiarvona ilmaistuna 10^{-12}W/m^2 , jos taajuus on 1 000 Hz)” [10].

Ihmisen kuuloalueella äänenpainetaso vaihtelee 0dB:n (20 μP) ja 130 dB:n (60 P) välillä. Pienin havaittavissa oleva muutos on ihmiselle noin 1 dB:n äänenpainetason muutos. [8, s.12]

Äänenpaineen kaksinkertaistuminen tarkoittaa kuuden desibelin kasvua. Äänenvoimakkuus vaikuttaa suoraan ihmisen tuntemukseen äänen kuultuaan, eli onko aistimus miellyttävä vai epämieluisa. Voimakkuutta käytetään myös taulukoissa, joista selviää kuuloon haitallisesti tai jopa vahingollisesti vaikuttavat äänenvoimakkuudet. [10]

Äänenpainetason (L_p) yhtälö muodostuu logaritmisesti vertailuäänepaineen (p_o) ja mitatun tai ilmoitetun äänenpaineen (p) mukaan.

$$L_p = 10 \log \left(\frac{p^2}{p_o^2} \right)$$

Yhtälössä $p_o = 20 \mu\text{P}$, joten sama yhtälö voidaan esittää logaritmisena:

$$L_p = 20 \log \left(\frac{p}{p_o} \right)$$

Kaavojen lähde [7, s.13.]

3.3.1 Äänen intensiteetti

Äänen intensiteetillä tarkoitetaan tehon siirtymistä aallon etenemissuuntaa vastaan kohtisuoran pinnan läpi pinta-ala yksikköä kohti. Tietyn pisteen kokonaisintensiteetti on kyseiseen pisteeseen vaikuttavien äänilähteiden intensiteettien summa. Aaltojen ollessa jossakin pisteessä vaiheosuhteessa keskenään, tulee äänen intensiteetiksi nolla, sillä vastakkaisvaiheiset aallot kumoavat toinen toisensa.

Äänen intensiteetin ja äänenpaineen tehollisen arvon yhteys:

$$I = \frac{p^2}{(\rho * v)}$$

ρ = kaasun tiheys, v = äänennopeus

Ihmisen kuulo pystyy erottamaan 2 – 4 kHz:n äänen sen intensiteetin ollessa vähintään 10^{-12} W/m^2 . Kyseisillä taajuuksilla ilmoitettu intensiteetti onkin siis ihmisen kuulokynnys. Mikäli intensiteetti edellämainituilla taajuuksilla kasvaa 1 W/m^2 suuruiseksi tai tätäkin voimakkaammaksi, on saavutettu kuulon kipuraja.

Äänen tehotason (L_w) yhtälö, jossa tehon (P) vertailuarvo on $P_o = 10^{-12} \text{ W}$

$$L_w = 10 \log \left(\frac{P}{P_o} \right)$$

Yhtälöiden mukaisesti äänen intensiteetti (I) on tietylle pinta-alalle tuleva ääniteho, joka on suoraan verrannollinen äänenpaineen neliöön.

$$I = \left(\frac{p^2}{Z}\right)$$

Z on ääniaaltovastus. [8, s.12.]

3.3.2 Intensiteettitaso

Äänen intensiteettitason (L_I) yhtälö, jossa vertailuintensiteetti on $I_0 = 10^{-12} \text{W/m}^2$

$$L_I = 10 \log \left(\frac{I}{I_0}\right)$$

Äänen intensiteettitaso on logaritminen suure. Tätä käytetään yleensä äänenpainetason L_p kanssa, joka on jo edellä määritelty. Nämä on määritelty logaritmisiksi, jotta käytännön mittaukset ja esimerkiksi suunnittelutyö kävisi helpommaksi, ja että tuloksia olisi helpompi ihmisen hahmottaa, sillä kipurajan ja kuulokynnyksen intensiteettien suhteet ovat 10^{12} suuruiset, ja näin ollen vaikeaselkoiset. [9, s.281 - 283]

3.4 Taajuus

Paineaaltojen lukumäärä sekunnissa on äänen taajuus (f). Värähtelytaajuuden mittayksikkö äänen aaltoliikkeessä on Hertsi (Hz). Hertsit kuvaavat äänen paineaaltojen määrää sekunnissa, eli 100 Hz tarkoittaa sataa värähdystä sekuntia kohden

Ihmisen kuuloalue on yleisesti 16 – 20 000 Hz. Parhaiten kuullaan 2000 – 5000 Hz:n taajuudella olevat äänet. Kuuloalue on kuitenkin yksilöllinen. Iän myötä myös kuuloaisti heikkenee ja hyvin korkeita ääniä on entistä vaikeampaa, tai jopa mahdotonta kuulla. Kuuloalueen ollessa yksilöllinen, on tarkkojen rajojen määrittely mahdotonta. Äänenpainetasolla on myös vaikutusta kuuloalueella kuultaviin taajuuksiin.

Alle 16 Hz:n taajuisia ääniä kutsutaan infraääniksi. Infraääniä esiintyy esimerkiksi maanjäristysten yhteydessä, liikenteen seurauksena, tai hitaasti pyörivien koneenosien tuottamana. Äärimmäisen matalan taajuutensa johdosta, nämä aallot saattavat edetä useita kilometrejä juurikaan vaimenematta ilmakehässä.

Taajuuden ylittäessä 20 kHz:n rajan puhutaan ultraäänistä. Näillä korkeiden taajuuksien äänillä on useita tekniikan käyttösovelluksia. Ultraääntä käyttämällä voidaan puh-

distaa likaantuneita osia. Näitä ravistellaan äänen avulla, jotta lika saadaan irtoamaan. Toinen yleinen käyttötarkoitus ultraäänille on kaikuluotausjärjestelmät merenkäynnissä. Korkean taajuutensa ansiosta ultraääni ei vaimene merkittävästi vedessä. Tästä johtuen äänen osuessa vedenalaiseihin kohteisiin, saadaan niistä takaisin heijastuksia ja voidaan esimerkiksi kartoittaa merenpohjan muotoa, sekä välttää vaaralliset alueet, sekä karikot. [8, s.12 – 13.]

3.5 Vaimeneminen

Äänen vaimenemisesta puhuttaessa, tarkoitetaan kyseessä olevan ääniaallon äänenpainetason tai intensiteetin pienenemistä aallon edetessä. Fysikaalisesti vaimeneminen selittyy aallon energiahäviöillä, sekä sen leviämisellä. Vaimenemismilmiö ilmeneekin siis kahdenlaisena:

- absorptiovaimennus
- leviämisvaimennus [9, s.286 – 288.]

3.5.1 Absorptiovaimennus

Absorptiovaimennuksella tarkoitetaan ääniaallon energian häviämistä väliaineeseen, eli energia poistuu ääniaallosta ja muuttuu lämmöksi aallon edetessä. Äänen energia siis absorboituu väliaineeseen, jossa ääniaalto kulkee. Äänenpainetason alenemiseen ilman massa vaikuttavat ääniaallon taajuus, ilman lämpötila, sekä ilman kosteus. Ilman suhteellisen kosteuden ollessa 10 – 20 % saavutetaan suurin vaimennus, kun taas kuiva ilma ei vaimenna ääntä juurikaan. Korkeataajuiset äänet absorboituvat matalataajuisia helpommin. [9, s.286 - 288]

3.5.2 Leviämisvaimennus

Ääniaallot leviävät pistemäisestä äänilähteestä tasaisesti joka suuntaan. Aaltojen levitessä myös aaltojen suuntainen teho leviää ja näin jakautuu tasaisesti yhä suuremmalle pinnalle. Leviämisen seurauksena myös äänen intensiteetti pienenee etäisyyden funktiona.

Erilaiset aineet äänilähteiden vierellä vaikuttavat tähän vaimennukseen. Mikäli aine lähteen vieressä absorpoi kaiken äänienergian tietyltä puolelta, leviää ääni tasaisesti vain puolipallomaisesti ja niin edelleen. Heijastavat materiaalit puolestaan kasvattavat äänen intensiteettiä, esimerkiksi jos ääni heijastuu kokonaan tietyltä pinnalta, kaksinkertaistaa se äänen intensiteetin ilmassa. [9, s.286 - 288]

3.6 Langaton äänensiirto

Langattomalla äänensiirrolla tarkoitetaan äänen siirtymistä lähettimestä vastaanottiin ilman johtoja. Langaton äänensiirto vaatii aina lähettimen ja vastaanottimen. Yleisesti huonokuuloisille suunnatuissa apuvälineissä puhuja puhuu mikrofoniin josta ääni sitten kulkeutuu lähettimeen. Lähettimestä ääni lähtee laitteesta riippuvan teknologian avulla kuulijan vastaanottiin. Yleisesti vastaanottimena toimii näissä tapauksissa kuulolaite, josta ääni ohjataan suoraan kuulijan korvaan.

Langattomasti ääntä voidaan siirtää radioaaltoin esimerkiksi taajuusmodulaatiota (FM) käyttäen, jolloin ääni saadaan siirtymään lyhyestä matkasta aina kilometrien päähän. Toinen tapa on siirtää ääntä infrapunaa (Infra Red järjestelmät) avulla. Tällöin lähetin ja vastaanotin tarvitsevat välilleen esteettömän näkyvyyden. Kolmas hyväksi havaittu tapa on sähkömagneetiikan käyttö (induktiojärjestelmät) äänen siirtoon. Näin siirretty ääni vaatii vastaanottimelta indusoituvan kelan, johon magneettikentät indusoivat sähkövirran ja tämä kuljetetaan vastaanottimelle. [11]

4 ESTEETÖN KUUNTELUYMPÄRISTÖ

Meluisat ja kaikuvat ympäristöt ovat harmillisia kaikille. Tämän vuoksi rakennusten suunnittelussa tulee ottaa huomioon mahdolliset kaiunta-ajat ja akustiikka sekä hyvä äänieristys. Turhia esteitä puhujan ja kuulijoiden välillä tulee välttää. Akustiikan lisäksi tulee huomioida kyseisen tilan käyttötarkoitus. [12]

Julkistilojen esteettömästä kuunteluympäristöstä on annettu määräys Suomen rakentamismääräyskokoelmassa 2005:

"Katsomoiden, auditorioiden, juhla-, kokous- ja ravintolasalien, opetussalien ja -luokkien ja vastaavien kokoontumistilojen on sovelluttava myös liikkumis- ja toimimisesteisten käyttöön. Näihin tiloihin asennetussa äänentoistojärjestelmässä tulee olla myös tele/induktiosilmukka tai muu äänensiirtojärjestelmä" (Esteetön rakennus määräykset ja ohjeet 2005). [13]

4.1 Akustiikka

Hyvän kuunteluympäristön perustana on tilan hyvä akustiikka. Oikein akustisesti suunnitellut tilat ovat viihtyisiä, ja tilassa myös kommunikointi on sujuvaa. Mikäli akustiikka on huono, ei apuvälineilläkään pystytä riittävästi parantamaan kuunteluolosuhteita. [12]

4.2 Kaikuisuus

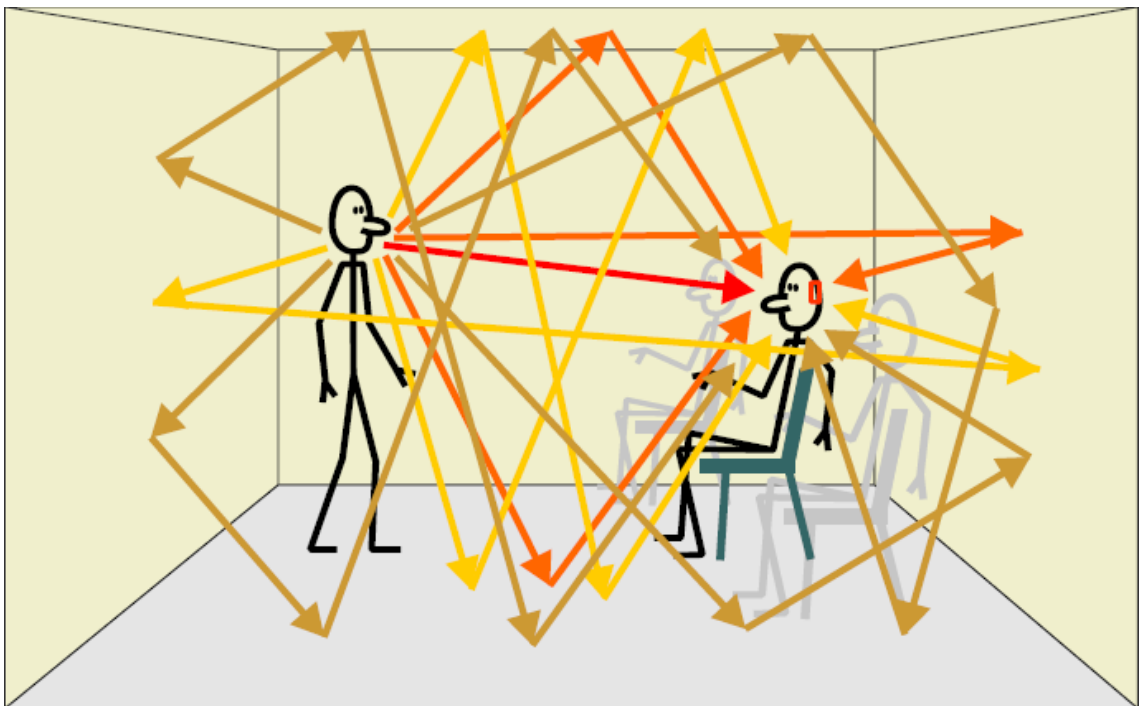
Äänen heijastuminen pinnoilta synnyttää kaikua. Mikäli tilassa on runsaasti heijastuneita äänia suhteessa suoraan ääneen, sitä kutsutaan kaikuisaksi. Mitä kaikuisampi tila on, sitä pidempi jälkikaiunta-aika tilassa vallitsee. Jälkikaiunta on eräs tärkeimmistä tilan viihtyisyyteen ja esteettömyyteen vaikuttavista asioista. Pitkä jälkikaiunta-aika saa sanojen äänteet sekoittumaan toisiinsa, minkä vuoksi puheesta on vaikea saada selvää. [12]

Jälkikaiunta-aika on myös tarpeellinen ominaisuus. Musiikkisaleissa jälkikaiunta pitää suunnitella pidemmäksi kuin esimerkiksi puhesaleissa, sillä musiikki sointuu paremmin, mikäli kaiulla saadaan aikaan pientä päällekkäisyyttä. Rakentamismääräyskokoelman

osa C1 sisältää informaatiota jälkikaiunta-ajoista. Standardi SF 5907 antaa ohjearvoja rakennusten akustiseen luokitukseen. [12]

Huonokuuloisille pitkä jälkikaiunta-aika on epämiellyttävä. Pitkä jälkikaiunta-aika sekoittaa puheen epäselväksi. Tiloissa, joissa asioi huonokuuloisia, tulee aina käyttää ohjeiden pienempiä arvoja jälkikaiunta-ajasta. [12]

Vaimentavilla materiaaleille voidaan jälkikäteen lyhentää jälkikaiunta-aikaa. Yleisesti tämä hoidetaan tarkoitukseen suunnitelluin äänenvaimennuslevyin, mutta kaikki huokoinen materiaali sohvista verhoihin vaimentaa ääntä. [12]



Kuva 2 Äänen heijastuminen [14]

4.3 Taustamelu ja äänen eristys

Taustameluksi määritellään kaikki tilassa esiintyvät hälyänet, tietokoneen tuulettimista liikenteen meteliin. Myös ihmisten keskustelu julkisessa tilassa mielletään hälyksi. Puhealueen taajuuksien lähellä olevat hälyänet ovat häiritsevimpiä, sillä ne saavat puheen ymmärtämisen vaikeutumaan merkittävästi. Taustamelun ja puheen voimakkuuksilla pitää olla selkeä ero, sillä muuten hälyt voivat peittää alleen puhetta. Taustamelun ja puheen välisen äänten tasoeron tulisi olla 15 – 16 dB, jotta se ei olisi häiritsevää.

Kyseistä eroa tasojen välillä kutsutaan signaali - kohina suhteeksi tai häiriöetäisyydeksi. Vaimennuksilla voidaan myös parantaa tilan hälysuojausta. [12]

Ääneneristyksellä saadaan estettyä häiritsevien äänien kulkeutuminen tilasta toiseen. Hyvänä esimerkkinä tilasta, joka vaatii hyvän äänieristyksen, on perinteinen kerrostalo. Jotta äänieristys toimisi, tarvitsee pintojen ja eristeiden olla tiiviit. Mikäli säröjä tai halkeamia esiintyy, kulkeutuu ääni niitä pitkin häiritsevästi toiseen tilaan. [12] Äänieristyksen ei kuitenkaan ole suotavaa estää radiosignaalien pääsyä tilaan, sillä esimerkiksi matkapuhelimen käyttö ei ole välttämättä tuolloin mahdollista.

4.4 Tilojen sijoittelu ja puhekuultuuri

Uutta rakennettaessa on huomioitava suunniteltujen tilojen käyttötarkoitukset. Puhesalien läheisyyteen ei tule suunnitella rauhalliseen työskentelyyn tarkoitettuja tiloja. Järkevällä sijoittelulla saadaan myös kuulon apuvälineet toimimaan paremmin ja ilman häiriöitä.

Apuvälineistä induktiosilmukan käyttö vaatii eniten tilojen sijoittelun suunnittelua, sillä päällekkäisissä ja viereisissä tiloissa yhtäaikainen silmukan käyttö aiheuttaa ylikuulumisen takia häiriöitä viereisten tilojen silmukoihin. Silmukalla varustetut tilat samassa tasossa pitäisi asettaa riittävän kauas toisistaan. Vastaavasti päällekkäiset silmukat tulisi suunnitella eri kohtiin rakennusta. Näin suunnittelussa tilassa voidaan silmukoita käyttää aina samaan aikaan ilman häiriöiden esiintymistä.

Huonokuuloisen kannalta on kanssaihmissen puhekuultuurilla myös suuri vaikutus kuulemiseen. Päällekkäinen puhuminen aiheuttaa ongelmia puheen kuulemiseen ja ymmärtämiseen. Ryhmätilanteissa yhden henkilön puhuessa kerrallaan kommunikaatio on sujuvaa. [12]

4.5 Valaistuksen vaikutus

Hyvässä kuunteluympäristössä myös valaistukseen on kiinnitetty huomiota. Ihmiset kommunikoivat puheen lisäksi myös elekielellä, sekä etenkin heikkokuuloiset hyötyvät mahdollisuudesta lukea puhujan sanomat tämän huuilta. Hyvässä kuunteluympäristössä tulee olla esteetön näkyvyys puhujan ja kuulijan välillä. Valaistus tulee suunnitella niin, ettei se häikäise kuulijaa. Häikäisevyyttä aiheuttavat puhujan taakse sijoittuva

valo sekä vaaleat ja kiiltävät pinnat. Hyvin suunnitellussa tilassa kuulija pystyy helposti paitsi kuulemaan, myös seuraamaan puhujan eleitä, ilmeitä ja suun liikkeitä, joka auttaa puheen ymmärtämisessä. [12]

5 KUULOKOJE JA ÄÄNENSIIRTOJÄRJESTELMÄT

Kuulovammaiselle apuvälineiden käyttö on jokapäiväistä elämää. Niiden avulla huonokuuloinen henkilö pystyy kommunikoimaan ystäviensä kanssa sujuvasti. Apuvälineet myös lisäävät turvallisuuden tunnetta kotiloissa, sekä helpottavat jokapäiväistä asiointia. Henkilön tulisi hankkia kuulonapuväline kun hän havaitsee jokapäiväisen elämän tai keskustelutilanteiden muuttuneen aikaisempaa hankalammaksi. Yleisin ja eniten käytetty apuväline on kuulokoje. Julkisissa tiloissa, ryhmätilanteissa ja hälyssä kuulokojeen käyttäjä tarvitsee usein lisäksi äänensiirtojärjestelmää kuulemisen tueksi. [15]

5.1 Kuulokoje

Kuulokoje on apuväline, joka auttaa huonokuuloista hyödyntämään vielä jäljellä olevaa kuuloaan, se ei siis tee kojeenkäyttäjistä normaalikuuloista. Kuulokojeen saadakseen tarvitsee käydä kuulontutkimuksessa, jossa selviää apuvälineen tarve. Kojeen saamiseksi tarkastellaan hakijan yksilöllinen tarve, kuulovian laatu ja vaikeusaste, kojeen hyödyllisyys, sekä käytön edellytykset. Lääketieteellisesti kuulokojeen määrämisen raja on 30 - 40dB kuulonalenema henkilön paremmassa korvassa. Korvaan sopiva koje sovitetaan sairaalan kuuloasemilla, kuulokeskuksissa tai maksusitoumuksella yksityisellä sektorilla. Näin toimien saa kojeen maksutta käyttöön. [16]

5.1.1 Kuulokojemallit

Kuulokojeita on neljä eri mallia:

- korvantauskoje
- korvakäytäväkoje
- taskukoje
- kommunikaattori

Korvantauskoje laitetaan käyttäjän korvalehden taakse ja korvakappale asetetaan korvakäytävään. Korvakappaleet muotoillaan yksilöllisesti käyttäjälle sopivaksi. Korvakap-

paleesta kulkee letku korvantauskojeeseen jota pitkin äänet välittyvät käyttäjän korvaan. Korvantauskoje on yleisin kuulokojemalleista. [17]

Korvakäytäväkojeet valmistetaan yksilöllisesti asiakkaalta otetun korvakäytävämuotin mukaan. Laite asetetaan korvakäytävään ja se on pienikokoinen ja huomaamaton. Pienen kokonsa johdosta tämä malli vaatii käyttäjältään sorminäppäryyttä. [17]

Taskukojetta pidentään taskussa tai kaulassa roikkuvassa pussissa. Äänet ohjataan korvaan johtoa pitkin joka saattaa äänen korvakappaleeseen. Suurempi koko tekee laitteesta helppokäyttöisen. [17]

Kommunikaattorissa on kevytkuulokkeet ja mikrofooniosa. Mikrofoni toistaa kaiken ympäristöstä tulevan äänen. Äänen voimakkuutta ja äänen sävyä voidaan säätää, mutta kommunikaattori ei ole yksilöllisesti henkilön kuulovian mukaan ohjelmitavissa kuten varsinaiset kuulokojet. Kommunikaattori on hyvä apuväline, mikäli muut mallit eivät syystä tai toisesta asiakkaalle sovi. [17]

5.1.2 Kuulokojeen käyttäminen

Vaikka kuulokojet ovat kooltaan nykyään pienikokoisia, on niissä yleensä pitkälle kehitetyt kuuntelumahdollisuudet. Näistä käyttäjä voi valita tilanteeseen tai paikkaan sopivimman vaihtoehdon. Uusimmat mallit voidaan asettaa myös automaatile, jolloin koje valitsee itsenäisesti mitä kuuntelumuinaisuutta käytetään. [18]

Mikrofonikuuntelun lisäksi suurimmassa osassa kojeita on myös sähkömagneettisesti toimiva kela, joka mahdollistaa induktiivisen kuuntelun. Tällä tarkoitetaan äänen siirtymistä magneettisesti suoraan kuulokojeseen, jolloin ympäristön hälyäänet eivät häiritse kuuntelua. Induktiivista kuuntelua voi käyttää esimerkiksi puhelimesta puhuttaessa, television katselussa, tai tiloissa joihin on asennettu induktiivinen kuuntelujärjestelmä, eli induktiosilmukka. Kojet saavat virtansa yleisimmin paristoista. [18]

Kuulokojeen käyttöön otto vaatii henkilöltä totuttelua. Kuulokojen vahvistaa puheen lisäksi myös muita ympäristön ääniä, joten henkilön äänimaailma muuttuu ja sopeutuminen on siksi välttämätöntä. Kuulokojetta käyttöön ottaessa tulee laitetta käyttää säännöllisesti ja päivittäin, jotta tottuminen sujuu helposti ja nopeasti. Tekniikan kehityksen ansiosta puhe pystytään erottamaan hälystä entistä paremmin. Kojet vaativat päivit-

täisen puhdistuksen ja ajoittaisia huoltoja. Huollot hoidetaan sairaaloiden kuuloasemilla tai maahantuontiliikkeissä. [18]

5.2 Äänensiirtojärjestelmät

Kuulokojeen käyttäjällä on useita valintamahdollisuuksia äänentoiston suhteen. Kojeen omaa mikrofonia voidaan käyttää ilman ympäristöön asennettavia kuuntelua helpottavia ratkaisuja. Mikrofonin huonona puolena voidaan pitää tasaista äänien vahvistamista, tarkoittaen että mikrofonia käytettäessä puheen lisäksi hälyäänet vahvistuvat.

Ulkoisia asennuksia vaativia äänensiirtojärjestelmiä ovat FM signaalilla toimivat järjestelmät, infrapunajärjestelmät sekä induktiosilmukkajärjestelmä. Näistä induktiosilmukkaa pidetään yleisesti parhaana vaihtoehtona, sillä sen avulla saadaan ääni magneettikentän kautta siirrettyä suoraan kuulokojeeseen ja tätä kautta korvaan. Induktiosilmukassa esiintyy myös vähiten häiriötä ja esimerkiksi infrapunaan verrattuna kuulijan ei tarvitse olla suorassa linjassa puhujan, kunhan hän on induktiosilmukan sisällyttävällä alueella.

5.2.1 Induktiosilmukka

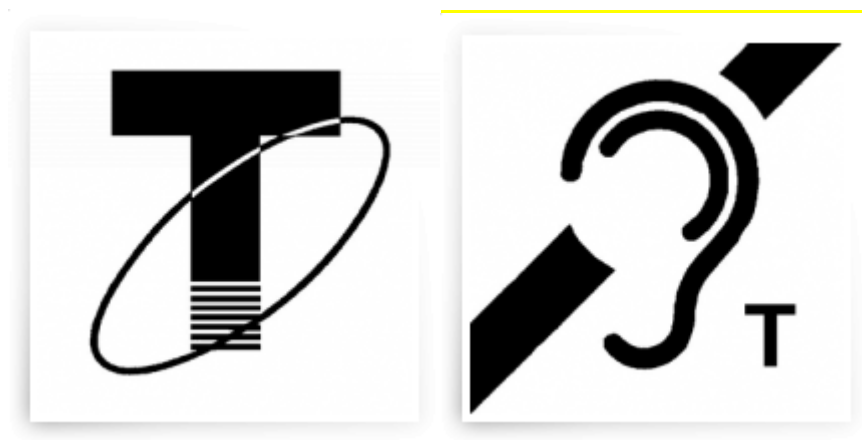
Induktiosilmukka on äänen siirtämiseen käytettävä laite, joka siirtää äänen sähkömagneettisen kentän avulla. Toimintaperiaatteeltaan muuttuva magneettikenttä indusoi johtoon jännitteen, ja silmukassa kulkeva muuttuva sähkövirta saa aikaan muuttuvan magneettikentän silmukan sisälle. Yleinen käyttötarkoitus induktiosilmukalle on kuulokojeen käyttäjille suunnattu apuväline, joka magneettikenttensä kautta siirtää äänen kuulolaitteessa sijaitsevaan kelaan, joka näin vastaanottaa kyseisen signaalin ja siirtää sen apuvälineen käyttäjän kuultavaksi. Kuulokojeen tarvitsee olla T - asennossa, eli apuvälineen oma mikrofoni on pois päältä. Näin saadaan poistettua turhat hälyäänet ja apuvälineen käyttäjä kuulee vain induktiosilmukasta tulevan puheen selkeästi ja häiriötömästi. Puhujan tulee käyttää mikrofonia, jotta silmukkajärjestelmästä on apua. Induktiosilmukkaan on olemassa myös erillisiä vastaanottimia, joihin kuulokkeet kytkemällä myös kuulonapuvälinettä vailla olevat ihmiset voivat hyötyä induktiosilmukkajärjestelmästä. [12]

Silmukkajärjestelmän asentamiseen on olemassa useita tapoja. Uudemmissa rakennuksissa järjestelmä sisällytetään tilaan rakennusvaiheessa. Tilan ollessa suuri induktiojärjestelmä koostuu useista vahvistimista ja silmukoista.

Joissakin tapauksissa rakennukseen sisällytetään pelkästään silmukkajohto. Täten tilan käyttäjä voi tarpeen vaatiessa kiinnittää kannettavan induktiovahvistimen jo valmiiksi asennettuun johtoon. Tämä toteutus varmistaa tilan käytettävyyden useanlaisissa tilaisuuksissa ja näin vältetään kannettavan silmukan tuomisen vaikeudet. [19]

Vanhemmat rakennukset ja tilat, joissa ei ole silmukkajärjestelmää valmiiksi asennettuna saadaan kuuloystävällisiksi käyttämällä kannettavia induktioratkaisuja. Näissä tapauksissa johto asetetaan yleensä kulkemaan tilan ympäri ja lähellä seinää. Kyseiseen johtoon liitetään kannettava induktiovahvistin. [19]

Apuväline on 1997 voimaan tulleen lain mukaan oltava asennettuna uusiin katsomoihin, auditorioihin, juhla-, kokous-, ja ravintolasaleihin, tiloihin joissa tapahtuu opetusta, sekä yleisiin kokoontumistiloihin. Kaikki induktiosilmukalla varustetut tilat tulee olla merkitty sitä kuvaavalla symbolilla. [20]



Kuva 3 Induktiosilmukan viralliset merkinnät [20]

Induktiosilmukan toimintaperiaate

Puhujan käyttämä mikrofoni muuntaa äänen sähköiseksi värähtelyksi, joka sitten johdetaan induktiovahvistimeen. Vahvistettu signaali johdetaan induktiosilmukkaan, jossa kulkeva virta saadaan näin värähtelemään mikrofonin saaman äänen taajuudella. Virta saa johtimen ympärille aikaan värähtelevän sähkömagneettisen kentän. Kuulolaitteessa olevaan kelaan indusoituu vaihtojännite äänen taajuuden mukaisesti. Jännitteestä

saadaan kuulolaitteen vahvistettavissa oleva virta, joka puolestaan muutetaan kuulokeosassa ääneksi. [19]

Ylikuulumisongelmat ja häiriöt induktiojärjestelmässä

Vaikka induktiojärjestelmä poistaa hälyääniä ja selkeyttää kuuntelua, ei järjestelmä ole immuuni ongelmille. Sähkömagneettisen säteilyn ominaisuutena on, että se läpäisee ei-magneettisen aineen ja täten induktiivinen ääni on kuultavissa myös silmukan viereissä tai ylä- ja ala-puolisissa tiloissa. [19] Tämän vuoksi järjestelmällä varustetut tilat tulee jo suunnitteluvaiheessa erottaa toisistaan riittävän välimatkan päähän. Helppo ja hyvä sääntö riittävään välimatkaan on jättää silmukan leveyden verran tilaa muihin silmukallisiin tiloihin nähden. Tämä kannattaa myös pitää mielessä, mikäli tilaa käytetään salaisten asioiden pohtimiseen. Induktiosilmukka ei näissä tapauksissa välttämättä ole paras ratkaisu, vaan esimerkiksi infrapunavälillä siirretty ääni ei varmasti kulkeudu seinien ulkopuolelle.

Induktiojärjestelmä on toteutettavissa myös vaihesiirtotekniikalla. Tämän ansiosta tilat voivat sijaita vierekkäin ja ylikuuluminen jää vähäiseksi. "Vaihesiirtotekniikka edellyttää kahden, osittain päällekkäisen useampilenkkisen silmukkajohdon asentamista" [21]. Tällä menetelmällä toteutetun järjestelmän ylikuuluminen voidaan rajoittaa jopa yhden metrin säteelle silmukasta. [21,s.5]

Silmukkajohdot on helpoin asentaa rakennusvaiheessa, tai rakennuksen korjauksen yhteydessä. Vapaasti asennettava silmukka voi olla joissakin tapauksissa mahdotonta asentaa. Vapaa järjestelmä on myös alttiimpi erilaisille häiriöille, sillä sitä ei ole huomioitu rakennusvaiheessa. [21,s.6]

Induktiosilmukka ratkaisut reaali maailmassa

Silmukkajärjestelmän asennuksessa tulee ensisijaisesti käyttää kyseisen järjestelmän valmistajan antamaa ohjeistusta. Joissakin tapauksissa järjestelmää ei ole rakennusvaiheessa vielä valittu. Näissä tilanteissa on hyvä käyttää 2 kertaa 2,5mm² johdinta, jotta tulevan järjestelmän on mahdollista olla joko yksi tai kaksilenkinen, eikä itse silmukkajohto aseta järjestelmän valinnalle rajoituksia. Silmukan asentaminen muoviputkeen on myös hyvä ratkaisu, sillä tämä mahdollistaa silmukan helpohkon vaihtamisen tarpeen sattuessa. Silmukka on parasta asentaa rakennuksen tai peruskorjauksien yhteydessä, jotta se saadaan piilotettua rakenteisiin, eikä ole häiritsevästi kokoajan

näkyvillä. Mikäli tila on pieni, saadaan johto myös ilman suurempia ongelmia esimerkiksi jalkalistan taakse, tai vastaavasti katon rajaan asennettua. [21,s5 – 6]

Suuriin tiloihin saadaan tasainen induktiokenttä aikaan asentamalla johto muutaman metriä kuuntelualueen yläpuolelle kattoon. Tasainen kenttä saadaan myös aikaan asentamalla useampia johtoja kahdeksikon muotoisin lenkein. Tämä kuitenkin tulisi tehdä aina rakennusvaiheessa, sillä tämäntyyppisten lenkkien asentaminen lattiaan jälkikäteen on hankalaa ja kallista. [21,s.6]

Julkisilla paikoilla on taustamelu huonokuuloiselle yleinen ongelma. Julkisiin palvelupisteisiin onkin siis hyvä rakentaa/hankkia pieni induktiosilmukajärjestelmä, joka helpottaa asiakkaan ja virkailijan välistä kommunikaatiota. Tällaiseksi silmukaksi suositeltavin on jokin siirrettävistä järjestelmistä, sillä tällä ratkaisulla voidaan silmukkaa käyttää useissa pisteissä tarpeen mukaisesti. Järjestelmää siirtämällä voidaan myös helposti etsiä ja löytää paras alue, jossa järjestelmä toimii. [21,s.6]

Henkilökohtaisella silmukalla tarkoitetaan yleisesti jotakin äärimmäisen pientä silmukkaratkaisua. Kerrostaloasunnoissa silmukan rakentaminen koko huoneiston kattavaksi ei ole usein järkevää, sillä oikeilla välineillä naapurit kuulevat mitä asunnossa puhutaan, sekä useiden huoneistojen vierekkäiset silmukajärjestelmät aiheuttavat toisilleen häiriöitä. Siksi paras ratkaisu esimerkiksi TV:n katselemisen helpottamiseksi on tyyny-silmukka tai kaulasilmukka. Nämä ovat äärimmäisen pieniä järjestelmiä, joissa silmukka on lähellä kuulokojeen käyttäjää ja se voidaan kytkeä kiinni esimerkiksi televisioon, joten häiriöitä ei synny ja TV:n äänen kuuleminen helpottui huomattavasti. [21,s.6]

5.2.2 Infrapunalla toimivat kuulon apuvälineet

Infrapunavalon avulla toimivat äänensirtojärjestelmät sopivat parhaiten sovelluksiin, jossa valonlähteen ja kuulijan välillä saadaan suora yhteys. Infrapunateknologia tarvitsee audiolähteen, infrapunalähttimen, sekä vastaanotto järjestelmän. Television katselun apuvälineenä infrapuna esimerkiksi on erittäin hyödyllinen. Infrapunateknologialla toimivia apuvälineitä suositellaan myös tiloihin, joihin silmukan rakentaminen on hankalaa tai mahdotonta. Infrapunalaitteisto vaatii lähttimen ja vastaanottimen. Vastaanotinta pidetään kaulassa. Tämä infrahear järjestelmän vastaanotin muodostaa induktiosilmukan kaulassa ja välittää tätä kautta äänen kuulolaitteeseen. Vastaanotin voidaan myös liittää stereokuulokkeisiin, joten kuulolaite ei ole pakollinen. Laite on optimoitu

esimerkiksi luokkatilan kaltaisiin tiloihin, joissa vahvistusta tarvitaan suoraan edestä tulevalle puheelle. Se sopii myös normaalikuuloisten käytettäväksi, sillä se ei vaadi kuulolaitetta, kuten ennen mainittu. [22]

5.2.3 FM-laite apuvälineenä

FM-laite on toimintaperiaatteeltaan radio. Lähettimeen puhuttu ääni muunnetaan radio-signaaliksi, joka sitten lähetetään vastaanottimeen. Vastaanotin on kiinnitetty joko kuulijan kuulolaitteeseen tai vaihtoehtoisesti se voi myös riippua kaulassa. Vastaanottimesta ääni johdetaan kuulijan korviin kuulokkein tai kuulolaitteen kautta. [23], [24]

FM-laite parantaa kuulokokemusta, kuten edellä mainitut apuvälineetkin, sillä se poistaa kuulijan ja puhujan välillä olevan välimatkan. Käytännössä puhujan tulee puhua mikrofoniin, jota kautta ääni päätyy lähettimeen. Monissa lähettimissä mikrofonit ovat ominaisuuksiltaan suuntaavia, joten puhuja voi näin itse säädellä sen käyttöä ja minimoida häiritsevää taustamelä. FM-laitteet käyttävät nimensä mukaisesti FM taajuuksia, ja näistä joudutaan maksamaan joka vuosi radiolupamaksu. Tästä on seurauksena kuitenkin se, että ulkopuolisetkin saattavat kyetä kuuntelemaan yksityisiä keskusteluja, mikäli he sattuvat oikealle taajuudelle. [23] [25]

FM-laitteilla on monia hyviä käytännön sovelluksia. Niitä voi käyttää esimerkiksi televisioiden ja puhelimen yhteydessä, sekä ne helpottavat kokouksissa ja yleensäkin meluisissa tiloissa huonokuuloisen kuulemista. Induktiosilmukka on kuitenkin häiriöiden suhteen huomattavasti parempi ratkaisu, joten FM-laitetta tulisi käyttää vain tiloissa, joihin silmukkaa ei ole, tai ei voida asentaa.

6 TILAN KARTOITUS, MITTAUKSET JA ÄÄNENSIIRTOJÄRJESTELMIEN VERTAILU

Neuvontakeskus Kunnonkotiin sopivan äänensiirtojärjestelmän valinta ja toteutus aloitettiin tilaan ja tilan toimintaan tutustumisella.

6.1 Tutustuminen tilaan

Neuvontakeskus Kunnonkoti on kaikille avoin esteetöntä asumista esittelevä vierailukeskus. Tilassa voi tutustua asumiseen liittyviin esteetömiin ratkaisuihin ja kokeilla tuotteita ja apuvälineitä. Tila on kooltaan 200 m² ja se on jaettu jälkikäteen rakennettujen kevytrakenteisten väliseinien avulla. Tilaan on mallinnettu erilaisia kodin huoneita kuten keittiö, olohuone, makuuhuone sekä kylpyhuone ja WC. Jokaisessa tilassa esitellään esteettömiä ratkaisuja: kiintokalusteita, huonekaluja ja kyseiseen tilaan sopivia apuvälineitä.

Kävijät tutustuvat Kunnonkotiin opastetuilla yksilö- tai ryhmäkäynneillä. Lisäksi tilassa pidetään koulutuksia ja tapahtumia. Tila toimii keskeisenä oppimisympäristönä Turun ammattikorkeakoulun eri alan opiskelijoille.



Kuva 4 Kunnonkoti sisäänkäynniltä kuvattuna [26]

Yhteysenkilön mukaan vierailijoita on vuosittain noin 2 500. Kävijät ovat sosiaali-, terveys- ja rakennusalan opiskelijoita ja ammattilaisia sekä yksityishenkilöitä. Yksityishenkilöistä suurin osa on ikääntyneitä. Ryhmävierailuissa sekä teemapäivien ja koulutuksien toteutuksissa ongelmaksi on muodostunut äänensiirtojärjestelmän puute. Kävijöiden joukossa on paljon huonokuuloisia ja kuulokojeen käyttäjiä, joille ryhmätilanteissa kuuleminen on haasteellista. Julkisissa tiloissa, kuten vierailukeskuksissa, ympäristön tulisi olla esteetön myös kuulemisen osalta.

Tilassa ei esiinny merkittäviä tai häiritseviä kaikuja. Tilan kattoon on asennettu akustii-kan parantamiseksi akustiikkalevyjä. Akustiikkaa parantavat myös huonekalut, verhot ja matot. Neuvontakeskuksen välittömässä läheisyydessä ei ole asennettuna induktio-silmukoita. Tila sijaitsee pohjakerroksessa, ja lähin tilan vieressä oleva silmukka on 1 kerroksen auditorioissa. Tämä ei kuitenkaan ole suoraan Kunnonkodin päällä, joten tästä ei induktiosilmukkaa ajatellen aiheudu häiriöitä.

6.2 Mittaukset

Tila mitattiin Mascheck ESM-100 -matalakenttämittarilla. Mittarilla on mahdollista mitata sähkö- ja magneettikenttiä samanaikaisesti niiden suunnista välittämättä. Mittarilla kytetään mittaamaan sähkö ja magneettikenttiä välillä 5 Hz – 400 kHz. Tämä taajuusväli kattaa lähes kaikki häiriöt, jotka voivat aiheutua elektroniikasta. Mascheck ESM-100 soveltuu mittausten suorittamiseen niin että sitä pidetään kädessä tai asettamalla se tason päälle.

Mittarin ominaisuuksia ovat seuraavat:

- sekä sähkö- että magneettikenttien samanaikainen mittaus
- taajuusväli 5Hz-400kHz
- mittaus väli 1nT – 20mT magneettikentille, ja sähkökentille 0,1V/m – 100kV/m
- tarkkuus $\pm 5 \%$
- standardoitu mittaus tämän mukaisesti DIN VDE 0848
- datan nauhoittaminen mahdollista 24h
- muistia 1 800 lukemaan /m

- neljä valittavaa filtteriä
- voi tehdä 1D mittauksia
- akun kesto 30h.

Mittari oli kädessä pidettäessä epätarkka, ja tulokset vaihtelivat paljon pienenkin liikkeen seurauksena. Tästä syystä mittaukset suoritettiin eri puolelta tilaa asettamalla mittari lepäämään alustalle mittapää suunnattuna mahdollisen häiriön suuntaan. Pohjapiirustus ja mittarin asetuspaikat on esitetty liitteessä 1.

Mittaukset osoittivat, että Neuvontakeskuksessa ei ole muita suuria häiriöitä aiheuttavia alueita kuin keittiössä sijaitseva sähköjohtojen suma. Tilassa olevat valaisimet eivät olleet mittausten ja kuuntelun perusteella ongelmallisia. [27]



Kuva 5 Nousujohdot [26]

6.3 Järjestelmien vertailu

Tilaan tutustumisen perusteella mahdollinen infrapunajärjestelmä äänensiirtoon hylättiin epäkäytännöllisenä. Tilan muoto, pylväät ja huonekokonaisuudet tuottavat liiaksi esteitä infrapunan tehokkaalle hyödyntämiselle. Myös kustannustehokkuuden näkökulmasta usean lähettimen asentaminen osoittautui kannattamattomaksi. Myös radioaajuuksilla toimiva FM lähetin todettiin induktiosilmukkaa huonommaksi ratkaisuksi kustannuksellisten syiden sekä käytettävyyden vuoksi.

Eri äänensiirtojärjestelmiin tutustumisen perusteella induktiosilmukka vaikutti parhaimmalta ratkaisulta. Sen avulla saadaan tila lähes kokonaisuudessaan katettua ja se oli vähiten häiriöinen äänensiirtoa ajatellen. Induktiosilmukka on kustannuksiltaan edullinen ja kävijöille helppokäyttöinen.

Mittausten perusteella todettiin että induktiosilmukan asentamiselle ei tilassa ole merkittäviä esteitä. Tämä varmistettiin asettamalla vapaa silmukka suurimman häiriökohdan välittömään läheisyyteen. Kuuntelemalla todettiin, että nousujohtojen läheisyydessä silmukka saa häiriöitä, jotka voidaan poistaa eristämällä johdot paremmalla materiaalilla. Muuten koko tila todettiin mittausten sekä kuuntelun tuloksena häiriöttömäksi silmukan kannalta. Induktiosilmukka tuottaa häiriötöntä ääntä, jota kuulijan on miellyttävä kuunnella.

6.4 Suunnitelma

Suunnitelma tehtiin 200 m²:in tilaan. Riittävän laadukkaan äänensiirron takaamiseksi vahvistimeksi on hyvä valita hieman tätä suurempaan tilaan tarkoitettu laite. Suositeltava on Induktiovahvistin, jossa luvataan riittävä vahvistus aina 500 m²:in tiloihin saakka. Johtimeksi suositellaan 2,5 mm²:in kaapelia, sillä tällä saadaan aikaan paras äänen-toisto. Johdin on Kunnonkodissa järkevin sekä helpoin asettaa kulkemaan lattianrajas-
sa seinän vierellä. Avointen huonekokonaisuuksien vuoksi johto on paras kuljettaa näiden editse esimerkiksi pienen lattialistan alla, joka ei kuitenkaan aiheuta kulkuvaikeutta esimerkiksi pyörätuolia käyttäville asiakkaille.

Vahvistimen sijoitukselle paras paikka on lähellä työpisteitä, jotta sen lähelle pääsee vaivatta ja vahvistimen säätäminen on helppoa. Paikka ei myöskään ole liian lähellä istuma-aluetta tai paikkoja missä asiakkaat ovat käyntinsä aikana kuuntelemassa puhujan esittelyjä. Suunniteltu silmukan asennus ja vahvistimen paikka esitetään liitteessä 1.

7 POHDINTA

Tietouden ja ymmärryksen kasvaessa suunnitelman tekeminen muodostui selkeäksi. Informaation kerääminen aiheista ei osoittautunut hankalaksi, sillä kokonaisuuteen kuuluvista asioista löytyi runsaasti luotettavaa tietoa sekä kirjallisuudesta että monilta verkkosivuilta. Aihealueesta löytyi muutama opinnäytetyö, mutta missään niistä ei aihetta käsitelty tämän opinnäytetyön näkökulmasta. Äänen ominaisuuksien ja tilojen ja materiaalien vaikutukset äänen siirtymiseen ja kuulemiseen auttoivat ymmärtämään huonokuuloisten vaikeuksia ja tilojen suunnittelun tärkeyttä, jotta jokaiselle voidaan taata parhaat mahdolliset edellytykset kuunteluun ja sen esteettömyyteen.

Käytännön kokeilut laitteilla osoittivat jo teoriassakin todetun induktiosilmukan parhaaksi ratkaisuksi myös toimeksiantajan tilaan. Induktiosilmukalla ääni saadaan siirtymään häiriöttömästi ja kuulotuntuma on huomattavasti intiimimpi kuin esimerkiksi FM-laitteen kautta siirretyssä äänessä. Laadullisesti induktiosilmukan kanssa hyvin lähelle päästään infrapunalla kautta siirretyllä äänellä. Infrapunalla on kuitenkin omat rajoituksensa esteettömyyden suhteen, ja kyseinen tila ei ole riittävän avara infrapunaratkaisun aikaansaamiseksi.

Silmukan sijoitukselle Neuvontakeskus Kunnonkotiin ei mittauksen ja kokeilujen jälkeen ilmennyt esteitä, joten kyseisen järjestelmän suosittelu on perusteltua. Muut järjestelmät jäivät selvästi jälkeen joko laadullisesti tai toteutuksen hankaluuden vuoksi. Induktiosilmukka on kustannustehokas vaihtoehto ja palvelee hyvin huonokuuloisia kuulokojeen käyttäjiä myös helppokäyttöisyytensä vuoksi.

8 YHTEENVETO

Työssä tutustuttiin kattavasti äänen ominaisuuksiin, kuuloaistiin, kuulon apuvälineisiin ja akustiikkaan sekä äänensiirtoon soveltuviin järjestelmiin. Toimeksiantajan tilaan tutustumisen jälkeen arvioitiin tilan kuunteluolosuhteet. Akustiikaltaan tila todettiin riittävän hyväksi, koska sinne oli asennettu kattoon akustiikkalevyjä ja tilassa oli runsaasti ääntä absorboivaa materiaalia, kuten kalusteita ja verhoja. Mahdollisten häiriöllisten kohtien arviointi suoritettiin magneettikenttiä mittaamalla. Tilassa kokeiltiin myös induktiosilmukan toimivuutta kommunikaattorilla ja sen T-kelalla, jolla saatiin varmistus häiriökohdan olemassaolosta. Infrapunalaitteet todettiin kokeilun jälkeen tilaan sopimattomaksi ratkaisuksi, ja FM-laitteet kenttätutkimuksen perusteella epäkäytännölliseksi ja kustannustehottomaksi vaihtoehdoksi.

Suunnitelmaan valittiin äänensiirtojärjestelmistä induktiosilmukka. Toimiakseen hyvin silmukka tarvitsee vähintään 500 m² alueen kattavan vahvistinyksikön, jotta tilaan sopiva riittävän laadukas äänentoisto on varmaa. Silmukkajohdoksi valittiin 2,5 mm² paksuinen johto, joka on yleisesti silmukkajohdoista suositelluin vaihtoehto. Silmukkajohto suositeltiin asennettavaksi lattiatasoon huoneen seinustalle, jolloin vältetään lähellä kattoa sijaistavat häiriöalueet. Vahvistinyksikön paikaksi valikoitui toimistotilan takakulmaus. Suunnitelma esitellään liitteessä 1.

LÄHTEET

- [1] Kuuloliitto RY, 2014, Kuuloliitto. Kuulo. Kuuleminen <http://www.kuuloliitto.fi/fin/kuulo/kuuleminen/> 11.8.2014
- [2] Harju M. 2012, Aaltomuoto. Äänen ominaisuuksia. Kuuleminen <http://aaltomuoto.wordpress.com> > ääni > äänitekniikan perusteet > äänen ominaisuuksia 11.8.2014
- [3] Kustannus OY Duodecim, 4.7.2012 Terveyskirjasto. Korvan rakenne http://www.terveyskirjasto.fi/terveysportti/tk.koti?p_artikkeli=ldk00586 11.8.2014
- [4] Oticon, 2014, Oticon. Lapset. Kuulotietoutta. Miten korva toimii <http://www.oticon.fi/children/facts/hearing/how-hearing-works.aspx> 19.4.2014
- [5] Kustannus OY Duodecim, 5.2.2008 Terveyskirjasto. Tinnitus http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=ati00006 19.4.2014
- [6] WHO, 2014, WHO, hearing impairment grades. http://www.who.int/pbd/deafness/hearing_impairment_grades/en/ 11.8.2014
- [7] Kuuloliitto RY, 2014, Kuuloliitto. Kuulo. Huonokuuloisuus. Erilaiset kuulovammat http://www.kuuloliitto.fi/fin/kuulo/huonokuuloisuus/erilaiset_kuulovammat/ 11.8.2014
- [8] Jauhiainen Tapani, Audiologia. Helsinki: Duodecim, 2008, 308s.
- [9] Suvanto Kari, Laajalehto Kari, Tekniikan Fysiikka 2. Helsinki: Edita 2006, 523s.
- [10] Joutsenvirta Aarre, 24.2.2009, Sibelius-Akatemia. Akustiikan perusteet. Peruskäsitteitä <http://www2.siba.fi/akustiikka/> > Peruskäsitteitä > Hertsit, sentti ja desibeli 11.8.2014
- [11] Wikipedia, 13.8.2014, Wireless <http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless> 13.8.2014
- [12] Rasa Jukka, Esteetön kuunteluympäristö 21.10.2013 Esku moniste 11.8.2014
- [13] F1 Suomen rakentamismääräys kokoelma, 2005, esteetön rakennus <http://www.finlex.fi/data/normit/28203-F1su2005.pdf> 13.8.2014
- [14] Rasa Jukka. 10.9.2012, Esteettömyys seminaari 11.8.2014
- [15] Kuuloliitto RY, 2014, Kuuloliitto. Kuulo. Apuvälineet <http://www.kuuloliitto.fi/fin/kuulo/apuvälineet/> 11.8.2014
- [16] Kuuloliitto RY, 2014, Kuuloliitto. Kuulo. Kuulokoje <http://www.kuuloliitto.fi/fin/kuulo/kuulokoje/> 11.8.2014
- [17] Kuuloliitto RY, 2014, Kuuloliitto. Kuulo. Kuulokoje. Kuulokojemallit <http://www.kuuloliitto.fi/fin/kuulo/kuulokoje/kuulokojemallit/> 11.8.2014
- [18] Kuuloliitto RY, 2014, Kuuloliitto. Kuulo. Kuulokoje. Kuulokojeen käyttö http://www.kuuloliitto.fi/fin/kuulo/kuulokoje/kuulokojeen_kaytto/ 11.8.2014
- [19] Helsingin kaupungin induktiosilmukkaohje, 31.1.2013, Helsingin kaupungin kiinteistövirasto <http://www.hel.fi/static/hkr/helsinkikaikille/ohjeet/induktiosilmukkaohje.pdf> 11.8.2014
- [20] Kuuloliitto RY, 2014, Kuuloliitto. Kuulo. Apuvälineet. Induktiosilmukka <http://www.kuuloliitto.fi/fin/kuulo/apuvälineet/induktiosilmukka/> 11.8.2014

[21] Rasa Jukka, 2.4.2012, Luentomateriaali ESKU <http://whm02.louhi.net/~satakiel/wp-content/uploads/2013/01/Jukka-Rasa-luento-verkosivuille.pdf>

[22] Avalarm, 2014, infrahear <http://www.avalarm.fi/pdf/current/Infrahear%20esite.pdf> 11.8.2014

[23] Kuuloliitto RY, 2014, Kuuloliitto. Kuulo. Apuvälineet. FM-laite <http://www.kuuloliitto.fi/fin/kuulo/apuvälineet/fm-laitteet/> 11.8.2014

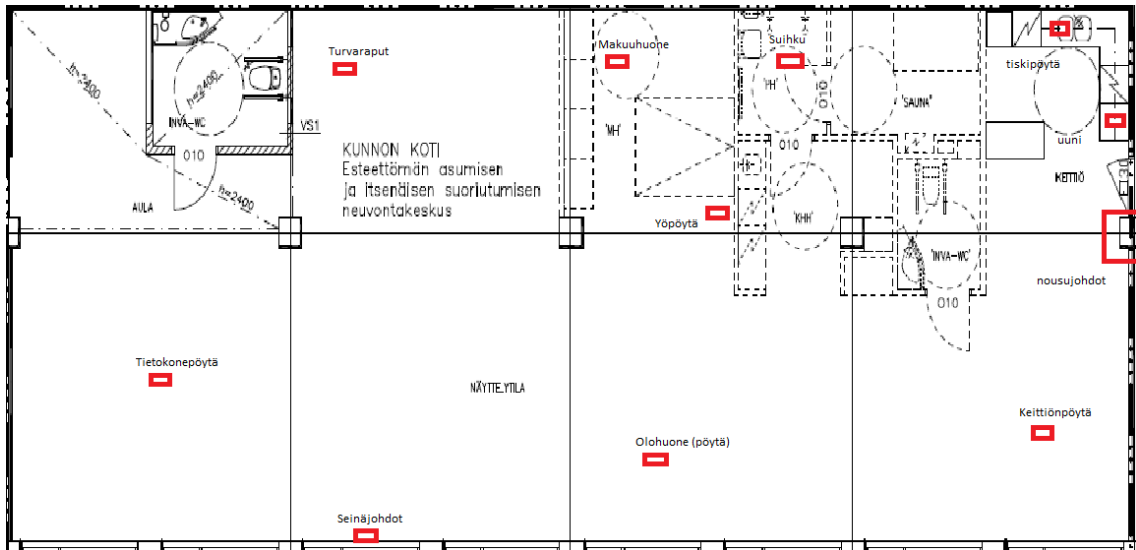
[24] KL-Support, 2014, FM-laite. <http://kl-support.fi/> > tuotteet > Kuulo > FM-laite 11.8.2014

[25] Kiili Johanna, Pollari Kirsi, 3.2012, lapsiasiainvaltuutetun toimiston julkaisu <http://www.kl-deaf.fi/> > Viestintä > Esitteet, oppaat, lomakkeet > Sähköiset julkaisut > Hei Kato Mua pdf 11.8.2014

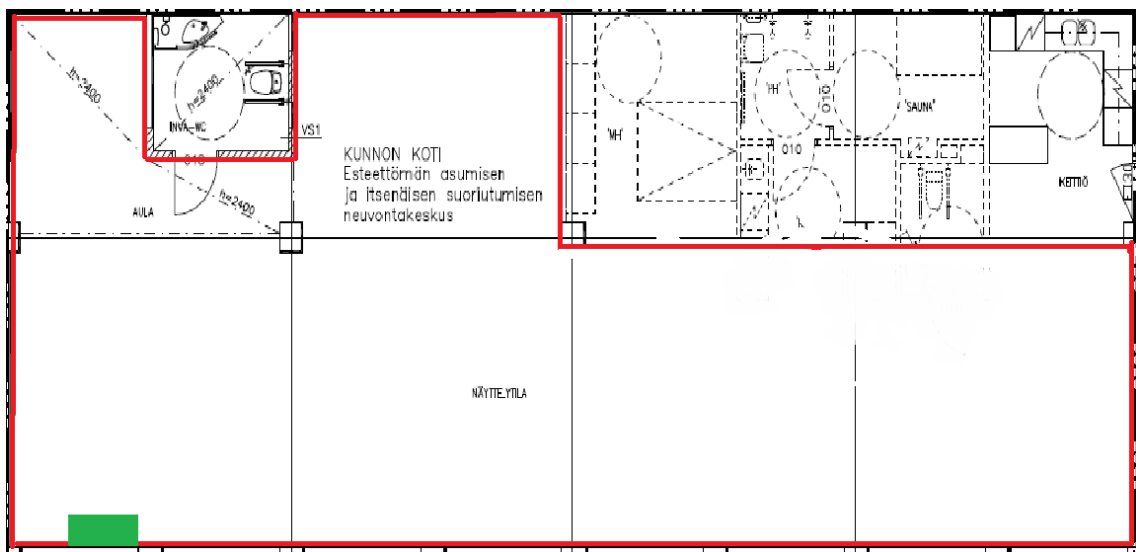
[26] Karlsson Akseli, 2014

[27] Caltest Oy, ei päivämäärää, sähkökentän ja magneettikentän mittari <http://www.caltest.fi/pdf/Macshek-ESM-100-uk.pdf> 11.8.2014

Magneettikenttien mittauspaiikat



Induktiosilmukka- suunnitelma



Mittauspaikka	Magneettikentän voimakkuus
Tietokonepöytä	108 nT
Seinäjohdot	86 nT
Turvaraput	90 nT
Makuuhuone	64 nT
Yöpöytä	434 nT
Olohuone (pöytä)	78 nT
Suihku	47 nT
Keittiöpöytä	200 nT
Uuni	418 nT
Tiskipöytä	141 nT
Nousujohdot (alhaalta ylös)	200 - 1800 nT