

# Ääneneristyksen tavallisimpia puutteita rakennuksissa

Reijo Heinonen, Pauli Sysiö

Rakenteiden Mekaniikka, Vol. 24  
No 1 1991, ss. 21 - 31

## TIIVISTELMÄ

Vuosina 1976-1978 selvitettiin pitkälaattatalojen ääneneristävyttä ja tutkittiin ihmisten viihtyvyyttä kerrostaloissa. Kyselyyn vastanneista 1182 perheestä noin kolmasosa koki asunnon ääneneristyksen huonoksi. Tilannetta on viime vuosien rakennuksissa pyritty parantamaan mm. eristävydeltään paremmilla rakenteilla ja vähämeluisammilla LVI-laitteilla, mutta asumisviihtyvyyteen vaikuttavia ääneneristys- ym. vikoja voidaan arvioida olevan edelleenkin yli 20 %:ssa asunnoista. Esityksessä tarkastellaan yleisimpiä ääneneristävyttä heikentäviä tekijöitä kuten koinssidenssi- ja resonanssi-ilmiöitä, sivutiesiirtymää ja ääniwuotoja sekä selvitetään keinoja välttää tai korjata ääneneristyksen puutteita.

### 1. Yleistä

Rakennusten ääneneristystä kartoitettiin laajemmin viimeksi vuosina 1976-1978, jolloin selvitettiin pitkälaattatalojen ääneneristävyttä sekä tutkittiin ihmisten viihtyvyyttä kerrostaloissa. Kyselytutkimukseen vastanneesta 1182 perheestä noin kolmasosa koki asunnon sisäisen ääneneristyksen huonoksi. Raportissa päädyttiin myös olettamukseen, jonka mukaan noin 10 % asukkaista häiriintyy ääneneristykseltään hyvissäkin taloissa.

Ääneneristyspuutteita on viime vuosien rakennuksista pyritty monin tavoin poistamaan. Ulkoseinien ääneneristyksestä on annettu määräyksiä asemakaavoissa, ääneneristykseltään tyyppihyväksytyjen tuotteiden (porrashuoneen ovet, lattianpäällysteet) käyttö on yleistynyt, vesikalusteet ovat huomattavasti hiljaisempia kuin 70-luvulla. Talopesulan ja lämmönjakohuoneen koneet ja laitteet ovat meluttomampia kuin ennen; toisaalta liikennemelu on kasvanut ja asuntojen sisämelu mm. äänentoistolaitteiden vuoksi lisääntynyt. Kun asuntojen koko on hintojen nousun vuoksi pienentynyt, se on vähentänyt tilasuunnittelun mahdollisuuksia. Myös parantunut ulkoseinien ääneneristävyys on todennäköisesti lisännyt talon sisäisen melun erotettavuutta ja häiritsevyyttä.

Edellisen perusteella voidaan siis arvioida ääneneristys- ym. vikoja olevan yli 20 %:ssa kaikista asunnoista. Tämä prosenttiluku lienee tänäänkin suuruusluokaltaan oikein, koska taloissa ja niiden rakenteissa tapahtuneet muutokset ovat olleet pieniä: jotkut rakennejärjestelmät ovat poistuneet käytöstä ja on rakennettu muutama koetalo, joissa ääneneristykseen on erityisesti paneuduttu. Toivottavasti tulevaisuuden rakennejärjestelmiä kehitettäessä pohditaan ääneneristyskysymyksiä rinnan muun työn kanssa.

## 2. Äänen etenemisreitit

Rakennuksissa ääni etenee kaikkia rakenteita pitkin, mutta joidenkin rakenteiden kautta äänienergiaa siirtyy enemmän kuin toisten. Betoniseinän poraus kuuluu koko kivitallossa, puuseinän poraus enintään seinän takana naapurissa. Tuolloin rakennusrungon värähtely, runkoääni aiheuttaa ilmäänen, jonka me kuulemme. Usein itse ilmääni aiheuttaa rakenteessa värähtelyn, joka kuuluu toisessa tilassa. Ilmääneneristävyys tarkoittaa sitä, minkä verran vähemmän "lähetystilassa" mitattua ilmääntä kuuluu toisessa tilassa.

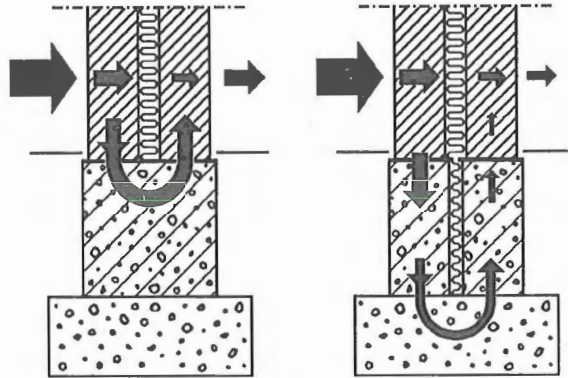
Runkoäänien etenemisreitti rakennusrungossa voi olla:

- erottavan seinän läpi,
- sivuavan rakenteen, seinän, katon, lattian kautta,
- erottavasta seinästä sivuavaan rakenteeseen ja siitä edelleen,
- sivuavasta rakenteesta erottavaan seinään ja siitä edelleen.

Ilma väliaineena ääni voi edetä tilasta toiseen:

- rakojen ja läpivientien kautta,
- viereisen tilan kautta.

Kokonaiseristävyyttä usein ratkaisevasti heikentäviä tekijöitä ovat rungon väärät materiaalit ja/tai liitokset. Jos toisaalta rakenteen värähtely muuttuu välillä ilmääneksi ts. rakenne on katkaistu, ääneneristys yleensä paranee (ks. kuva 1).

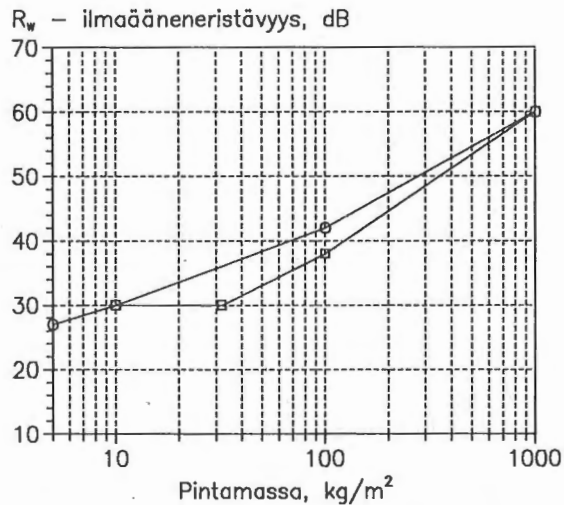


Kuva 1. Äänen sivutiesiirtymä perustuksen kautta ja siirtymän pienentäminen käyttämällä halkaistua perustusta: ääneneristävyyks paranee n. 10 dB.

### 3. Ilmaääneneristävyys

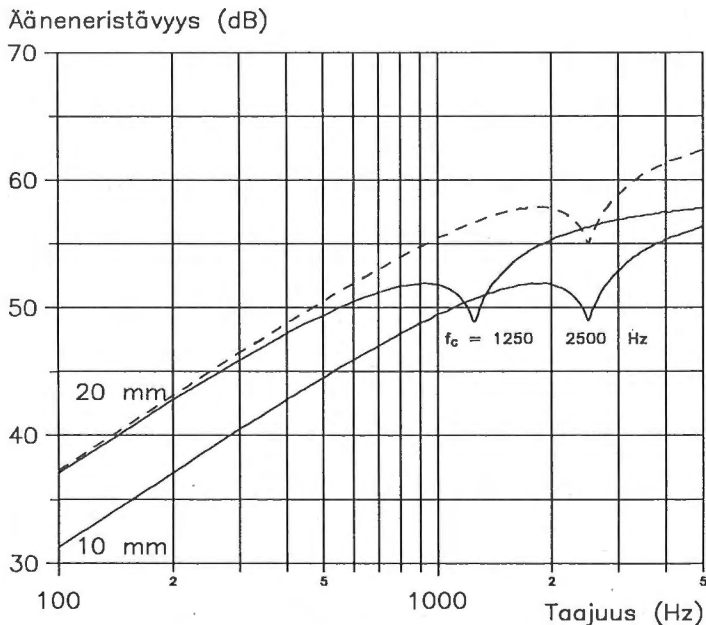
#### Yksinkertaiset rakenteet

Massiivisten rakenteitten ääneneristävyyden on todettu riippuvan rakenteen massasta pinta-alayksikköä kohden likimain kuvan 2 mukaisesti.



Kuva 2. Rakenteen ilmaääneneristävyys pintamassan (kg/m<sup>2</sup>) funktiona:  
 a) kokeellisesti määritetty massariippuvuus (ylempi käyrä),  
 b) edellinen käyrä koinsidenssi vaikutus huomioon ottaen.

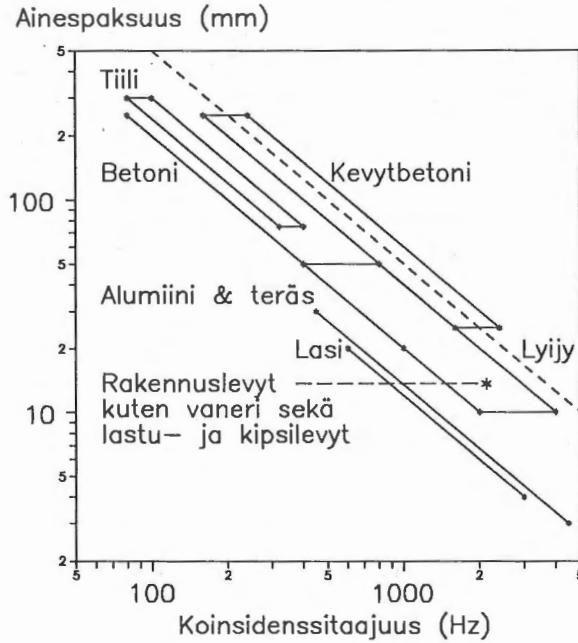
Erottavan rakennusosan ilmaääneneristävyys kasvaa siis 4 - 6 dB massan kak-sinkertaistuessa, mutta ns. koinsidenssivaikutus voi heikentää lopputulosta. Tämä johtuu siitä, että ääniäallon kohdatessa seinän vinosti, se aiheuttaa rakennusosassa poikittaista värähtelyä, ns. taivutusaallon. Kun tulevan äänen ja rakennusosalle ominaisen taivutusaallon taajuus on sama, syntyy koinsidenssi. Matalin yhteinen taajuus on rajataajuus  $f_c$  - ääneneristävyys voi olla huono oktaavin tai kaksi sen molemmin puolin. Rakenteita, joissa koinsidenssitaajuus on ns. kriittisellä eli (mitattavan) ääneneristävyysalueella, on vanhoissa rakennuksissa paljon! Kuvassa 3 nähdään 10 mm kipsilevyyn perustuvalla kol-melle rakenteelle "simuloitu" ääneneristävyys koinsidenssineen ja kuvassa 4 eräiden rakennusmateriaalien rajataajuuden  $f_c$  riippuvuus ainespaksuudesta.



Kuva 3. Paksuuden ja kiinnitystavan vaikutus levyrakenteiden ääneneristä-vyyteen. Alin käyrä esittää yhtä 10 mm kipsilevyä, keskimääräinen kahta levyä yhteenliimattuna ja ylin ruuvein yhdistettynä.

Kerrostalojen rakenteet ovat yleensä massaltaan riittäviä. Rivitaloaluoneistojen väliset seinät sen sijaan rakennetaan joskus liian ohuiksi/keveiksi, esim. 200 mm

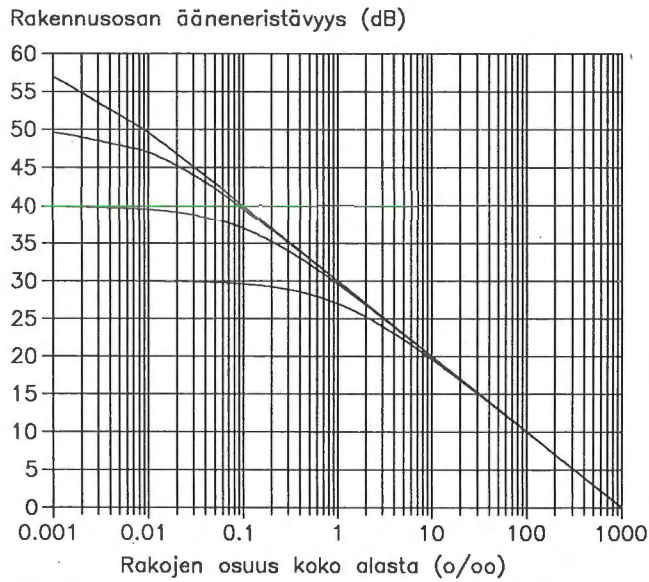
kalkkihiekkatiiliseinä ei tavallisesti riitä. Yksinkertaisten rakenteiden ääneneristyskyky riippuu myös kytkennöistä muihin rakenteisiin: sama seinä antaa erilaisia tuloksia, kun seinän päät on tuettu tai ne ovat vapaina.



Kuva 4. Rakennuslevyjen ja -materiaalien koinssidenssitaajuuden riippuvuus ainespaksuudesta.

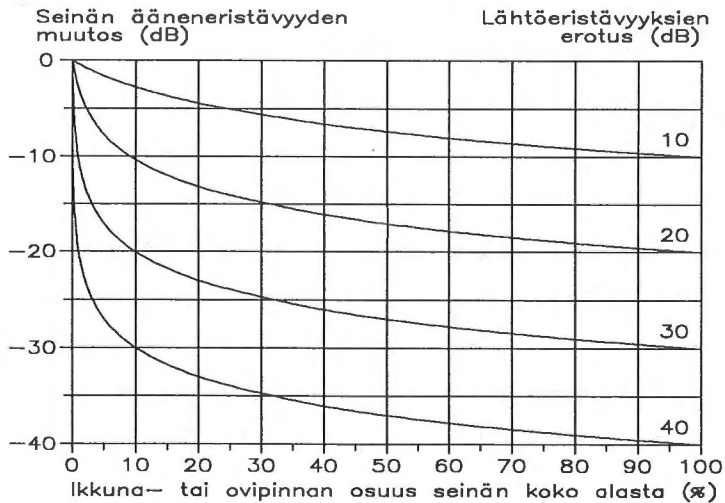
Merkittävän tekijän muodostavat erottavassa rakenteessa olevat aukot ja kolot, ne tulisi sulkea tarpeeksi raskaalla materiaalilla (rakennusaikaiset kulkuaukot peitetään usein liian kevyesti). Lisäksi tulee erottavan (väliseinä) rakenteen ulottua riittävän syväälle kevyeseen sivuvaan rakenteeseen, jotta ääni ei pääse "kiertämään". Rivitaloissa huoneistojen välisen seinän on ulotuttava vähintään 100 mm ulkoseinän tai yläpohjan lämmöneristeeseen. Palomääräykset vaativat yläpohjassa palokatkon, joka voisi olla myös "äänikatko".

Elementtirakentamisessa voivat raot tai kolot joskus unohtua listan tai alaslaskun taakse tai läpiviennit jäädä kunnolla tiivistämättä ja ääneneristävyys pahasti heiketä, kuten kuvasta 5 nähdään.



Kuva 5. Rakojen (tai reikien) vaikutus rakennusosan ääneneristävyyteen (laskettuna pelkästään pinta-alasuhteen perusteella).

Rakenteeltaan tiiviskin, mutta huonosti ääntä eristävä osa pilaa erottavan rakenteen ääneneristävyyden helposti, kuten kuvasta 6 nähdään.



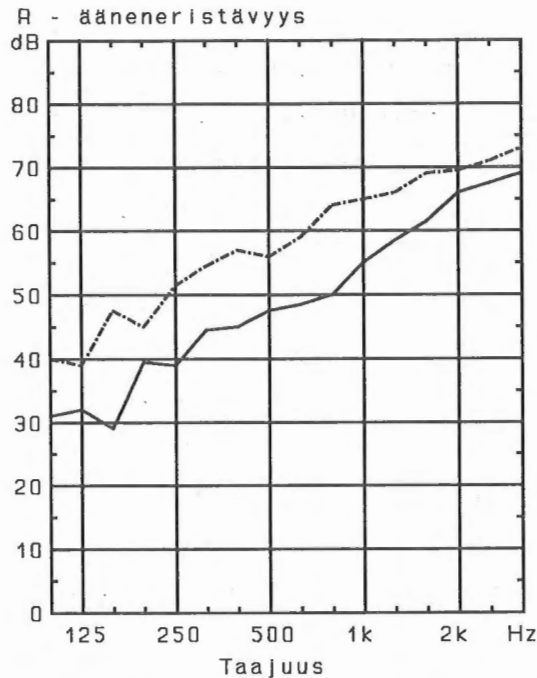
Kuva 6. Ääneneristävyydeltään heikomman rakenteen vaikutus rakennusosan äänenristävyyteen.

## Sivuavat rakenteet

Jos sivuavan rakenteen koinsidenssitaajuus on haitallisella alueella ja rakenne on lujasti kiinnitetty erottavaan rakenteeseen, tilojen välinen ääneneristys heikkenee selvästi. Kerrostalossa tällaisia tilanteita tulee, jos ulkoseinärakenteen sisemmän osan muodostaa esim. betoni < 60 mm, syrjätiilimuuraus, kevytbetoni tai lämpöeristeen päälle tehty rappaus. Huoneiden väliset kevytbetoniset tai muut kevyet kiviaineiset seinät toimivat samalla tavoin. Rivitaloissa tavallisin ääneneristävyyttä heikentävä tekijä on lattia: täytönvarainen ohut lattialaatta on kiinni erottavassa seinässä. Edellä mainitut sivuavat rakenteet on irrotettava erottavasta rakenteesta tai liitoksesta on tehtävä joustava esim. mineraalivillan, polyuretaanin, puun, korkin, tms. avulla; lisäksi rakenne tulisi katkaista (huoneistoja) erottavan rakenteen kohdalta. Jos sivuava rakenne sen sijaan on riittävän raskas ja jäykkä, on hyvä kiinnittää tiukasti se erottavaan rakenteeseen, jonka värähtely samalla pienenee ja ääneneristävyys paranee.

## Kaksinkertaiset rakenteet

Kaksinkertaisen rakenteen ääneneristävyys on enimmillään kummankin osan eristävyys summa lisättynä välitilan äänenvaimennuksella. Tämä maksimitulos saavutetaan harvoin, lähimpänä voi olla ikkunarakenne, jossa lasiväli on erittäin suuri, esim. 400 mm. Jotta kaksoisrakenteilla kuten tiili-, betoni- ja levyseinillä saavutettaisiin hyvä tulos, seinäpuoliskojen on oltava täysin irti toisistaan (ks. kuva 7). Sivuvassa rakenteessa tulisi kiviainesseinien tapauksessa olla katkaisu (esim. liikuntasäily), samoin sivutiesiirtymää aiheuttavat rakenteet kuten ohuet maavaraiset tai uivat lattialaatat olisi aina katkaistava seinän kohdalta. Seinäpuoliskot pitäisi sijoittaa sauman eri puolille (vrt. myös kuva 1). Toinen (tosin virhealtis) mahdollisuus on kiinnittää seinäpuoliskot joustavasti ympäröivään rakenteeseen.



Kuva 7. Kaksinkertaiselle Siporex-väliseinälle (150 mm + 30 mm mineraalivillaa + 150 mm) mitattu ääneneristävyys, kun seinäpuoliskoilla on  
a) yhteinen betonikehys:  $R_w = 50$  dB,  
b) kummallakin oma toisesta irrallinen kehüksensä:  $R_w = 61$  dB.

Kaksinkertaisen rakenteen välitilan vaimentaminen esim. mineraalivillalla parantaa ääneneristävyyttä merkittävästi, koska tällöin vaimennusta tapahtuu myös välitilan ominaistajuuudella, millä esiintyvä resonanssi-ilmio usein pilaa ääneneristystä koinsidenssin lisäksi. Kaksoisrakenne toimii resonanssitaajuuden alapuolella kuten vastaavanpainoinen yksinkertainen rakenne. Resonanssitaajuuden pitää olla alle 90 Hz, jotta saavutetaan hyvä ääneneristävyys. Kun seinän tai välipohjan päälle asennetaan levy, lautaparketti tms. siten, että välitila jää pieneksi, resonanssitaajuus tulee mittausalueelle ja ääneneristävyys huononee tilojen välillä. Haitta on tuntuva silloin, kun verhottava rakenne on kevyt.



## Ulkovaippa

Ulkoseinän ääneneristyspuutteet löytyvät yleensä ikkunoista, tuuletusluukuista tai parvekeovista. Yleisin vika on puutteellinen tiiviys, mutta rakennusosat voivat muutenkin olla ääneneristykseltään heikkoja (esim. tavalliset umpiolasi-ikkunat). Varsinainen seinäosa on tavallisesti hyvin ääntäeristävä, lukuunottamatta polyuretaani- tai polystyreenieristeistä kevyttä seinää, joka voi olla huonompikin kuin ikkunaosa. Myös yläpohjan ääneneristys saattaa olla riittämättömän lentomelualueella tai vilkkaan liikenneväylän varrella. Parannusta saavutetaan raskaammilla rakenteilla.

### 4. Askelääneneristävyys

Askelääneneristävyys määräytyy siitä, miten rakenne "siirtää" ns. askelääni-kojeen aiheuttamaa melua naapuritilaan. Melu mitataan askeläänepainetasona, josta lasketaan askeläänitasoluku. Askelääntä voidaan pienentää vaimentamalla iskuja ja/tai rakenteesta ilmaan siirtyvää ääntä esim. levyverhouksella. Raskas välipohjarakenne voi antaa hyvän tuloksen jo tavanomaisen joustavapohjaisen lattianpäällysteen avulla. Suuressa huoneessa tulos on huonompi kuin pienessä, jossa värähtelevää välipohja- ja kiviseinäpintaa on vähemmän. Erilaisille välipohja-päällysteyhdistelmille laskettava askeläänitasoluku pätee enintään 50 m<sup>3</sup> huoneissa, suuremmissa tiloissa tulos voi olla 1-3 dB huonompi.

### **Betoniset välipohjat**

Lattianpäällysteelle mitattu kyky vaimentaa iskuja on käytännössä samanlainen eri betonivälipohjilla. Vaimennusta tapahtuu vähiten pienillä ja varsin paljon suurilla taajuuksilla, jos päällyste on joustava. Välipohjan värähtelyyn vaikuttaa rakenteen massa ja jäykkyys. Ontelolaatta on jäykempänä parempi pienillä taajuuksilla, mutta kevyempänä huonompi suurilla taajuuksilla kuin massiivinen

välipohjalaatta. Hyvä joustavapohjainen muovimatto antaa tavanomaiselle ontelolaatalle (n. 380 kg/m<sup>2</sup>) asennettuna paremman askeläänitasoluvun kuin esim. 190 mm massiivivälipohjalle (460 kg/m<sup>2</sup>) asennettuna.

Lautaparketti täyttää sopivan alustan kanssa askeläänivaatimukset tavallisille välipohjarakenteille asennettuna. Korkkikerroksen kera lattiaan liimattu mosaiikkiparketti ei sitä yleensä tee, enintään massiiviselle välipohjalaatalle asennettuna, ja silloinkin vain, kun huone on pieni. Tarpeeksi joustava korkkikerros puolestaan heikentää rakenteen kestävyyttä. Mosaiikkiparketti on kuitenkin suosittu lattianpäällyste, vaikka siitä aiheutuu selvää äänihaittaa alakerran naapurille. Rivitalossa askeläänitilanne on myös vaakasuunnassa huono, jos alapohja on yhtenäinen ja mosaiikkiparketti liimataan alustaan ilman korkkikerrosta.

Jos välipohjarakenne on kevyt tai ohut, askeläänivaatimuksen täyttäminen on vaikeaa. Usein lattialaatan pintakerroksen, lisävalun tms. irtoaminen huonontaa tilannetta. Jos välipohjan päälle tehdään uiva laatta, sen päälle käy kovakin päällyste esim. klinkkeri. Uivissa lattioissakin voi olla työvirheitä, esim. äänisilloja, jolloin lopputulos on huono. Uivan lattian resonanssitaajuuden on oltava alhainen, mieluummin alle 90 Hz; taajuus riippuu lattialevyn massasta ja alusrakenteen dynaamisesta jäykkyydestä.

### **Puuvälipohjat**

Puuvälipohjien ääneneristysviat aiheutuvat liian kevyestä/väärästä rakenteesta. Hyvä puuvälipohja käsittää 2-3 levykerrosta, joiden välissä on sopiva pahvi tai huopa ja alla ainakin osittainen mineraalivillatäyte sekä joustavasti välipohjan runkoon kiinnitetty alapuolinen levyverhous, joka on hyvin tiivistetty. Askelääneneristävyys on tällaisella välipohjalla hyvä päällysteettäkin, samoin ilmaääneneristävyys on riittävä.

## 5. Muut äänihaitat rakennuksessa

Tilojen välinen ilmaääneneristys saattaa heikentyä teknisten laitteiden muodostaman reitin kuten ilmanvaihtokanaviston, kaapelikourun tai lämpöjohtoverkoston kautta. Melua voi aiheutua erilaisista laitteista, esim. veden virtauksesta sekoittajissa, vesijohdoissa tai viemäriputkissa. Hissin kolahdukset tai ilmastoinnin äänet voivat kuulua liikaa. Moneen edelläolevaan haittaan löytyy nykyisin ratkaisu, usein auttaa parempi sijoitussuunnittelu tms...

### KIRJALLISUUTTA

Brüel & Kjær 1988: Measurements in Building Acoustics.

Kristensen, J. Bygningers lydisolering. Ældre bygninger. Statens Byggeforskningsinstitut, Anvisning 136 (1983).

Malinen, U., Sneck, T. Viihtyvyys ja ääneneristävyys kerrostaloissa. Yhteenvetomittaus- ja kyselytutkimuksesta. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Tiedonanto 41 (1978).

Parmanen, J., Heinonen, R., Sivonen, V. Kaksinkertaisen tiiliseinän ääneneristävyys. Äänen sivutiesiirtymä perustuksen kautta. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 919 (1989).

Parmanen, J., Sysiö, P., Heinonen, R. Rakennuksen ääniolojen parantaminen. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 1034 (1989).

Pohjalainen, P.J., Parmanen, J. Pitkäläattalojen ääneneristys. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Tiedonanto 24 (1976).

Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry. Korjausrakentaminen IV. Runkorakenteet. RIL 174-4 (1988).

Wahlström, S. Ljudriolerade konstruktioner. Laboratoriemätningar av radhusväggar, lätta och tunga system, infästningsförhållanden. Statens råd för byggnadsforskning, Arbetsrapport 1:1965 (om en nordisk konferens i BFR's regi: BYGGNADSAKUSTIKEN I BRÄNNPUNKTEN).

Reijo Heinonen ja Pauli Sysiö, VTT/LVI-tekniikan laboratorio