

# SPEKTRISOVITUSTERMIEIN KÄYTTÖ VÄLIPOHJIEIN ASKELÄÄNENERISTYKSEIN ARVIOINNISSA

**Mikko Kylliäinen**

Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy  
mikko.kylliainen@helimaki.fi

## 1 JOHDANTO

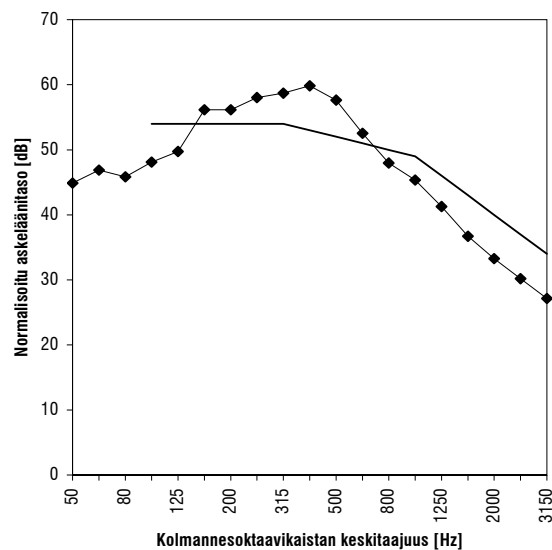
Rakenteiden askelääneneristystä on 1960-luvulta saakka arvioitu askeläänitasoluvulla  $L'_{n,w}$ , joka lasketaan  $10 \text{ m}^2$  vertailuabsorptioalaan normalisoiduista standardoidun askeläänikojeen aiheuttamista askeläänitasoista (kuva 1). Askeläänitasot mitataan kolmannesoktaavikaistoit-tain keskitaajuudesta 100 Hz keskitaajuuteen 3150 Hz. Askeläänitasoluku luetaan vertailu-käyrältä 500 Hz kohdalta.

Askelääneneristykseän mittausmenetelmään kehitys alkoi Saksassa 1930-luvulla, jolloin askel-äänikoje kehitettiin [1]. Vertailukäyrämenettely kehitettiin 1950-luvulla, ja menetelmä stan-dardoitiin kansainvälisesti 1960-luvun alussa [2]. Pian tämän jälkeen julkaistiin ensimmäiset artikkelit, joissa osoitettiin, että askeläänitasoluku ei kaikissa tapauksissa vastaa kovin hyvin kerrostaloasukkaiden subjektiivisia käsityksiä askelääneneristyksestä [3-4]. Selitykseksi tähän on todettu kaksi tekijää:

1. Askeläänikojeen tuottama äänispektri ei vastaa kävelyn aiheuttamaa äänispektriä. Askeläänikoje suunniteltiin aikanaan siten, että se tuottaa riittävän korkeita mitattavissa olevia äänitasoja koko mittausalueella [5].
2. Kävelystä syntyvä äänispektri painottuu useimmiten mitattavan taajuusalueen alapuo-lle välipohjan rakenteesta ja materiaalista riippumatta [esim. 4, 6-8].

Standardin määrittelemän askeläänitasoluvun korvaavaa paremmin subjektiivisia arvioita vastaavaa mittausmenetelmää on yritetty löytää kehittämällä uudenlainen äänilähde. Tämä on kuitenkin osoittautunut vaikeaksi. Toinen lähestymistapa ongelmaan on ollut se, että kauan käytössä olleen ja ominaisuuksiltaan hyvin tunnetun askeläänikojeen puutteet on hyväksytty, mutta ne on pyritty korjaamaan kehittämällä uudenlainen vertailukäyrä. Nämä vaihtoehdot vertailukäyrät [4, 7, 9] eivät kuitenkaan ole saaneet kansainvälistä hyväksyntää, joskin läh-teessä 9 esitettyä menetelmää on käytetty pohjoismaissa puurakenteiden askelääneneristykseän arvioinnissa [esim. 10-11].

Askelääneneristykseän virallinen mittausmenetelmä on esitetty standardeissa ISO 140 ja ISO 717. Standardeja uusittaessa 1990-luvulla standardissa ISO 717-2 [12] esitettiin uusi mene-telmä askelääneneristykseän arvioimiseen: spektrisovitustermit  $C_1$  ja  $C_{1,50-2500}$ . Edellinen näyt-tää vastaavan standardista aiemmin poistettua sääntöä, jonka mukaan mitatun askeläänitaseän suurin sallittu poikkeama vertailukäyrästä sai olla enintään 8 dB [13]. Jälkimmäisen avulla voidaan ottaa huomioon myös kolmannesoktaavikaistat 50, 63 ja 80 Hz. Tämän artikkelin tarkoituksena on tutkia, onko spektrisovitustermien käyttö suomalaisten välipohjarakenteiden askelääneneristykseän arvioinnissa perusteltua.



Kuva 1. Askeläänitasoluku luetaan 500 Hz kohdalta vertailukäyrältä, jonka muoto on standardoitu.

## 2 SPEKTRISOVITUSTERMIT

Kentällä mitatut spektrisovitustermit lasketaan mitatuista normalisoiduista askeläänitasoista  $L'_{n,i}$  sekä askeläänitasoluvusta  $L'_{n,w}$  seuraavasti:

$$C_I = 10 \lg \sum_{i=1}^j 10^{L'_{n,i}/10} - 15 - L'_{n,w}$$

Spektrisovitustermi  $C_I$  lasketaan taajuuskaistoilla 100-2500 Hz ja  $C_{I,50-2500}$  taajuuskaistoilla 50-2500 Hz. Mitatut spektrisovitustermit ilmoitetaan standardin mukaan askeläänitasoluvun kanssa seuraavasti:  $L'_{n,w} (C_I; C_{I,50-2500}) = 49 (1; 3)$  dB. Kansallisissa standardeissa asuntojen väliset askelääneneristysvaatimukset ilmoitetaan usein myös askeläänitasoluvun ja spektrisovitustermin summana [11].

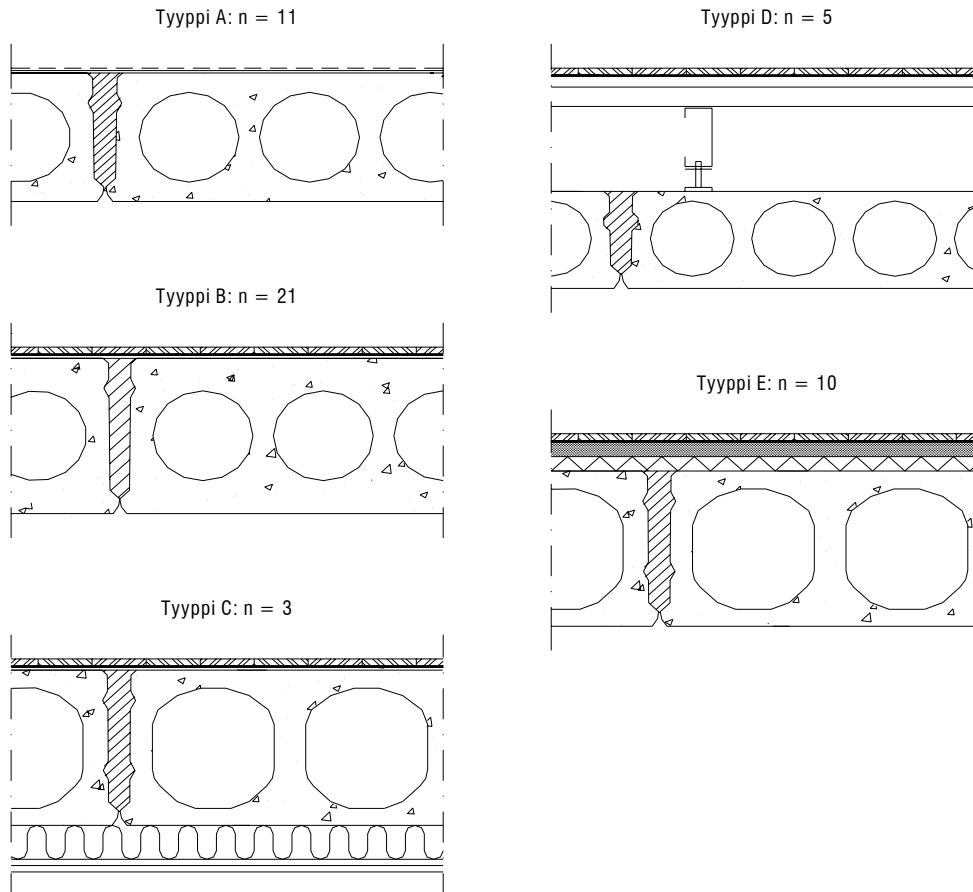
Tuoreiden tutkimusten mukaan spektrisovitustermin  $C_{I,50-2500}$  käyttö askelääneneristyksen arvioinnissa tuottaa 17 prosenttiyksikköä korkeamman korrelaation asukkaiden subjektiivisten käsitysten kanssa kuin askeläänitasoluku  $L'_{n,w}$  [14].

## 3 MITATUT VÄLIPOHJARAKENTEET

Suomessa rakentamismääräyskokoelman ääneneristystä koskeva osa C1 uudistettiin vuonna 1998 [15]. Spektrisovitustermejä ei uudistuksen yhteydessä otettu käyttöön, joten suomalaisien välipohjarakenteiden askelääneneristysominaisuuksia alle 100 Hz taajuusalueella ei tunneta. On kuitenkin olemassa viitteitä siitä, että tietyt välipohjarakenteet koetaan häiritsevinä alle 100 Hz taajuusalueella esiintyvien resonanssien vuoksi [13]. Siksi spektrisovitustermin  $C_{I,50-2500}$  käyttö voisi olla perusteltua.

Tätä selvitystä varten on laskettu spektrisovitustermit  $C_I$  ja  $C_{I,50-2500}$  vuoden 1999 jälkeen mitatuille 50 tyypilliselle välipohjarakenteella. Kaikki mittaukset on tehty uusissa asuinkerrostoissa ennen rakennusten luovutusta asukkaille. Kaikki mitatut välipohjarakenteet täyttävät Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C1 vaatimukset, joiden mukaan suurin sallittu

askeläänitasoluku asuinhuoneistojen välillä on 53 dB. Mitattujen välipohjatyypien rakennepiirakkeet on esitetty kuvassa 2; kuvassa esitetyn ontelolaataston lisäksi kantavana rakenteena mitatuissa välipohjissa on ollut myös paikalla valettu betonilaatta.

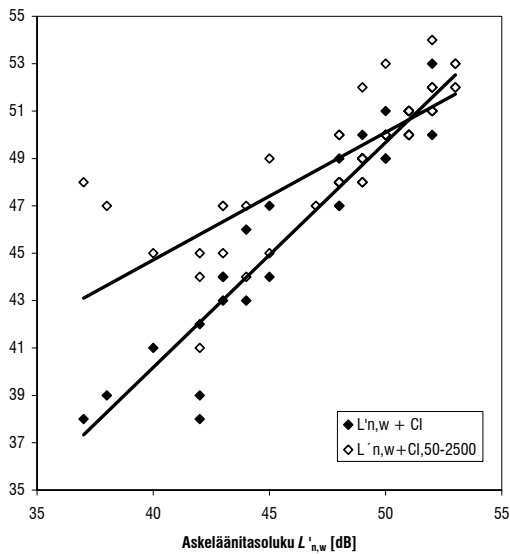


Kuva 2. Mitattujen välipohjien rakennepiirakkeet. Tyypin A lattianpäällyste on muovimatto ja tyypin B lautaparketti joustavine alusmateriaaleineen. Tyyppi C vastaa lattianpäällysteeltään tyyppiä B, mutta kantavan rakenteen alapuolella on lisäksi kipsilevyalakatto. Tyypissä D on asennuslattia ja tyypissä E kelluva lattia.

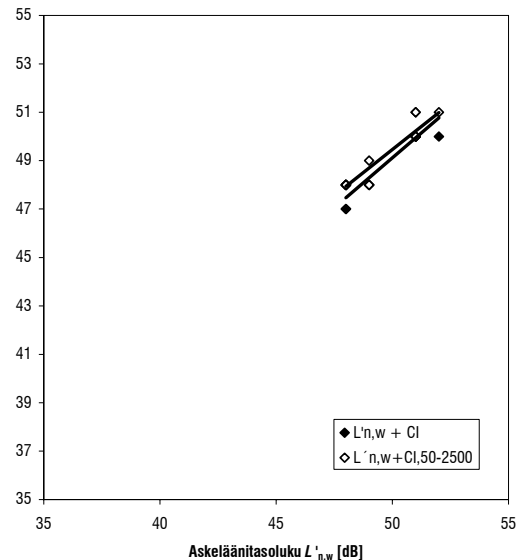
## 4 VÄLIPOHJARAKENTEIDEN ASKELÄÄNENERISTYS

### 4.1 Mittaustulokset

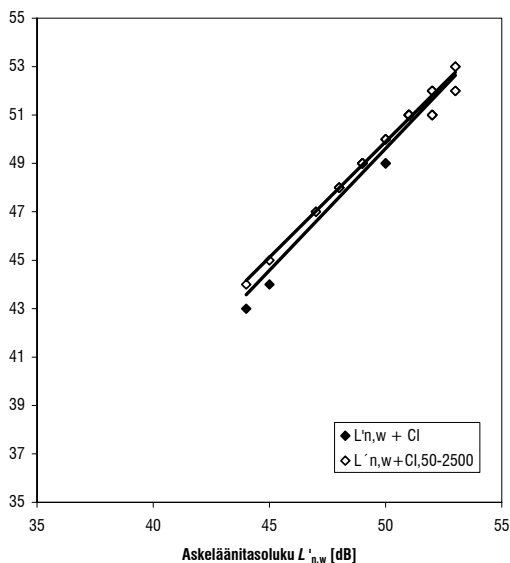
Kuvissa 3-6 on esitetty askeläänitasoluvun  $L'_{n,w}$  funktiona askeläänitasoluvun ja spektrisovitusstermien summat ( $L'_{n,w} + C_1$  ja  $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$ ) sekä mittaustuloksiin sovitettut regressiosuorat kaikista 50 mitatusta välipohjasta ja erikseen tyypeistä A, B ja E.



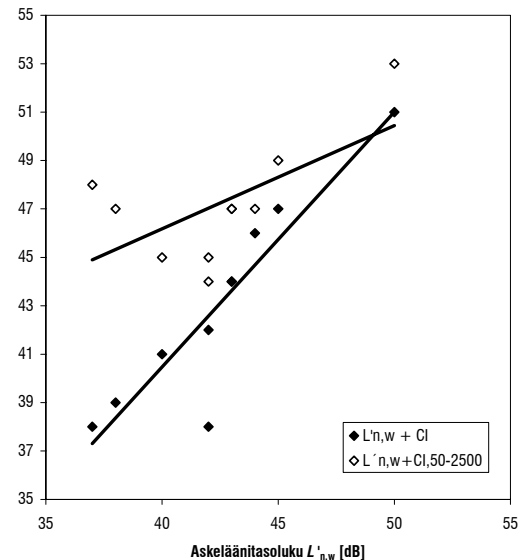
Kuva 3. Kaikkien välipohjien mittaustulokset askeläänitasoluvun funktiona.



Kuva 4. Välipohjatyypin A mittaustulokset askeläänitasoluvun funktiona.



Kuva 5. Välipohjatyypin B mittaustulokset askeläänitasoluvun funktiona.



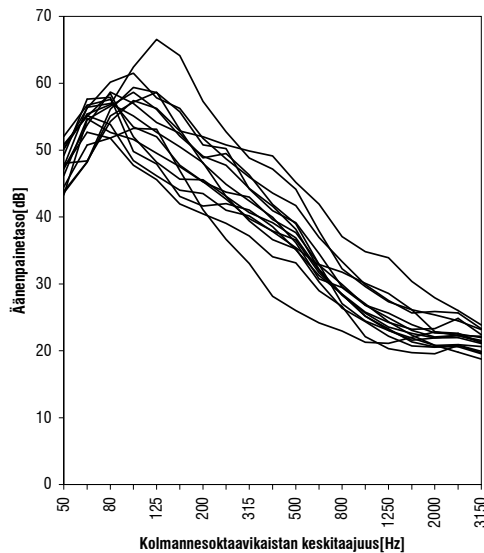
Kuva 6. Välipohjatyypin E mittaustulokset askeläänitasoluvun funktiona.

## 4.2 Välipohjarakenteiden erot

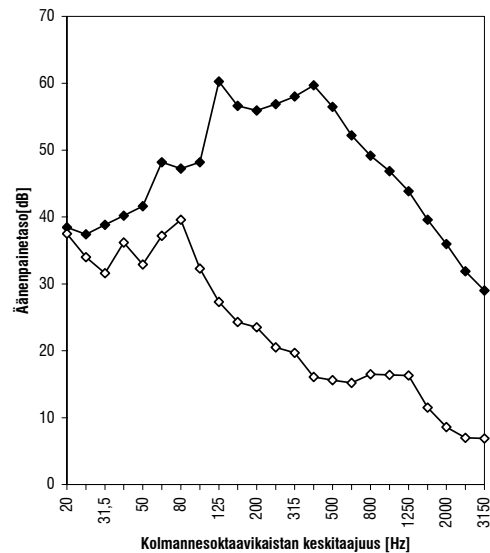
Kuvat 4 ja 5 osoittavat, että muovimatolla ja lautaparketilla päällystetyt välipohjat asettuvat samaan järjestykseen riippumatta siitä, määritetäänkö niille pelkästään askeläänitasoluku tai jompikumpi summista  $L'_{n,w} + C_I$  tai  $L'_{n,w} + C_{I,50-2500}$ : askeläänitasoluvun ja summien ero on 0 tai 1 dB. Välipohjatyypille D spektrisoivustermin  $C_I$  arvo on 0...1 dB ja termin  $C_{I,50-2500}$  arvo 2...3 dB.

Kelluvien lattioiden askeläänitasoluvut ovat tyypillisesti 5...10 dB parempia kuin muovimatoilla tai lautaparketilla päällystettyjen välipohjien. Spektrisovitustermin  $C_1$  arvo kelluville lattioille vaihtelee välillä -4...2 dB ja termin  $C_{1,50-2500}$  arvo 2...11 dB. Suurimmillaan arvoksi on mitattu 9 dB ja 11 dB välipohjilla, joiden askeläänitasoluvut ovat 38 dB ja 37 dB. Määrittäessä termi  $C_{1,50-2500}$  kelluville lattioille niiden etu muihin lattiatyyppeihin verrattuna siis pienenee tai jopa häviää.

Ero askeläänitasoluvun ja summan  $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$  välillä on suurin, kun askeläänitasoluku on pieni ja korkeimmat äänitasot ovat alle 100 Hz taajuusalueella. Tällaiset rakenteet ovat tuottaneet runsaasti valituksia heikosta askelääneneristyksestä. Kuvassa 7 on askeläänispektri 15 kelluvasta lattiasta, jotka on mitattu vuosina 2001 ja 2002 valitusten johdosta. Välipohjien askeläänitasoluvut olivat 36...53 dB, joten kaikki välipohjat täyttivät rakentamismääräyskoelman vaatimukset. Sitä vastoin spektrisovitustermin  $C_{1,50-2500}$  arvo oli enimmillään 9 dB.



Kuva 7. Äänispektrit valituksia tuottaneista kelluvista lattioista.



Kuva 8. Lautaparketilla päällystetyn ontelolaataston (massa  $510 \text{ kg/m}^2$ ) tuottamat askeläänitasot, kun herätteenä on askeläänikoje ja kävely.

Kuvassa 7 näkyy 100 Hz taajuuskaistan molemmiin puolin kelluvan rakenteen resonanssi. Lautaparketin ja joustavan alustan resonanssi on yleensä 500 Hz tienoilla, ja äänitaso samaa luokkaa kuin kelluvilla lattioilla, mutta kävely ei herätä lautaparketin resonanssitaajuutta (kuva 8). Kävelyn aiheuttamista äänitasoista kelluvilla lattiarakenteilla ei ole mittaustuloksia, mutta kelluvan lattian resonanssitaajuus on lähempänä kävelyn herätettä, mikä saattaa selittää sen, että kelluvien lattioiden askelääneneristystä pidetään subjektiivisesti heikkona.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Spektrisovitustermin  $C_{1,50-2500}$  käyttö muuttaa välipohjarakenteiden järjestyksen siten, että kelluvien lattioiden etu verrattuna muovimatoilla tai lautaparketilla päällystettyihin välipohjiin pienenee ja monissa tapauksissa häviää. Spektrisovitustermin  $C_{1,50-2500}$  mittaaminen on aiheellista, sillä näin voidaan saada aikaan asukkaiden kannalta paremmat ääniolosuhteet ja

vähentää valitusten määrää. Suurempien työ- ja materiaalikustannustensa vuoksi heikoimpien kelluvien lattioiden käyttö ei välttämättä ole perusteltua, sillä niillä ei saavuteta tavoitteena olevaa parempaa askelääneneristystä. Haluttaessa tavallista parempi ilmäääneneristys asuinhuoneistojen välille kelluva lattia on kuitenkin käytännössä ainoa ratkaisu. Tällöin rakenteen ominaistajuus tulisi mitoittaa mahdollisimman alhaiseksi.

## LÄHTEET

1. GASTELL A, Schalldämmungen in der Praxis und Vorschläge zur Normung des Schallschutzes von Wohnungstrennwänden und Decken. *Akustische Zeitschrift* **1**(1936), 25-35.
2. CREMER L, *Der Sinn der Sollkurven. Schallschutz von Bauteilen*. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1960.
3. MARINER T, Technical problems in impact noise testing. *Building Research* **1**(1964), 53-60.
4. FASOLD W, Untersuchungen über den Verlauf der Sollkurve für den Trittschallschutz im Wohnungsbau. *Acustica* **15**(1965), 271-284.
5. GÖSELE K, Zur Meßmethodik der Trittschalldämmung. *Gesundheitsingenieur* **70**(1949), 66-70.
6. WATTERS B G, Impact noise characteristics of female hard heeled foot traffic. *The Journal of the Acoustical Society of America* **37**(1968), 619-630.
7. GERRETSEN E, A new system for rating impact sound insulation. *Applied Acoustics* **9**(1976), 247-263.
8. BLAZIER W E & DUPREE R B, Investigation of low-frequency footfall noise in wood-frame, multifamily building construction. *The Journal of the Acoustical Society of America* **96**(1994), 1521-1533.
9. BODLUND K, A Alternative reference curves for evaluation of the impact sound insulation between dwellings. *Journal of Sound and Vibration* **102**(1985), 381-402.
10. KERONEN A & KYLLIÄINEN M, *Sound insulating structures of beam-to-column framed wooden apartment buildings*. Tampere University of Technology, Laboratory of Structural Engineering, Publication 77, Tampere 1997.
11. HVEEM S, *Trehus I flere etasjer – Lydteknisk prosjektering*. Norges byggforskningsinstitutt, Anvisning 37, Oslo 2000.
12. ISO 717-2, *Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 2: Impact sound insulation*. International Organization for Standardization, Genève 1996.
13. KYLLIÄINEN M & HELIMÄKI H, Effects of new sound insulation requirements on concrete floors in Finland. *Joint Baltic-Nordic Acoustical Meeting*, 26.-28.8.2002, Copenhagen.
14. HAGBERG K, Ratings adapted to subjective evaluation for impact and airborne sound and its application in building regulations – a literature survey. *17<sup>th</sup> International Congress on Acoustics*, 2.-7.9.2002, Rome.
15. SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA, *Osa C1: Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa*. Ympäristöministeriö, Helsinki 1998.