

# ÄÄNENERISTYS PUUTALOSSA



Tero Lahtela  
Mikko Kylliäinen  
Jesse Lietzén  
Ville Kovalainen  
Lauri Talus

2021

**PUUINFO**

# ALKUSANAT

**A**änenieristys puutalossa -ohjeeseen on koottu puurakennuksen äänenieristävyyden suunnittelussa tarvittava keskeinen tieto. Tarkoituksena on antaa käytännönläheisiä ohjeita äänenieristävyyden suunnitteluun ja havainnollistaa puurakenteisten rakennusosien akustista toimintaa. Ohjeessa käsitellään nykyisin käytössä olevia puurakennusten rakennusjärjestelmiä niin rankarakenteiden kuin massiivipuurakenteiden näkökulmasta. Ohje sisältää 1.1.2018 voimaan astuneen ympäristöministeriön asetuksen 796/2017 määräykset rakennuksen ääniympäristöstä sekä 1.4.2019 voimaan astuneessa ympäristöministeriön asetuksessa 360/2019 esitetyt muutokset.

Äänenieristys puutalossa -ohje on tarkoitettu arkkitehti-, rakenne- ja talotekniikkasuunnittelijoille suunnittelun apuvälineeksi, jolla ohjataan oikeanlaisten suunnitteluratkaisujen käyttöön jo esisuunnitteluvaiheessa. Tällä vähennetään uudelleensuunnittelua myöhemmissä vaiheissa ja poistetaan rakennusvirheitä. Äänenieristys puutalossa -ohje soveltuu hyvin myös opetusmateriaalina käytettäväksi alan oppilaitoksissa.

Tässä teoksessa rakennusosien yhteydessä esitetyt äänenieristävyyden lukuarvot ovat suuntaa-antavia ja laskennallisia eikä niitä täten voida sellaisenaan käyttää suunnitelmissa. Tämä johtuu siitä, että yksittäisen rakennusosan äänenieristävyyden lukuarvot eivät yksin kerro tilojen välisestä äänenieristävyydestä, koska rakenteelliset sivutiesiirtymät vaikuttavat äänenieristävyyteen merkittävästi. Sivutiesiirtymien vaikutus korostuu erityisesti puurakentamisessa, koska puurakennusjärjestelmiä on paljon ja jokaisessa niistä käytetään erilaisia rakennusosien liittymiä ja liitoselimä. Edellisistä johtuen rakennuskohteen lopulliset suunnitteluratkaisut määritellään aina yhteistyössä akustiikkasuunnittelijoiden kanssa. Akustiikkasuunnittelija tulisi olla mukana kohteen suunnittelussa jo hyvin varhaisessa vaiheessa.

Tämän teoksen käsikirjoituksen on laatinut rakennusinsinööri Tero Lahtela. Teoksen tarkastuksen ja siinä esitetyt rakennusosien äänenieristävyyden laskennalliset tarkastelut on tehnyt TkT Mikko Kylliäinen, DI Jesse Lietzén, DI Ville Kovalainen ja TkK Lauri Talus. Työn on rahoittanut Rakennustuotteiden Laatu Säätiö sr sekä ympäristöministeriö. Parhaat kiitokset kaikille hankkeeseen osallistuneille ja sitä edistäneille.

Helsingissä toukokuussa 2021

**Anu Turunen**

projektipäällikkö, Puuinfo

**Julkaisija ja kustantaja**

Puuinfo Oy, Snellmaninkatu 13, 00170 Helsinki  
p. 010 212 7670, info@puuinfo.fi

**Käsikirjoitus ja piirrokset**

Insinööritoimisto Lahtela Oy

**Tarkastus ja laskelmat**

A-Insinöörit Suunnittelu Oy

**Taitto**

Punamusta Oy, Sisältö- ja suunnittelupalvelut,  
Eira Rantanen

**Painopaikka**

Punamusta Oy

# SISÄLLYS

ALKUSANAT .....	1
SISÄLLYS.....	2
MÄÄRITELMIÄ .....	4
<b>1 AKUSTIIKAN KÄSITTEITÄ .....</b>	<b>6</b>
1.1 ÄÄNI.....	6
1.2 ÄÄNENPAINETASO.....	8
1.3 ÄÄNENTAAJUUS .....	8
1.4 KOINSIDENSIN RAJATAAJUUS.....	10
1.5 OMINAISTAAJUUS.....	11
1.6 RESONANSSI-ILMIÖ .....	11
1.7 LEIKKAUSAALTOJEN RAJATAAJUUS.....	12
<b>2 ÄÄNENERISTÄVYYS.....</b>	<b>13</b>
2.1 ILMÄÄNENERISTÄVYYS .....	13
2.2 RAKENNUSOSAN ILMATIIVIYS .....	14
2.3 TILOJEN VÄLISEN ILMÄÄNENERISTÄVYYDEN MITTAAMINEN.....	15
2.4 ILMÄÄNENERISTÄVYYDEN MITTAUSTULOSTEN TULKINTA.....	15
2.5 VÄLIPOHJAN ASKELÄÄNENERISTÄVYYS .....	17
2.6 VÄLIPOHJAN ASKELÄÄNENERISTÄVYYDEN MITTAAMINEN.....	17
2.7 ASKELÄÄNENERISTÄVYYDEN MITTAUSTULOSTEN TULKINTA .....	18
<b>3 RAKENNUSOSIEN AKUSTINEN TOIMINTA .....</b>	<b>20</b>
3.1 YKSINKERTAINEN RAKENNE.....	20
3.2 YKSINKERTAISEN RAKENTEEN ILMÄÄNENERISTÄVYYS .....	20
3.3 YKSINKERTAISEN RAKENTEEN ASKELÄÄNENERISTÄVYYS .....	21
3.4 KAKSINKERTAINEN RAKENNE .....	23
3.5 KAKSINKERTAISEN SEINÄN ILMÄÄNENERISTÄVYYS .....	23
3.5.1 Seinän levyjen vaikutus ilmääneneristävyteen .....	23
3.5.2 Kaksinkertaisen rankaseinän ohjauspuiden vaikutus ilmääneneristävyteen .....	31
3.5.3 Seinän ontelon täytteen vaikutus ilmääneneristävyteen.....	31
3.5.4 Seinän ontelon paksuuden vaikutus ilmääneneristävyteen.....	31
3.5.5 Kaksoisrunkoseinän runkopuoliskojen kytkentä (taulukot 5 ja 6 ovat tulossa) .....	31
3.6 KAKSINKERTAISEN VÄLIPOHJAN ASKELÄÄNENERISTÄVYYS.....	37
3.6.1 Jousirankakaton vaikutus askelääneristävyteen.....	38
3.6.2 Kelluvan lattian vaikutus askelääneristävyteen .....	40
3.6.3 Kiinteän pintalattian vaikutus askelääneristävyteen.....	40
3.6.4 Lattiapinnoitteen vaikutus askelääneristävyteen .....	42
3.6.5 Väliohjan rungon jäykkyyden vaikutus ilma- ja askelääneristävyteen .....	48
3.6.6 Palkkirakenteisen väliohjan ontelon vaikutus ilma- ja askelääneristävyteen .....	48
3.6.7 Asennuslattian vaikutus askelääneristävyteen .....	49
3.7 TILAELEMENTTIEN VÄLIPOHJAT .....	51
3.7.1 Lattiarakenteen vaikutus ilma- ja askelääneristävyteen.....	51
3.7.2 Kattorakenteen vaikutus ilma- ja askelääneristävyteen .....	51
3.7.3 Väliohjan ontelon vaikutus ilma- ja askelääneristävyteen.....	51

<b>4</b>	<b>RAKENTEELLISET SIVUTIESIIRTYMÄT .....</b>	<b>55</b>
<b>5</b>	<b>MÄÄRÄYKSET JA OHJEET TILOJEN VÄLISELLE ÄÄNENERISTYKSELLE .....</b>	<b>60</b>
5.1	PÄÄKÄYTTÖTARKOITUKSEN MUKAISTEN TILOJEN ÄÄNENERISTÄVYYS.....	60
5.2	MUIDEN TILOJEN ÄÄNENERISTÄVYYS.....	60
5.3	PARVEKKEET, VIHERRUONEET JA KATTOTERASSIT .....	60
<b>6</b>	<b>TALOTEKNISTEN LAITTEIDEN AIHEUTTAMA MELU JA TÄRINÄ.....</b>	<b>66</b>
6.1	LAITTEIDEN OMINAISUUDET .....	68
6.2	VAAKASUUNTAISET VIEMÄRIT.....	68
6.3	PYSTYSUUNTAISET VIEMÄRIT .....	75
6.4	KÄYTTÖVESI- JA LÄMMÖNJAKOJÄRJESTELMÄ.....	77
6.5	ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ .....	77
6.6	ILMALÄMPÖPUMPPU .....	80
6.7	LÄPIVIENNIT .....	80
6.8	HISSI.....	80
<b>7</b>	<b>ULOSKÄYTVÄ.....</b>	<b>83</b>
7.1	HUONEISTON OVI.....	83
7.2	PORTAAT JA TASANTEET.....	83
<b>8</b>	<b>ULKOVAIPAN ÄÄNENERISTÄVYYS .....</b>	<b>85</b>
8.1	OHJEARVOT ULKOVAIPAN ÄÄNENERISTÄVYYDELLE .....	85
8.2	ULKOVAIPAN ÄÄNENERISTÄVYYDEN MÄÄRITTÄMINEN .....	86
8.3	ULKOSEINÄN ÄÄNENERISTÄVYYS .....	86
8.4	YLÄPOHJAN ÄÄNENERISTÄVYYS.....	88
8.5	IKKUNOIDEN ÄÄNENERISTÄVYYS .....	89
8.6	PARVEKE- JA TERASSINOVIEEN ÄÄNENERISTÄVYYS.....	89
8.7	MUUT KEINOT ULKOISEN MELUN HALLINTAAN .....	89
8.8	MAALIIKENTEEN AIHEUTTAMA TÄRINÄ JA RUNKOMELU .....	89
<b>9</b>	<b>TILAN HUONEAKUSTIIKKA .....</b>	<b>91</b>
9.1	HUONEAKUSTIIKAN MERKITYS.....	91
9.2	TILAN HUONEAKUSTIIKAN VAIKUTUS KOETTUUN ÄÄNENERISTÄVYYTEEN .....	91
9.3	ABSORPTIOMATERIAALIT .....	91
9.4	JÄLKIKAIUNTA-AIKA JA PUHEENSIIRTOINDEKSI .....	93
<b>10</b>	<b>KORJAUSRAKENTAMINEN .....</b>	<b>95</b>
10.1	MÄÄRÄYKSET .....	95
10.2	PUURAKENTEISET JULKISIVUELEMENTIT .....	95
10.3	PUURAKENTEINEN LISÄKERROS .....	95
10.4	VÄLISEINÄN ÄÄNENERISTÄVYYDEN PARANTAMINEN .....	95
<b>LISÄTIETOA.....</b>		<b>98</b>
	MÄÄRÄYKSET JA SUOSITUKSET .....	98
	YLEISTEOKSIA.....	98
	TUTKIMUSKIRJALLISUUTTA.....	98
<b>LIITE 1</b>	<b>Rakennetyypit .....</b>	<b>101</b>
<b>LIITE 2</b>	<b>Rakennedetaljit.....</b>	<b>134</b>

# MÄÄRITELMIÄ

Tässä esitetään akustiikkaan liittyviä määritelmiä. Lisää akustiseen suunnitteluun liittyviä määritelmiä esitetään ympäristöministeriön ohjeessa Ääniympäristö.

## ABSORPTIOALA

Absorptioala on tilan ääntä absorboivien pintojen pinta-ala kerrottuna pintojen absorptiosuhteella.

## ABSORPTIOSUHDE

Pinnan absorboiman ja siihen kohdistuvan äänitehon suhde. Absorptiosuhde voi saada lukuarvon nolasta yhteen siten, että absorptiosuhde on 0 äänen heijastuessa pinnasta täysin ja 1 äänen absorboituessa pintaan täysin.

## ASKELÄÄNI

Muihin tiloihin kuuluva runkoääni, jonka aiheuttaa esimerkiksi kulkeminen lattialla tai portaissa, esineiden putoaminen, huonekalujen siirtely tai tavarankuljetus.

## ASKELÄÄNENERISTYS

Rakennusosan, rakennusosien muodostaman kokonaisuuden tai materiaalin kyky eristää lattiarakenteeseen kohdistetun askelten ääntä tai esineen putoamista muistuttavan iskun vaikutuksesta leviävää ääntä.

## ASKELÄÄNITASOLUKU $L'_{nt,w} + C_{1,50-2500}$ [dB]

Askeläänitasoluku, jossa on mukana spektripainotusermi (SFS-EN ISO 717-2).

## DESIBELI [dB]

Äänenvoimakkuutta kuvaava suhdeluku. Desibeliasteikko on logaritminen ja se yhdistää äänenpaineen suhteelliset muutokset kuulon vasteeseen.

## ENIMMÄISÄÄNITASO $L_{AFmax,T}$ [dB]

Tarkasteluajanjaksona  $T$  esiintynyt voimakkuudeltaan suurin äänitaso määritellyllä aikapainotuksella  $F$  (fast) ja  $A$ -taajuuspainotuksella. Enimmäisäänitasoon sisältyy koko mitattava taajuusalue 20...20 000 Hz. Mittalukua  $L_{AFmax,T}$  sovelletaan taloteknisten laitteiden akustisessa suunnittelussa ja vaatimusten todentamisessa.

## ILMAÄÄNI

Äänilähteestä ympäristöön ilman välityksellä leviävä ääni, kuten puhe, musiikki, äänentoistolaitteiden ääni tai erilaisten taloteknisten laitteiden aiheuttama ääni.

## ILMAÄÄNENERISTYS

Rakennusosan, rakennusosien muodostaman kokonaisuuden tai materiaalin kyky eristää äänilähteestä ympäristöön ilman välityksellä leviävää ääntä.

## ILMAÄÄNENERISTÄVYYS $R$ [dB]

Ilmaääneneristävyys ilmaisee tietyllä taajuuskaistalla tilasta toiseen tai rakennusosan kautta sen toiselle puolelle siirtyneen äänitehon suhteessa rakennusosan kohdanneeseen äänitehoon.

## ILMAÄÄNENERISTYSLUKU $R_w$ [dB]

Taajuuskaistoittain taajuusalueella 100...3150 Hz mitatuista tai mallinnetuista ilmaääneneristävyyksistä  $R$  laskettu mittasuure (SFS-EN ISO 717-1).

## IMPULSSIMAINEN MELU

Melu on impulssimaista, jos siinä on kuulohavainnoin erotettavissa olevia melun haitallisuutta lisääviä lyhytkestoisia ja useasti päivittäin yöaikaan toistuvia ääniä.

## JATKUVA LAAJAKAISTAINEN ÄÄNI

Jatkuva keskeytymätön tai toistuva ääni, joka sisältää paljon taajuuksia laajajakaistalla taajuusalueella. Tällaista ääntä voi syntyä esimerkiksi poistoilmalaitteesta tai lämpöpattereista.

## JÄLKIKAIUNTA-AIKA $T$ [s]

Aika, jonka kuluessa äänilähteen huoneeseen tuottama äänenpainetaso äänilähteen vaiettua alenee 60 dB. Jälkikaiunta-ajat esitetään tavallisesti taajuuskaistoittain. Jälkikaiunta-ajan vaatimuksella tarkoitetaan pisintä oktaavikaistoilla 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz ja 2000 Hz esiintyvää jälkikaiunta-aikaa normaalisti kalustetussa huoneessa.

## KAPEAKAISTAINEN MELU

Melu on kapeakaistaista, jos siinä on kuulohavainnoin erotettavissa olevia melun haitallisuutta lisääviä vinkuvia, ulisevia tai sireenimäisiä ominaisuuksia. Äänen kapeakaistaista ei voida arvioida, jos tiedot ovat käytettävissä vain oktaavikaistoittain ja lähtökohtaisesti ne tulisi olla käytettävissä vähintään kolmasosaoktaavikaistoittain.

## KESKIÄÄNITASO $L_{Aeq,T}$ [dB]

$A$ -painotetun äänenpaineen keskimääräistä tehollisarvoa määritellyllä aikavälillä  $T$  vastaava äänitaso.

## KOINSIDENSSI

Koinsidenssi on ilmiö, jossa levyn pintaan tietyssä kulmassa osuvan ääniaaltorintaman aiheuttama värähtely levyssä on aallonpituudeltaan samanlainen kuin ääniaaltorintaman levyn suuntaisen komponentin aallonpituus. Koinsidenssi-ilmiö on voimakkaimmillaan levyille ominaisella koinsidenssin rajataajuudella  $f_c$ .

## PIENITAAJUINEN MELU

Pienitaajuusella melulla tarkoitetaan tässä ohjeessa taajuusalueella 20...200 Hz esiintyvää melua.

## PUHEENEROTETTAVUUS

Puheen selvyttä tilassa kuulijan kannalta kuvaava subjektiivinen käsite. Puheenerotettavuus on täydellinen, jos keskimäärin 100 % puhutuista sanoista kuullaan oikein.

## PUHEENPEITTO

Puheäänen selvytyden vähenemistä tilassa kuulijan kannalta kuvaava käsite. Puheenpeitto on täydellinen, jos puheenerotettavuus häviää. Puheenpeittoa toteutetaan puheenpeittojärjestelmällä, johon ei sovelleta talotekniselle järjestelmälle asetettuja vaatimuksia.

## PUHEENSIIRTOINDEKSI $S_{T1}$

Mittalaitteella mitattavissa tai laskennallisesti arvioitavissa oleva mittaluku, joka kuvaa huonetilan puheenerotettavuutta ja ottaa huomioon tilan kaiun, taustäänitason puhetta peittävän vaikutuksen ja puheen äänivoimakkuuden. Puheensirtoindeksin arvo 0 tarkoittaa, että tilassa satunnaisesti luetelluista tavuista ei yhdestäkään saada selvää ja arvo 1, että jokaisesta tavusta saadaan selvää.

## RUNKOÄÄNI

Rakenteesta tai muussa kiinteästä kappaleesta etenevä mekaaninen värähtely, joka aiheuttaa ilmaaääntä.

## SPEKTRIPAINOTUSERMI $C$

Spektripainotusermi  $C$  ottaa huomioon raideliikenne- ja lentomelun puheäänestä poikkeavan luonteen. Ilmaääneneristyslukua  $R_w + C$  käytetään rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyyden mitoittamiseen raideliikenne- ja lentomelua vastaan (SFS-EN ISO 717-1).

## SPEKTRIPAINOTUSERMI $C_{tr}$

Spektripainotusermi  $C_{tr}$  ottaa huomioon tieliikennemelun puheäänestä poikkeavan luonteen. Ilmaääneneristyslukua  $R_w + C_{tr}$  käytetään rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyyden mitoittamiseen tieliikennemelua vastaan (SFS-EN ISO 717-1).

## SPEKTRIPAINOTUSERMI $C_{1,50-2500}$

Spektripainotusermi  $C_{1,50-2500}$  laajentaa askelääneneristävyyden mitattavaa taajuusalueetta taajuuskaistoille 50 Hz, 60 Hz ja 80 Hz sekä ottaa huomioon yksittäisillä taajuuskaistoilla koko taajuusalueella esiintyvät suuret poikkeamat vertailukäyrästä. Spektripainotusermi otetaan huomioon vain silloin, kun sen arvo on suurempi kuin nolla (SFS-EN ISO 717-2).

## STANDARDISOITU ASKELÄÄNITASO $L'_{nt}$ [dB]

Standardisoitu askeläänitaso kuvaa tietyllä taajuuskaistalla askeläänikojeella tuotetun äänen voimakkuutta toisessa tilassa, jonka jälkikaiunta-aika on 0,5 s (SFS-EN 16283-2).

## STANDARDISOITU ASKELÄÄNITASOLUKU $L'_{nt,w}$ [dB]

Standardisoitu askeläänitasoluku kuvaa askeläänikojeella tuotetun äänen voimakkuutta toisessa tilassa, jonka jälkikaiunta-aika on 0,5 s. Askeläänitasoluku lasketaan taajuusalueella 100...3150 Hz mitatuista askeläänitasoista  $L'_{nt}$  (SFS-EN ISO 717-2).

## STANDARDISOITU ÄÄNITASOERO $D_{nt}$ [dB]

Standardisoitu äänitasoero ilmaisee lähetyshuoneessa mitatun äänenpainetaso ja vastaanottohuoneessa mitatun äänenpainetasoeron tietyllä taajuuskaistalla, kun vastaanottohuoneen jälkikaiunta-aika on 0,5 s (SFS-EN ISO 16283-1).

## STANDARDISOITU ÄÄNITASOEROLUKU $D_{nt,w}$ [dB]

Taajuuskaistoittain taajuusalueella 100...3150 Hz mitatuista tai mallinnetuista äänitasoeroista  $D_{nt}$  laskettu mittasuure (SFS-EN ISO 717-1).

## TAAJUUS [Hz]

Taajuus vastaa kuultavan äänen korkeutta. Äänen taajuus riippuu ilmamolekyylien värähtelyn nopeudesta ja sitä mitataan värähtelysyklien määränä sekunnissa eli hertseinä [Hz]. Ihmisen kuulon kannalta keskeinen taajuusalue on 20...20 000 Hz. Taajuutta tarkastellaan usein taajuuskaistoina.

## TAAJUUSKAISTA

Tarkasteltava äänen taajuusjakauma voidaan jakaa pienempiin osiin eli taajuuskaistoihin. Tavallisesti käytetään oktaavikaistoja ja kolmannesoktaavikaistoja. Kun äänen korkeus kasvaa oktaavin, sen taajuus kaksinkertaistuu. Taloteknisten laitteiden äänitehotaso sekä rakennusmateriaalien absorptiosuhteet ja tilan jälkikaiunta-aika ilmoitetaan tavallisesti oktaavikaistoittain. Kolmannesoktaavikaistoittain ilmoitetaan ilmaääneneristävyyden, standardisoitun äänitasoero ja standardisoitun askeläänitaso.

## TÄRINÄ

Haitalliseksi koettu rakenteen tai rakennusosan värähtely, joka havaitaan tuntoaistin kautta.

## ULKOVAIPAN ÄÄNENERISTYS $\Delta L_A$ [dB]

Ulko- ja sisätilan A-äänitasojen erotus. Kaavamääräyksenä, kaavamerkintänä tai lupaehtona asetettu lukuarvo.

## ÄÄNI

Kimmoisassa väliaineessa vallitseva painevaihtelu, jonka taajuus on kuuloalueella. Ääni syntyy tavallisesti pinnan värähtelystä, joka aiheuttaa painevaihtelun ilmaan. Ääni etenevä väliaineessa ääniaaltoina ja sitä voidaan kuvata äänenpaineen tai äänitehon avulla.

## ÄÄNIOLOSUHDE

Tilan akustinen ominaisuus, kuten jälkikaiunta-aika, taustamelu tai puheenerotettavuus.

## ÄÄNENPAINETASO $L_p$ [dB]

Äänenpainetaso on hetkellisen äänen kokonaispaineen mitta tarkastelupisteessä.

## ÄÄNITASO $L_A$ [dB]

Eri taajuuskaistoilla mitatut A-painotetut äänenpainetasot summaava yksilukuarvo.

## ÄÄNITEHOTASO $L_w$ [dB]

Äänitehotaso on äänilähteen säteilemän hetkellisen äänienergian mitta aikayksikössä.