

ILMANVAIHDON MELUMITTAUSTAPOJEN VERTAILU

Olli Santala¹, Marja Seppälä² ja Pekka Taina¹

¹ Sitowise Oy / Helimäki Akustikot
Linnoitustie 6 D
02600 Espoo
etunimi.sukunimi@sitowise.com

² Sitowise Oy / Helimäki Akustikot
Vuolteenkatu 2
33100 Tampere
etunimi.sukunimi@sitowise.com

Tiivistelmä

Rakennuksessa syntyvän melun mittaamiseen on useita eri menetelmiä. Aiemmin mittauksiin oli ohjeistusta suoraan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C1-1998 yhteydessä. Vuonna 2018 ilmestynyt Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä esittää, että mittaukset voidaan tehdä perustuen standardiin ISO 16032. Tämän muutoksen vaikutuksia haluttiin selvittää vertailemalla eri menetelmien antamia tuloksia. Tässä tutkimuksessa keskityttiin vertailemaan neljää mittaamenetelmää, jotka on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C1-1998 sekä standardeissa SFS-EN 12599, SFS-EN ISO 16032 ja SFS-EN ISO 10052. Kaksi ensimmäistä mittaamenetelmää ovat toteutukseltaan varsin lähellä toisiaan, ja niissä mittauspisteet sijaitsevat huonetilan keskialueella. Kolmas menetelmä on perusteellisempi ja sisältää mittauksia myös huoneen nurkkapisteissä. Neljäs menetelmä on puolestaan lyhennetty versio kolmannelta. Tutkimuksessa mitattiin koneellisen ilmanvaihdon aiheuttamaa melua yhden toimistorakennuksen kuudessatoista eri huonetilassa. Mittaukset suoritettiin kussakin tilassa kolmella ensimmäisellä menetelmällä peräkkäin. Neljännen menetelmän laskentatulokset saatiin käyttäen kolmannen menetelmän mittaustuloksia. Tulokset olivat odotetusti lähellä toisiaan menetelmien C1-1998 ja SFS-EN 12599 välillä. Perusteellisemmalla menetelmällä SFS-EN ISO 16032 mitatut tulokset olivat useimmiten suurempia kuin muilla menetelmillä. Tämä korostui entisestään tarkasteltaessa enimmäisäänitasojen mittauksia. Myös SFS-EN ISO 10052 erosi muista menetelmistä selvimmin enimmäisäänitasojen osalta. Useimmissa huonetiloissa suurin enimmäisäänitaso mitattiin nurkkapisteessä. Tulosten eroavaisuudet liittyvät siis menetelmien selkeimpään eroon eli siihen, sijaitsevatko mittauspisteet sekä oleskelualueella että nurkissa vai pelkästään oleskelualueella.

1 JOHDANTO

Äänitasomittaus on käsitteenä periaatteessa hyvin yksinkertainen, sillä sen tarkoituksena on todentaa jossain paikassa tai tilassa vallitsevaa äänenpainetasoa. Tarvitaan kuitenkin



© 2021 Olli Santala, Marja Seppälä ja Pekka Taina. Tämä on avoimesti julkaistu teos, joka noudattaa Creative Commons nimeä 4.0 Kansainvälinen –lisenssiä (CC BY 4.0). Teosta saa kopioida, levittää, näyttää ja esittää julkisesti ja siitä saa luoda johdannaisteoksia, kunhan tekijän nimi ja lähde mainitaan asianmukaisesti.

ohjeistusta, jotta tietty mittaus olisi toistettavissa mahdollisimman yksiselitteisesti. Tässä artikkelissa tarkastellaan neljää eri mittausmenetelmää, joiden tiedetään olevan tai olleen käytössä ilmanvaihdon aiheuttaman äänitason mittauksissa Suomessa.

Mittausmenetelmän valintaan on annettu kansallisesti jonkin verran ohjeistusta. Aikaisemmin mittauksiin oli annettu lyhyt ohjeistus suoraan kansallisten määräysten yhteydessä dokumentissa Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C1-1998 [1]. Tämä ohjeistus vanhentui, kun ympäristöministeriön asetus [2] tuli voimaan vuonna 2018. Ympäristöministeriön ohjeessa [3] esitetään, että mittaukset voidaan tehdä perustuen standardiin ISO 16032 [4], mutta tätä ei kuitenkaan aseteta ehdoksi. Mittausten toteutustapa on siis jätetty avoimeksi.

Ensimmäinen käsiteltävistä mittausmenetelmistä on Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C1-1998 [1] esitelty tapa (tästä eteenpäin *menetelmä C1*). Siinä periaatteena on mitata huoneen keskellä yhdessä pisteessä. Tämän yksittäisen pisteen mittaustuloksen ajatellaan siis riittävällä tavalla edustavan huonetilassa vallitsevaa äänenpainetasoa.

Standardissa SFS-EN 12599 [5] (*menetelmä 12599*) äänimittauksia käsitellään suppeasti. Mittauspisteiden tulisi sijaita oleskelualueella tai huoneen keskellä ja sen korkeuden tulisi vastata istuvan tai seisovan henkilön pään korkeutta. Kehotuksena on myös tehdä mittauksia valikoivalla otannalla pisteistä, mutta tarkkaan mittausmäärään ei oteta kantaa. Avoimeksi on myös jätetty, tulisiko mittaustuloksia jollain tavalla yhdistää vai ei.

Huomattavasti yksityiskohtaisempi selostus mittauksen toteutuksesta on esitetty standardissa SFS-EN ISO 16032 [4] (*menetelmä 16032*). Esitetty mittaustapa sisältää mittauksia huonetilan äänekkäimmässä nurkkapisteessä sekä kahdessa oleskelualueen pisteessä. Mittausten lukumäärä on myös määritelty tarkasti: mittauspisteitä on kolme, ja niissä tehdään toistoja nurkkapisteen keski- tai enimmäisäänitason muutoksiin perustuen.

Standardi SFS-EN ISO 10052 [6] (*menetelmä 10052*) on käytännössä yksinkertaistettu versio menetelmästä 16032. Jo standardin nimessä on esitetty kyseessä olevan kartoitusmenetelmä, ja 16032 puolestaan on tekninen menetelmä. Mittaus tehdään yhdessä nurkkapisteessä ja yhdessä oleskelualueen pisteessä. Tässä tutkimuksessa menetelmän 10052 mittauksia ei tehty erikseen, vaan sopiva mittausaineisto valittiin menetelmän 16032 mittauksista jokaisen huonetilan osalta yhteneväisellä tavalla.

Menetelmiä 16032 ja 10052 vertailevissa tutkimuksissa on havaittu ongelmia mm. nurkkapisteen valinnassa käytettävissä menetelmissä ainakin silloin, kun äänilähteenä on WC:n vetäminen [7, 8]. Viemäriäänät eivät aina aiheuttaneet selkeitä muutoksia C-painotettuun äänitasoon, vaikka erot olivat havaittavissa A-painotettua äänitason tarkkaillemalla [7]. Nurkkapisteen valitseminen C-painotuksen perusteella ei vaikuta olevan hyvä ratkaisu viemäriäänänten tapauksessa [7, 8]. Ruotsissa on todettu nurkkapisteen valinnan olevan tärkeä ja päädytty ehdottamaan menetelmään 10052 lisää toistoja, jolloin siitä tulee enemmän menetelmän 16032 kaltainen [9].

Tässä tutkimuksessa käsitellyt neljä menetelmää eroavat toisistaan erityisesti siinä, miten koko huonetilaa edustava mittaustuloksen lukuarvo muodostuu. Menetelmässä C1 on käytössä vain yksi mittauspiste, joten eri puolilla huonetta mahdollisesti esiintyviä eroavaisuuksia ei oteta huomioon. Menetelmässä 12599 mittauspisteitä on yksi tai useita, mutta epäselvää on, tuleeko niiden mittaustulokset esitellä yhdessä vai erikseen. Ne kuitenkin sijaitsevat huoneen oleskelualueella, joten menetelmä on lähellä C1:stä. Menetel-

missä 16032 ja 10052 puolestaan yhdistetään nurkkapisteessä saatu mittaustulos oleskelualueen yhteen tai useampaan mittaustulokseen ja muodostetaan laskennallisesti yksi lukuarvo.

Tämä lähestymistapojen ero voi johtaa eroihin mittaustuloksissa. Esimerkiksi asuinrakennuksissa taloteknisten laitteiden aiheuttamille keski- ja enimmäisäänitasoille on asetettu määräystasoisia raja-arvoja. Mikäli joku mitattu keski- tai enimmäisäänitaso täyttäisi määräykset yhdellä menetelmällä mutta ei toisella, nämä eroavaisuudet voivat vaikuttaa rakennuksen ilmanvaihdon hyväksyttäviin toteutustapoihin. Tässä tutkimuksessa erityisen mielenkiinnon kohteena oli se, onko aiemmin laajalti käytetyn menetelmän C1 ja ympäristöministeriön ohjeen ehdottaman menetelmän 16032 välillä eroja tuloksissa.

2 MENETELMÄT

Mittaukset tehtiin tyypillisessä toimistorakennuksessa yhteensä 16:ssa neuvottelu- tai vätytymistilassa. Mittaustiloiksi pyrittiin valitsemaan monipuolisesti erilaisia ja erikokoisia huoneita. Pienin oli tilavuudeltaan 7 m³ ja suurin 98 m³. Kaikissa huonetoiloissa oli käytössä rakennuksen yhteinen ilmanvaihto, joka oli mittauksen melulähde. Mittauksessa ei havaittu pääte-elinten tuottavan erikseen melua, eivätkä pääte-elimet sijainneet mitauspisteiden lähellä. Mittausten yhteydessä ei ollut mahdollista säätää rakennuksen ilmanvaihtoa mitenkään. Kussakin huonetilassa mitattiin eri menetelmillä peräkkäin – eli yksittäisen tilan mittaukset tehtiin kerralla – jotta mittausolosuhteet pysyisivät mahdollisimman samankaltaisina menetelmien välillä. Äänitasomittari oli luokan 1 laite, joka kalibroitiin aina ennen mittauksia ja niiden jälkeen. Mittalaitteilla on voimassaolevat kalibrointitodistukset.

Käytännön rajoituksista johtuen menetelmään 16032 tarvittava taustaaäänitason mittaus tehtiin hiljaisena aikana sellaisessa tilassa, jossa ei ollut kuultavissa lainkaan ilmanvaihdon aiheuttamaa ääntä. Taustaaäänitasoa ei siis mitattu kussakin tilassa erikseen ja siksi sen merkitystä ei tarkastella enempää. Myös tuloksen korjaus jälkikäiunta-ajan suhteen jätettiin tämän tarkastelun ulkopuolelle.

Seuraavassa esitetään menetelmäkohtaisesti mittausten toteutus.

2.1 Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C1-1998

Mittaus suoritettiin mittaamalla keskellä huonetta 1,2-1,5 metrin korkeudelta kolme kertaa. Yhden mittauksen kesto oli 15 sekuntia.

2.2 Standardi SFS-EN 12599

Mittaus suoritettiin mittaamalla oleskelualueella kolmesta eri pisteestä. Mittauspisteiden korkeus riippui alueella oleskelevan henkilön asennosta: jos tilassa on istuvia henkilöitä, mitattiin 1,1 metrin korkeudelta ja jos tilassa on seisovia henkilöitä, mitattiin 1,7 metrin korkeudelta. Yhden mittauksen kesto oli 15 sekuntia.

2.3 Standardi SFS-EN ISO 16032

Mittaus aloitettiin valitsemalla tilan äänekkäin nurkka. Nurkka valittiin tarkkailemalla huoneen jokaisen nurkan C-painotettua äänitasoa 0,5 metrin päästä huoneen pinnoista ja valitsemalla näistä äänitasoista suurin. Valitusta nurkasta mitattiin kahdesti A-painotettu keski- ja enimmäisäänepainetaso, jonka jälkeen tulosten erotus pyöristettiin ylöspäin.

Suurempi pyöristetty erotus – joko keski- tai enimmäisäänitasojen erotus – määrittä mittauksen lukumäärän kussakin huonetilan mittauspisteessä. Nurkan lisäksi oleskelualueella mitattiin kahdesta muusta pisteestä 0,5-1,5 metrin korkeudelta. Mittauksen kesto oli 30 sekuntia. Standardista poiketen mittaukset tehtiin kolmannesoktaavikaistoittain. Mittauksista laskettiin oktaavikaistaiset tulokset ja niistä standardin mukaisesti tilakohtainen yksittäinen tulos.

2.4 Standardi SFS-EN ISO 10052

Menetelmässä 10052 mitataan äänitaso 0,5 metrin päässä huoneen pinnoista siinä nurkassa, jossa on silmämääräisesti arvioiden kovimmat pintamateriaalit. Lisäksi mitataan äänitaso yhdessä oleskelualueen pisteessä. Suositus mittauksen kestoksi tasaisilla äänillä on 30 sekuntia. Mittaustuloksista lasketaan logaritminen keskiarvo niin, että nurkkapisteen painoarvo on 1/3 ja oleskelualueen 2/3.

Menetelmän 10052 mittauksia ei tässä tutkimuksessa suoritettu erikseen, vaan tarkastelussa hyödynnettiin menetelmän 16032 mittaustuloksia. Nurkkapistemittaukseksi valittiin ensimmäinen nurkassa mitattu tulos, ja oleskelualueelta puolestaan viimeinen tulos. Tässä menetelmän toteutus poikkesi siis ohjeistuksesta niin, että nurkkapistettä ei valittu silmämääräisesti. Lisäksi erillisissä itsenäisissä mittauksissa tulisi luonnollista hajontaa mittaustuloksiin mm. mittaustaikojen tasomallisen sijainnin ja äänitasojen ajallisen vaihtelun kautta. Tämän vuoksi tässä tutkimuksessa menetelmästä 10052 tehtäviin päätelmiin tulee suhtautua suuntaa antavina.

3 TULOKSET

Mittauksen melulähteenä oli toimiston ilmanvaihtolaitteisto, joten mitatut keskiäänitasot olivat verrattain pieniä: pienimmillään noin 21 dB ja suurimmillaan 37 dB kaikilla mittausten menetelmillä. Koska melulähteen ääni oli melko tasaista, enimmäisäänitasot eivät tyypillisesti poikenneet keskiäänitasosta paljoa, mutta muutamia poikkeuksiaakin oli.

Taulukossa 1 on esitetty mittausten menetelmien keski- ja enimmäisäänitasojen tulosten erotuksen keskiarvo niin, että kutakin menetelmää verrataan aina kaikkiin muihin. Menetelmissä C1 ja 12599 mitattiin kolme kertaa eikä menetelmäohjeissa esitetä, tulisiko näitä tuloksia yhdistää. Taulukossa esitettyä tarkastelua varten näiden menetelmien osalta on ensin laskettu kolmen mittaustuloksen logaritminen keskiarvo. Myös pienimpien ja suurimpien mitattujen tulosten eroa muiden menetelmien tuloksiin tarkasteltiin, mutta sitä ei ole esitetty tässä, sillä se ei tuonut merkittävää lisäarvoa tulosten analyysiin.

Taulukko 1. Mittausmenetelmien keski- ja enimmäisäänitasojen tulosten erotus.

	ISO 16032 - C1 1998	ISO 16032 - SFS-EN 12599	ISO 16032 - ISO 10052	C1 1998 - SFS-EN 12599	ISO 10052 - C1 1998	ISO 10052 - SFS-EN 12599
L_{Aeq}	0,36	0,41	-0,07	0,05	0,43	0,48
L_{AFmax}	2,68	2,74	1,88	0,06	0,79	0,86

4 ANALYYSI

Selkein tulosten välinen ero on se, että menetelmällä 16032 tulokset olivat kaikkia muita menetelmiä suurempia. Keskiäänitason osalta erot eivät ole suuria, mutta enimmäisäänitasojen tapauksessa ne ovat selkeitä: menetelmällä 16032 enimmäisäänitasot olivat muita suurempia kaikissa paitsi yhden huonetilan mittauksen tapauksessa.

Erityisen huomattavaa on, että menetelmällä 16032 suurin enimmäisäänitaso on mitattu nurkkapisteessä 13:ssa tapauksessa 16:sta. Lisäksi menetelmän 16032 laskentakaavat korostavat suurimpien äänitasojen vaikutusta. Toisin sanottuna nurkkapisteessä mittaaminen nostaa lopputuloksen enimmäisäänitasoa ja osaltaan selittää menetelmän 16032 eroa toisiin verrattuna.

Menetelmät C1 ja 12599 eli ne, joissa mittaukset tehdään vain huoneen keskialueella, antoivat varsin samankaltaisia tuloksia. Mittausepävarmuus huomioiden menetelmien tulokset eivät käytännössä eronneet toisistaan.

Keskiäänitason osalta menetelmien välille ei muodostunut suuria eroja. Keskiarvo eroista kaikkien 16 huonetilan osalta oli enimmillään menetelmien 10052 ja 12599 välillä, ja silloinkin se oli vain n. 0,5 dB.

Menetelmä 10052 eli eräänlainen lyhennetty versio menetelmästä 16032 oli tässä tarkastelussa mukana vain laskennallisesti. Sillä saadut tulokset olivat keskimäärin jokseenkin puolivälissä menetelmän 16032 ja menetelmien C1 ja 12599 välissä. Tämä on johdonmukaista, sillä mittauksissa on samankaltaisuutta 16032:n kanssa, kun taas laskennassa painotetaan keskialueen mittausta kertoimella 2/3.

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa [10] esitetään mittausohjeita asumisterveydellisten olosuhteiden todentamista varten. Näiden ohjeiden perusteella mittauksia voidaan tehdä huoneen oleskelualueella sekä vaikka sängyn tyynyn kohdalla tai tuolin istumakorkeudella. Ohjeen mukaan ilman perusteltua syytä ei mitata alle 0,5 m päässä seinästä. Periaatteena ohjeistuksessa on mahdollistaa mittaus siellä, missä kuulijan pää sijaitsee. Asumisterveydellistä perustetta ei kuitenkaan ole mitata nurkassa 0,5 m päässä huoneen pinnoista, sillä kuulijan korvat eivät normaalitilanteessa ole kyseisessä paikassa. Tästä näkökulmasta on tarpeetonta selvittää koko huoneessa vallitsevan äänikentän olosuhteita mittaamalla oleskelualueen lisäksi nurkkapisteissä, kuten menetelmät 16032 ja 10052 esittävät.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Ilmanvaihdon melumittaukset toteutettiin kuudessatoista toimistotilassa. Eri menetelmillä saatiin jonkin verran toisistaan eroavia tuloksia. Erot eivät ole merkittäviä keskiäänitasojen tapauksessa, mutta enimmäisäänitasot standardin SFS-EN ISO 16032 mukaan mitattaessa olivat selvästi muiden menetelmien tuloksia suurempia. Merkittävin menetelmien välinen toteutustapaero on se, että menetelmässä 16032 mittaukset tehdään kolmessa eri pisteessä, joista yksi sijaitsee huoneen äänekkäimmässä nurkassa. Tällöin mittauksessa otetaan huomioon koko huonetilassa vallitseva ääni kattavammin kuin vain huoneen keskivaiheilla mitattaessa. On kuitenkin kyseenalaista, edustaako lähellä nurkkaa mitattu tulos huoneessa olevan kuulijan kokemusta ääniolosuhteista.

On mahdollista, että esimerkiksi uuden asuinkerrostalon käyttöönoton yhteydessä asuinhuoneessa menetelmällä 16032 mitatut enimmäisäänitasot ylittäisivät arvon L_{AFmax} 33 dB, mutta menetelmällä C1-1998 mitattaessa ne puolestaan eivät ylittyisi. Toisin sanottuna voisi käydä niin, että C1-1998:n voimassaolon aikaan rakennetussa kohteessa olisi täytetty määräykset, kun taas identtisessä ympäristöministeriön asetuksen aikaan rakennetussa kohteessa määräykset ylittyisivät. Tässä mielessä määräysten vaihtuminen C1-1998:sta ympäristöministeriön asetukseen on menetelmämuutoksesta johtuen itse asiassa tiukennus ilmanvaihdon äänitasovaatimukseen, vaikka lukuarvoina esitetyt vaatimuksia ei ole muutettu.

Tästä tutkimuksesta ei voida tehdä liian yleisiä johtopäätöksiä menetelmien eroista, koska mittauksissa rajoituttiin tarkastelemaan toimistotiloissa vallitsevaa ilmanvaihdon ääntä. Menetelmistä yksi, SFS-EN 12599, onkin tarkoitettu vain ilmanvaihdon mittauksiin. Jatkossa voisi olla mielenkiintoista selvittää, miten menetelmien mittaustulokset eroaisivat toisistaan muiden melulähteiden tapauksissa eli koskevatko nyt tehdyt havainnot pelkästään ilmanvaihdon melumittauksia.

VIITTEET

- [1] Suomen rakentamismääräyskokoelma: Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa. Määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto, 1998.
- [2] Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä. Ympäristöministeriö, 796/2017, 2017.
- [3] Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä. Ympäristöministeriö, 2018
- [4] SFS-EN ISO 16032: Akustiikka. Talotekniikan laitteiden aiheuttaman äänenpainetason mittaaminen. Tekninen menetelmä. International organization for standardization, 2004.
- [5] SFS-EN 12599: Rakennusten ilmanvaihto. Ilmastointi- ja ilmavaihtojärjestelmien luovutukseen liittyvät testimenettelyt ja mittausten menetelmät. International organization for standardization, 2013.
- [6] SFS-EN ISO 10052: Akustiikka. Ilmaääneneristyksen, askelääneneristyksen sekä talotekniikan laitemelun kenttämittaukset. Kartoitusmenetelmä. International organization for standardization, 2021.
- [7] Di Bella, A. ja Pontarollo, C. M. Noise from water installations: measurement problems in residential buildings with heavy structures. Euronoise 2012, s. 688-693, Praha 10.-13.6.2012.
- [8] Di Bella, a., Pontarollo, C. M., Granzotto, N. ja Remigi, F. Interlaboratory test for field evaluation of noise from equipment in residential buildings. AIA-DAGA 2013, s. 1880-1883, Merano, 2013.
- [9] Simmons, C. ja Larsson, K. Measurement of time variant sound pressure levels at low frequencies in buildings – verification of sound class using EN ISO 10052 and 16032. Euronoise 2015, s. 1867-1871, Maastricht 31.5.-3.6.2015.
- [10] Asumisterveysasetuksen soveltamisohje: Osa II, 8/2016. Valvira, 2016.