

Riku Tanila

TOIMISTOTILOJEN ÄÄNIOLOSUHTEITA KOSKEVIEN MÄÄRÄYSTEN JA OHJEIDEN KEHITTYMINEN SUOMESSA

Kandidaatintyö
Rakennetun ympäristön tiedekunta
Tarkastaja: Mikko Kylliäinen, Jesse Lietzén
Toukokuu 2022

TIIVISTELMÄ

Riku Tanila: Toimistotilojen ääniolosuhteita koskevien määräysten ja ohjeiden kehittyminen Suomessa
Development of the regulations and directions on sound conditions for office premises in Finland
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikan kandidaatin tutkinto-ohjelma
Toukokuu 2022

Hyvät ääniolosuhteet ovat tärkeä tekijä rakennuksen terveellisyyden ja viihtyvyyden kannalta. Tämä koskee erityisesti toimistotiloja, koska niissä pitäisi pystyä keskittymään työntekoon ilman melusta aiheutuvia häiriötekijöitä. Huonoista ääniolosuhteista aiheutuu työajan hukkaa, josta aiheutuu kustannuksia. Siksi toimistotilat kannattaa suunnitella tarkoituksenmukaisiksi. Toimistotilojen ääniolosuhteille on ryhdytty antamaan enemmän ohjearvoja teknisten mittalukujen muodossa vasta 2000-luvulla. Aikaisemmin määräyksiä ja ohjeita on annettu suppeasti.

Työn tavoitteena on selvittää, miten toimistotilojen ääniolosuhteita koskevat määräykset ovat muuttuneet ja kehittyneet. Työssä keskitytään ääneneristykseen, huoneakustiikkaan ja LVIS-laitteiden tuottamiin melutasoihin. Lisäksi tutkitaan, miten tekniset mittaluvut ovat muuttuneet ja voidaanko niitä verrata toisiinsa. Työ rajataan niin, että tutkitaan muutoksia vain Suomessa. Tarkastelu aloitetaan vuodesta 1967, koska silloin Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry julkaisi ääneneristysnormit.

Vuonna 1975 julkaistu Suomen rakentamismääräyskokoelma osa C1 oli ensimmäinen säädös, joka sisälsi vaatimukset ääniolosuhteille teknisten mittalukujen muodossa, sillä vuonna 1967 ja 1971 julkaistut ääneneristysnormit eivät olleet määräyksiä, vaikka ne sellaisiksi voitiin rinnastaa. Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C1 uusittiin vuosina 1985 ja 1998. Tekniset mittaluvut muuttuivat ääneneristyksen osalta ensimmäisen kerran vuoden 1985 osassa C1 ja toisen kerran vuonna 2017, kun Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä astui voimaan. Tämä asetus on voimassa nykyään ja sitä täydentää kaksi ohjetta, joista toinen keskittyy opetus- ja toimistotiloihin. Teknisten mittalukujen uudistaminen on perustunut siihen, että ne halutaan vastaamaan paremmin ihmisen kokemusta äänen kokemisesta. Uudistuksien myötä mittalukuja ei voida suoraan verrata toisiinsa. Vertailun mahdollistaa usein kuitenkin se, että mittaukset eivät juuri ole muuttuneet vuoden 1967 jälkeen, vaan ainoastaan laskentatapa on muuttunut.

Ilmaääneneristystä koskevat vaatimukset ovat pysyneet samoina vuoteen 2018 asti. Silloin tapahtui ensimmäinen muutos. Ennen vuotta 2018 vaadittu ilmaääneneristyksen arvo oli 44 dB, mistä se pieneni arvoon 40 dB. Askelääneneristyksen vaatimus pieneni 7 dB vuoden 1985 Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C1. Määräys siis kiristyi, koska askelääneneristykselle annettiin enimmäisarvo. Nykyisin askelääneneristyksen mittaluvussa on mukana spektripainotusermi, jonka takia nykyistä mittalukua ei voida suoraan verrata aikaisemmin käytössä olleisiin mittalukuihin. Keski- ja enimmäisäänitaso kuvaavat taloteknisten laitteiden sallittuja äänitasoja. Sallittu keskiäänitaso on ollut 33 dB vuodesta 1985 lähtien. Sallitun enimmäisäänitason arvo annettiin ensimmäisen kerran vuoden 1985 Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C1 ja se on muuttunut kerran vuonna 1998 arvosta 35 dB arvoon 38 dB. Huoneakustiikkaa määriteltiin sanallisesti vuosina 1975, 1985 ja 1998 Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C1. Ensimmäiset ohjearvot julkaistiin SFS 5907 standardissa vuonna 2004. Nykyään Ympäristöministeriön ohje (2018) antaa ohjeet jälkikäiuntajalle ja puheensiirtoindeksille toimistotiloissa.

Toimistotilat ovat hyvä esimerkki siitä, että määräykset ja ohjeet eivät ole automaattisesti tiukentuneet. Tämä johtuu siitä, että rakennukset suunnitellaan kokonaisuuksina, joihin vaikuttavat muutkin asiat kuin mittalukujen antamat arvot. Määräykset ja ohjeet opastavat usein, miten vähimmäisvaatimukset voidaan saavuttaa.

Avainsanat: akustiikka, avotoimisto, huoneakustiikka, toimisto, ääneneristys

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. TOIMISTOJEN ÄÄNIOLOSUHTEET	3
2.1 Äänen kokeminen	3
2.2 Käsitteet	4
2.2.1 Jälkikaiunta-aika	4
2.2.2 Puheenerotettavuus	5
2.2.3 Taustäääni ja puheenpeittoääni	7
2.2.4 Ilma- ja askelääneneristävyys	7
3. TOIMISTOJEN ÄÄNIOLOSUHTEITA KOSKEVAT VAATIMUKSET	9
3.1 Ääneneristysnormit	9
3.2 Suomen rakentamismääräyskokoelma	9
3.3 Rakennusten akustinen luokitus SFS 5907	11
3.4 Ympäristöministeriön asetukset ja ohjeet	11
4. ÄÄNIOLOSUHDEVAATIMUSTEN MUUTOKSET	13
4.1 Tekniset mittaluvut	13
4.2 Toimistojen välinen ääneneristys	13
4.2.1 Ilmaääneneristävyys	13
4.2.2 Askelääneneristävyys	16
4.3 Toimistotilojen huoneakustiikka	18
4.4 LVIS-järjestelmien tuottamat melutasot	20
4.5 Mittalukujen vertailu toimistohuoneessa	22
5. YHTEENVETO	25
LÄHTEET	27

1. JOHDANTO

Ääniolosuhteilla on suuri vaikutus tilan viihtyisyyteen. Toimistoissa hyvät ääniolosuhteet parantavat työtehoa ja -turvallisuutta sekä edistävät työhyvinvointia (Kylliäinen & Hongisto 2019, s. 9). Ääniolosuhteilla tarkoitetaan akustisia olosuhteita, jotka vaikuttavat puheen erotettavuuteen tai häiritsevyyteen ja tilan kaiuntaisuuteen. Tämän takia tilat on akustisesti suunniteltava niiden käyttötarkoituksen mukaan. (Kylliäinen & Hongisto 2019, s. 15)

Vaatimuksia toimistojen ääniolosuhteille on annettu rakentamismääräyksissä vuodesta 1975. Ennen vuotta 1975 vaatimukset ääniolosuhteille olivat erilaisia suosituksia, joista osa sai määräysten aseman, koska rakennusvalvontaviranomaiset alkoivat edellyttää niiden käyttämistä. Vaatimukset ovat koskeneet tilojen välistä ääneneristystä, tilojen huoneakustiikkaa ja rakennuksen LVIS-järjestelmien tuottamia melutasoja. (Kylliäinen 2021)

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten toimistojen ääniolosuhteita koskevat vaatimukset ovat ajan mittaan muuttuneet. Työssä keskitytään erityisesti ääneneristykseen ja huoneakustiikkaan. Lisäksi työssä tutkitaan, millaisia muutoksia ääniolosuhteita määrittelevissä teknisissä mittaluvuissa on tapahtunut ja miten näitä mittalukuja voidaan verrata toisiinsa. Työ tehdään kirjallisuustutkimuksena. Lähteinä käytetään ääneneristysnormeja, rakentamismääräyskokoelmaa, ympäristöministeriön asetusta, erilaisia ohjeita ja standardeja sekä akustiikkaan liittyvää kirjallisuutta.

Työ rajataan niin, että tutkitaan vain Suomessa tapahtunutta kehitystä. Työn tutkimus aloitetaan vuodesta 1967, koska silloin Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry julkaisi ensimmäisen kerran ääneneristysnormit. Siinä ääneneristystä kuvattiin mittalukujen muodossa. Ääneneristysnormit olivat säädösten asemassa paikkakunnilla, joilla rakennusvalvontaviranomaiset edellyttivät niiden noudattamista. (Lietzén & Kylliäinen 2014, s. 11–12)

Työn alussa eli toisessa luvussa tarkastellaan äänen kokemista ja erilaisia tärkeitä käsitteitä ääniolosuhteisiin liittyen. Kolmannessa luvussa käydään läpi toimistojen ääniolosuhteita koskevia määräyksiä ja ohjeita sisältäviä julkaisuja. Näin saadaan käsitys siitä, mistä toimistotilojen ääniolosuhteita koskevia vaatimuksia löydetään. Neljännessä luvussa tarkastellaan määräysten ja ohjeiden muutoksia. Näin niitä voidaan verrata toisiinsa. Samalla voidaan huomata, miten tekniset mittaluvut ovat muuttuneet ja

miten niitä voidaan verrata keskenään. Vertailussa keskitytään ääneneristykseen, huoneakustiikkaan ja taloteknisten laitteiden keski- ja enimmäisäänitasoihin. Neljännen luvun lopussa toimistohuoneen ääniolosuhteisiin vaikuttavat mittaluvut kootaan yhteen taulukkoon vertailun vuoksi. Lopuksi viidennessä luvussa eli yhteenvedossa käydään läpi, miten ääniolosuhdevaatimukset ovat muuttuneet ja miten tekniset mittaluvut ovat kehittyneet.

2. TOIMISTOJEN ÄÄNIOLOSUHTEET

Toimistoympäristö on vuosien varrella muuttunut voimakkaasti. Informaatio- ja kommunikaatioteknologia on mahdollistanut pienet työpisteet. Paperia käytetään vähemmän, litteät näytöt vievät vähemmän pöytätilaa ja langattomien verkkoyhteyksien avulla on mahdollista työskennellä tilapäisesti muualla kuin toimistossa. Erilaiset organisaatiomuutokset, projektimuotoinen työskentely ja työn sisällön kehittyminen vaativat toimistoilta muunneltavuutta ja joustavuutta. Tästä seuraa, että työtilojen pitäisi olla helposti muokattavissa ja työpistettä, jossa työskennellään, olisi mahdollista vaihtaa helposti. Avoimia toimistoja suosivat monet toimitiloja omistavat yritykset, koska avonaisia tiloja on helppo muokata vuokralaisen tarpeille sopiviksi. (Kylliäinen & Hongisto 2019, s. 17)

Nykyään käyttäjäorganisaatiot suosivat sitä, ettei jokaisella työntekijällä ole kiinteää työpistettä. Silloin työpiste valitaan työtehtävän tai oman mieltymyksen mukaan, jolloin voidaan välttyä helpommin meluongelmilta. Työpiste voidaan valita esimerkiksi yhden hengen huoneesta, liikuteltavasta vetäytymistilasta, pienneuvotteluhuoneesta, parityöhuoneesta tai hiljaisen työn avotilasta. Samassa tilassa olevien työpisteiden määrän kasvu lisää riskiä häiritsevän äänen syntymiselle. (Kylliäinen & Hongisto 2019, s. 17)

2.1 Äänen kokeminen

Ääni on neutraali käsite, jolla kuvataan fysikaalista ilmiötä. Ihmisen on mahdollista aistia äänenä ilmanpaineen vaihtelu noin 20 Hz ja 20 000 Hz välisillä taajuuksilla. Kun taajuus menee alle 20 Hz, aistitaan tärinää. Kuulon herkkyys riippuu äänen taajuudesta. (Kylliäinen 2006, s. 13) Ihmiskorvalle herkin taajuusalue on 1 000–2 000 Hz. Heikoimmat alueet ihmiskorvalle ovat pienet ja suuret taajuudet. Nämä otetaan huomioon äänitasomittauksissa käyttämällä erilaisia taajuuspainotuksia. Pienitaajuisien äänten vaikutusta on vähennetty verrattuna keskitaajuisiin ääniin A-taajuuspainotuksessa. Sitä merkitään tasolla L_A (dB). Kovia ääniä mitattaessa käytetään C-painotusta. Tämä johtuu siitä, että korva vaimentaa kovassa äänessä matalia taajuuksia huonosti. C-painotettua äänitasoa merkitään tasolla L_C (dB). (SFS 5907 2006, s. 5)

Äänen voimakkuutta ilmaistaan äänitasolla L_A (dB). Se kuvaa taajuudesta riippuvaa äänen voimakkuutta, jota aistitaan kuulon kautta (Ympäristöministeriö 2018, s. 9). Kun ääntä kasvatetaan 3 dB, äänienergia kaksinkertaistuu. Tämä tarkoittaa sitä, että 3 dB:n

kasvattamiseen tarvitaan kaksinkertainen määrä yhtä voimakkaita melulähteitä. Äänen voimakkuus koetaan kaksinkertaistuvan, kun äänitaso nousee 8 dB. (SFS 5907 2006, s. 5)

Äänen häiritsevyyteen vaikuttaa äänen kesto eli esimerkiksi se, onko ääni hetkellinen ja voimakas vai pitkäkestoinen ja tasainen. Tämän takia äänenhallinnassa on otettava huomioon pitkäaikainen keskiäänitaso $L_{A,eq,T}$ (dB) ja hetkellinen enimmäisäänitaso $L_{A,max}$ (dB). Keskiäänitaso kuvaa keskimääräistä tehollisarvoa A-painotetulle äänenpaineelle mittausaikavälillä T . Keskiäänitason laskemisessa korostuu hetkelliset äänitason huiput. Tulokseen vaikuttaa äänilähteen tuottaman ajan kesto ja sen mittaamiseen käytetty aika. Keskiäänitason tulos pienenee, kun mittausaika pitenee suhteessa melulähteen tuottaman äänen aikaan. Enimmäisäänitasolla tarkoitetaan voimakkuudeltaan suurinta äänitasa aikapainotuksella F ja A-taajuuspainotuksella tarkasteluajanjaksona T . (Ympäristöministeriö 2018, s. 8) F-aikapainotuksessa äänitasomittari laskee 250 ms jaksoissa vaihtelevan äänitason keskiäänitasa. Näin saadaan hyvä vastaavuus siihen, kuinka kuuloaisti kokee lyhytaikaisen äänen voimakkuuden. (Kylliäinen 2006, s. 32–33)

Meluksi kutsutaan ääntä, joka koetaan epämiellyttävänä tai häiritsevänä. Ääni koetaan usein häiritseväksi, jos se poikkeaa voimakkaasti ympäristön muista äänistä. Lisäksi ääni voidaan kokea häiritsevänä, jos se sisältää epätoivottua informaatiota. Melussa yhdistyvät äänen fysikaalinen ilmiö ja sen aiheuttama ihmisen subjektiivinen kokemus. (Kylliäinen 2006, s. 13–14) Toimistoissa työkaverien puheäänit ovat keskeinen melun lähde. Toimistomelun takia esimerkiksi oikoluku, luetun ymmärtäminen, luovuus ja sanasekä numeromuisti häiriintyvät. Toinen häiritsevä asia on puheyksityisyyden puute, jolloin koetaan, että luottamuksellisia keskustelua kuulee muutkin kuin asianosaiset. (Kylliäinen & Hongisto 2019, s. 18) Myös liiallinen kaiunta koetaan häiritsevänä, koska se vaikeuttaa kommunikointia ja kasvattaa puheäänin äänitasa (RIL 243-3-2008, s. 35).

2.2 Käsitteet

2.2.1 Jälkikaiunta-aika

Jälkikaiunta-ajalla kuvataan aikaa, jolloin äänitaso on vaimentunut 60 dB äänilähteen lopetettua toimintansa. Jälkikaiunta-aikaan vaikuttavat huoneen tilavuus, kokonaisabsorptioala ja absorptiomateriaalien sijoittelu. Jälkikaiunta-aika on pidempi tiloissa, jossa on paljon kovia ja ääntä heijastavia pintoja. Huonekoon kasvaessa kasvaa myös jälkikaiunta-aika. Huoneessa olevat absorboivat materiaalit taas pienentävät jälkikaiunta-aikaa. Kun absorptiomateriaalit sijoitetaan useammalle kuin yhdelle

huonepinnalle, jälkikaiunta-aika pienenee verrattuna siihen, että sama määrä absorptiomateriaaleja sijoitettaisiin vain yhdelle huonepinnalle. (SFS 5907 2006, s. 5)

Jälkikaiunta-ajan mittaukset tehdään standardien ISO 354 (2003) ja ISO 3382 (2000) mukaan. SFS 5907 (2006, s. 5) esittää jälkikaiunnan raja-arvot tavoiteaikoina oktaavikaistoille 250, 500, 100, 2 000 ja 4 000 Hz kalustetussa huoneessa mitattuna. Saatu tulos esitetään oktaavikaistoittain 125–8 000 Hz välisillä taajuuksilla.

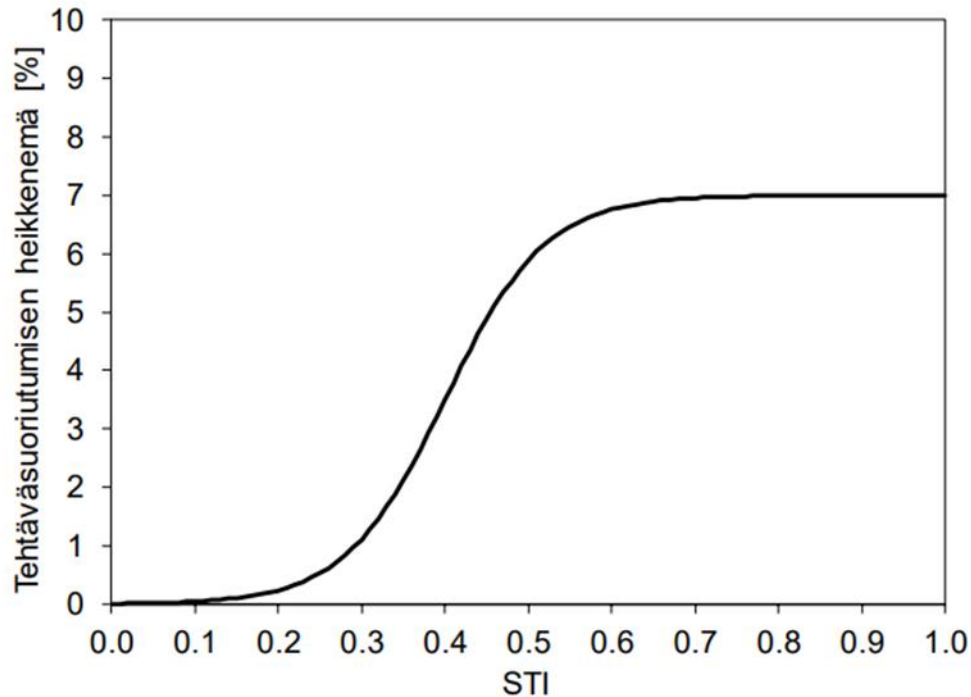
Jälkikaiunta-aika vaikuttaa puheen selvyyteen. Jälkikaiunta-ajan ollessa pitkä puhe kuulostaa epäselvältä, koska tavut jäävät soimaan toistensa päälle. Tavut vaimenevat nopeammin, kun jälkikaiunta-aika on lyhyt. Tämän vuoksi puhe- ja esiintymistiloissa lyhyt jälkikaiunta-aika parantaa ääniolosuhteita. On kuitenkin huomattava, että liika äänen absorptio heikentää puheen äänitasoa, jolloin puheen selvyys heikkenee. (Kylliäinen 2006, s. 39)

2.2.2 Puheenerotettavuus

Puheenerotettavuus kuvaa sitä, kuinka tila ja äänikenttä vaikuttavat puheen selvyyteen. Puheenerotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat tilan muoto, absorptiomateriaalien sijoittelu, puheen äänitaso, jälkikaiunta-aika, taustamelun äänentaso, äänen heijastumiset sekä etäisyydet puhujan ja kuulijan välillä. Jos käytetään äänentoistoa, puheenerotettavuuteen vaikuttaa äänentoistolaitteiston asennustapa ja ominaisuudet (Ympäristöministeriö 2018, s. 35).

Puheenerotettavuutta voidaan mitata fysikaalisesti puheensirtoindeksillä *STI* (SFS 5907 2006, s. 6). Puheensirtoindeksin laskeminen ja mittaaminen on monimutkaista. Se perustuu siihen, miten tavut erottuvat tilassa. (Kylliäinen 2006, s. 117) Mittaus tehdään tavallisesti luomalla puheen kaltaista signaalia oktaavikaistoilla 125–8 000 Hz. Puheensirtoindeksin lukuarvo on 0,00–1,00. Kun puheensirtoindeksi on 1, puheenerotettavuus on paras, eli tavut erottuvat täydellisesti. Puheensirtoindeksin arvolla 0 puheenerotettavuus on huonoin, jolloin puheesta ei ole mahdollista saada tavuakaan selvää. (SFS 5907 2006, s. 6) Puhelähteen etäisyys vaikuttaa voimakkaasti puheensirtoindeksiin, jos huoneen jälkikaiunta-aika on lyhyt tai jos taustamelutaso huoneessa on suuri. (Ympäristöministeriö 2018, s. 35)

Tilan käyttötarkoitus määrää, millaiseen puheenerotettavuuteen pyritään. Avotoimistossa puhe, joka ei liity työntekijän sen hetkiseen työhön, on häiritsevää. Tämä tarkoittaa sitä, että kauempana kuin normaalilla puhe-etäisyydellä puheenerotettavuus pyritään pitämään mahdollisimman pienenä. Puheensirtoindeksin vaikutusta voidaan verrata työtehon heikkenemiseen (kuva 1). (Kylliäinen & Hongisto 2019, s. 24)



Kuva 1. Puheensirtoindeksin vaikutus häiritsevyyteen (Kylliäinen & Hongisto 2019, s. 24).

Kempainen et al. (2019, s. 118–123) ovat osoittaneet, että akustisista olosuhteista aiheutuva työajan hukkaa voidaan laskea, kun verrataan akustisesti tarkoituksenmukaista ja vähimmäisvaatimusten täyttävien avotoimistojen rakennekustannuksia ja melun vaikutusta työntekoon. Työajan hukka on määritelty tutkimuskirjallisuuden avulla ja avotoimistojen huoneakustiset ominaisuudet tietomallinnuksella. Akustisesti tarkoituksenmukaisen avotoimiston rakentaminen maksaa kaksi kertaa enemmän kuin vähimmäisvaatimusten täyttävän avotoimiston. Työajasta johtuva hukka aiheuttaa kuitenkin sen, että tarkoituksenmukaisesti suunniteltu avotoimisto on jo vuoden sisällä edullisempi kuin vähimmäisvaatimukset täyttävä avotoimisto. Viiden vuoden päästä kokonaiskustannuskertymä on minimivaatimukset täyttävässä avotoimistossa 2,5-kertainen ja työajanhukasta johtuva kustannuskertymä kuusinkertainen. Tutkimuksen tapauksessa käytettiin 170 työpisteen avotoimistoa. (Kempainen et al. 2019, s. 118–123)

Kun puheensirtoindeksi ylittää arvon 0,2, alkaa työteho laskea rutiinitöitä lukuun ottamatta (Kylliäinen & Hongisto 2019, s. 24). Puheensirtoindeksin ohjearvoja on listattu Ympäristöministeriön ohjeessa (Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä 2018).

2.2.3 Taustaääni ja puheenpeittoääni

Tausta- ja puheenpeittoäänillä pystytään vaikuttamaan tilan ääniolosuhteisiin ja erityisesti puheensiirtoindeksin arvoon. Näitä äänitasoja nostamalla saadaan pienennettyä puheensiirtoindeksiä. (Kylliäinen & Hongisto 2019, s. 38) Tämä on tärkeää, sillä puheensiirtoindeksille on moniin tiloihin annettu tarkkoja raja-arvoja.

Puheenpeittoäänillä tarkoitetaan muita ääniä kuin puhetta. Toimistoissa puheenpeittoäänellä on suuri vaikutus tilan viihtyisyyteen ja työtehokkuuteen, koska sitä kasvattamalla pystytään pienentämään puheensiirtoindeksiä. Puheenpeittoääntä ei kuitenkaan ole toimiston aktiviteeteistä syntyneet äänet, sillä niissä äänitasot vaihtelevat ja ne saattavat sisältää puhetta. (Kylliäinen & Hongisto 2019, s. 38)

Taustaääntä tuottaa esimerkiksi LVIS-järjestelmät, mutta tämä äänentaso ei ole välttämättä riittävä (SFS 5907 2006, s. 27). Silloin taustaääntä on luotava keinotekoisesti peittoäänikaiuttimien avulla. Ne suunnitellaan tilakohtaisesti ja ne voidaan sijoittaa esimerkiksi alakaton yläpuolelle, alakattoon tai asennuslattian alapuolelle. (Kylliäinen & Hongisto 2019, s. 38) Jotta puheensiirtoindeksiä voidaan pienentää, viereisen työpisteen äänitaso ei saisi olla taustaääntä suurempi. Taustaäänien on oltava tasaista ja sen kovuudeksi suositellaan 40–45 dB. (SFS 5907 2006, s. 27) Tavallinen taustaääni on satunnaiskohinaa 200–10 000 Hz:n taajuusalueilla (Kylliäinen & Hongisto 2019, s. 38).

2.2.4 Ilma- ja askelääneneristävyys

Ilmaääneneristys kuvaa rakenteen kykyä eristää siitä läpi kulkevaa ääntä. Puhe, musiikki ja erilaiset tekniset järjestelmät synnyttävät ilmaääntä. Ilmaäänien vaikutus saa ilman värähtelemään. Tämän seurauksena huoneen seinät, lattiat ja katto alkavat värähdellä, jonka vuoksi ilma alkaa värähdellä myös rakenteiden toisella puolella. Näin ääni siirtyy tilasta toiseen. Ilmaääneneristyksen avulla vähennetään äänen siirtymistä tilojen välillä. (Ympäristöministeriö 2018, s. 19) Ilmaääneneristävyys riippuu rakenteesta ja äänen taajuudesta (Kylliäinen 2006, s. 47).

Ilmaääneneristys voidaan määrittää kahdella tapaa joko mittaamalla äänitehon siirtymistä tilasta toiseen tai mittaamalla vastaanotto- ja lähetystilan äänenpainetasojen erot. Ilmaääneneristävyys R määrittää sitä äänitehoa, joka siirtyy tilasta toiseen. Ilmaääneneristysluku R_w mitataan laboratoriossa ilmaisemaan yksittäisen rakennusosan ilmaääneneristystä. (Ympäristöministeriö 2018, s. 19) Ilmaääneneristysluvulla R'_w kuvataan kentällä tehtyjä tilojen välistä ääneneristävyttä (Kylliäinen 2021).

Nykyisen Ympäristöministeriön asetuksen vaatimukset ilmaääneneristykselle on määritetty tilojen äänenpainetasojen erotuksena. Tilojen välistä ääneneristävyttä kuvaa

silloin äänitasoeroluku $D_{nT,w}$ (dB). Tilojen välinen äänitasoeroluku $D_{nT,w}$ (dB) voidaan määrittää ilmaääneneristävyysluvun R_w (dB) mittauksista. (Ympäristöministeriö 2018)

Askelääntä syntyy iskuista väli- ja alapohjiin. Iskujen takia ympärillä olevat rakenteet alkavat värähdellä, jolloin värähtely havaitaan toisessa tilassa ilmaäänenä. Askelääntä aiheutuu kävelystä, huonekalujen siirtämisestä, esineiden putoamisesta ja tavarakuljetuksista. Askelääniä saadaan pienennettyä muun muassa käyttämällä joustavia lattiapäällysteitä tai tekemällä jokin muu kerros rakenteen pintaan. (Ympäristöministeriö 2018, s. 19)

Askelääneneristys suoritetaan kojeella, jossa viisi 0,5 kg painavaa sylinteriä tiputetaan 40 mm korkeudelta lattiaan. Jokainen sylinteri tiputetaan kahdesti sekunnissa, jolloin lattiaan osuu 10 iskua sekunnissa. Näin saadaan varmasti luotua ääni, joka on mitattavissa. Kojee on ollut käytössä 1930-luvulta saakka (Kylliäinen 2006, s. 91–94). Mittaus perustuu vastaanottotilaan syntyvään äänenpainetasoon ja sen mittaamiseen. Vastaanottotilan koko ja kalustus vaikuttavat äänenpainetasoon, joten mittaluvut on nykyään standardisoitu 0,5 sekunnin jälkikaiunta-ajalle. Askelääneneristystä kuvataan askeläänitasoluvulla $L'_{nT,w} + C_{1,20-2500}$. (Ympäristöministeriö 2018, s. 19)

3. TOIMISTOJEN ÄÄNIOLOSUHTEITA KOSKEVAT VAATIMUKSET

3.1 Ääneneristysnormit

Ensimmäiset ääneneristysnormit julkaistiin Suomessa vuonna 1967 Suomen Rakennusinsinöörien Liiton RIL ry toimesta. Tätä aikaisemmin ääneneristysvaatimukset olivat sanallisia. Niitä julkaistiin rakennusalan lehdissä artikkeleina 1930-luvusta lähtien ja oppi- ja käsikirjoissa 1940-luvun lopulta lähtien. (Lietzén & Kylliäinen 2014, s. 10–11) Sanallisten vaatimusten velvoittavuus koettiin kuitenkin puutteellisena, koska ääni koetaan subjektiivisesti, jolloin osapuolilla saattoi olla erilainen käsitys esimerkiksi riittävästä ääneneristyksestä (Kylliäinen 2011, s. 1).

Vuoden 1967 ääneneristysnormit laadittiin komiteatyönä ja julkaisuun vaikutti vuosina 1965–1967 tapahtunut kansainvälinen yhteistyö. Uudet normit mahdollistivat ääniolosuhteiden mittaamisen ja mittaustulosten vertailemisen normien raja-arvoihin. Ääneneristysnormit määrittivät talonrakentamisessa käytettyjen rakenteiden pienimmät sallitut ääneneristysarvot. Niissä oli myös esimerkkirakenteita ja niihin liittyviä tunnuslukuja sekä akustiikkasuunnittelun ohjeita rakennuksia varten. Jos rakentamisessa haluttiin käyttää uusia rakenteita tietämättä niiden ääneneristysominaisuuksista, normi huomautti, että rakennuttaja oli silloin velvollinen varmistamaan rakenteen sopivuus tarkastusmittauksilla. (Lietzén & Kylliäinen 2014, s. 11–12) Toimistoihin normit määrittivät korkeimman sallitun äänitason jatkuvalle äänelle yöllä ja päivällä sekä veden otosta tai poislaskusta johtuvan korkeimman sallitun äänen (RIL 55 1967, s. 6–8).

Vaikka ääneneristysnormit eivät olleet säädöksiä, ne rinnastettiin säädöksiin paikkakunnilla, joilla rakennusvalvontaviranomaiset edellyttivät niiden käyttöä. Vuonna 1971 julkaistiin uusitut ääneneristysnormit. Määräysosa ei kokenut suuria uudistuksia. Pieniä täsmennyksiä kuitenkin tehtiin. (Lietzén & Kylliäinen 2014, s. 11–12) Toimistoihin liittyvät äänitasojen arvot pysyivät samoina (RIL 55 1967, s. 6–8). Suurin muutos edellisiin normeihin verrattuna oli se, että niihin lisättiin uusia esimerkkirakenteita (Lietzén & Kylliäinen 2014, s. 11–12).

3.2 Suomen rakentamismääräyskokoelma

Ensimmäiset viralliset vaatimukset rakennusten ääniolosuhteista annettiin Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C1. Se julkaistiin vuonna 1975 ja määräykset

tulivat voimaan 1.7.1976. Tämä oli ensimmäinen kerta, kun Suomessa julkaistiin säädöstasoiset ääneneristysmääräykset teknisten mittalukujen muodossa (Lietzén & Kylliäinen 2014, s. 12).

Rakentamismääräyskokoelman osa C5 julkaistiin ensimmäisen kerran vuonna 1978. Se sisälsi pääosin ohjeita hyväksyttävälle rakenneratkaisuille. Rakentamismääräyskokoelman osassa C5 mittalukujen laskentamenetelmät pysyivät samoina, ja osa C5 vain täydensi aikaisemmin julkaistua rakentamismääräyskokoelman osaa C1. (Lietzén & Kylliäinen 2014, s. 12).

Suomen rakentamismääräyskokoelman osaa C1 on uudistettu kaksi kertaa (Lietzén & Kylliäinen 2014, s. 12). Ensimmäinen uudistus tehtiin vuonna 1984 ja se tuli voimaan 1.7.1985. Se kumosi aikaisemmin julkaistun C1 osan. Uudessa kokoelmassa esitettiin toimistorakennusten ilmaääneneristykselle, askelääneneristävyydelle ja äänitasoille ohjeavot. (RakMK C1 1985, s. 6) Ohjeosa eli rakentamismääräyskokoelman osa C5 uudistettiin samalla. Uudistus sisälsi päivityksiä käsitteisiin, suositeltuihin rakenneratkaisuihin ja mittausmenetelmiin (Lietzén & Kylliäinen 2014, s. 12). Lisäksi vuonna 1984 julkaistiin Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C6, josta löytyi ohjeita asuinrakennusten LVI-laitteiden äänitekniikkaan. Ohjeita oli kuitenkin mahdollista soveltaa myös muihin rakennuksiin. (RakMK C6 1984, s. 1)

Rakentamismääräyskokoelman osa C1 uusittiin toisen kerran vuonna 1998 ja se tuli voimaan vuonna 2000. Uusi C1 osa kumosi sitä aikaisemman version sekä ohjeita sisältävän C5 osan. Ohjeita ääneneristämisestä löytyi uudesta C1 osasta, jota täydensi vielä Ympäristöministeriön laatima Ympäristöopas 99. (Lietzén & Kylliäinen 2014, s. 12) Vaatimukset liittyivät ilma- ja askelääneneristykseen, äänitasoihin ja jälkikaiunta-aikaan. Rakentamismääräyskokoelman osassa C1 esitetyt määräykset koskivat vain asuinrakennuksia. Muille rakennustyypeille annettiin ohjeita. (Kylliäinen 2006, s. 19) Esimerkiksi toimistorakentamiselle osa C1 osoitti vain yhden ohjeavon teknisen mittaluvun muodossa (RIL 243-3-2008, s. 25).

Vuonna 2003 tuli voimaan rakentamismääräyskokoelman osa D2, joka sisälsi määräyksiä ja ohjeita rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta (RakMK D2 2003, s. 1). Siinä määritellään kuinka kova ääni saa kuulua rakennuksen LVIS-laitteista eri tiloihin. Osa D2 määrittää ohjearvoja asuinrakennuksen tiloihin, joita ei C1 osasta löydy. Lisäksi osassa D2 on ohjearvoja moniin muihin rakennuksiin kuten toimistoihin, oppilaitoksiin, kirjastoihin ja kirkkoihin. (Kylliäinen 2006, s. 20) Osa D2 uudistettiin vuonna 2012, mutta esimerkiksi LVIS-laitteiden melutasojen ohjeavot toimistorakennuksiin pysyivät samoina kuin vuoden 2003 osassa (RakMK D2 2012).

3.3 Rakennusten akustinen luokitus SFS 5907

Koska viranomaismääräyksiä oli vähän ja ne koskivat vain asuinrakennuksia, päätettiin vuonna 2004 julkaista standardi SFS 5907 (Hirvonen et al. 2005). Sen tarkoitus oli tukea suunnittelijoita ja urakoitsijoita täydentämällä rakentamismääräyskokoelman osaa C1. Standardi sisälsi ohjearvoja teknisinä mittalukuina erilaisille tiloille ja rakennustypeille. Ohjearvot määrittivät ilma- ja askeläänieristävyyttä, rakennusten LVIS-laitteiden meluntorjuntaa, liikenteestä aiheutuvaa meluntorjuntaa ja huoneakustiikkaa. Standardi antaa suosituksia ja sen käyttö on vapaaehtoista. (SFS 5907 2006, s. 2)

Standardissa tilat jaetaan neljään luokkaan A, B, C ja D. Luokkiin A ja B kuuluvat akustisilta ominaisuuksiltaan viranomaisvaatimuksia paremmat rakennukset. Luokka C kuvaa vähimmäistasoa eli rakentamismääräyksessä C1 vaadittuja määräyksiä. D luokkaa käytetään silloin, kun halutaan selvittää vanhan rakennuksen akustisia ominaisuuksia. (SFS 5907 2006; Lietzén & Kylliäinen 2014, s. 12)

Kuten edellä on todettu, ei toimistorakennusten ääniolosuhteille ollut juuri annettu määräyksiä teknisten mittalukujen muodossa rakennusmääräyskokoelmassa, kun standardi julkaistiin. SFS 5907 -standardi määrittää akustisten olosuhteiden ohjearvot toimistojen jälkikaiunta-ajalle, taustäänitasolle, puheensiirtoindeksille, LVIS-laitteiden melutasoille, ilmaäänieristykselle, ympäristömelutasolle ja askeläänieristykselle. Standardiin tulee viitata sopimusasiakirjoissa, kun rakennetaan toimistotilaa. Tällöin standardissa määritetyt ohjearvot tulevat juridisesti voimaan. SFS 5907 määrittää mittaustavat, jolla voidaan todistaa rakennuksen vastaanottovaiheessa ääniolosuhteiden toteutuminen. (RIL 243-3-2008, s. 26)

3.4 Ympäristöministeriön asetukset ja ohjeet

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä 792/2017 annettiin vuonna 2017 ja se astui voimaan 1.1.2018. Se kumosi aikaisemmat rakentamismääräyskokoelmat. Asetus on velvoittava säädös, jossa on annettu keskeiset määräykset teknisinä mittalukuina. Uudessa asetuksessa ilmaääneneristykselle ja askeläänieristykselle tulivat uudet tunnusluvut ja askeläänierityksen taajuusaluetta laajennettiin. Ulkovaipan ääneneristykselle tuli vaatimuksia. Melun ominaispiirteet kuten impulssimaisuus, kapeakaistaisuus ja pientaajuisuus otettiin huomioon ja niille annettiin vaatimuksia. Muutoksia tuli myös jälkikaiunta-ajan ja puheenerotettavuutta koskeviin vaatimuksiin. Lisäksi asetuksessa huomioitiin tekstinä tärinä ja runkomelu sekä korjausrakentaminen. (VNa 792/2017)

Vuonna 2018 julkaistiin ohje rakennuksen ääniympäristöstä ja se korvasi ympäristöoppaan 99 Äänieristys rakennuksessa. Ohje sisältää asetuksen sovellusohjeita, erilaisia akustiikan ohjearvoja ja suunnitteluohjeita. Ohjeen tarkoitus on opastaa ja selventää, miten asetuksella 796/2017 säädettyihin rakennuksen ääniympäristöä koskeviin vähimmäisvaatimuksiin päästään. (Ympäristöministeriö 2018, s. 2)

Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniolosuhteiden suunnittelusta ja toteutuksesta tuli voimaan vuoden 2019 lopussa. Kuten vuoden 2018 ohje, vuoden 2019 ohjeen tarkoitus on selkeyttää ja edesauttaa asetuksessa 796/2017 määritettyjen vaatimusten toteutumista. Vuoden 2019 ohjeen pääpainona ovat avoimet oppimisympäristöt ja toimistotilat ja se sisältää suunnitteluohjeita ja esimerkkejä. (Kylliäinen & Hongisto 2019, s. 9)

4. ÄÄNIOLOSUHDEVAATIMUSTEN MUUTOKSET

4.1 Tekniset mittaluvut

Toimistojen ääneneristykselle ja ääniosuhteille on annettu teknisiä mittalukuja ensimmäisen kerran vuoden 1967 ääneneristysnormeissa. Siitä lähtien teknisiä mittalukuja on annettu tähän päivään saakka ääneneristysnormeissa, Suomen rakentamismääräyskokoelmassa, standardeissa, asetuksissa ja ohjeissa. Mittalukuja ja niiden kehitystä on mahdollista tutkia vertailemalla niitä toisiinsa. Eri aikakausina mittalukujen laskentamenetelmät ovat kuitenkin vaihdelleet, joten teknisiä mittalukuja ei ole välttämättä mahdollista verrata suoraan toisiinsa, vaikka tulokset merkittäisiinkin samalla tavalla. (Lietzén & Kylliäinen 2014, s. 7)

Koska mittaukset itsessään eivät ole juuri muuttuneet 1967-luvun jälkeen, on mittaustuloksia mahdollista verrata. Tämä vaatii mittalukujen tulkintaa ja esimerkiksi vuosien 1967–1999 välillä saadut ilmaääneneristysmittaustulokset voidaan muuttaa vastaamaan vuoden 1998 Suomen rakentamiskokoelman C1 osan arvoja, kun tiedetään mittaustulokset kolmannesoktaavikaistoittain taajuusalueella 100–3 150 Hz. (Lietzén & Kylliäinen 2014, s. 14)

4.2 Toimistojen välinen ääneneristys

4.2.1 Ilmaääneneristävyys

Ääneneristysnormeissa vuosina 1967 ja 1971 ilmaääneneristystä kuvattiin ilmaääneneristysindeksillä I_a . Sen laskemisessa käytettiin apuna ääneneristävyuden vertailukäyrää ja kahden huoneen välillä mitattua ilmaääneneristystä. Rakennukset piti suunnitella ja rakentaa niin, että ilmaääneneristysindeksiä ei alitettu. Ilmaääneneristysindeksi ilmoitti ilmaääneneristyksen vähimmäisarvot vaaka- ja pystysuorassa. Lisäksi normeissa määritettiin korkein sallittu äänitaso jatkuvalle äänelle yölle ja päivälle sekä veden otosta tai poislaskusta aiheutuva ääni (taulukko 1). (RIL 55 1967; RIL 55b 1971)

Taulukko 1. Ilmaääneneristysindeksit I_a ja korkeimmat sallitut äänentasot (mukaillen lähteistä RIL 55 1967; RIL 55b 1971).

	Ilmaääneneristysindeksin I_a vähimmäisarvot (dB)		Korkein sallittu äänentaso, dB(A)		
	Vaakasuurassa	Pystysuurassa	Jatkuva ääni yöllä	Jatkuva ääni päivällä	Vedenotosta tai poislaskusta johtuva ääni
Ääneneristysnormit (1967)	44	45	40	40	45
Ääneneristysnormit (1971)	44	45	40	40	45

Vuoden 1975 Suomen rakentamismääräyskokoelmassa C1 esitettiin ensimmäisen kerran vaatimuksia toimistojen ääniolosuhteille. Toimistojen ilmaääneneristysindeksille ei määritetty enää vähimmäisarvoja vaaka- ja pystysuoraan, vaan ilmoitettiin vain yksi arvo. Lisäksi vaatimukseen tuli ilmaääneneristysindeksin arvo teollisuusrakennuksen toimistotilan ja työtilan välille. Mittaluvut määriteltiin samalla tavalla kuin ääneneristysnormeissakin. (RakMK C1 1975) Kun rakentamismääräyskokoelma uusittiin ensimmäisen kerran vuonna 1985, ilmaääneneristävyyden mittaluku vaihtui ilmaääneneristysindeksistä I_a ilmaääneneristyslukuun R'_w (dB). Se saadaan laskettua, kun verrataan taajuuden funktiona mitattua ilmaääneneristävyyttä standardoituun vertailukäyrään. (RakMK C1 1985) Vuonna 1998 Suomen rakentamismääräyskokoelma uudistui toisen kerran. Vaikka ilmaääneneristysluvun R'_w merkintätapa oli täysin sama kuin vuoden 1985 osassa C1, mittalukujen laskenta poikkesi toisistaan. Tästä johtuen niitä ei voitu jokaisessa tilanteessa suoraan verrata keskenään (Lietzén & Kylliäinen 2014, s. 14). (Taulukko 2)

Taulukko 2. Ilmaääneneristysindeksit I_a ja ilmaääneneristävyyden luvut R'_w (mukaillen lähteistä RakMK C1 1975; RakMK C1 1985; RakMK C1 1998).

	Ilmaääneneristysindeksin I_a (dB) vähimmäisarvot		Ilmaääneneristysluku R'_w (dB) vähimmäisarvot	
	Toimistohuoneistojen välillä	Teollisuusrakennuksen toimistotilan ja työtilan	Toimistohuoneistojen välillä	Teollisuusrakennuksen toimistotilan ja työtilan välillä
Suomen rakentamismääräyskokoelma C1 (1975)	44	40	-	-
Suomen rakentamismääräyskokoelma C1 (1985)	-	-	44	40
Suomen rakentamismääräyskokoelma C1 (1998)	-	-	44	-

Vuonna 2004 julkaistu rakennusten akustinen luokitus SFS 5907 toi monia uusia ohjeita toimistotilojen akustisiin olosuhteisiin (taulukko 3). Niiden tarkoitus oli tukea suunnittelijoita ja urakoitsijoita. Standardi jakoi tilat neljään luokkaan, joista C-luokka vastasi vuonna 1998 Suomen rakentamismääräyskokoelman C1 osassa annettuja

määräyksiä. Mittalukujen laskentatapa pysyi samana kuin vuoden 1998 rakentamismääräyskokoelman osassa C1. (SFS 5907 2006)

Taulukko 3. Pienimmät sallitut ilmaääneneristysluvun R'_w [dB] arvot (SFS 5907 2006, s. 13).

Tila	Luokka A	Luokka B	Luokka C	Luokka D
Yhden hengen toimistohuoneiden välillä	44	40	35	35
– Edellisestä käytävälle	34	30	25	25
Asiakashuone, neuvotteluhuone, johdon huoneet	48	44	40	40
Ehdotonta luottamuksellisuutta edellyttävät tilat	60	55	52	48
Neuvotteluhuone tai tila, jossa äänenvahvistin	52	48	48	44
– Edellisestä käytävälle	44	40	35	30
WC:stä, pukuhuoneesta, suihkutilasta				
– toimistohuoneisiin	44	44	44	40
– toiseen WC-, pukuhuone- tai suihkutilaan	48	40	35	30
– käytävälle	30	25	-	-
Taukokuoneesta toimistotilaan	44	44	40	35
Toimiston vieressä on toinen yritys, joka aiheuttaa melua ¹⁾	60	55	52	48
¹⁾ Vaatii aina erillisen suunnitelman.				

Viimeisin mittalukujen muutos on tapahtunut Ympäristöministeriön asetuksessa rakennuksen ääniympäristöstä 792/2017. Se antaa vain sanallisia määräyksiä toimistojen ääniolosuhteille, mutta vuonna 2018 julkaistu Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristö sisältää ohjeita teknisten mittalukujen muodossa ja siinä opastetaan menettelytavoista, jolla asetuksen 792/2017 määräyksiin on mahdollista päästä. Ympäristöministeriön ohje määrittää äänitasoeroluvun ohjearvot ympäröiviin tiloihin yleensä, toiseen käyttötarkoitukseltaan saman tyyppiseen tilaan, kun välissä on ovi, ja käytävään tai aulaan, kun välissä on ovi (taulukko 4). Lisäksi se määrittää toimistohuoneen kerrosten välisen äänitasoeroluvun ohjearvon, joka on 52 dB. Ohjearvo perustuu muuntojoustavuuteen sekä suurempaan pinta-alaan, joka välittää ääntä. Aikaisemmin käytössä ollut ilmaääneneristysluku R'_w korvattiin standardoidulla äänitasoeroluvulla $D_{nT,w}$. Uusi mittaluku mahdollistaa ilmaääneneristävyyden vastaamaan paremmin ihmisen kokemusta ja sen käyttö vähentää tiettyjä mittaus- ja laskentatapaan liittyviä ongelmia, joita liittyi ilmaääneneristyslukuun. (Remes 2019). Tällainen oli esimerkiksi se, että ilmaääneneristysluku R'_w oli alun perin kehitetty mittamaan yksittäistä rakennusosaa laboratoriossa. Kenttätutkimuksissa se ei kuitenkaan aina kuvaa subjektiivista kokemusta ääneneristävyydestä, koska ääntä siirtyy myös muita reittejä pitkin. (Kylliäinen 2021)

Taulukko 4. Äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ ohjearvot toimistohuoneille (mukailen lähteestä Ympäristöministeriö 2018 s. 22).

	Äänitasoeroluvun $D_{nT,w}$ (dB) ohjearvo		
Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017	Sanallinen määritelmä		
Ääniympäristö. Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä (2018)	Ympäröiviin tiloihin yleensä	Toiseen käyttötarkoitukseltaan saman tyyppiseen tilaan, kun välissä on ovi	Käytävään tai aulaan, kun välissä on ovi
	40	40	30

4.2.2 Askelääneneristävyys

Vuoden 1967 ja 1971 ääneneneristysnormit määrittivät askelääneneristävyydelle askeläänentasonindeksiin I_i (dB) enimmäisarvot (taulukko 5). Askeläänentasonindeksin laskentaan tarvitaan askeläänentaso L_{10} . Askeläänentaso tarkoittaa huoneessa vallitsevaa äänenpainetasoa, joka syntyy vasarakojeen tuottamista iskuista tutkittavaan kohteeseen. Askeläänentaso saatiin laskettua vertailemalla askeläänentaso vertailukäyrään. Lisäämällä ehdot täyttävän vertailukäyrän 500 Hz:n kohdalla olevaan arvoon 5 dB, saatiin määritettyä askeläänentasoindeksi I_i . Molempina vuosina laskelmat ja mittaukset tehtiin samalla tavalla. (RIL 55 1967; RIL 55b 1971)

Taulukko 5. Askeläänentasoindeksiin I_i enimmäisarvot (mukailen lähteistä RIL 55 1967; RIL 55b 1971).

	Askeläänentasoindeksi I_i (dB)
Ääneneneristysnormit (1967)	75
Ääneneneristysnormit (1971)	75

Rakentamismääräyskokoelman osasta C1 löytyi ohjearvo askelääneneristykselle vain vuoden 1985 versiosta. Siinä askeläänentasoindeksiin sijaan käytettiin askeläänitasolukua $L'_{n,w}$. (Taulukko 6) Sitä käytettiin jo vuonna 1975 rakentamismääräyksen osassa C1 asuinrakennusten askelääneneristyksen mittalukuna. Se laskettiin kuitenkin eri tavalla kuin vuoden 1985 osassa C1, jossa mittaukset tehtiin ISO 140/3.4.6.7–1978 esitettyjen mittausten menetelmien mukaan. Niissä käytettiin suodatinta, jossa kaistanleveys oli 1/3-oktaavia ja kaistanleveys 100–3 150 Hz. (RakMK C1 1985)

Taulukko 6. Askeläänitasoluvun $L'_{n,w}$ enimmäisarvot (mukaillen lähteistä RakMK C1 1975; RakMK C1 1985; RakMK C1 1998).

	Askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ (dB)
Suomen rakentamismääräyskokoelma C1 (1975)	-
Suomen rakentamismääräyskokoelma C1 (1985)	63
Suomen rakentamismääräyskokoelma C1 (1998)	-

SFS 5907 toi myös uusia mittalukujen ohjearvoja askelääneneristykseen. Viimeisin määräys askelääneneristykselle teknisen mittaluvun muodossa oli annettu vuonna 1985 rakentamismääräyskokoelman osassa C1, sillä vuoden 1998 osa C1 antoi määräyksiä vain asuinrakennuksille. 1990-luvulla toimistojen ääneneristyksen, huoneakustiikan sekä meluntorjunnan suunnittelu ja tavoitearvojen määrittely oli suunnitteluorganisaation vastuulla. Tämä oli yksi syy siihen, miksi standardi SFS 5907 kehitettiin. Se antoi ohjearvoja suunnittelijoiden tarpeeseen. (Hirvonen et al. 2005)

Taulukko 7. Suurimmat sallitut askeläänitasoluvun $L'_{n,w}$ [dB] arvot (SFS 5907 2006, s. 13).

Tila	Luokat A ja B	Luokka C	Luokka D
Toimistohuoneissa, neuvotteluhuoneissa, kokoushuoneissa, taukotiloissa			
– käytävistä	58	63	68
– muista tiloista	63	63	68

Ympäristöministeriön asetuksessa rakennuksen ääniympäristöstä 792/2017 annetaan vain sanallisia määräyksiä toimistoille, mutta Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä (2018) sisältää ohjearvoja teknisen mittaluvun muodossa toimistotilojen askelääneneristykselle (taulukko 8). Askelääneneristyksen mittaluku muuttui uudessa asetuksessa ja ohjeessa. (Ympäristöministeriö 2018) Uudessa askeläänitasoluvussa $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$ on mukana spektripainotusermi $C_{1,50-2500}$, joka ottaa huomioon pienitaajuiset askeläänit 50 Hz:n terssikaistaan asti. Tällöin mittaluku vastaa paremmin subjektiivisesti koettua askelääneneristystä. Aikaisemmin käytössä ollut mittaluku $L'_{n,w}$ aiheutti ongelmia, koska se ei huomionnut alle 100 Hz:n askelääniä. (Remes 2019) Askelääneneristävyydelle tehtiin muutos vastaanottotilan jälkikaiunta-ajan normalisointiin. Toisin kuin vuoden 1998 rakentamismääräyskokoelman osassa C1

ja sitä aiemmissa versioissa sekä standardissa SFS 5907, jossa jälkikaiunta-aika oli normalisoitu 10 m²:n absorptiopinta-alaan, nykyisen Ympäristöministeriön asetuksen mukaan vastaanottotilan jälkikaiunta-aika standardoidaan 0,5 sekunnin jälkikaiunta-aikaan. (Ympäristöministeriö 2018)

Taulukko 8. Askeläänitasoluvun $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$ ohjearvo (Ympäristöministeriö 2018 s. 23).

	Askeläänitasoluku $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$ (dB)
Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017	Sanallinen määritelmä
Ääniympäristö. Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä (2018)	Toimistorakennuksissa kerrosten välillä yleensä
	63

4.3 Toimistotilojen huoneakustiikka

Huoneakustisilla tekijöillä voidaan vaikuttaa jälkikaiunta-aikaan T , puheen äänitasoon ja puheensiirtoindeksiin STI . Jälkikaiunta-ajalle annettiin ensimmäiset määräykset vuonna 1975. Ne eivät kuitenkaan koskeneet toimistorakennuksia. Ensimmäiset toimistoja koskevat ohjearvot määritettiin SFS 5907 standardissa. Ne koskivat esimerkiksi avotoimistoja, toimistohuoneita, taukhuoneita, käytäviä ja ravintoloita (taulukko 9). SFS 5907 ei antanut suoraan ohjearvoja puheensiirtoindeksille. Se kuitenkin määrittä puheen erotettavuutta ja puheyksityisyyttä erilaisilla puheensiirtoindeksin arvoilla, joita voitiin käyttää apuna suunnittelussa (taulukko 10). (SFS 5907 2006)

Taulukko 9. Suurimmat sallitut jälkikaiunta-ajan T [s] arvot. Jälkikaiunta-aika määritetään oktaavitaajuuskaistojen 250–4 000 Hz keskiarvona kiintokalustetussa huoneessa. (SFS 5907 2006 s.14)

Tila	Luokka A	Luokka B	Luokka C	Luokka D
Avotoimisto, korkeus alle 3 m ¹⁾	0,35	0,40	0,45	0,55
Avotoimisto, korkeus yli 3 m	0,40	0,45	0,50	0,60
Yhden hengen toimistohuone, taukuhuone, neuvotteluhuone ²⁾	0,50	0,60	0,70	0,90
Käytävä	0,60	0,80	1,00	1,00
Aula ³⁾	0,80	1,00	1,30	1,30
Pieni auditorio, kokoustila, alle 300 m ³ ⁴⁾	0,60	0,70	0,90	0,90
Vetäytymishuone, hiljainen huone	0,40	0,50	0,60	0,70
Ruokala, ravintola	0,70	0,80	0,90	1,00

Kalusteiksi katsotaan tässä kohdin arkkitehdin suunnittelemat kiintokalusteet.

¹⁾ Jälkikaiunta-ajan mittaus suoritetaan kalustetussa työpisteessä 1,2 m korkeudella lattiasta (ei käytävällä).

²⁾ Videoneuvottelutiloissa jälkikaiunta-ajan tulee olla 0,1...0,2 sekuntia lyhyempi.

³⁾ Yli 4 metriä korkeat aulatilat, tai aulat, joihin liittyy työpisteitä ilman erottavaa seinää, vaativat erillisen suunnitelman. Niissä tulee käyttää paikallista vaimennusta.

⁴⁾ Tätä suurempien puhetilojen akustinen suunnittelu on suositeltavaa.

Taulukko 10. Puheensiirtoindeksin STI subjektiivinen merkitys (SFS 5907 2006 s. 25).

Puhetiloissa		
STI alue	Puheen erotettavuus	Esimerkkejä tiloista
Alle 0,30	Kelvoton	
0,30...0,45	Huono	Vanha kirkko
0,45...0,60	Välttävä	Kaikuisa auditorio tai konserttisali
0,60...0,75	Hyvä	Hyvin suunniteltu suuri auditorio
Yli 0,75	Erinomainen	Hyvin suunniteltu luokkahuone tai pieni auditorio
Vierekkäisten toimistotyöpisteiden välillä		
STI alue	Puheenpeitto	Esimerkkejä tiloista
Alle 0,05	Täydellinen	Hyvin eristettyjen työhuoneiden välillä, ovet kiinni
0,05...0,20	Riittävä	Normaalisti eristettyjen työhuoneiden välillä, ovet kiinni
0,20...0,40	Hyvä	Työhuoneiden välillä, ovet auki käytävälle
0,40...0,55	Kohtalainen	Avotoimisto, akustisesti hyvin toteutettu
0,55...0,70	Välttävä	Avotoimisto, akustisessa toteutuksessa pieniä puutteita
0,70...0,85	Huono	Avotoimisto, akustiikassa merkittäviä puutteita
Yli 0,85	Ei ole	Avotoimisto, akustinen suunnittelu puuttuu

Ympäristöministeriön ohjeessa (2018) jälkikaiunta-ajan ohjearvot muuttuivat. Lisäksi puheen erotettavuudelle annettiin ensimmäistä kertaa ohjearvoja. (taulukko 11) Ohje

opastaa, miten huoneakustiikka ei ainoastaan vaikuta tilan ääniolosuhteisiin. Siihen voi vaikuttaa esimerkiksi talotekniset järjestelmät ja ulkoa kantautuvat äänet. (Ympäristöministeriö 2018) Vuonna 2019 julkaistiin vielä Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniolosuhteiden suunnittelusta ja toteutuksesta, jonka pääpainona on toimistotilojen ja avoimien oppimisympäristöjen suunnittelu, jotta näiden tilojen suunnittelussa ja toteutuksessa huoneakustiikan näkökulmasta päästäisiin parempiin lopputuloksiin. (Kylliäinen & Hongisto 2019)

Taulukko 11. Jälkikaiunta-ajan T ja puheensiirtoindeksin STI ohjearvot. (Ympäristöministeriö 2018).

	Jälkikaiunta-aika T (s)			Puheensiirtoindeksi STI		
	Avoimet toimistotilat	Toimistohuone	Kokoustila	Avoimet toimistotilat	Toimistohuone	Kokoustila
Ääniympäristö. Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä (2018)	≤0,6	≤0,8	0,5-0,7	≤0,5	-	≥0,7

4.4 LVIS-järjestelmien tuottamat melutasot

Ensimmäinen määräys LVIS-laitteiden tuottamille melutasoille annettiin vuoden 1985 Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C1 (taulukko 12). Se määrittäi enimmäisäänitason $L_{A,max}$ LVIS-laitteille, johon kuuluivat hissit, vesi- ja viemärlaitteet, kompressorit, ilmanvaihtolaitteet, jäähdytyslaitteet sekä lämmityslaitteet. (RakMK C1 1985) Mittauksissa käytettiin kalustettua huonetta, jossa mitattiin LVIS-laitteiden aiheuttamasta äänitasosta A-painotettu maksimiäänitaso $L_{A,max}$ käyttäen apuna aikapainotusta F. Jos havaittu ääni LVIS-laitteista oli impulssimaista, eli häiritsevämpää kuin tasainen ääni, saatettiin mittaustulokseen lisätä 5 dB. Äänen impulssimaisuus perustui yleensä subjektiiviseen havaintoon. (RakMK C5 1985) Vuonna 1998 Suomen rakentamismääräyskokoelma määrittäi kaksi ohjearvoa LVIS-laitteiden tuottamille melutasoille. Ne olivat keskiäänitaso $L_{A,eq,T}$ ja maksimiäänitaso $L_{A,max}$ (taulukko 12). Keskiäänitason aika T kuvaa sitä aikaa, jonka laite on päällä. (RakMK C1 1998)

Taulukko 12. LVIS-laitteiden tuottama suurin äänitaso (mukaillen lähteistä RakMK C1 1985; RakMK C1 1998).

	LVIS-laitteiden suurin äänitaso (dB)	
	$L_{A,eq,T}$	$L_{A,max}$
Suomen rakentamismääräyskokoelma C1 (1985)	-	35
Suomen rakentamismääräyskokoelma C1 (1998)	33	38

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2, joka julkaistiin vuonna 2003, antoi määräyksiä ja ohjeita rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. Se määrittäi ohjearvoja monille eri rakennuksille ja rakennusten eri tiloille, joita ei aiemmassa C1 osassa ollut annettu (taulukko 13). (Kylliäinen 2006 s. 20) Osa D2 uusittiin vuonna 2012, mutta toimistorakennuksen ohjearvot pysyivät samoina (RakMK D2 2012). Myös mittaus- ja laskentatavat olivat molemmissa D2 versioissa samat kuin vuoden 1998 osassa C1.

Taulukko 13. LVIS-laitteiden tuottama suurin äänitaso (mukaillen lähteestä RakMK D2 2003).

Tila / käyttötarkoitus	Äänitaso $L_{A,eq,T}$ / $L_{A,max}$ (dB)
Toimistohuone ja vastaavat tilat	33 / 38
Neuvotteluhuone	33 / 38
Asiakastila	38 / 43
Käytävätila	38 / 43
Kahvio, taukotila	38 / 43
Tupakkahuone:	
– rakennuksen käytön aikana	38 / 43

Näiden lisäksi myös standardi SFS 5907 antoi ohjearvoja LVIS-laitteiden äänitasoihin (taulukko 14). Ne annettiin keskiäänitasona $L_{A,eq}$. Tilat oli jaettu luokkiin A–D, jossa luokka C kuvasi vähimmäistasoa eli sitä, joka oli annettu rakentamismääräyskokoelmassa. (SFS 5907 2006 s. 14)

Taulukko 14. Suurimmat sallitut rakennuksen LVIS-laitteiden aiheuttamat äänitasot $L_{a,eq}$ [db] (SFS 5907 2006).

Tila	Luokka A	Luokka B	Luokka C	Luokka D
Avotoimisto ¹⁾	40...42	40...42	40...42	40...42
Yhden hengen toimistohuone	35	35	35	40
Taukokuone	40	45	45	50
Neuvottelutila	30	35	35	40
Käytävä, aula	40	40	40	45
Pieni auditorio, koulustila, alle 200 m ³	30	35	35	40
Vetäytymishuone, hiljainen huone	30	35	35	40
Ruokala, ravintola	40	45	45	50
Samana tai läheisen rakennuksen ikkunan ulkopuolella, parvekkeella, pihamaalla tai muussa vastaavassa paikassa asuinalueella ja muille melulle herkillä alueilla	45	45	45	45

Nykyiset vaatimukset taloteknisten laitteiden äänitasoille on annettu Ympäristöministeriön asetuksessa rakennuksen ääniympäristöstä 792/2017. Siinä annetaan vain sanallisia määräyksiä toimistotiloille. Ympäristöministeriön ohje rakennusten ääniympäristöstä (2018) määrittää kuitenkin ohjearvot teknisten mittalukujen muodossa (taulukko 15). Mittalukuina käytetään keskiäänitason $L_{Aeq,T}$ ja enimmäisäänitason $L_{AFmax,T}$. (Ympäristöministeriö 2018)

Taulukko 15. Keskiäänitason $L_{Aeq,T}$ ja enimmäisäänitason $L_{AFmax,T}$ ohjearvot (Ympäristöministeriö 2018).

	Ohjearvo Keskiäänitaso $L_{Aeq,T}$ (dB)	Ohjearvo Enimmäisäänitaso $L_{AFmax,T}$ (dB)
Ääniympäristö. Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä (2018)	33	38

4.5 Mittalukujen vertailu toimistohuoneessa

Tämän luvun lopussa olevaan taulukkoon 16 on kerätty esimerkki teknisten mittalukujen arvojen muutoksista, kun mittaluvut on muutettu vastaamaan nykyisin käytössä olevia mittalukuja. Keski- ja enimmäisäänitasoja voidaan verrata suoraan toisiinsa. Vuoden 1985 rakentamismääräyskokoelman osassa C1 äänitaso määriteltiin siten, että sen arvo

saa olla enintään 35 dB (RakMK 1985 C1). Tämä kuitenkin jättää tulkinnanvaraa siihen, onko kyseessä keski- vai enimmäisäänitaso. Keskiäänitason arvot ovat pysyneet samoina SFS 5907 mittalukua lukuun ottamatta, jossa keskiäänitason ohjearvo oli luokassa C 2 dB korkeampi kuin aiemmin. Enimmäisäänitaso nousi 3 dB vuoden 1998 rakentamismääräyskokoelman osassa C1 verrattuna vuoden 1985 osaan C1, ja on pysynyt samana tähän päivään saakka.

Askelääneneristykseen aiemmat mittaluvut saadaan vastaamaan nykyisiä mittalukuja, kun kyseessä on 30 m³ tila (Takala 2013). Vuonna 1967, 1971 ja 1975 käytössä ollut askeläänentasoindeksi I_i saadaan vastaamaan askeläänitasolukua $L'_{n,w}$, kun askeläänentasoindeksistä vähennetään 5 dB (Lietzén & Kylliäinen 2014). Askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ vastaa nykyisin käytössä olevaa askeläänitasolukua $L'_{nT,w}$. On kuitenkin huomioitava, että nykyään käytettävässä mittaluvussa $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$ on mukana spektripainotusermi $C_{1,50-2500}$, joten aiemmat mittaluvut eivät ole yksiselitteisesti vertailtavissa, koska taajuusaluetta, jota mitataan, on muutettu. (Ympäristöministeriö 2018) Tuloksista huomataan, että askelääneneristävyyden mittaluku tiukentui vuoden 1985 rakentamismääräyskokoelman osassa C1 7 dB.

Myös ilmaääneneristykseen aiemmat mittaluvut saadaan vastaamaan nykyisiä mittalukuja, kun kyseessä on 30 m³ tila (Takala 2013). Tulokset ovat näin vertailukelpoisia, koska toimistohuoneen tyypillinen koko on lähellä 30 m³. Tuloksista huomataan, että määräykset ja ohjeet eivät ole tiukentuneet vaan päinvastoin, sillä mittaluvut määrittelevät, mitä ilmaääneneristykseen arvot ovat vähintään oltava.

Jälkikaiunta-ajalle on annettu ensimmäiset mittaluvut vasta SFS 5907 standardissa. Sitä ennen rakentamismääräyskokoelman osissa C1 huoneakustiikkaa oli määritelty vain sanallisesti. Niissäkin oli eroja, sillä vuonna 1975 ja 1985 riitti tyydyttävät olosuhteet, mutta vuoden 1998 rakentamismääräyskokoelmassa vaadittiin jo riittävän hyviä olosuhteita. Nykyisin Ympäristöministeriön ohje (2018) määrittää toimistohuoneelle jälkikaiunta-ajan.

Taulukko 16. Esimerkki toimistohuoneen määräysten ja ohjeiden muutoksesta (mukaien lähteistä RIL 55 1967; RIL 55b 1971; RakMK C1 1975; RakMK C1 1985; RakMK C1 1998; RakMK D2 2003; SFS 5907 2006; Ympäristöministeriö 2018).

	Äänitaso		Askeläänentaso (30m ³)	Ilmaääneneristys (30m ³)	Huoneakustiikka
	Keskiäänitaso $L_{aeq,T}$ (dB)	Enimmäisäänitaso $L_{A,max,T}$ (dB)	Askeläänitasoluku $L'_{nT,w}$ (dB)	Äänitasoeroluku $D_{nT,w}$ (dB)	Jälkikaiunta-aika T (s)
Ääneneristysnormit (1967)	-	-	70	44	-
Ääneneristysnormit (1971)	-	-	70	44	-
Suomen rakentamismääräyskokoelma C1 (1975)	-	-	-	44	Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että kussakin tilassa saavutetaan sen käyttötarkoitusta vastaavat tyydyttävät ääniolosuhteet.
Suomen rakentamismääräyskokoelma C1 (1985)	-	35	63	44	Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että kussakin tilassa saavutetaan sen käyttötarkoitusta vastaavat tyydyttävät ääniolosuhteet.
Suomen rakentamismääräyskokoelma C1 (1998)	33	38	-	44	Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että melu, jolle rakennuksessa tai sen lähellä olevat altistuvat, pysyy niin alhaisena, ettei se vaaranna näiden henkilöiden terveyttä ja että se antaa mahdollisuuden nukkua, levätä ja työskennellä riittävän hyvissä olosuhteissa.
Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 (2003)	33	38	-	-	-
Rakennusten akustinen luokitus SFS 5907 (2004), luokka C	35	-	63	35	0,7
Ääniympäristö. Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä (2018)	33	38	63	40	≤0,8

5. YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tutkia, miten toimistojen ääniolosuhteita koskevat määräykset ja ohjeet ovat muuttuneet. Lisäksi tarkasteltiin, miten määräyksissä ja ohjeissa annetut tekniset mittaluvut ovat muuttuneet ja miten näitä mittalukuja voidaan verrata toisiinsa. Mittalukujen muutosten lisäksi on myös huomioitava se, että niiden laskentatavoissa saattoi olla eroja, vaikka mittaluvut pysyivät jonain vuosina samoina. Tutkiminen aloitettiin vuoden 1967 ääneneristysnormeista. Luvussa kaksi selitettiin tärkeitä käsitteitä ja annettiin esimerkki siitä, kuinka tärkeää tarkoituksenmukainen akustiikkasuunnittelu on toimistotiloissa, jotta kustannuksia ei syntyisi akustisista olosuhteista aiheutuvasta työajanhukasta. Kolmannessa luvussa esiteltiin määräykset ja ohjeet. Neljäs luku kuvasi määräysten ja ohjeiden sekä mittalukujen muutoksia ja sisälsi pienen yhteenvedon toimistohuoneen määräysten ja ohjeiden muutoksista (taulukko 16).

Ilma- ja askelääneneristykseen liittyvät tekniset mittaluvut uudistuivat toimistotilojen kannalta vuosina 1967, 1985 ja 2018. Ilmaääneneristyksen osalta teknisten mittalukujen antamat määräykset ovat pysyneet samoina vuotta 2018 lukuun ottamatta, jolloin arvo pieneni 4 dB. Askelääneneristyksen arvo pieneni vuoden 1985 rakentamismääräyskokoelman osassa C1 aiemmin voimassa olleesta 70 dB:stä arvoon 63 dB. Tämä tarkoitti määräyksen kiristymistä, koska askelääneneristykselle annetaan enimmäisarvo eli mitä pienempi luku, sitä parempi askelääneneristävyys on kyseessä. Nykyisin käytössä olevaa askeläänitasolukua $L'_{nT,w} + C_{i,50-2500}$ ei voida suoraan verrata aikaisemmin käytössä olleeseen askeläänitasolukuun $L'_{n,w}$, koska uusi mittaluku sisältää spektripainotustermin $C_{i,50-2500}$.

Taloteknisten laitteiden sallittuja äänitasoja on annettu keskiääni- ja enimmäisäänitasoina. Keskiääni on pysynyt samana arvona 33 dB vuodesta 1998, jolloin se määriteltiin ensimmäisen kerran. Ainoa poikkeus on SFS 5907, jossa ohjearvoksi luokassa C oli annettu 35 dB. Sallittu enimmäisääni kasvoi vuoden 1985 arvosta 35 dB arvoon 38 dB vuonna 1998 ja on pysynyt samana siitä lähtien.

Huoneakustiikkaa kuvattiin sanallisesti vuosien 1975, 1985 ja 1998 rakentamismääräyskokoelman osassa C1. Ainoa muutos oli se, että vuosina 1975 ja 1985 määriteltiin, että ääniolosuhteiden piti olla tyydyttäviä, kun taas vuonna 1998 niiden piti olla riittävän hyviä. Teknisiä mittalukuja annettiin ensimmäisen kerran jälkikaiunta-ajalle vuonna 2004 SFS 5907 standardissa. Nykyisin voimassa oleva Ympäristöministeriön ohje (2018) antaa jälkikaiunta-ajoille arvot avoimissa

toimistotiloissa, toimistohuoneissa ja kokoustiloissa sekä puheensiirtoindeksille arvot avoimissa toimistotiloissa ja kokoustiloissa.

Toimistotilojen ääniolosuhteiden määräysten ja ohjeiden muutoksista voidaan huomata, että vaatimukset eivät ole pelkästään tiukentuneet. Tämä johtuu siitä, että rakennuksen sisätilojen ääniolosuhteet riippuvat monesta asiasta, joten pelkkiä mittalukuja ei voida tarkastella, vaan tila on suunniteltava kokonaisuutena. Ääniolosuhteiden suunnittelulla pyritään hallitsemaan käyttötarkoitukseltaan erilaisissa tiloissa äänen etenemistä, heijastumista ja vaimenemista.

Teknisissä mittaluvuissa on tapahtunut muutoksia siksi, että niistä on haluttu tehdä tarkoituksenmukaisempia. Näin ne on saatu vastaamaan paremmin ihmisten kokemusta. Tämä ei kuitenkaan ole tarkoittanut sitä, että vaatimukset olisivat välttämättä kiristyneet. Vanhat rakenteet ovat siis silti toimineet usein hyvin.

Toimistotiloille oli ennen vuotta 2004 annettu hyvin suppeasti määräyksiä ja ohjeita. Tämän muutti SFS 5907, joka sisälsi jo paljon ohjearvoja niihin. Lisää ohjeita tuli toimistotiloille, kun vuoden 2018 Ympäristöministeriön ohjeen lisäksi Ympäristöministeriö julkaisi vuonna 2019 ohjeen rakennuksen ääniolosuhteiden suunnittelusta ja toteutuksesta, mikä käsitteli erityisesti oppimisympäristöjä ja toimistotiloja.

LÄHTEET

Hirvonen, M., Hongisto, V., Kylliäinen, M., Lehtonen, K. (2005). Standardi SFS 5907 rakennusten akustisesta luokituksesta. Akustinen Seura ry. 6. s. Saatavissa (viitattu 29.3.2022): https://www.akustinenseura.fi/wp-content/uploads/2013/08/hirvonen_hongisto_kylliainen_lehtonen.pdf

ISO 3382:2000 (2000). Acoustics – Measurements of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters. International Organization for Standardization ISO. 29 s.

ISO 354:2003 (2003). Acoustics – Measurement of sound absorption in a reverberation room. International Organization for Standardization ISO. 21 s.

Kemppainen, J., Kylliäinen, M., Niemi, H., Mikkilä, A. (2019). Ääniolosuhteiden kustannusvaikutukset avotoimistoissa. Akustiikkapäivät 2019. Espoo, Akustinen Seura ry. 375 s. Saatavissa (viitattu 21.3.2022): https://www.akustinenseura.fi/wp-content/uploads/2019/10/akustikkapaivat_2019.pdf

Kylliäinen, M. (2006). Talonrakentamisen akustiikka. Tutkimusraportti no 137. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto. 205 s. Saatavissa (viitattu 12.2.2022): https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/128338/kylliainen_talonrakentamisen_akustiikka.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Kylliäinen, M. (2011). Vuoden 1967 ääneneristysnormien synty. Akustiikkapäivät 2011. Tampere, Akustinen Seura ry. 6 s. Saatavissa (viitattu 27.2.2022): <https://www.akustinenseura.fi/wp-content/uploads/2013/08/Kylliainen2.pdf>

Kylliäinen, M. & Hongisto, V. (2019). Rakennuksen ääniolosuhteiden suunnittelu ja toteutus. Ympäristöministeriön julkaisuja 28/2019. Ympäristöministeriö. Helsinki. Saatavissa (viitattu 10.2.2022): https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161953/YM_2019_28.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Kylliäinen, M. (2021) Rakentamisen Topten-käytännöt. Rakentamisen ääniympäristö. Saatavissa (viitattu 21.3.2022): https://asiakas.kotisivukone.com/files/rakennustarkastusyhdystysry.kotisivukone.com/AINS_Mikko_Kylliainen_rakentamisen_Topten-kaytannot.pdf

Lietzén, J. & Kylliäinen, M. (2014). Asuinkerrostalojen ääneneristävyuden vertailu vanhojen mittaustulosten perusteella. Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2014. Helsinki. 68 s. Saatavissa (viitattu 1.3.2022): [OH_1_2014.pdf](https://www.ymparisto.fi/documents/download/12141/OH_1_2014.pdf) (valtioneuvosto.fi)

RakMK C1 (1975). Suomen rakentamismääräyskokoelma C1. Ääneneristys. Määräykset. Ympäristöministeriö. 11 s.

RakMK C6 (1984). Suomen rakentamismääräyskokoelma C6. Asuinrakennusten LVI-laitteiden äänitekniikka. Ohjeet. Ympäristöministeriö. 10 s.

RakMK C1 (1985). Suomen rakentamismääräyskokoelma C1. Rakennuksen sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset. Ympäristöministeriö. 6 s.

RakMK C5 (1985). Suomen rakentamismääräyskokoelma C5. Ääneneristys. Ohjeet. Ympäristöministeriö. 20 s.

RakMK C1 (1998). Suomen rakentamismääräyskokoelma C1. Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa. Määräykset ja ohjeet 1998. Ympäristöministeriö. 9 s.

RakMK D2 (2003). Suomen rakentamismääräyskokoelma D2. Rakennuksen sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2003. Ympäristöministeriö. 30 s.

RakMK D2 (2012). Suomen rakentamismääräyskokoelma D2. Rakennuksen sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. Ympäristöministeriö. 34 s

Remes, M. (2019). Ympäristöministeriön asetus -akustiikan uudet määräykset 2018. Saatavissa (viitattu 24.3.2022): https://www.akustinenseura.fi/wp-content/uploads/2019/02/190201-Ergonomia-symposium-Matias-Remes_r.pdf

RIL 55 (1967). Ääneneristysnormit. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 55 b (1971). Ääneneristysnormit. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 243-3-2008 (2008). Rakennusten akustinen suunnittelu. Toimistot. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 97 s.

SFS 5907 (2006). Rakennusten akustinen luokitus. Suomen standardoimisliitto SFS. 36 s.

Takala, J. (2013) Suomalaisten asuinhuoneiden ääniolosuhteet ja äänieristävyiden mittaustapa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan tiedekunta. Saatavissa (viitattu 11.4.2022): <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/21772/Takala.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

VNa 796/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä. Saatavissa (viitattu 2.3.2022): <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170796>

Ympäristöministeriö (2018). Ääniympäristö. Helsinki. Saatavissa (viitattu 22.2.2022): https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Ymparistoministerion-ohje-rakennuksen-aaniymparistosta-2852D34E_DA43_4DCA_9CEE_47DBB9EFCB08-138568.pdf/5e3efaa4-9566-17ae-83c6-2b5805fcaf9d/Ymparistoministerion-ohje-rakennuksen-aaniymparistosta-2852D34E_DA43_4DCA_9CEE_47DBB9EFCB08-138568.pdf?t=1603260126601