

Romula Saana

JULKISTEN RAKENNUSTEN AKUSTINEN KUNTOTUTKIMUS

Diplomityö
Rakennetun ympäristön tiedekunta
Tarkastaja: Mikko Kylliäinen
Tarkastaja: Jesse Lietzén
Lokakuu 2022

TIIVISTELMÄ

Saana Romula: Julkisten rakennusten akustinen kuntotutkimus
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikan DI-ohjelma
Lokakuu 2022

Siinä missä rakennetekniset kuntotutkimukset Suomessa ovat vakiintuneet, ei akustiikan ala tunne vielä systemaattista tapaa tehdä kuntotutkimusta. Korjaushankkeissa akustiikan mittauksin hankitaan lähinnä lähtötietoja suunnittelua varten. Koska tavoitteena perusparannushankkeissa on ääniympäristön parantaminen eikä ympäristöministeriön vuonna 2018 julkaiseman ääniympäristöohjeen mukaan olemassa olevan rakennuksen ääniolosuhteita saa heikentää, voidaan nähdä, että tarve akustiikan kuntotutkimuksen mallille on olemassa. Tässä diplomityössä tavoitteena oli laatia akustiikan kuntotutkimuksen malli julkisille rakennuksille. Työssä tutkittiin julkisista rakennuksista vain koulurakennuksia. Tutkimusmenetelminä käytettiin kirjallisuuskatsauksia, katselmuksia kohderakennuksissa, akustiikan mittauksia ja käyttäjäkyselyä sekä näistä saatujen tulosten vertailua keskenään.

Kirjallisuuskatsauksissa tutkittiin rakenneteknisten kuntotutkimusten oppaita, akustiikan kunnan tutkimiseen liittyviä konferenssijulkaisuja, akustiikan määräysten kehittymistä Suomessa sekä vanhoja koulurakennuksen akustiikan suunnitteluun liittyviä julkaisuja. Rakenneteknisten kuntotutkimusoppaiden sekä konferenssijulkaisujen pohjalta luotiin alustava ehdotus akustiikan kuntotutkimuksen mallista.

Valikoiduissa koulukohteissa suoritetuilla akustiikan mittauksilla, toteutetulla käyttäjäkyselyllä sekä katselmuksilla tuotettiin tietoa lopullisen mallin luomiseksi. Edellä mainituilla tavoilla saatuja tuloksia verrattiin työssä keskenään sekä vanhoihin määräyksiin ja suunnitteluoppaisiin. Tällä tavoin pyrittiin löytämään tietoa siitä, onko koulurakennuksissa erityispiirteitä, jotka oli otettava kuntotutkimuksen mallia laadittaessa huomioon ja mitä koulurakennuksen iästä sekä sen rakennusajankohtana voimassa olleista määräyksistä voidaan päätellä.

Yksi merkittävimmistä diplomityön tuloksista oli se, että koulurakennuksen iästä tai sen valmistumisajankohtana voimassa olleista määräyksistä tai suunnitteluohjeista ei voida päätellä koulun akustiikan kunnosta mitään. Tuloksia tarkastellessa voitiin huomata, että ääniolosuhteiden laadussa oli vaihtelua heikosta hyvään jopa yhden yksittäisen koulukohteen sisällä riippuen mittattavasta akustiikan ilmiöstä, tilasta tai rakenteesta, jota mitataan. Lisäksi voitiin todeta, että käyttäjäkysely osana akustiikan kuntotutkimusta on tärkeää, sillä tässä työssä sillä saatiin tietoa, jota ei katselmuksista tai akustiikan mittauksista voitu havaita. Myös katselmuksen toteuttaminen osana kuntotutkimuksen mallia on olennaista, sillä tällä tavoin voidaan havaita rakennuksessa mahdollisia ääniolosuhteita heikentäviä riskitekijöitä, minkä lisäksi katselmuksesta saatu tieto tukee suunnittelijaa mahdollisten korjaustoimenpiteiden laatimisessa.

Koska koulurakennuksen iästä ei voida päätellä mitään ja korjaustoimenpiteiden tarpeet kohteissa ovat yksilöllisiä, tulee kuntotutkimuksen mallin olla mahdollisimman kartoittava sekä monipuolinen. Siihen on hyvä sisällyttää riittävä määrä niin rakennus- kuin huoneakustiikan mittauksia, käyttäjäkysely sekä kohdekatselmus. Lisäksi akustiikan mittauksista saatuja tuloksia tulee verrata nykymääräystasoon. Näillä tavoin saatujen tietojen pohjalta voidaan lopulta laatia ehdotus kohteen mahdollisista korjaustoimenpiteistä.

Avainsanat: akustiikan kuntotutkimus, koulurakennus, julkinen rakentaminen, akustiikka

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Saana Romula: The model of acoustical condition survey for public buildings
Master's Thesis
Tampere University
Master of Science, Civil Engineering
October 2022

Whereas structural condition surveys in Finland have become established, the field of acoustics is not yet familiar with a systematic way of performing condition surveys. In renovation projects, acoustic measurements are used to obtain baseline data for design purposes. Since the aim of the renovation projects is to improve the sound environment and according to the Ministry of the Environment's guide, the sound conditions of the existing building must not be impaired, there is a need for an acoustical condition survey model. The aim of this master's thesis was to develop a model for acoustical condition surveys for public buildings. Of the public buildings, only school buildings were studied. The research methods used were literature reviews, inspections in studied buildings, acoustic measurements, and a user survey, as well as a comparison of the results obtained from these.

The literature reviews examined guides to structural condition surveys, conference publications about the study of acoustic conditions, the development of acoustics regulations in Finland and old publications about the designing of acoustics in school buildings. A preliminary proposal for a model for acoustical condition surveys was created based on structural condition survey guides and conference proceedings.

Acoustic measurements carried out at studied school buildings, a user survey and an inspection provided information to support the creation of the acoustical condition survey's model. The results obtained in these ways were compared with each other as well as with old regulations and design guides. In this context, it was important to know whether there are any special features of the schools that affect to the creation of acoustical condition survey model and whether something could be concluded about the age of the school building and old regulations.

One of the most significant results of the master's thesis was that nothing can be concluded about acoustical conditions from the age of the school building or the old regulations and design guidelines. There might be variation in the quality of sound conditions from poor to good even within a single school building depending on the acoustic phenomenon, room, or structure being measured. In addition, it could be stated that the user survey as part of the acoustical condition survey is important, as in this research it provided information that could not be detected from the inspections or acoustic measurements. The implementation of the inspection as part of the condition survey model is also essential, as in this way potential risk factors that impair the sound conditions in the building can be also identified. The information obtained from the inspection also supports the designing possible renovation actions.

As nothing can be concluded about the age of the school building and the needs for renovation actions at the buildings are individual, the model of the acoustical condition survey should be as mapping and diverse as possible. It is important to include enough measurements for both building and room acoustics, a user survey, and a site inspection to model. In addition, the results obtained from the acoustic measurements must be compared with the current regulatory level. Based on the information obtained in this way, a proposal for possible renovation actions can finally be made.

Keywords: acoustical condition survey, acoustical renovation, acoustics, public building, school building

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Kiitos A-Insinööreille mahdollisuudesta tarttua tähän mielenkiintoiseen aiheeseen ja kiitos tämän työn ohjaajille jaetuista näkemyksistä, avusta sekä ohjauksesta tämän työn loppuun saattamiseksi. Sujuvasta yhteistyöstä Helsingin kaupungin kanssa kiitos Katri Ollille, Marianna Tuomaiselle, Sirkka Hellille sekä Juha Aaltoselle koulukohteiden sekä niiden suunnitteluaineiston hankkimiseksi sekä Helsingin kaupungin kasvatuksen ja koulutuksen toimialalle avusta tutkimusluvan laatimisessa. Lisäksi kiitos kollegoilleni, jotka auttoivat suoritettujen akustiikan mittausten sekä niihin liittyvän laskennan kanssa.

Tampereella, 24.10.2022

Saana Romula

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Taustaa	1
1.2 Tutkimuksen rajaukset	2
1.3 Tavoitteet	2
2. RAKENNUSTEN KUNTOTUTKIMUKSET	3
2.1 Rakennetekniset kuntotutkimukset	3
2.2 Koulujen akustista kuntoa koskeva tutkimuskirjallisuus	6
2.3 Ehdotus akustiikan kuntotutkimuksen malliksi	10
3. AINEISTO JA MENETELMÄT	13
3.1 Koulujen akustiikkasuunnittelukäytäntöjen kehitys	13
3.2 Katselmus kouluista	13
3.3 Akustiset mittaukset kouluissa	14
3.3.1 Ilmaääneneristävyyden mittaus	15
3.3.2 Askelääneneristävyyden mittaus	17
3.3.3 Puheensiirtaindeksin STI mittaus	18
3.3.4 Jälkikaiunta-ajan mittaus	19
3.4 Kysely opettajille	20
4. KOULUJEN AKUSTIIKKASUUNNITTELU SUOMESSA	22
4.1 Suunnittelukäytännöt ennen rakentamismääräyksiä	22
4.1.1 Käytännöllisen akustiikan perusteet (1949)	24
4.2 Rakentamismääräysten kehitys	27
4.2.1 Ehdotus ääneneristysmääräyksiä (1960)	27
4.2.2 Ääneneristysnormit (1967)	28
4.2.3 Ääneneristysnormit (1971)	30
4.2.4 Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C1 (1975)	31
4.2.5 Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C1 (1985)	32
4.2.6 Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C1 (1998)	34
4.3 Suositukset ja ohjeet	36
4.3.1 Koulujen rakennus- ja huoneakustiikka (1972)	36
4.3.2 Koulujen akustinen suunnitteluopas (1994)	39
4.3.3 Rakennusten akustinen luokitus SFS 5907 (2004)	43
4.4 Koulujen akustisen vaatimustason kehitys	45
4.4.1 Vanhojen mittalukujen tulkinta	45
4.4.2 Ilmaääneneristysvaatimukset	46
4.4.3 Askelääneneristysvaatimukset	48

4.4.4 Huoneakustiset vaatimukset	50
4.4.5 Äänitasovaatimukset	51
5.KATSELMUS	53
5.1 Kohde A	53
5.2 Kohde B	55
5.3 Kohde C	59
5.4 Kohde D	63
5.5 Kohde E	65
5.6 Kohde F	67
5.7 Kohde G	70
5.8 Kohde H	74
5.9 Kohde I	77
5.10 Kohde J	80
6.AKUSTISET MITTAUKSET	84
6.1 Ilmaääneneristävyys	84
6.2 Askelääneneristävyys	85
6.3 Jälkikaiunta-aika	87
6.4 Puheensirtoindeksi	90
6.5 Äänitasot	91
7.KÄYTTÄJÄKYSELY	95
8.TULOSTEN TARKASTELU	100
8.1 Päätelmät tuloksista	100
8.2 Akustisen kuntotutkimuksen malli	105
9.YHTEENVETO	108
LÄHTEET	111
LIITE 1: KÄYTTÄJÄKYSELYLOMAKE	115
LIITE 2: TUTKIMUSSUUNNITELMA	125
LIITE 3: TIEDOTE TOTEUTETTAVASTA KÄYTTÄJÄKYSELYSTÄ	126
LIITE 4: TUTKIMUKSEN EETTINEN POHDINTA	127

LYHENTEET JA MERKINNÄT

Askelääneneristys	Rakennusosan, rakennusosien muodostaman kokonaisuuden tai materiaalin kyky eristää lattiarakenteeseen kohdistetun askelten ääntä tai esineen putoamista muistuttavan iskun vaikutuksesta leviävää ääntä.
Askelääni	Muihin tiloihin kuuluva runkoääni, jonka aiheuttaa esimerkiksi kulkeminen lattialla tai portaissa, esineiden putoaminen, huonekalujen siirtely tai tavaran kuljettaminen.
$C_{I,50-2500}$	Spektripainotusermi $C_{I,50-2500}$ laajentaa askelääneneristävyuden mitattavaa taajuusaluetta taajuuskaistoille 50, 63 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).
Desibeli [dB]	Äänenvoimakkuutta kuvaava suhdeluku. Desibeliasteikko on logaritminen ja se yhdistää äänenpaineen suhteelliset muutokset kuulon vasteeseen.
$D_{nT,w}$ [dB]	Standardisoitu äänitasoeroluku. Taajuuskaistoittain taajuusalueella 100–3150 Hz mitatuista tai mallinnetuista äänitasoeroista D_{nT} laskettu mittasuure (SFS-EN ISO 717-1).
D_T [dB]	Huone-eristys. Termi, jolla kuvattiin seinärakenteen ilmaääneneristykseen vaatimuksia vuonna 1960 julkaistussa Ehdotuksessa Ääneneristävyysvaatimuksiksi (VTT 1960).
I_a	Ilmaääneneristysindeksi. Termi, jolla kuvattiin ilmaääneneristykseen vaatimuksia vuosina 1967 ja 1971 julkaistuissa Ääneneristysnormeissa sekä vuonna 1975 julkaistussa Suomen rakentamismääräyskokoelmien osassa C1 (RIL 55-1967, RIL 55b-1971, Sisäasiainministeriö 1975).
I_i	Askeläänentasoindeksi. Termi, jolla kuvattiin askelääneneristykseen vaatimuksia vuosina 1967 ja 1971 julkaistuissa Ääneneristysnormeissa sekä vuonna 1975 julkaistussa Suomen rakentamismääräyskokoelmien osassa C1 (RIL 55-1967, RIL 55b-1971, Sisäasiainministeriö 1975).
Ilmaääneneristys	Rakennusosan, rakennusosien muodostaman kokonaisuuden tai materiaalin kyky eristää äänilähteestä ympäristöön ilman välityksellä leviävää ääntä.
Ilmaääni	Äänilähteestä ympäristöön ilman välityksellä leviävä ääni, kuten puhe, musiikki, äänentoistolaitteiden ääni tai erilaisten taloteknisten laitteiden aiheuttama ääni.
L_A' [dB]	Askeläänentaso. Termi, jolla kuvattiin askelääneneristykseen vaatimuksia vuonna 1960 julkaistussa Ehdotuksessa Ääneneristysvaatimuksiksi (VTT 1960).

$L_{A,eq}$ [dB]	A-painotetun äänenpaineen keskimääräistä tehollisarvoa määritellyllä aikavälillä vastaava äänitaso. Keskiäänitasoon sisältyy koko mitattava taajuusalue 20–20 000 Hz.
$L_{A,max}$ [dB]	Tarkasteluajanjaksona esiintynyt voimakkuudeltaan suurin äänitaso määritellyllä aikapainotuksella F (fast) ja A-taajuuspainotuksella. Enimmäisäänitasoon sisältyy koko mitattava taajuusalue 20–20000 Hz.
$L'_{nT,w}$ [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).
$L'_{nT,w} + C_{l,50-2500}$ [dB]	Askeläänitasoluku, jossa on mukana spektripainotustermi (SFS-EN ISO 717-2).
$L'_{n,w}$	Askeläänitasoluku. Termi, jolla kuvattiin askelääneneristykseen vaatimuksia vuosina 1988 ja 1998 julkaistuissa Suomen rakentamismääräyskokoelmien osassa C1 (Ympäristöministeriö 1984a, Ympäristöministeriö 1998).
R'_w	Ilmaääneneristysluku. Termi, jolla kuvattiin ilmaääneneristykseen vaatimuksia vuosina 1988 ja 1998 julkaistuissa Suomen rakentamismääräyskokoelmien osassa C1 (Ympäristöministeriö 1984a, Ympäristöministeriö 1998).
STI	Mittalaitteella mitattavissa tai laskennallisesti arvioitavissa oleva mittaluku, joka kuvaa huonetilan puheenerotettavuutta ja ottaa huomioon tilan kaiunnan, taustaäänitason puhetta peittävän vaikutuksen ja puheen äänenvoimakkuuden. Puheensiirtoindeksin arvo 0 tarkoittaa, että tilassa satunnaisesti luetelluista tavuista ei yhdestäkään saada selvää ja arvo 1, että jokaisesta tavusta saadaan selvää.
T [s]	Jälkikaiunta-aika. Aika, jonka kuluessa äänilähteen huoneeseen tuottama äänenpainetaso äänilähteen vaiettua alenee 60 dB. Jälkikaiunta-ajat esitetään tavallisesti taajuuskaistoittain. Jälkikaiunta-ajan vaatimuksella tarkoitetaan pisintä oktaavikaistoilla 250, 500, 1000 ja 2000 hertsiä esiintyvää jälkikaiunta-aikaa normaalisti kalustetussa huoneessa.
Taajuus [Hz]	Taajuus vastaa kuultavan äänen korkeutta. Äänen taajuus riippuu ilmamolekyylien värähtelynopeudesta ja sitä mitataan värähtelysyklien määränä sekunnissa eli hertseinä (Hz). Ihmisen kuulon kannalta keskeinen taajuusväli on 20–20000 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 il-

moitetaan tavallisesti oktaavikaistoittain. Kolmannesoktaavikaistoit-
tain ilmoitetaan ilmasteneristävyyden standardisoitu äänitasoero ja
standardisoitu askeläänitaso.

Äänitaso [dB]

Äänitasomittarin A-taajuuspainotettu äänenpainetaso. Kuulon
kautta aistittava äänen voimakkuus, joka riippuu taajuudesta.

1. JOHDANTO

1.1 Taustaa

Rakennusosalalla on pitkään tehty kuntotutkimuksia, joilla selvitetään muun muassa rakennusavauksin, mittauksin ja laboratoriotutkimuksin rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa tai erilaisia vaurioitumismekanismejä. Samoin rakennusten sisäilmaan liittyvät sisäilmatutkimukset ovat jo pitkään olleet vakiintuneita ja rakenneteknisten kuntotutkimusten suorittamiseen on julkaistu oppaita jo 1990-luvulta alkaen. (BY42 2019, Ympäristöministeriö 2016) Myös akustiikan näkökulmasta rakennuksissa toteutetaan akustisia mittauksia korjaushankkeiden suunnittelun lähtötiedoiksi, mutta ala ei tunne akustisen kuntotutkimuksen käsitettä eikä systemaattisia menetelmiä sen toteuttamiseen ole kehitetty. Ympäristöministeriön ääniympäristöohje (2018) toteaa, että korjausrakentamishankkeissa rakennuksen ääniolosuhteita ei saa heikentää (Ympäristöministeriö 2018). Toisaalta perusparannushankkeissa käyttäjän ja tilaajan tavoitteena usein on rakennuksen ääniolosuhteiden parantaminen esimerkiksi työympäristön parantamiseksi. Näistä seikoista seuraa se, että rakennusten akustiselle kuntotutkimukselle on olemassa tarve.

Tämän työn alussa tarkastellaan, kuinka rakenneteknisiä kuntotutkimuksia suoritetaan sekä tutkitaan, millaisia suureita akustiikan kunnon tutkimiseen liittyvässä rakennusalan kirjallisuudessa on tarkasteltu. Tästä kirjallisuuskatsauksesta saatua tietoa soveltamalla laaditaan ehdotus julkisten rakennusten akustiikan kuntotutkimuksen mallista. Työn kolmannessa luvussa esitellään tutkimusmenetelmät, joilla on tarkoitus tuottaa tietoa lopullisen kuntotutkimuksen mallin luomiseksi. Diplomityön neljännessä luvussa esitellään Suomessa käytössä olleet vanhat määräykset 1960-luvulta 2000-luvulle, minkä lisäksi tarkastellaan ennen rakentamismääräyksiä sekä niiden voimassa olon aikana julkaistuja suunnitteluohjeita ja -oppaita akustiikan suunnitteluun. Määräyksiin ja suunnitteluohjeisiin liittyvän kirjallisuuskatsauksen jälkeen työssä esitellään diplomityön tutkimuksen kohteena olleet rakennukset sekä niissä suoritettujen tutkimusten tulokset. Saatujen tuloksien avulla on tarkoitus tarkentaa aiemmin työssä laadittua alustavaa ehdotusta akustiikan kuntotutkimuksen mallista. Tuloksien tarkastelun jälkeen esitellään niiden pohjalta laadittu lopullinen akustiikan kuntotutkimuksen malli julkisille rakennuksille.

1.2 Tutkimuksen rajaukset

Työn tarkoituksena on julkisten rakennusten akustiikan kuntotutkimuksen laatiminen eikä tutkimukseen näin ollen sisällytetä esimerkiksi asuinrakennuksia. Tässä diplomityössä julkisista rakennuksista valittiin kohteeksi peruskoulurakennukset, joita on valikoitu tutkittavaksi mahdollisimman kattavasti eri vuosikymmeniltä 1910-luvulta alkaen. Eri ikäisiä kouluja tutkimalla pyritään ymmärtämään esimerkiksi eri aikakausille tyypillisiä akustiikan ongelmakohtia.

Koulurakennuksissa tutkittiin rakennusakustiikan kannalta luokkien sekä käytävän ja luokkatilan välisiä ääneneristävyyksiä, minkä lisäksi huoneakustiikan suhteen jokaisesta koulukohteesta tutkittiin luokkatila, käytävätila, ruokasali sekä liikuntasali. Jos kohteessa sijaitsi useampi liikunta- tai juhlasali, tai liikuntasali oli sijoitettu opetustilan päälle, myös nämä tilat ja tilanteet tutkittiin.

1.3 Tavoitteet

Tässä diplomityössä tuotetaan aineistoa akustisen kuntotutkimuksen systematiikan luomiselle erityisesti julkisia rakennuksia ajatellen. Osana tutkimusta selvitettiin koulurakennusten akustiikkaa koskevien määräysten kehittymistä, minkä lisäksi tehtiin akustisia mittauksia kymmenessä koulurakennuksessa, joiden rakennusajankohta vaihteli 1910-luvulta 1980-luvulle. Mittaukset koskivat huoneakustiikkaa, ääneneristystä ja rakennuksen teknisten järjestelmien tuottamia melutasoja. Lisäksi kartoitettiin käyttäjien kokemuksia rakennusten ääniolosuhteista kyselyllä.

Eri tavoin kerätyn aineiston pohjalta tavoitteena on ymmärtää, mitä asioita akustiikan kuntotutkimusta suorittaessa on otettava huomioon ja miten tutkimusta suorittaessa kuuluu edetä. Lisäksi pyritään selvittämään, voidaanko rakennusten iästä tai rakennusajankohtana voimassa olleista määräyksistä päätellä akustiikan kunnosta mitään.

Työn tuloksena kehitetään akustisen kuntotutkimuksen malli hankesuunnittelua varten erityisesti julkisiin rakennushankkeisiin. Tutkimus on osa Business Finlandin tukemaa Future Spaces -kokonaisuutta, johon sisältyy Tampereen yliopiston tutkimushanke sekä muiden yritysten rinnakkaishankkeita.

2. RAKENNUSTEN KUNTOTUTKIMUKSET

2.1 Rakennetekniset kuntotutkimukset

Kuntotutkimus on kiinteistön rakennusosien ja teknisten järjestelmien kuntoa selvittävä tutkimus, joka vaatii yleensä rakenteita rikkovia tutkimusmenetelmiä ja se tehdään sellaisella tarkkuudella, jonka rakenteiden todellisen kunnan sekä korjaustarpeiden ja -menetelmien määrittäminen edellyttää. Kuntotutkimuksin selvitetään rakenteissa olevia erilaisia vaurioita, joita voi olla esimerkiksi betonirauhoitteiden korrosio, betonin rapautuminen, kosteustekniset toimivuuspuutteet sekä terveydelle ja ympäristölle vaarallisten aineiden olemassaolo rakenteissa tai sisäilmassa. (BY42 2019, Ympäristöministeriö 2016, RT 103097 2019) Ennen kuntotutkimuksia kiinteistöissä suoritetaan yleensä kuntoarvio, joka tarkoittaa kiinteistön ja sen ulkoalueiden kunnan ja korjaustarpeiden kartoittamista rakennetta rikkomattomin, yleensä aistinvaraisin, menetelmin (Ympäristöministeriö 2016, RT 103097 2019). Rakenneteknisten kuntotutkimuksien suorittamiseen löytyy Suomessa oppaita jo 1990-luvulta, joten näiden pohjalta kuntotutkimuksia on voitu suorittaa systemaattisesti vuosia (BY42 2019, Ympäristöministeriö 2016).

Erilaisten kuntotutkimuksien tarkoituksena on selvittää kohteen tutkittavan osa-alueen kunto sekä korjaustarve, kartoittaa olemassa olevia vaurioita, niiden syitä sekä vaikutuksia kohteessa ja ennakoida nykyhetken kunnan ja kohteen olosuhteiden mukaan odotettavissa olevia vaurioita. Kuntotutkimusten tuloksia hyödynnetään rakennukselle sopivan kunnossapidon suunnitelman luomiseksi, tarvittavien korjaustoimenpiteiden ennakoimiseksi sekä peruskorjauksen hankesuunnitteluvaiheen tueksi. (Ympäristöministeriö 2016, Suomen Betoniyhdistys ry 2014)

Kuntotutkimukseen hyödynnettävät tutkimustavat ja mittaustoimenpiteet, tutkittavat rakenteet sekä tutkimuksien otoskoot riippuvat tutkittavasta osa-alueesta sekä esimerkiksi rakennuskohteen erikoispiirteistä. Rakenneteknisten kuntotutkimuksien eteneminen on kuitenkin pääpiirteiltään samankaltaista tutkittavista ilmiöistä tai kohteesta riippumatta. Aluksi kohteesta kerätään lähtötiedot, joiden toimittaminen kuntotutkijalle on tilaajan vastuulla. Kohteen lähtötietoja ovat muun muassa kohteen alkuperäiset suunnitteluasiakirjat sekä mahdollisten jo tehtyjen korjaustoimenpiteiden suunnitteluasiakirjat, aiemmat tutkimukset ja selvitykset sekä sisäilma- ja kosteusteknisten kuntotutkimusten kohdalla myös asukas- ja käyttäjäkyselyt sekä rakentajien ja suunnittelijoiden haastattelut. Lisäksi lähtötietojen tueksi tutkittavaan kohteeseen suoritetaan kohdekäynti, jossa

kohteen kunto katselmoidaan silmämääräisesti ja pintapuolisesti. Lähtötietojen ja kohdekäynnin avulla pyritään arvioimaan rakenteiden todennäköiset vaurioitumisriskit, näkyvissä olevien vaurioiden määrä, riskirakenteet ja vaurioiden syyt. Tämän lisäksi ennen varsinaisia tutkimuksia on syytä määrittää tilaajan kanssa kuntotutkimuksen tavoitteet. (BY42 2019, Ympäristöministeriö 2016)

Kun kohteen nykyinen kunto on kartoitettu lähtötietojen sekä kohdekäynnin perusteella, voidaan näiden pohjalta arvioida kohteen tutkimustarpeet ja siten itse tutkimuksen työsuunnitelma. Työsuunnitelmassa nimetään myös tutkimusmenetelmät sekä tarkemmin kohteesta tutkittavat rakenteet, tutkimuskohdat sekä esimerkiksi otoskoot ja mitausjaksojen pituudet. Riippuen kohteen tutkittavasta osa-alueesta tutkimusmenetelminä voidaan käyttää materiaalinäytteiden ottoa sekä erilaisia kokeita ja mittauksia. Tällaisia menetelmiä ovat esimerkiksi betonin raudoitteiden peitepaksuuksien tarkastelu, merkki- ja puhdassavututkimukset, rakenneavaukset, materiaalinäytteet poranäytein tai sisäilman epäpuhtauksien mittaus. Mittauksien ja näytteenoton lisäksi kuntotutkimuksia suoritettaessa on tärkeää havainnoida kohdetta aistinvaraisesti sekä kirjata tutkimuksen aikana havaittuja ilmiöitä. Koska kohteissa saattaa olla omia erityispiirteitään ja kuntotutkimusmenetelmien joukko on laaja, on tärkeää laatia työsuunnitelma aina kohdekohtaisesti. (BY42 2019, Ympäristöministeriö 2016, Suomen Betoniyhdistys ry 2014)

Erilaisin tutkimusmenetelmin kohteesta otetuista materiaalinäytteistä sekä mitaustuloksista selvitetään tutkimushetkellä olemassa olevat vauriot, vaurioriskit, niiden laajuudet, syyt ja vaikutukset sekä arvioidaan vaurioiden eteneminen tulevaisuudessa (RT103097 2019). Keskeisintä kuntotutkimuksissa on selvittää kohteen turvallisuuteen, terveellisyyteen, korjausmenetelmien valintaan sekä vaurioitumiseen vaikuttavat tekijät niiden vakavuusasteen mukaisessa järjestyksessä. Saadun aineiston analysointiin voidaan hyödyntää laboratoriotutkimuksia, joista saatuja tuloksia verrataan viitearvoihin. Viitearvojen lisäksi tutkimusaineiston analysointiin voidaan hyödyntää esimerkiksi alan tutkimustietoa, materiaalivalmistajien teknisiä käyttöoppaita, vastaavasta ilmiöstä saatuja kokemuksia sekä muun muassa rakennusfysikaaliseen toimintaan ja rakenteiden kantavuuteen liittyviä laskelmia. (BY42 2019, Ympäristöministeriö 2016)

Suoritetusta kuntotutkimuksesta toimitetaan tilaajalle raportti, johon on suositeltavaa sisällyttää

- tiivistelmä saaduista mitaustuloksista,
- sisällysluettelo,
- kohteen yleistiedot ja kuvaus sekä kohteesta saadut lähtötiedot,

- betonirakenteiden kuntotutkimuksien tapauksissa sovitut tavoitteet sekä rajaukset,
- kuvaus käytetyistä tutkimusmenetelmistä ja toimenpiteistä sekä näillä saadut tutkimustulokset ja niiden tarkastelu,
- johtopäätökset lähtötiedoista ja saaduista tuloksista sekä niiden pohjalta suositeltavien toimenpiteiden kuvaus kiireellisyysjärjestyksessä. (BY42 2019, Suomen Betoniyhdistys ry 2014, Ympäristöministeriö 2016)

Tiivistetyksi raportti kokoaa yhteen saadut tutkimus- ja mittaustulokset, näistä tehtävät johtopäätökset sekä mahdollisten korjaustapavaihtoehtojen vertailun kustannuksineen ja vaikutuksineen kunkin vaurioituneen rakenteen osalta. Lisäksi raporttiin on suositeltavaa sisällyttää tieto turvallisuutta ja terveellisyyttä heikentävistä tekijöistä sekä mahdollisista ilmenneistä lisätutkimustarpeista. Raportissa tulee erottaa selkeästi toisistaan tutkimuksin saadut tiedot sekä tutkijan omat tulokset ja johtopäätökset. (Ympäristöministeriö 2016, BY42 2019, Suomen Betoniyhdistys ry 2014) Mittaustulokset voidaan esittää joko tekstein, kuvaajin tai taulukoin. Suositeltavaa on esittää saadut tulokset rakennesoitain ja mahdollisimman selkeästi sekä järjestelmällisesti, minkä lisäksi raportissa olisi suositeltavaa esittää mittaus- ja näytteenottopisteiden sijainnit. Tämän lisäksi raporttia kirjoittaessa pitäisi muistaa, että tilaajalla ei välttämättä ole samanlaista osaamista kuin kuntotutkijalla, minkä vuoksi saadut tulokset tulisi esittää mahdollisimman selkeällä kielellä siten, että väärinymmärryksiltä vältyttäisiin. (Ympäristöministeriö 2016, BY42 2019) Kun kuntotutkimus ja sen raportti valmistuu, olisi suositeltavaa saadut tulokset ja toimenpide-ehdotukset käydä läpi tilaajan sekä korjaussuunnittelijan kanssa (Ympäristöministeriö 2016).

Kiinteistöille voidaan tehdä myös kuntoarvio, jonka tavoitteena on kiinteistön kunnossapitosuunnittelun lähtötietojen hankinta sekä mahdollisesti ylläpidon kehitystarpeiden arviointi. Kuntoarviossa rakenteiden kuntoa ja korjaustarpeita selvitetään lähinnä aistinvaraisin ja rakennetta rikkomattomin menetelmin sekä keräämällä lähtötietoja kiinteistön käytettävissä olevista asiakirjoista. Kuntoarviossa käydään läpi kiinteistön kunnan kannalta kaikki keskeiset osa-alueet, joita ovat esimerkiksi rakennustekniikka, LVIA-tekniikka, sisäilmaolosuhteet sekä kiinteistön energiatalous. Kuntoarvioista laaditaan raportti, jossa esitetään kiinteistön kuntoarvion aikainen kunto, kuntoon vaikuttavat riskit sekä korjaustarpeet tiivistetyksi ja helppolukuisesti. (RT103097 2019)

2.2 Koulujen akustista kuntoa koskeva tutkimuskirjallisuus

Vuosina 2014–2021 julkaistujen konferenssiesitelmien perusteella voidaan todeta, että suurin osa koulujen akustista kuntoa koskevasta tutkimuskirjallisuudesta koskee luokkahuoneiden huoneakustiikkaa. Varsinaista systemaattista kuntotutkimusmenetelmää koulurakennuksen akustisten olosuhteiden selvittämiseksi ei kuitenkaan näyttäisi olevan olemassa.

Suurin osa eri konferenssijulkaisujen tutkimuksista koskee luokkahuoneiden huoneakustiikkaa sekä akustisten olosuhteiden vaikutusta puheenymmärrettävyyteen ja opetustyöhön ottamatta kantaa esimerkiksi käytäviltä tai ulkoa tiloihin kantautuvaan meluun tai rakenteiden ääneneristävyyteen. Lisäksi mielenkiinnon kohteena löydettyissä artikkeleissa on tilojen akustiikan vaikutus opettajien puheentuottoon ja äänen kestävyys-työpäivän aikana. (esimerkiksi Sala et al. 2014; Christensson 2018)

Vaikka artikkelien tutkimuksissa on tutkittu usein samoja akustiikan suureita, on suureiden mittaustavoissa sekä esimerkiksi käytetyissä mittausajoissa paljon vaihtelua. Tästä esimerkkinä toimivat erilaiset äänitasomittaukset luokkahuoneissa, sillä esimerkiksi taustäänitaso on Salan et al. (2014) tutkimuksessa mitattu minuutin mittausperiodilla, kun taas Xie et al. (2018) on käyttänyt tutkimuksessaan 10 minuutin periodia. Tämän lisäksi mittausasetelmat vaihtelevat tyhjien luokkahuoneiden mittaamisesta opetustilanteiden kanssa samaan aikaan tapahtuvaan mittaamiseen.

Tämän luvun lähteinä käytettyjä konferenssijulkaisuja on yhteensä 16. Näissä tutkimusartikkeleissa on esitetty tutkimustuloksia olemassa olevien koulurakennusten akustiikan mittaluvuista ja erilaisista tutkimusmenetelmistä seuraavasti:

- Tutkimuskohteen käyttäjille on toteutettu käyttäjäkysely 56 % artikkeleista. Kyselyt ovat koskeneet muun muassa ääniympäristön vaikutusta tilan käyttäjiin ja opetustyöhön, ääniympäristön kokemista sekä opettajien äänenkäyttöä. (Astolfi et al. 2014; Sala et al. 2014; Durup et al. 2015; Christensson 2018; Ueno et al. 2018; Xie et al. 2018; Minelli et al. 2019; Uzeyirli & Ozcevik Bilen 2019; Ziyu & Hongwei 2021)
- Puheenerotettavuutta kuvaavia indeksejä (STI ja STI-PA) on tutkittu 31 % tutkimuksissa. (Astolfi et al. 2014; Sala et al. 2014; Oberkalmsteiner et al. 2018; Minelli et al. 2019; De Salvio et al. 2021)

- Tilojen jälkikaiunta-aikaa on mitattu 81 % tutkimuksista. (Astolfi et al. 2014; Beldam 2014; Sala et al. 2014; Durup et al. 2015; Christensson 2018; Oberkalmsteiner et al. 2018; Xie et al. 2018; Minelli et al. 2019; Subramaniam & Ramamurthy 2019; Andrade et al. 2021; Bolstad 2021; De Salvio et al. 2021; Minelli et al. 2021)
- Taustäänitasoja on mitattu 63 % tutkimuksista. Taustäänitasoja on mitattu muun muassa tyhjissä luokkahuoneissa sekä esimerkiksi eri ilmanvaihdon tehoksien aikana. (Astolfi et al. 2014; Sala et al. 2014; Durup et al. 2015; Christensson 2018; Oberkalmsteiner et al. 2018; Xie et al. 2018; Minelli et al. 2019; Subramaniam & Ramamurthy 2019; Bolstad 2021; Minelli et al. 2021)
- Toiminnan aikaisia melutasoja on tutkittu 44 % tutkimuksista. Luokkahuoneissa yleisin mittaus oli opetustilanteessa tapahtuva toiminnan aikainen melutason mittaus. (Sala et al. 2014; Durup et al. 2015; Oberkalmsteiner et al. 2018; Minelli et al. 2019; Bolstad 2021; De Salvio et al. 2021; Minelli et al. 2021)
- Opettajien puheentuottoa on tutkittu mittauksin 25 % tutkimuksista. (Astolfi et al. 2014; Sala et al. 2014; Durup et al. 2015; Subramaniam & Ramamurthy 2019)
- Puheenerotettavuutta luokkahuoneessa on tutkittu erilaisilla koeasetelmilla 13 % tutkimuksissa. Tällainen koeasetelma oli esimerkiksi tilanne, jossa oppilaalle luetellaan sanoja tai tavuja, jonka jälkeen koehenkilönä toimivan oppilaan tulee kirjoittaa kuulemansa ylös. (Beldam 2014; Uzeyirli & Ozcevik Bilen 2019)
- Koulurakennuksen ulkopuolella vallitsevan melun äänenpainetasoa on mitattu yhdessä tutkimuksessa, minkä lisäksi kohteiden sisäpuolella vallitsevan melun äänenpainetasoja on mitattu 31 % tutkimuksista. (Beldam 2014; Durup et al. 2015; Andrade et al. 2021; Bolstad 2021; Ziyu & Hongwei 2021)
- Puheen selvyyttä C_{50} on tutkittu 31 % tutkimuksista. (Astolfi et al. 2014; Beldam 2014; Christensson 2018; Minelli et al. 2019; De Salvio et al. 2021)
- Signaali-kohina-suhdetta on tutkittu 19 % tutkimuksista. (Minelli et al. 2019; Bolstad 2021; De Salvio et al. 2021)
- Myös muita huoneakustiikan suureita on mitattu tai johdettu saaduista mittaustuloksista. Näitä olivat puhujan äänen heijastunutta osuutta suhteessa suoraan äänen kuvaava S_{TV} (tutkittiin yhdessä tutkimuksessa), luokkahuoneen geometriasta johtuvaa puhujan äänen vahvistumista kuvaava G_{rg} (tutkittiin yhdessä tutkimuksessa), puhesignaali L_s (tutkittiin 13 % tutkimuskohteista) sekä ympäristön

akustiikan ja signaalikohinasuhteen huomioon ottava U_{50} (tutkittiin 19 % tutkimuskohteista). (Astolfi et al. 2014; Minelli et al. 2019; Subramaniam & Ramamurthy 2019; Minelli et al. 2021)

- Tutkittavan tilan aistinvaraisen havainnoinnin osaksi tutkimusta nimitti yksi tutkimusartikkeli (Ziyu & Hongwei 2021).

Tehdyistä tutkimuksista saatuja tuloksia on artikkeleissa verrattu esimerkiksi eri maiden kansallisten standardien ja suunnitteluohjeiden antamiin viitearvoihin tai määräyksiin akustiikan eri suureille. Lisäksi mahdollisia kyselytuloksia verrattiin tutkimuskohteissa suoritettujen akustiikkamittauksien tuloksiin sekä tuloksista selvitettiin tilastollisin menetelmin eri akustiikan suureiden korrelaatiota toisiinsa. (esimerkiksi Durup et al. 2015; De Salvio et al. 2021)

Suomessa koulurakennusten akustiikan tilaa on aiemmin kartoitettu ainakin Lahdessa ja Turussa, sillä molemmissa kaupungeissa on toteutettu kunkin kaupungin koulujen akustisia olosuhteita koskevat selvitykset 1980-luvulla. Lahdessa selvityksiin on sisällytetty pelkät akustiikan mittaukset ja Turussa näiden lisäksi koulujen opettajille on toteutettu myös käyttäjäkysely. (Lahden kouluvirasto 1983, Viljanen et al. 1989)

Lahden akustiikkaselvitys on toteutettu kolmessakymmenessä peruskoulussa ja lukiossa, joissa mitattiin liikuntasalien, luokkahuoneiden sekä ruokasalien jälkikaiunta-aikaa, käsityösalien melutasoja sekä liikennemelua koulujen pihamaalla ja tarvittaessa myös koulurakennuksien sisätiloissa (Lahden kouluvirasto 1983). Turussa akustiikkamittauksiin on kuulunut luokkahuoneiden, liikuntatilojen sekä porraskäytävien jälkikaiuntaajat, luokkahuoneiden taustäänitasot, toiminnan aikaiset melutasot sekä luokkahuoneiden puheensiirtaindeksin RASTIn määrittäminen kahdessakymmenessä oppilaitoksessa. Tämän lisäksi Turun koulujen äniolosuhteiden selvitys kattaa ilmaääneneristysmittaukset luokkahuoneiden sekä käytävän ja luokkatilan välillä sekä askelääneneristysten mittaukset. (Viljanen et al. 1989)

Kun tutkitaan Akustiikkapäivien artikkeleita vuosilta 2001–2021, voidaan huomata, että olemassa olevien koulujen akustiikan tutkimista käsitteleviä artikkeleita löytyy vuosilta 2017 ja 2021. Näistä vuoden 2017 artikkelit koskevat avointen oppimisympäristöjen äniolosuhteita, joiden suunnittelu poikkeaa perinteisten koulutilojen suunnittelusta siten, että avoimia oppimisympäristöjä olisi hyvä akustiikan kannalta ajatella samoin kuin avotoimistoja. (Kylliäinen & Pääkkönen 2017, Takala et al. 2017) Sen sijaan Radun et al. on tutkimuksessaan (2021) tutkinut kahden perinteisen luokkahuoneen akustisten olosuhteiden vaikutusta oppilaiden kokemaan meluun. Tässä tutkimuksessa paljon

ääntä absorboivaa materiaalia sekä paljon heijastavia pintoja sisältävissä luokkahuoneissa suoritettiin jälkikaiunta-ajan, standardipuheen äänenpainetason, puheensiirtindeksin ja toiminnan aikaisten melutasojen mittaukset, joiden lisäksi tilojen käyttäjille toteutettiin kysely, jossa selvitettiin melun häiritsevyyttä näissä luokkatiloissa. (Radun et al. 2021)

Vaikka systemaattista akustiikan kuntotutkimusta ala ei toistaiseksi tunne, on vuonna 2004 Suomessa julkaistussa standardissa SFS 5907 oma akustinen luokkansa vanhoille rakennuksille. Näitä kuvaava luokka D koskee olemassa olevia vanhoja rakennuksia, joita rakennettaessa ei ole ollut voimassa ääneneristysmääräyksiä teknisten mittalukujen muodossa ja joissa ääniolosuhteet ovat vähemmän tyydyttävät. Tätä luokkaa on tarkoitus käyttää tilanteissa, joissa vanhan rakennuksen akustiset ominaisuudet halutaan ilmoittaa ja ne on todennettu akustisin mittauksin. Kouluille standardissa ei ole annettu tavoitearvoja luokan D rakennuksille, vaan koulut tulee toteuttaa aina vähintään siten, että ne voidaan luokitella luokkaan C, joka vastaa uudisrakennusten vähimmäisvaatimuksia. Standardi SFS 5907 on uusittavana tutkimushetkellä. Englannissa vuonna 2015 päivitetystä koulujen akustiikkasuunnittelua koskevassa kansallisessa standardissa peruskorjatuille koulurakennuksille on asetettu uudiskohteita heikommat tavoitearvot. (SFS 5907, Hirvonen et al. 2005, Shield & Richardson 2018)

Yleisesti korjaushankkeeseen ryhdyttäessä maankäyttö- ja rakennuslain mukaan rakennuksen ääniolosuhteet eivät saa heikentyä korjaustoimenpiteiden myötä. Koska Suomessa ääneneristysmääräyksiä kuvaavien teknisten mittalukujen laskentatavat sekä ääneneristykseen mittausmenetelmät ovat muuttuneet vuosien aikana, on syytä korjaus- ja muutostöiden yhteydessä selvittää, mitä mittalukuja ja määräyksiä kohteen rakennusajankohtana on ollut voimassa. (Lietzén & Kylliäinen 2014, Ympäristöministeriö 2018)

Standardien sekä maankäyttö- ja rakennuslain lisäksi Opetushallituksen (1994) suunnitteluopas sisältää ohjeistuksia koulurakennuksien peruskorjaushankkeisiin. Opas suosittelee korjausrakennuskohteissa kartoittamaan rakennuksen akustiikan ongelmia käyttäjäkyselyin sekä mahdollisin mittauksin. Koska tilat ovat valmiita, on rakenteellisten muutosten tekeminen hankalaa, jonka vuoksi korjausrakentamisprojekteissa meluisien tilojen sijoittelua tulee pohtia tarkasti. Lisäksi yhdeksi merkittäväksi keinoksi ulkovaipan ääneneristävyuden parantamiseen opas nostaa ikkunoiden saneerauksen, sillä parempi ikkunoiden tiivistys parantaa myös ulkovaipan ääneneristävyyttä. (Opetushallitus 1994)

2.3 Ehdotus akustiikan kuntotutkimuksen malliksi

Kun verrataan edellisissä luvuissa esitettyjen rakenneteknisten kuntotutkimuksien systematiikkaa sekä koulurakennusten akustiikan kunnan tutkimuksia, voidaan todeta, että rakenneteknisten kuntotutkimuksien prosessit ovat huomattavasti vakiintuneempia kuin akustisen kunnan selvityksissä. Akustisten olosuhteiden selvitystä käsittelevissä artikkeleissa kouluissa suoritettavat mittaukset määräytyivät usein kouluissa havaittujen puutteiden tai tutkittavan tutkimuskysymyksen mukaan. Yleisimmät tutkimusmenetelmät kouluissa olivat kyselytutkimukset sekä akustiikan mittauksista jälkikäyttö-aika. Laaditaan seuraavaksi ehdotus akustiikan kuntotutkimuksen etenemisestä soveltamalla edellä esitettyjä rakenneteknisten kuntotutkimusten etenemistä sekä koulurakennuksen äänolosuhteiden kartoitukseen liittyvää kirjallisuutta.

Akustiikan kuntotutkimusta voitaisiin suorittaa samankaltaisella etenemisperiaatteella kuin rakenneteknisiä kuntotutkimuksia ottaen huomioon akustiikkasuunnittelun ominaispiirteet ja tarpeet. Aluksi kohteesta voitaisiin selvittää olemassa oleva suunnitelluaineisto, kuten pohjapiirustukset ja rakennetyypit. Näiden avulla voitaisiin tutkia esimerkiksi sitä, millaisia tiloja rakennuksessa on sijoitettu vierekkäin sekä mitä erityyppisiä rakennetyyppejä kohteesta löytyy. Tämän lisäksi alkutiedoksi olisi hyvä selvittää kohteen rakennusaikana voimassa olleet määräykset sekä tuolloin voimassa olleiden teknisten mittalukujen määrittelytavat, jotta määräykset voidaan tarvittaessa muuntaa vertailukelpoisiksi kuntotutkimuksessa saatuihin tuloksiin.

Kuntotutkimukseen voitaisiin sisällyttää kohdekäynti ennen varsinaisia tutkimuksia, jolloin aistinvaraisesti voitaisiin havainnoida akustiikan riskitekijöitä. Tällaisia voisivat olla esimerkiksi selvästi puutteellisesti vaimennetut tilat, läpiviennit kriittisissä rakenteissa sekä selkeät äänivuodot ikkunoista. Tämän lisäksi tilaajan kanssa olisi hyvä käydä keskustelua suoritettavan kuntotutkimuksen tavoitteista ja mahdollisista rajauksista. Nämä tekijät auttaisivat tutkijaa kohdentamaan varsinaista kuntotutkimusta.

Kun tarpeelliset alkutiedot on selvitetty ja mahdollinen kohdekäynti on suoritettu, toteutettavasta kuntotutkimuksesta voitaisiin tehdä näiden pohjalta tutkimussuunnitelma. Suunnitelmaan sisällytettäisiin eri tutkimusmenetelmät, joilla kohteen akustiikan kuntoa kartoitetaan. Tutkimusmenetelminä voitaisiin akustiikan kuntotutkimuksessa käyttää akustisia mittauksia sekä käyttäjäkyselyä, joka ottaa huomioon äänen subjektiivisen kokemisen. Käyttäjäkyselyn toteuttaminen ennen tutkimussuunnitelman laatimista saattaa olla myös hyödyllistä, sillä se voi auttaa paikantamaan kohteen ongelmakohtia ja siten kohdentamaan kuntotutkimusta. Myös kirjallisuuskatsauksesta huomattiin, että käyttäjäkyselyä hyödynnettiin useissa tutkimuksissa, minkä lisäksi Opetushallituksen opas

(1994) suosittelee käyttäjäkyselyä ongelmien kartoittamiseen korjausrakennuskoh-teissa.

Kohteessa voisi olla hyvä suorittaa ääneneristysmittaukset kaikille eri rakennetyy-peille, minkä lisäksi eri tilatyypeille olisi hyvä suorittaa huoneakustiset mittaukset niiltä osin kuin se on järkevää ja hyödyllistä. Koska koulurakennukset saattavat olla isoja ja niihin on rakennettu useampia luokkahuoneita, olisi tutkimuksiin hyvä sisällyttää tilastol-lisesti riittävä määrä tutkittavia tilatyyppejä siten, että tutkimus voidaan yleistää kuvaamaan kohteen akustiikan kuntoa. Esimerkiksi Viljasen et al. (1989) selvityksessä koulu-jen luokkahuoneista tutkittiin 2–3 kappaletta kussakin tutkimuskohteessa. Standardin SFS 5907 mukaan luokiteltaessa koko rakennusta riittävä otoskoko äänitasoja mitatessa on 5 % rakennuksen tiloista ja ääneneristävyksiä mitatessa 5 % tiloja erottavista raken-teista. Vähimmäismäärä mitattaville tiloille ja rakenteille on kuitenkin aina kaksi. (SFS 5907) Varsinaisten mittausten aikana tutkijan olisi tärkeä havainnoida ympäristöään myös aistinvaraisesti, esimerkiksi merkittävien äänivuotojen esiintymisen ja paikantami-sen kannalta.

Kun tutkittavassa kohteessa on suoritettu akustiset mittaukset sekä käyttäjäky-sely, voitaisiin näitä tuloksia verrata toisiinsa. Jos voidaan todentaa, että jokin tila täyttää sille asetetut vaatimukset, mutta käyttäjäkyselystä havaitaan, että tilan ääniolosuhteet eivät miellytä käyttäjiä, voidaan tutkimusta vielä tarpeen vaatiessa tarkentaa ja suorittaa kohteelle lisätutkimuksia. Tällainen tilanne oli esimerkiksi Christenssonin artikkelissa (2018), missä tutkittujen kohdekoulujen jälkikaiunta-aika täytti tiloille asetetut vaatimuk-set, mutta opettajat valittivat silti huonosta akustiikasta. Tällöin tutkittaviin ilmiöihin lisät-tiin myös puheen selvyys C_{50} . Sen lisäksi, että osana kuntotutkimusta suoritettavista mit-tauksista saatuja tutkimustuloksia verrattaisiin toisiinsa, voitaisiin akustisten mittausten tuloksia verrata rakennusaikana voimassa olleisiin määräyksiin sekä nykymääräyksiin.

Kun kuntotutkimus on suoritettu yllä esitetyin menetelmin ja saaduista tuloksista on tehty johtopäätökset tarvittavista korjaustoimenpiteistä, olisi hyvä laatia tutkimuksesta selkeä raportti, jonka sisältöön voitaisiin ottaa vaikutteita rakenneteknisten kuntotutki-muksien raporttien laadinnasta. Raporttiin olisi hyvä sisällyttää ainakin kohteessa suori-tetut tutkimukset, niistä saadut tulokset, johtopäätökset sekä korjausehdotukset akustis-ten olosuhteiden parantamiseksi.

Jotta mahdollisimman tarkka sekä kattava kohteiden kuntoa kuvaava akustisen kuntotutkimuksen malli voitaisiin laatia, tulisi seuraavaksi selvittää, millaisin eri menetel-min kohteen kuntoa olisi hyvä kartoittaa ja kuinka saatuja tuloksia verrataan esimerkiksi määräyksiin sekä suunnitteluohjeisiin. Yksi mielenkiintoinen kysymys mahdollisimman

kuvaavan kuntotutkimuksen mallin luomisessa on myös se, voidaanko rakennusten rakennusajankohdasta päätellä jotain akustisista olosuhteista ja voidaanko mahdollista kuntotutkimussuunnitelmaa laadittaessa joitain kuntotutkimuksen osia yleistää riippumatta tutkittavasta kohteesta.

Akustisen kuntotutkimuksen mallin luomista varten tässä tutkimuksessa eri-ikäisissä koulurakennuksissa suoritettiin akustisia mittauksia, koulujen käyttäjille toteutettiin käyttäjäkysely sekä selvitettiin, millaisia määräyksiä ja suunnitteluohjeita koulujen suunnitteluun on Suomessa julkaistu vuosien aikana. Tutkimuksen tueksi selvitettiin ja läpikäytiin lisäksi tutkittavien koulurakennusten olemassa oleva suunnitteluaineisto sekä kohteissa suoritettiin katselmukset. Käytetyt tutkimusmenetelmät esitellään tarkemmin seuraavassa luvussa. Näillä tutkimusmenetelmillä saaduilla tuloksilla tässä diplomityössä luodaan akustiikan kuntotutkimuksen malli.

3. AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1 Koulujen akustiikkasuunnittelukäytäntöjen kehitys

Suomessa koulujen akustiikkasuunnittelussa opastavia suunnitteluoppaita ja -ohjeita on julkaistu jo vuosikymmenien ajan (Kylliäinen & Valovirta 2011). Näiden lisäksi akustiikkasuunnittelua ovat ohjanneet vuodesta 1967 alkaen erilaiset määräykset tai määräyksiin rinnastettava julkaisut, joissa koulurakennusten akustiikkavaatimukset on esitetty teknisin mittaluvuin (Kylliäinen 2009, Lietzén & Kylliäinen 2014). Suomessa on julkaistu myös esimerkiksi artikkeleita sekä käsi- ja oppikirjoja, joissa koulujen suunnittelukäytäntöihin alan asiantuntijat ovat ottaneet kantaa.

Tässä diplomityössä tehdään kirjallisuuskatsaus näistä eri julkaisuista koulujen akustiikkasuunnittelukäytäntöjen kehittämiseksi. Julkaisuista voidaan selvittää eri vuosikymmeninä voimassa olleet määräykset ja ohjeet koulurakennusten ääneneristykselle ja huoneakustisille suureille, minkä lisäksi niistä voidaan löytää eri aikoina suositeltuja suunnitteluratkaisuja koulurakennuksien eri tiloissa. Julkaisuissa esitetyt suunnitteluratkaisut pyrkivät siihen, että niitä noudattamalla tiloissa saavutetaan rakennuksen käyttötarkoituksen mukaiset ääniolosuhteet ja ne edistävät hyvää akustista suunnittelua. (Opetushallitus 1994, VTT 1974, Ympäristöministeriö 2003) Kun voimassa olleet määräykset ja ohjeet tunnetaan, voidaan niitä vertailla tutkimuksen kohteena olevissa kouluissa suoritettujen akustisten mittausten tuloksiin.

Tarkasteltaessa eri vuosina voimassa olleita määräyksiä on huomattava, että ääneneristävyyttä kuvaavia mittalukuja ei voida suoraan verrata toisiinsa. Tämä johtuu siitä, että teknisten mittalukujen määritelmät ovat ajan kuluessa muuttuneet ja esimerkiksi vuosien 1985 ja 1998 Rakentamismääräyskokoelmien osissa C1 mittalukujen merkintätapa on sama, mutta niiden määritelmät ovat keskenään erilaiset. Mittalukujen tulkinta ja siten mittaustulosten vertailu on kuitenkin mahdollista, sillä ääneneristävyden mittaustapa on säilynyt pääsääntöisesti ennallaan 1950-luvulta asti. Ympäristöministeriön julkaisemassa ohjeessa ”Asuinkerrostalojen ääneneristävyden vertailu vanhojen mittaustulosten perusteella” on esitetty mittalukujen muunnostapa sekä määräysten muuntaminen vastaamaan nyky määräyksiä. (Lietzén & Kylliäinen 2014)

3.2 Katselmus kouluista

Tutkimuksen toteuttamista varten valittiin kymmenen koulukohdetta yhteistyössä Helsingin kaupungin kanssa. Koulukohteet pyrittiin valitsemaan siten, että jokaista 1900-luvun

vuosikymmentä edustaisi vähintään yksi koulu, jotta mahdollisimman kattava kuva eri ikäisten rakennusten akustiikan kunnosta voitaisiin muodostaa. Tutkimusta toteutettiin yhdessä Helsingin kaupungin kanssa siksi, että Helsingin rakennuskanta sisältää paljon eri ikäisiä kouluja, jolloin eri aikakausien edustavuus voidaan taata. Alla olevassa taulukossa 1 esitetään lopullisten tutkimuskohteiden rakennusvuodet. Kohteet esitellään tarkemmin luvussa 5.

Taulukko 1: Tutkittujen kohteiden valmistumisvuodet. (Helsingin rakennusvalvontaviraston arkisto 2021)

Koulu	Rakennusvuosi
Kohde A	1910
Kohde B	1918
Kohde C	1921
Kohde D ¹⁾	1928
Kohde E	1939
Kohde F	1954
Kohde G	1961
Kohde H	1969
Kohde I	1970
Kohde J ²⁾	1998

1) Koulukohteen liikuntasali valmistunut 1985

2) Koulukohteen ruokasali valmistunut 1987

Osana diplomityötä näissä kouluissa suoritettiin katselmus. Katselmuksessa koulukohteen tutkittuja tiloja havainnoitiin aistinvaraisesti ja tiloista otettiin kuvia. Katselmuksen lisäksi koulukohteiden säilynyt suunnitteluaineisto käytiin läpi osana tutkimusta.

3.3 Akustiset mittaukset kouluissa

Tutkimuksen kohteena olevissa kouluissa suoritettiin ilma- ja askelääneneristävyyden mittauksia sekä jälkikaiunta-ajan ja puheensiirtoindeksi STI:n mittauksia. Nämä akustiikan mittaukset valittiin siksi, että nykymääräyksissä kyseisille akustiikan suureille on esitetty tavoitearvot koulurakennuksissa (Ympäristöministeriö 2018). Tutkittavissa kohteissa mitattiin luokkatilojen välisiä sekä luokkatilojen ja käytävien välisiä ääneneristävyyksiä, luokahuoneen puheensiirtoindeksiä sekä käytävien, liikuntasalien ja ruokailutilojen jälkikaiunta-aikaa. Näiden lisäksi myös vastaanottohuoneena toimineen luokahuoneen jälkikaiunta-aika raportoidaan osana tutkimusta.

Ääneneristävyyksiä mitattiin luokkahuoneiden välillä pystysuunnassa ylhäältä alaspäin, vierekkäisten luokkahuoneiden välillä vaakasuunnassa sekä luokkahuoneen ja käytävän välillä vaakasuunnassa. Jos kohteessa oli sijoitettu liikuntasali opetustilojen yläpuolelle, mitattiin ilma- ja askelääneneristävyydet myös näiden kahden tilan välillä pystysuunnassa ylhäältä alaspäin. Niissä kouluissa, joissa sijaitsi useampi juhla- tai liikuntasali, mitattiin kaikkien salien jälkikaiunta-ajat. Mitatut tilat on esitelty luvussa 5.

Äänitasomittarina mittauksissa käytettiin pääsääntöisesti Nor140 äänitasomittaria, joka kalibroitiin Nor1251 kalibraattorilla mittausten alussa, lopussa sekä pidettäessä pidempiä taukoja. Ilmaääneneristysten sekä käytävien jälkikaiunta-ajan mittauksissa äänilähteenä käytettiin pääsääntöisesti Look Line D203 aktiivipallokaiutinta ja kaikissa askelääneneristävyyden mittauksissa standardoitua askeläänikojetta Sources-Line EM50. Kahden kohteen mittauksissa käytettiin Nor150 äänitasomittaria sekä Nor276 passiivipallokaiutinta ja siihen liitettyä Nor280 vahvistinta. Nor150 äänitasomittari kalibroitiin samalla kalibraattorilla kuin Nor140. Lisäksi kaikissa kohteissa jälkikaiunta-ajan sekä puheensirtoindeksin mittauksissa käytettiin huoneakustiikan IRIS-mittausohjelmistoa. A-Insinöörit ovat kenttämittauksiin akkreditoitu laboratorio standardin SFS-EN ISO 17025-2017 mukaisesti (SFS-EN ISO 17025-2017, FINAS 2021).

Kaikista mitattavista tiloista mitattiin myös huoneiden korkeudet, leveydet sekä pituudet. Myös tilavuudeltaan merkittävät osat, kuten massiiviset kiintokalusteet tai hormit, mitattiin ja niiden tilavuus vähennettiin huonetilavuudesta. Isoissa käytävätiloissa, joissa käytävät yhdistyivät suuriin aulatiloihin sekä avonaisiin portaikkoihin, jouduttiin tekemään akustisia rajauksia, jolloin mitat tiloista otettiin näiden rajausten mukaisesti. Akustisena rajauksena voi toimia esimerkiksi selvästi kapeampi käytävän osa, jonka mittoihin ei oteta mahdollista suurempaa aulatilaa mukaan, vaikka nämä kaksi tilaa olisivat suoraan yhteydessä toisiinsa.

Katkaistun kohinan menetelmällä mitatun jälkikaiunta-ajan sekä askelääni- ja ilmaääneneristävyyden mittaukset suoritettiin käyttäen $\frac{1}{3}$ -oktaavikaistoja. IRIS-ohjelmistosta mittaustulokset saadaan tuotua sekä oktaavikaistoittain, että $\frac{1}{3}$ -oktaavikaistoittain.

3.3.1 Ilmaääneneristävyyden mittaus

Ilmaääneneristysmittaukset suoritettiin jokaiseen suuntaan samanlaisella mittausasetelmalla. Mittauksia suoritettiin vaakasuunnassa luokkien sekä luokkahuoneen ja käytävän välisille väliseinärakenteille sekä pystysuunnassa luokkahuoneiden väliselle välipohjarakenteelle. Mittaukset suoritettiin ja tulokset laskettiin standardien SFS-EN ISO 16283-1

ja SFS-EN ISO 717-1 mukaisesti. Äänilähteenä mittauksissa käytettiin pallokaiuttimen tuottamaa vaaleanpunaista kohinaa.

Ilmaääneneristävyyden mittaukset suoritettiin käyttäen lähetyshuoneessa kahta kaiutinpaikkaa. Nämä kaiutinpaikat valittiin siten, että äänilähteenä toimineen pallokaiuttimen keskipiste oli 0,5 m etäisyydellä huoneen seinistä ynnä muista heijastavista pinnoista sekä vähintään 1 m etäisyydellä mitattavia tiloja erottavasta rakenteesta. Standardin SFS-EN ISO 16283-1 mukaan erillisten kaiutinpaikkojen välisen etäisyyden tulee olla vähintään 1,4 m ja kaiutinpaikkojen tulee olla korkeussuunnassa vähintään 0,7 m eri tasoilla. Tämä tarkoittaa sitä, että vaihdettaessa kaiutinpaikkaa, pallokaiutinta nostettiin tai laskettiin jalustallaan. (SFS-EN ISO 16283-1)

Mittausten alkaessa pallokaiuttimen tuottaman äänen äänitaso säädetään niin korkeaksi, että siitä syntyvä äänitaso vastaanottotilassa on merkittävästi korkeampi kuin tilan taustäänitaso (SFS-EN ISO 16283-1). Tässä tutkimuksessa lähetyshuoneen äänitasoksi pyrittiin säätämään aina 100 dB. Lähety- ja vastaanottotiloissa suoritettiin yhteensä 10 äänitasomittausta kutakin kaiutinpaikkaa kohden siten, että lähetyshuoneessa suoritettiin viisi äänitasomittausta ja vastaanottohuoneessa viisi. Jokaisen yksittäisen äänitasomittauksen pituus oli 15 sekuntia ja mittaus suoritettiin käyttäen F-aikapainotusta. Mittauspisteet mitattavissa tiloissa valittiin siten, että ne olivat vähintään 0,5 m etäisyydellä huoneiden seinistä ynnä muista sellaisista heijastavista pinnoista sekä lähetyshuoneessa vähintään 1 m päässä kaiuttimesta. Eri mittauspisteiden välinen etäisyys tulee standardin SFS-EN ISO 16283-1 mukaisesti olla vähintään 0,7 m ja mittauspisteitä valitaan eri korkeuksilta siten, että ne kuvaavat mahdollisimman hyvin lähety- ja vastaanottohuoneen äänikenttiä. (SFS-EN ISO 16283-1)

Standardisoidun äänitasoeroluvun laskemiseksi täytyy vastaanottohuoneessa mitata myös tilan taustäänitaso sekä jälkikaiunta-aika (SFS-EN ISO 16283-1). Taustäänitaso mitattiin huoneen keskeltä 1,5 m korkeudelta. Standardin SFS-EN ISO 16283-1 mukaan tilassa riittää suorittaa 15 sekunnin äänitasomittaus, jos tilan taustäänitaso on tasainen (SFS-EN ISO 16283-1). Tässä tutkimuksessa äänitasomittauksen kesto oli 1 minuutti ja sen aikana käytettiin F-aikapainotusta. Laskennassa käytetyn jälkikaiunta-ajan mittaus on kuvattu myöhemmin tässä luvussa. Lopullinen rakenteen äänitasoeroluku laskettiin kaikkia mitattuja arvoja käyttäen (SFS-EN ISO 717-1).

3.3.2 Askelääneneristävyyden mittaus

Askelääneneristävyyden mittaukset suoritettiin joka suuntaan samanlaisella mittausasetelmalla. Mittauksia suoritettiin vaakasuunnassa luokkien sekä luokkahuoneen ja käytävän välisille väliseinärakenteille sekä pystysuunnassa luokkahuoneiden väliselle välipohjarakenteelle. Mittaukset suoritettiin ja tulokset laskettiin standardien SFS-EN ISO 16283-2 ja SFS-EN ISO 717-2 mukaisesti. Äänilähteenä mittauksissa toimi standardoitu askeläänikoje.

Askeläänitasot tilojen välillä mitattiin yhteensä neljästä eri kojepaikasta. Askeläänikoje sijoitettiin yksittäiseen paikkaan siten, että se asetettiin 45° kulmaan välipohjan kantavien rakenteiden suhteen ja sen etäisyys huoneen seinäpinoista oli vähintään 0,5 m standardin SFS-EN ISO 16283-2 mukaisesti. (SFS-EN ISO 16283-2) Kojepaikkoja valitessa huomioitiin se, että jos rakenteita erottaa ovi, olisi hyvä välttää askeläänikojeen sijoittamista suoraan erottavan rakenteen oven eteen.

Kun askeläänikoje oli asetettu paikoilleen, laitettiin koje päälle, jolloin siinä olevat painot alkoivat tippua aiheuttaen herätteen alla olevaan rakenteeseen. Askelääneneristävyyden mittauksissa mitataan ainoastaan vastaanottohuoneen äänitasoja. Standardin SFS-EN ISO 16283-2 mukaan käytettäessä neljää kojepaikkaa, vähimmäismäärä äänitasomittauksia on kaksi kappaletta kutakin kojepaikkaa kohti. (SFS-EN ISO 16283-2) Tässä tutkimuksessa käytettiin neljää mittauspistettä kutakin kojepaikkaa kohti, jolloin äänitasomittauksia tuli yhteensä 16 kappaletta askelääneneristävyydsmittausten aikana.

Vastaanottohuoneen mittauspisteet valittiin standardin SFS-EN ISO 16283-2 mukaisesti siten, että ne olivat vähintään 0,7 m etäisyydellä toisistaan, 0,5 m etäisyydellä huoneen seinistä ynnä muista sellaisista heijastavista pinnoista sekä ylhäältä alaspäin askeläänitasoja mitattaessa 1 m etäisyydellä erottavasta välipohjarakenteesta. Mittauspisteet valittiin siten, että ne kuvaavat mahdollisimman hyvin lähetys- ja vastaanottohuoneen äänikenttää, jolloin myös niiden korkeusasemaa suhteessa toisiinsa vaihdeltiin ottaen huomioon yllä esitetyt etäisyysvaatimukset huonepinnoista. Yhdessä mittauspisteessä suoritettu äänitasomittauksen kesto oli 15 sekuntia ja mittaus suoritettiin käyttäen F-aikapainotusta. (SFS-EN ISO 16283-2)

Askeläänitasojen lisäksi vastaanottohuoneessa on mitattava myös tilan jälkikaiunta-aika sekä taustäänitaso. Taustäänitaso mitattiin huoneen keskeltä 1,5 m korkeudelta. Standardin SFS-EN ISO 16283-2 mukaan tilassa riittää suorittaa 15 sekunnin äänitasomittaus, jos tilan taustäänitaso on tasainen (SFS-EN ISO 16283-2). Tässä tutkimuksessa äänitasomittauksen kesto oli 1 minuutti ja sen aikana käytettiin F-aikapaino-

tusta. Jälkikäiunta-ajan mittaus on kuvattu myöhemmin tässä luvussa. Lopullinen rakenteen standardisoitu askeläänitasoluku laskettiin kaikkia mitattuja arvoja käyttäen (SFS-EN ISO 717-2).

3.3.3 Puheensiirtoindeksin STI mittaus

Puheensiirtoindeksin STI mittaukset tehtiin standardien SFS-EN ISO 3382-1 ja SFS-EN ISO 3382-3 mukaisesti taajuusalueella 125–4000 Hz. Mittauksissa äänilähteenä käytettiin pallokaiutinta, josta ääniherätteenä käytettiin sinipyyhkäisyä. Yksittäisen sinipyyhkäisyksen kesto oli 15–20 sekuntia riippuen mitattavasta tilasta. Yleensä tilavuudeltaan suurempien tilojen, kuten liikuntasalien, mittaamiseen vaadittiin pidempi sinipyyhkäisy halutun varmuustason saavuttamiseksi. Mittaukset suoritettiin sekä sen tulokset analysoitiin käyttäen huoneakustiikan mittauksiin soveltuvaa IRIS-ohjelmistoa.

Standardien mukaisesti kaiutin tulee mittauksissa sijoittaa 1,2 m korkeuteen sellaiseen paikkaan, mistä ääntä normaalitilanteessa syntyy (SFS-EN ISO 3382-1, SFS-EN ISO 3382-3). Tässä tutkimuksessa kaiutin sijoitettiin 1,5 m korkeuteen luokan eteen keskeisesti, sillä tämä kuvaa luokkatilassa seisten opettavaa opettajaa. Kaiutinpaikka pysyi samana sekä samalla korkeudella koko puheensiirtoindeksin mittauksien ajan.

Mittausten suorittamista varten tutkittavassa tilassa tulisi valita 6–10 mittauspistettä (SFS-EN ISO 3382-3). Tässä tutkimuksessa mittaukset suoritettiin yhteensä seitsemässä mittauspisteessä. Mittauspisteet valittiin tilassa siten, ettei peilisyymmetriaa mitauspisteiden välillä esiinny. Ääntä vastaanottava mikrofoni sijoitettiin 1,2 m korkeuteen jokaisessa mittauspisteessä, sillä tämä kuvaa istuvaa oppilasta opetustilanteessa. Mittauspisteet sijoitettiin vähintään 2 m etäisyydelle kaiuttimesta sekä 1 m päähän seinäpinnoista ynnä muista sellaisista heijastavista huonepinnoista. Jokaisessa mittauspisteessä suoritettiin yksi mittaus siten, että kaiutin lähetti yhden sinipyyhkäisyksen, jonka mikrofoni vastaanotti sekä talletti mittausohjelmistoon. (SFS-EN ISO 3382-1, SFS-EN ISO 3382-3)

Seitsemän mittauspisteen lisäksi lopullista STI-arvoa varten tilan taustäänitaso tulee mitata. Taustäänitaso mitattiin huoneen keskeltä 1,5 m korkeudelta. Standardin SFS-EN ISO 16283-2 mukaan tilassa riittää suorittaa 15 sekunnin äänitasomittaus, jos tilan taustäänitaso on tasainen (SFS-EN ISO 16283-2). Tässä tutkimuksessa äänitasomittauksen kesto oli 1 minuutti ja sen aikana käytettiin F-aikapainotusta. Lopullinen STI:n arvo mittauspisteissä saatiin syöttämällä IRIS-ohjelmistoon mitattu taustäänitaso, minkä jälkeen ohjelma laski puheensiirtoindeksin arvon ottaen tilan taustäänitason huomioon.

3.3.4 Jälkikaiunta-ajan mittaus

Tutkimuksen kohteena olevissa kouluissa jälkikaiunta-aikoja mitattiin käyttäen sekä sinipyyhkäisyä, että katkaistun kohinan menetelmää. Jälkikaiunta-ajan mittaukset suoritettiin standardien SFS-EN ISO 3382-1 ja SFS-EN ISO 3382-2 mukaisesti.

Koulukohteiden käytävätiloissa jälkikaiunta-ajan mittaukset suoritettiin käyttäen katkaistun kohinan menetelmää. Katkaistun kohinan menetelmässä pallokaiutin tuottaa neljän sekunnin ajan kohinaa, jonka keskeytymisen jälkeen äänitasomittari mittaa, kuinka kauan kohinalla kestää vaimentua. Mittaukset suoritettiin kahdella kaiutinpaikalla standardin SFS-EN ISO 3382-2 mukaisesti. Nämä kaiutinpaikat valittiin siten, että niiden välillä oli vähintään 1,4 m ja ne olivat eri korkeuksilla lattiapintaan nähden. Tämän lisäksi yksittäisen kaiutinpaikan tuli olla vähintään 0,5 m päässä huoneen seinistä ynnä muista sellaisista huonepinnoista. (SFS-EN ISO 3382-2)

Riittävä määrä kaiutin-mikrofonipareja mittauksiin on 6 kappaletta (SFS-EN ISO 3382-2). Tässä tutkimuksessa yhtä kaiutinpistettä kohti valittiin neljä mittauspistettä, joissa jokaisessa mittaus toistettiin kaksi kertaa. Tällöin mitattuja kaiutin-mikrofonipareja oli yhteensä 16 kappaletta. Mittauspisteet valittiin tilasta siten, että ne olivat vähintään 1 m etäisyydellä huoneen rajaavista pinnoista sekä 0,7 m päässä toisistaan. Mittauspisteet valittiin siten, että ne kuvasivat mahdollisimman hyvin huoneen äänikenttää, jolloin myös mittauspisteiden korkeusasemaa muutettiin esitetyt etäisyysvaatimukset huomioon ottaen. Lopulliset jälkikaiunta-ajan arvot raportoidaan oktaavikaistoilla 125–4000 Hz. (SFS-EN ISO 3382-1, SFS-EN ISO 3382-2)

Kohteiden luokkahuoneissa, liikuntasaleissa sekä ruokaloissa jälkikaiunta-ajan mittaamiseen käytettiin IRIS-mittausohjelmistoa ja sinipyyhkäisyä standardin SFS-EN ISO 3382-1 mukaisesti. Jälkikaiunta-ajan mittauksissa käytettiin kahta kaiutinpaikkaa, joiden sijoittelu valittiin ottaen huomioon samat etäisyysvaatimukset kuin katkaistun kohinan menetelmässä. Riittävä määrä mittauspisteitä tutkimuksiin on 6–10 kappaletta (SFS-EN ISO 3382-1).

Kun luokkahuoneiden jälkikaiunta-aikaa määritettiin, ensimmäisen seitsemän mittauspisteen arvoina käytettiin STI-mittauksista saatuja arvoja, sillä IRIS-ohjelmisto määrittää mitattaessa myös pisteiden jälkikaiunta-ajat. Lisäksi IRIS-ohjelmistolla suoritettiin seitsemän muuta mittauspaikkaa valitsemalla toinen kaiutinpaikka. Tällöin jälkikaiunta-ajan mittauksia luokkahuoneissa suoritettiin yhteensä 14 kappaletta. Mittauspisteet valittiin katkaistun kohinan menetelmässä esitettyjen mittauspisteiden vaatimusten mukaisesti.

Ruoka- ja liikuntasaleissa suoritettiin jälkikaiunta-ajan mittaukset kahdella kaiutinpaikalla siten, että mittauspisteitä valittiin kahdeksan kappaletta kumpaakin kaiutinpaikkaa kohden ja mittauksia suoritettiin yksi mittauspistettä kohden. Tällöin ruoka- ja liikuntasaleissa suoritettiin yhteensä 16 kappaletta jälkikaiunta-ajan mittauksia, mikä varsinkin suurissa tiloissa oli tarpeellista riittävän kuvaavan otannan vuoksi. Myös ruoka- ja liikuntasaleissa kaiutin- ja mikrofoniapaikoille käytettiin samoja etäisyysvaatimuksia kuin katkaistun kohinan menetelmässä. Sinipyyhkäisyä käyttäen mitatut jälkikaiunta-ajan arvot raportoidaan oktaavikaistoilla 125–4000 Hz. (SFS-EN ISO 3382-1, SFS-EN ISO 3382-2)

3.4 Kysely opettajille

Akustisten mittausten lisäksi tutkimuksen kohteena olevissa kouluissa suoritettiin käyttäjäkysely. Kyselyn avulla kartoitettiin, mitkä akustiikan ilmiöt tutkituissa kouluissa ovat mahdollisesti ongelmallisimpia ja miltä osin koulujen äniolosuhteisiin ollaan tyytyväisiä. Toteutetussa käyttäjäkyselyssä oli kysymyksiä, joilla pyrittiin kartoittamaan tietoa huoneakustiikkaan, ääneneristävyyteen ja taustäänitasoon liittyvistä ilmiöistä ja häiritsevyyksistä. Kysymysten laadinnassa käytettiin apuna muutaman tutkimuksen käyttäjäkyselyitä, joilla on tutkittu akustiikan vaikutusta tilan käyttäjiin (Viljanen et al. 1989, Saarelainen 2016, Hakala 2011, Lehto & Leskelä 2017). Kysely kohdistettiin koulujen opettajille ja kyselylomake löytyy liitteestä 1. Koulukohteiden anonymiteetin vuoksi liitteen käyttäjäkyselystä puuttuu kysymykset 1 ja 2 niissä esiintyvien kohteiden nimien sekä yhteystietojen vuoksi.

Kyselyn ensimmäisessä osassa opettajilta kysyttiin perustietoja, kuten koulua, jossa he opettavat, ikää sekä opetettavia luokka-asteita. Sen lisäksi kartoitettiin yleistä viihtyvyyttä koulun tiloissa vetoisuutta, lämpötilaa, valaistusta ja kalusteiden riittävyttä koskevilla kysymyksillä. Tilojen viihtyisyyteen liittyviin kysymyksiin pystyi vastaamaan kuusiportaisella asteikolla, joka sisälsi myös vaihtoehdon ”en osaa sanoa”.

Huoneakustiikkaan liittyvillä kysymyksillä pyrittiin kartoittamaan, miten kaiuntaiselta koulun eri tilat kuulostavat ja häiritseekö mahdollinen kaiuntaisuus henkilökuntaa. Tämän lisäksi puheeseen liittyvillä kysymyksillä pyrittiin kartoittamaan sitä, kuinka hyvin tilan akustiikka tukee siellä tehtävää opetus- ja oppimistyötä. Tilojen kaiuntaisuuteen ja sen häiritsevyyteen, äänen korottamiseen, opetustilan käytännöllisyyteen puheen kanalta sekä opettajan kykenevyyteen kuulla oppilaita liittyviin kysymyksiin vastattiin kuusiportaisella asteikolla, joka sisälsi myös vaihtoehdon ”en osaa sanoa”. Lisäksi puheen käyttöön liittyvissä kysymyksissä oli yksi avokysymys.

Koulujen koettua ääneneristävyyttä kartoitettiin kysymyksillä siitä, kuinka erilaiset äänet ympäröivistä tiloista sekä ulkoa häiritsevät opetustilannetta. Tällaisia ääniä ovat esimerkiksi puhe, askeläänet, kalusteiden äänet, liikennemelu sekä oppilaiden toiminta ulkona. Koettua taustäänitasoa kyselyssä kartoitettiin eri LVIS-laitteiden, kuten patte-
reiden ja ilmastointikanavien, äänien häiritsevyyteen liittyvillä kysymyksillä. Kysymyksiin voi vastata kuusiportaisella asteikolla, jonka yksi vaihtoehto on ”en osaa sanoa”. Lisäksi kyselyn lopussa oli yksi avokysymys, johon pystyi kertomaan muita akustiikkaan liittyviä havaintoja kohdekouluissa, mitä ei kyselyssä voinut tuoda ilmi.

Jotta kysely voitiin toteuttaa, tuli Helsingin kaupungilta hakea tutkimuslupa. Tutkimuslupa on haettava kaikkiin kyselytutkimuksia sisältäviin tutkimuksiin, jotka toteutetaan Helsingissä. Tutkimusluvan liitteeksi diplomityöstä tehtiin tutkimussuunnitelma, tiedote toteutettavasta kyselystä, tutkimuksen eettinen pohdinta sekä itse kyselylomake. Nämä löytyvät tutkimuksen liitteistä 1, 2, 3 ja 4.

Kysely lähetettiin yhdeksän kohdekoulun opettajille koulujen rehtorien välityksellä. Tutkimusluvan päätösosan mukaisesti kaupungin rekistereistä ei voida välittää tietoa tutkijalle. Tämän vuoksi lopullinen opettajien määrä, joille kysely välitettiin, ei ole tiedossa. Kyselyyn vastasi annetun vastausajan aikana kaikkiaan 34 opettajaa.

Tilojen viihtyisyyttä kartoittavista kysymyksistä tutkimuksessa arvioidaan käyttäjien kokemaa viihtyisyyttä sanallisesti tuloksiin perustuen. Akustiikkaan liittyvistä kysymyksistä tulokset esitetään prosentuaalisesti. Lisäksi tuloksia verrataan kouluista saatuihin akustiikkamittausten tuloksiin. Koska osasta kohteista vastauksia tuli vain yksi tai kaksi, on kaikki 34 tulosta esitetty yhdessä. Merkittävät yksittäiset havainnot esitetään tulosten tarkastelun ohessa, jos sellaisia kyselytuloksia tarkastellessa on ilmennyt.

4. KOULUJEN AKUSTIIKKASUUNNITTELU SUOMESSA

4.1 Suunnittelukäytännöt ennen rakentamismääräyksiä

Suomessa säädöksiä tai säädöksiin rinnastettavia määräyksiä sekä ohjeita liittyen rakennusten ääniolosuhteisiin on julkaistu jo 1920-luvulta alkaen (Lietzén & Kylliäinen 2014). Ensimmäinen koulurakennuksien akustiikan määräyksiä sisältävä julkaisu ilmestyi 1967, mutta ennen tätä muun muassa rakennusalan julkaisuissa sekä oppikirjoissa on kuitenkin ollut jo mainintoja liittyen koulurakennusten akustiikkasuunnitteluun. Tässä luvussa esitellään näitä kotimaisessa kirjallisuudessa esiintyviä viitauksia koulujen suunnitteluun ennen vuonna 1960 julkaistua ehdotusta ääneneristysnormeiksi.

Rakennustaito-lehdessä vuonna 1942 esitelmäartikkelissa ”Huoneiden ja rakenteiden akustiikasta” korostettiin puheen erotettavuuden tärkeyttä luentosaleissa (Braunmühl 1942). Koska luentosalien käyttötarkoitus opettamiseen on sama kuin luokkahuoneiden, on syytä nostaa tämä maininta esille. Myöhemmin Rakennustaito-lehdessä todettiin jo ennen Suomen Rakennusinsinöörien Liiton julkaisemaa ensimmäistä suomalaista määräyksiin rinnastettua julkaisua Ääneneristysnormeja (1967), että norjalaisiin tutkimuksiin perustuen oltaisiin luokkahuoneille ja vastaaville työhuoneille voitu asettaa kohtuullisin rakennuskustannuksin akustiikan vaatimuksia erottavan rakenteen alan vaihdellessa 50...1000 m² ja ilmaääneneristyskyvyn vaihdellessa 50...54 dB välillä. Lisäksi norjalaisiin tutkimuksiin perustuen rakennusten suunnittelussa olisi jo artikkelin kirjoitushetkellä ollut syytä kiinnittää huomiota ilmanvaihdon aiheuttamaan äänitasoon rakennuksissa. Samassa artikkelissa myös pohdittiin absorptiomateriaalien vaikutusta rakennusten akustiikkaan, mutta sitä suositeltiin lähinnä ensisijaisena keinona jälkikaiunta-ajan hillitsemiseen. (Kelopuu 1956)

Kirjoittamassaan koulutilojen akustiikan ongelmia käsittelevässä artikkelissa Paavo Arni totesi, että luokkahuoneiden ääniympäristö tulisi suunnitella siten, että puheen seuraaminen tilassa olisi mahdollisimman vaivatonta. Artikkelin kehotti sijoittamaan luokkahuoneiden kattoon absorptiomateriaalia katon reuna-alueille ja jättämään keskiosat vaimentamatta, jolloin kova kattopinta välittää kuulijoille hyödyllisiä heijastuksia. Lisäksi luokkahuoneissa olisi artikkelin mukaan ollut suositeltavaa välttää yhdensuuntaisia seinäpintoja seisovien aaltojen syntymisen välttämiseksi ja artikkelissa suositeltiin luokkahuoneiden takaseinän kallistamista kuulijoihin päin. Jos tämä ei ole ollut mahdollista, voitiin tärykaikuilmiötä ehkäistä päällystämällä takaseinä absorptiomateriaalilla. (Arni

1951) Näiden suunnitteluohjeiden mukaisesti Arni suunnitteli erään Hyvinkäällä sijaitsevan koulun luokkatilan eli hän hyödynsi julkaisemiaan suunnitteluohjeita myös käytännössä (Kylliäinen & Valovirta 2011). Hyvinkäällä sijaitsevan koulun lisäksi Arni on uransa aikana suunnitellut muitakin koulurakennuksia (Kylliäinen 2019). Luokkatilojen suunnitteluohjeiden lisäksi artikkeli kehotti muun muassa asentamaan absorptiomateriaalia luokkahuoneita sivuavien käytävien kattoon käytävältä kantautuvan melun vähentämiseksi (Arni 1951).

Rakennusinsinööriyhdistyksen julkaisussa A11 ”Äänen ja muun värähtelyn torjunta huoneenrakennuksessa” taas todettiin, että koulurakennukset olisi hyvä sijoittaa vähän liikennöityjen katujen varsille, esimerkiksi korttelien keskuksiin, ja nämä korttelit olisi hyvä muodostaa puistoiksi. Tällä tavoin artikkelin mukaan voitiin ehkäistä liikenteen aiheuttamaa ääri- ja meluhaittaa koulurakennuksissa. (Varjo 1947)

Myös vuonna 1943 perustetussa Ääniteknillisessä Yhdistyksessä, sittemmin Akustisessa Seurassa, koulurakennuksien akustiikkaan liittyviä ilmiöitä ja piirteitä on tiedostettu läpi seuran toimintavuosien. Jo alustuksessaan seuran perustamisen tarpeellisuudesta Paavo Arni mainitsi, että suuria saleja rakentaessa ei kiinnitetty vielä tarpeeksi huomiota esimerkiksi siihen, että puhujan puhe olisi ulottunut kaikkiin luentosalin osiin riittävän selkeänä (Ääniteknillinen Yhdistys 1942). Tämän lisäksi seuran esitelmät ovat vuosien saatossa käsitelleet koulujen akustiikkaan liittyviä aiheita, kuten Arnin vuonna 1951 pitämä esitelmä aiheesta ”Koulujen luokkahuoneiden akustiikasta” sekä T. K. Laakson samana vuonna pitämä esitelmä ”Kirkko-, koulu- ja juhlasalien akustiikan parantamisessa käytettävät menetelmät ja aineet” (Ääniteknillinen Yhdistys 1955).

Vuonna 1947 tanskalainen tutkija V.L. Jordan piti Ääniteknillisen Yhdistyksen vuosikokouksessa esitelmän ”Nykyisiä melua ja ääneneristystä koskevia oikeussääntöjä ja normeja eri maissa”, jossa hän esitteli silloin voimassa olleita normeja muissa Euroopan maissa. Paavo Arni toimitti esityksestä uutisen lehdistölle. Uutisen yhteenvedossa todettiin, millaisia mahdollisuuksia akustiikkaan liittyvät normit toisivat alalle ja yhdeksi normeeraus perustaksi esitettiin tilojen jakaminen käyttötarkoituksien mukaisesti, mistä esimerkiksi Jordanin esitelmässä on nostettu kouluhuoneet. (Jordan 1947) Näin ollen voidaan olettaa, että tilojen eri käyttötarkoitukset yhtenä akustiikan suunnittelun perusteena tiedostettiin jo ennen määräysten syntyä alan ammattilaisten keskuudessa. Sama tietoisuus rakennusten luokittelun tarpeellisuudesta esiintyi myös Ääniteknillisen Yhdistyksen tiedoksiannossa sisäasianministeriölle vuonna 1947, missä todettiin puhetarkoituksiin käytettyjen tilojen, kuten luokkahuoneiden, jääneen yleensä ääniteknisesti vajavaisiksi.

Tästä syystä niissä puheen seuraaminen saattoi olla hankalaa ja näin ollen puheen hyödylliset tarkoitukset eivät välttämättä saavuttaneet kuulijaa halutulla tavalla. (Äänitekniillinen Yhdistys 1947)

4.1.1 Käytännöllisen akustiikan perusteet (1949)

Vuonna 1949 Paavo Arni julkaisi kirjan ”Käytännöllisen akustiikan perusteet” tarkoituksenaan edistää tietoutta akustiikasta suomen kielellä ja mahdollisimman kansantajuisesti. Kirjan esipuheessa Arni kertoi, että teos on tarkoitettu akustiikasta kiinnostuneille, esimerkiksi arkkitehdeille, rakennusinsinööreille sekä -mestareille. (Arni 1949) Kirja ei ottanut kantaa eri rakennustyyppien akustiikan vaatimukseen, vaan se esitti rakennus- ja huoneakustiikassa sekä meluntorjunnassa esiintyneet ilmiöt yleisellä tasolla. Esitetään tässä luvussa, mitä asioita Arnin opas (1949) kehotti ottamaan koulurakennusten suunnittelussa huomioon.

Huoneakustiikan suhteen kirjassa todettiin, että erityisesti jälkikaiunta-aika ilmiönä haittaa puheen ymmärrettävyyttä. Puheen ymmärrettävyys on tärkeää koulurakennuksissa ja siksi sitä tuli välttää toimivin suunnitteluratkaisuin. Opas ei täsmentänyt mikä jälkikaiunta-ajan pituus oli koulurakennuksen tiloille optimaalisin, mutta painotti, että sopiva pituus riippuu tilan käyttötarkoituksesta. Jälkikaiunta-ajan lisäksi myös muut kaiuntaan liittyvät ilmiöt, kuten tärykaiku sekä huoneen ominaisvärähtelyt, ovat haitallisia tilojen yleisen viihtyisyyden vuoksi sekä haittaavat äänen jakautumista tasaisesti. Kaiuilmiöiden hallitsemiseksi kirja esitti kaksi keinoa: tilojen geometrinen ominaisuuksien suunnittelu sekä vaimentavien pintojen sijoittaminen tiloihin. (Arni 1949)

Koska osa tilassa tapahtuvista äänen heijastuksista ovat hyödyllisiä puheen ymmärrettävyyden sekä kuultavuuden kannalta, ei tällaista hyötyääntä välittävillä pinnoille pidä sijoittaa vaimennusmateriaalia. Oppaan kirjoitushetkellä hyötyäänen määritelmän mukaan hyötyääneksi voitiin kutsua suoraa sekä 1/15 sekuntia suoraa ääntä myöhemmin kuulijalle heijastuneita äänisäteitä. Korva ei erota näitä äänisäteitä toisistaan ja siten ne vahvistavat kuultua ääntä. Haitallisiksi heijastuksiksi Arnin oppaassa todettiin äänisäteet, jotka olivat kulkeneet yli 20 m pidemmän matkan kuin suoraan äänilähteeltä kuulijalle kulkenut ääni. Näitä haitallisia heijastuksia välittäviä pintoja olisikin syytä vaimentaa kaiuilmiön ehkäisemiseksi ja toisaalta näitä pintoja olisi hyvä hyödyntää vaimennusmateriaalin sijoittelussa siten, ettei hyödyllisiä heijastuksia tuottavia pintoja vaimennettaisi turhaan. (Arni 1949)

Vaikka vaimennusmateriaalin sijoittaminen tilaan on tehokas keino ehkäistä kaiuilmiöiden syntyä, heikentää liian vaimennettu tila puheen ymmärrettävyyttä jälkikaiunta-ajan lyhentyessä tarpeettomasti. Tämän vuoksi tilojen geometrialla sekä mittasuhteilla oli oppaan mukaan tärkeä rooli tilojen akustiikkaa suunniteltaessa ja huoneen oikeanlaisen muodon päättämällä jo suunnitteluvaiheessa saattoi olla merkittävää etua tilojen toimivuuden kannalta. Jos tiloihin haluttiin sijoittaa syvennyksiä tai kohoumia, oli niiden koon syytä olla Arnin oppaan mukaan äänen aallonpituuden kanssa samaa suuruusluokkaa. (Arni 1949)

Jälkikaiunta-ajan lisäksi toinen kaiuilmiö, jonka ehkäisemiseen tilojen geometrialla voidaan merkittävästi vaikuttaa, on tärykaiuilmiö. Tärykaiukua voitiin ehkäistä välttämällä tilojen symmetrisyyttä sekä käyttämällä vastakkain erisuuntaisia pintoja. Joissain vanhoissa kohteissa ennestään yhdensuuntaisia pintoja oli oppaan mukaan koetettu rikkoa myös pilareilla, kohoumilla sekä syvennyksillä. Tärykaiukua voitiin geometrian lisäksi ehkäistä myös vaimentamalla vastakkaisista yhdensuuntaisista pinnoista toinen. (Arni 1949)

Kaiuilmiöiden lisäksi huoneiden mittasuhteet ja geometria vaikuttavat äänen leviämiseen tiloissa. Esimerkkinä tästä voitiin pitää suuria esiintymissaleja, joissa oli suositeltavaa käyttää tasaisen katon sijaan kallistettuja kattopintoja, joilla puhetta voitiin heijastaa yleisöön. Tasakattoinen tila vahvistaa ääntä enemmän tilan etuosassa, jonka vuoksi pitkiä huoneita oli syytä välttää. Jos tila on pitkä ja tasakattoinen, takana istuville puheen äänenvoimakkuus on pienempi kuin edessä istuville. Korkeat huonetilat aiheuttavat kaiuilmiöiden lisäksi heikentynyttä puheen kuuluvuutta ja liian leveissä huoneissa puheen seuraaminen puhujan vieressä saattoi oppaan mukaan olla hankalaa konsonanttien levitessä heikommin sivuille kuin eteenpäin. (Arni 1949)

Tilojen meluisuudella on myös vaikutusta oppimiseen. Arnin oppaassa todettiin, että erään tutkimuksen mukaan määrätyn tehtävän oppiminen parani, kun tilan melutasot pieneni. Oppimisen vaikeuden lisäksi tilan melisuus vaikuttaa puheen ymmärrettävyyden alenemiseen, jolla on myös haitallisia vaikutuksia oppimiseen. (Arni 1949)

Vaatimukset tilojen ääneneristyksille olisi pitänyt oppaan mukaan määräytyä ulkoa tulevan melun suuruudesta sekä tilojen käyttötarkoituksesta. Yleisesti seinien ääneneristävyttä tarkasteltaessa opas totesi, että yksinkertaisten rakenteiden sijaan seinissä oli syytä käyttää kaksiosaisia tai yhdistettyjä seiniä. Tämä oli järkevää myös kustannustehokkuuden kannalta. Lisäksi kaikenlaiset raot rakenteissa heikensivät merkittävästi ääneneristystä ja jo pienikin rako voi vuotaa ääntä erittäin paljon. Myös huonosti sulkeutu-

vat rakenneosat, kuten ovet tai ikkunat, aiheuttivat oppaan mukaan saman ilmiön ja tämän vuoksi heikensivät rakenteiden ääneneristystä. Rakojen lisäksi muut äänisillat, kuten koolaukset sekä läpiviennit, heikensivät myös ääneneristystä. Tämän vuoksi läpivientien toteuttaminen huolellisesti oli tärkeää, jotta ääneneristävyyden heikkenemistä tapahtuisi mahdollisimman vähän. (Arni 1949)

Jos seinässä on rakenneosia, kuten ovia tai ikkunoita, oli oppaan mukaan näiden vaikutus seinän ääneneristävyyteen tarkistettava. Yleisesti oppaassa todettiin, että oven painoa kasvattamalla sekä kaksinkertaista ikkunalasitusta käyttämällä seinärakenteen yhteisääneneristävyys paranee, kunhan rakenneosat sulkeutuvat kunnolla eikä rakoja tai reikiä ole. Ovien ääneneristävyyttä voitiin myös parantaa käyttämällä niissä tiivistyskumi- tai huopalistoja. (Arni 1949)

LVIS-laitteista syntyvää melua voitiin oppaan mukaan ehkäistä niiden oikeaoppisella suunnittelulla. Ilmanvaihtokanavista tulevia ääniä voitiin vaimentaa peittämällä kanavan ja aukon seinämät ääntä vaimentavalla materiaalilla. Vesi- ja viemäriputkien suoraa kosketusta seiniin oli syytä välttää, minkä vuoksi vesijohdot oli suositeltavaa eristää pehmeillä vaimennusaineilla läpivientien kohdalta. (Arni 1949)

Isku- eli askelääniä voitiin rakennuksissa vaimentaa parhaiten asentamalla välipohjan päälle pehmeä ja huokoinen lattiamateriaali tai toteuttamalla kelluva lattiarakenne, joka ei saa kiinnittyä tilaa rajaaviin seiniin. Myös liikuntasauvoja oli hyvä hyödyntää tilojen akustiikkaa suunniteltaessa, sillä sauman eri puolille voitiin oppaan mukaan sijoittaa erilaisia ääniympäristöjä vaativia tiloja. (Arni 1949)

Tiivistetysti puhetarkoitukseen tarkoitettujen tilojen huoneakustiikkaa suunniteltaessa oli kiinnitettävä huomiota jälkikaiunta-aikaan sekä tilan geometriaan ja niiden vaikutuksiin puheen ymmärrettävyyteen. Liian pitkä tai lyhyt jälkikaiunta-aikaa haittasi oppaan mukaan puheen ymmärrettävyyttä. Liian pitkä jälkikaiunta-aika huononsi puheen ymmärrettävyyttä ja liian lyhyt jälkikaiunta-aika tarkoitti sitä, että puhe vaimenee liikaa, mikä myös vaikeuttaa puheen seuraamista. Tilavuudella oli heikentävä vaikutus puheen ymmärrettävyyteen. Mitä suurempi tila oli kyseessä, sen enemmän puheen ymmärrettävyys heikkeni. Puhetarkoitukseen tarkoitettua tilaa ei oppaan mukaan tullut suunnitella liian pitkäksi ja katon sekä seinien hyödyllisiä heijastuksia tuli hyödyntää. Tilan taustamelutasolla sekä puhujan äänenvoimakkuudella oli myös vaikutusta puheen ymmärrettävyyteen. Rakennusakustiikan suhteen opas totesi suunnittelun olevan kokonaisvaltaista. Yksi hyvin ääntä eristävä väliseinä ei pelastaisi koko rakennuksen akustiikkaa, jos muut sen seinät olivat huonosti ääntä eristäviä tai LVIS-laitteiden suunnitteluun ei oltu kiinnitetty huomiota. (Arni 1949)

4.2 Rakentamismääräysten kehitys

4.2.1 Ehdotus ääneneristysmääräyksiksi (1960)

Rakenteiden ääneneristysominaisuuksia koskevaa tutkimustyötä on tehty Suomessa 1950-luvusta asti. Ääniteknillinen yhdistys esitti jo vuonna 1947 sisäasiainministeriölle, että Suomeen laadittaisiin ääneneristystä koskevat normit komiteatyönä, mutta vielä tuolloin normeja koostavaa komiteaa ei perustettu (Ääniteknillinen yhdistys 1947, Kylliäinen 2009). 1950-luvulla ajan tasainen mittauskalusto sekä kansainväliset suhteet mahdollistivat laajan ääneneristävyuden tutkimustyön käynnistämisen Suomessa ja vuonna 1954 tämän tutkimustyön eräänä johtopäätöksenä oli se, että normitustyö oli saatava aloitetuksi mahdollisimman pian. Vuodesta 1957 alkaen Suomessa alkoi työskentelemään kotimainen toimikunta, joka sai vuoden 1958 lopussa valmiiksi ehdotuksen suomalaisiksi ääneneristysmääräyksiksi. Koska toimikunta halusi seurata työssään mahdollisimman pitkälle samaan aikaan valmisteltua pohjoismaisten ääneneristysmääräysten yhtenäistämistyötä, joka ei kotimaisen normiehdotuksen valmistuttua ollut vielä valmis, haki toimikunta työnsä lisärahoitusta alkuperäisen rahoituksen päätyttyä vuoden 1958 loppuun. Työ sai lisärahoitusta vuoteen 1960 saakka ja lopputuloksena julkaistiin Ehdotus Ääneneristysmääräyksiksi. (VTT 1960; Kylliäinen 2009)

Ehdotuksessa rakennukset jaettiin kolmeen ääneneristysluokkaan. Näistä luokista luokka I oli vaatimuksiltaan vaativin ja luokka III lievin. Toimikunnan laatimat ääneneristysvaatimukset ottivat kantaa myös koulurakennusten akustiikan suunnitteluun, sillä luokan III todettiin soveltuvan tietyin edellytyksin myöhemmin asuinrakennusten lisäksi koulurakennuksiin. (VTT 1960) Käytettävissä olevasta aineistosta ei kuitenkaan selviä, mitä nämä tietyt edellytykset olivat eikä määräysten sovellutusta koulurakennuksiin selitetty ehdotuksessa tarkemmin.

Luokan III rakennuksille oli asetettu ehdotuksessa vaatimukset pohjamelulle, huone-eristykselle sekä askelääneneristykselle. Pohjamelulla ehdotuksessa tarkoitettiin tarkasteltavan tilan ulkopuolelta tai siihen liittyvän rakennusosan aiheuttamaa melua tilassa eli kyseessä oli nykykäsitusten mukainen taustäänitaso. Huone-eristyksellä D_T tarkoitettiin lähetys- ja vastaanottotilassa vallitsevien ilmääänitasojen erotusta muunnetuna vastaamaan vastaanottohuoneelle ominaista jälkikaiunta-aikaa. Tällä termillä ehdotuksessa kuvattiin seinärakenteen ilmäääneneristyksen vaatimuksia. Askelääneneristystä kuvattiin askeläänentasolla L_A' , joka voitiin mitata standardoidun askeläänikojeen avulla. (VTT 1960)

Luokassa III pohjamelulle oli asetettu vain yksi vaatimus, joka koski kaikkia rakennuksen kalustettuja ja ääneneristystä vaativia tiloja. Tämän vaatimuksen mukaan pohjamelu sai olla näissä tiloissa korkeintaan 40 dB A-painotettuna. Huone- ja askelääneneneristysten vaatimukset koskivat kaikkia suuntia ja ne täytyivät seuraavien ehtojen mukaisesti:

- huone-eristysten vaatimukset täytyivät, kun asetettujen taajuuskaistaisten vaatimusten ja samoilla taajuuskaistoilla valmiissa rakennuksessa mitattujen huone-eristysten arvojen positiivisten erotusten summa oli enintään 16 dB,
- askelääneneristysten vaatimukset täytyivät, kun asetettujen taajuuskaistaisten vaatimusten ja samoilla taajuuskaistoilla valmiissa rakennuksessa mitattujen askeläänentason arvojen negatiivisten erotusten summa oli enintään 16 dB. (VTT 1960)

Esitetään taajuuskaistaiset ääneneristysmääräysehdoituksen vertailuarvot alla olevassa taulukossa 2.

Taulukko 2: Ehdotus huone-eristysten ja askeläänentason vertailuarvoille taajuuskaistoilla 100–3150 Hz luokan III tilojen välillä. (VTT 1960)

Taajuus [Hz]	Huone-eristys D_T [dB]	Askeläänentaso L_A' [dB]
100	27	70
125	30	70
160	33	70
200	36	70
250	39	70
315	42	70
400	45	69
500	46	68
630	47	67
800	48	66
1000	49	65
1250	50	62
1600	50	59
2000	50	56
2500	50	53
3150	50	50

4.2.2 Ääneneristysnormit (1967)

Vuonna 1967 Suomen Rakennusinsinöörin Liiton julkaisema Ääneneristysnormit oli ensimmäinen suunnitteluohje, joka määrittä rakennusten akustiset vaatimukset teknisinä mittalukuina. Ennen tätä suunnitteluun liittyvät vaatimukset oli esitetty sanallisesti, jolloin niiden tulkitseminen oli yksilökohtaista aiheuttaen poikkeavuutta vaatimusten toteuttamisessa sekä näin ollen puutteellisuutta säädösten velvoittavuuteen. (Kylliäinen 2009)

Ääneneristysnormeissa rakenteiden ilma- sekä askeläänitasojen määräykset oli esitetty ilmaääneneristysindeksin I_a sekä askeläänentasoindeksin I_i avulla. Täyttääkseen vaatimukset, rakenteen ilmaääneneristysindeksin oli oltava vähintään sille asetetun arvon verran ja askeläänentasoindeksi sai olla enintään sille asetetun arvon verran. (RIL 55-1967)

Koulurakennuksille normeissa oli esitetty vaatimukset rakenteiden ja ovien ääneneristykselle, luokkahuoneiden korkeimmalle sallitulle äänentasolle sekä porrashuoneiden ja käytävien jälkikaiunta-ajalle (RIL 55-1967). Nämä vaatimukset ovat esitetty alla olevissa taulukoissa 3, 4 ja 5.

Taulukko 3: Koulurakennusten ääneneristysvaatimukset Ääneneristysnormeissa 1967. (RIL 55-1967)

Tilat	Ilmaääneneristysindeksi I_a [dB]		Askeläänentasoindeksi I_i [dB]
	vaakasuunnassa	pystysuunnassa ¹⁾	
Luokkahuoneiden ja sellaisten tilojen välillä, joissa ihmisiä jatkuvasti oleskelee, portaita ja käytäviä lukuun ottamatta	48	51	75
Luokkahuoneiden ja porrashuoneiden tai käytävien välillä	44 ²⁾	51	75

¹⁾ Luku koski myös diagonaalisuuntaista mittausta

²⁾ Luku tarkoitti itse seinärakenteen ääneneristystä ja edellytti, että ääni ei siirry ovien kautta

Yllä olevassa taulukossa esitetyt vaatimukset koskivat tilojen välisiä ääneneristävyyksiä (RIL 55-1967). Niille tapauksille, joissa tiloja erottavassa rakenteessa oli ovi, esitetään keskimääräiset ääneneristävyyden vaatimukset taulukossa 4.

Taulukko 4: Tilojen väliset ääneneristävyydsvaatimukset koulurakennuksissa, kun erottavassa rakenteessa on ovi. (RIL 55-1967)

Tilat	Keskimääräinen ääneneristävyys [dB]
Luokkahuoneiden ja porrashuoneiden tai käytävien välillä	25
Luokkahuoneiden ja ryhmätyöskentelyhuoneiden välillä	30

Luokkahuoneiden äänitason vaatimukset koskivat rakennuksen LVI-laitteiden sekä esimerkiksi hissien aiheuttamaa suurinta A-painotettua äänitasoa vastaanottotilassa. Annetut määräykset koskivat jatkuvaa tai jatkuvasti toistuvaa ääntä eikä esimerkiksi rakennuksen ulkopuolelta kantautuvaa liikennemelua tai yksittäisiä sekä erittäin lyhytaikaisia ääniä ulotettu näiden määräysten piiriin. (RIL 55-1967) Äänitason vaatimukset luokkahuoneelle on esitetty alla olevassa taulukossa 5.

Taulukko 5: Korkeimmat sallitut äänitasot luokkahuoneissa. (RIL 55-1967)

Huonelaji	Korkein sallittu äänitaso [dB]	
	Jatkuva ääni päivällä	Veden otosta tai pois-laskusta johtuva ääni
Luokkahuone	40 ¹⁾	40

¹⁾ Alaltaan yli 75 m² auditorioille vaatimus on 5 dB suurempi

Vaatimukset koskivat kalustettuja huoneita ovien sekä ikkunoiden ollessa kiinni. Lisäksi Ääneneristysnormit määrittivät, että äänitason vaatimukset tulivat täyttyä keskellä huonetilaa. (RIL 55-1967). Akustisessa aikakauslehdessä 40 dB korkeimman sallitun äänitason määräyksestä todettiin, että se saattoi olla kouluhuoneelle liian korkea. Artikkelin ei kuitenkaan ottanut kantaa, mikä sallittu äänitaso olisi soveltunut luokkahuoneelle paremmin, vaan siinä esitettiin ainoastaan vastaehdotukseksi korkeimmaksi sallituksi äänitasoksi 35 dB kookkaille auditorioille. (Halme & Parjo 1966)

Normeissa esitetyt vaatimukset porrashuoneiden sekä käytävien jälkikaiunta-ajalle koskivat taajuutta 500 Hz sekä sitä suurempia taajuuksia. Vaatimusten mukaan millään taajuuskaistalla ei saanut ylittää jälkikaiunnon arvoa $T = 2,0$ s. (RIL 55-1967) Muiden tilojen jälkikaiunta-aikaan Ääneneristysnormit eivät ottaneet kantaa.

Vaatimusten lisäksi Ääneneristysnormeissa (1967) esitettiin joitain välipohja- sekä seinärakenteita ja niiden välisiä liitoksia, joilla annetut vaatimukset eri rakennustyypeissä täyttyvät. Ääneneristysnormien viimeisessä luvussa esitettiin ohjeita rakennusten suunnitteluun siten, ettei niiden ääniolosuhteet olisi heikkoja. Suunnitteluohjeet eivät ottaneet kantaa koulurakennuksia koskeviin toimiviin ratkaisuihin, jonka vuoksi ohjeita ei esitetä tässä tutkimuksessa yksityiskohtaisesti.

4.2.3 Ääneneristysnormit (1971)

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto julkaisi vuonna 1971 uuden painoksen Ääneneristysnormeista. Julkaisussa esitetyt vaatimukset sekä suunnitteluohjeet koulurakennuk-

sille olivat samanlaiset kuin aiemmassa vuoden 1967 painoksessa. Myös muiden rakennustyyppien suhteen määräyksiä ei muutettu ja julkaisun esipuheessa todettiin ”Tässä painoksessa on teknillisiä ohjeita täydennetty lukuisilla uusilla esimerkkirakenteilla. Määräysosa on säilytetty ennallaan eräitä vähäisiä täsmennyksiä lukuun ottamatta”. (RIL 55b-1971)

Ääneneristysnormien mukaiset määräykset on esitetty edellisessä luvussa 4.2.2. Koska esimerkkirakenteita sekä suunnitteluohjeita ei esitetä ja vähäiset täsmennykset eivät muuttaneet edellä esitettyä Ääneneristysnormien 1967 määräysosaa, ei määräyksiä esitetä uudestaan tässä luvussa.

4.2.4 Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C1 (1975)

Vuonna 1975 Suomen sisäasiainministeriö hyväksyi Suomen rakentamismääräyskokoelman (myöhemmin RakMK), jossa esitettiin myös ääneneristykseen liittyviä vaatimuksia sen osassa C1. RakMK astui voimaan heinäkuussa 1976 ja siinä olleet määräykset koskivat rakennuksia, joihin oli haettu lupaa voimaantulopäivänä tai sen jälkeen. (Sisäasiainministeriö 1975) Osassa C1 esitetyt ääneneristysvaatimukset olivat Suomessa ensimmäisiä säädöstasoisia määräyksiä (Lietzén & Kylliäinen 2014).

Rakentamismääräyskokoelmassa vaatimukset ja määräykset oli esitetty ilmaääneneristys- ja askeläänitasoindexin avulla samoin periaattein kuin Ääneneristysnormeissa (Sisäasiainministeriö 1975). Toisin kuin Ääneneristysnormeissa (RIL 55-1967; RIL 55b-1971), Suomen rakentamismääräyskokoelmassa ei esitetty sen julkaisuvuonna määräyksiä koulurakennuksille. RakMK:n osa C1 sisälsi määräykset asuinrakennuksille, majoitusliikkeille ja asuntorakennuksille, sairaaloille, toimistorakennuksille sekä teollisuuden työhuoneille. (Sisäasiainministeriö 1975) Koska mikään näistä rakennuksista ei käyttötavaltaan vastaa opetustilaa, ei näitä määräyksiä voitu suoraan soveltaa koulurakennusten suunnitteluun.

Vuonna 1978 sisäasiainministeriö hyväksyi Rakentamismääräyskokoelmiin ohjeosan C5, joka sisälsi ohjeita rakennusten suunnitteluun siten, että osan C1 määräysten mukaiset ääniolosuhteet voitiin saavuttaa. (Sisäasiainministeriö 1978) Koska osassa C1 ei esitetty määräyksiä koulurakennuksille, ei myöskään ohjeosassa C5 otettu kantaa niiden suunnitteluun.

4.2.5 Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C1 (1985)

Vuonna 1984 Suomen rakentamismääräyskokoelman osat C1 ja C5 uudistettiin samanaikaisesti (Lietzén & Kylliäinen 2014). Verrattuna vuonna 1976 julkaistuun osaan C1, uudistuksen myötä rakentamismääräyskokoelmaan lisättiin myös määräykset koulurakennuksille. Suunnitteluohjeita sisältävään osaan C5 uudistuksessa päivitettiin muun muassa määräykset täyttäviä esimerkkirakenteita sekä mittausmenetelmiä (Lietzén & Kylliäinen 2014). Päivitetyt versiot astuivat voimaan vuonna 1985.

Sen lisäksi, että rakentamismääräyskokoelmaan lisättiin määräykset koulurakennuksista, toinen merkittävä uudistus koski mittalukujen esitystapaa. Ääneneristysnormien ilmaääneneristys- ja askeläänitasoindeksien sijaan vuonna 1984 uudistetussa osassa C1 määräykset esitettiin ilmaääneneristysluvun R'_w ja askeläänitasoluvun $L'_{n,w}$ avulla (Ympäristöministeriö 1984a). Tämän vuoksi mittaluvut eivät ole suoraan verrattavissa Ääneneristysnormien määräysten teknisiin mittalukuihin (Lietzén & Kylliäinen 2014).

Esitetään vuoden 1985 määräykset koulurakennusten osalta alla olevissa taulukoissa 6, 7 ja 8. Määräysten mittalukuja tulkitaan siten, että ilmaääneneristyksen vaatimukset täyttyvät, kun mitatut lukuarvot ovat yhtä suuria tai suurempia kuin annetut määräykset ja askelääneneristyksen vaatimukset täyttyvät, kun mitatut lukuarvot ovat pienempiä tai korkeintaan yhtä suuria kuin annetut määräykset.

Taulukko 6: Pienimmät sallitut ilmaääneneristysluvun arvot koulurakennuksissa. (Ympäristöministeriö 1984a)

Suunta	Ilmaääneneristysluku R'_w [dB]	
	Vaakasunnassa	Pystysunnassa
Luokkahuoneiden välillä	44	53
Luokkahuoneen ja käytävän välillä ¹⁾	44	53
Luokkahuoneen ja käytävän välillä ²⁾	34	-
Luokkahuoneen ja erityisluokkahuoneen välillä	57	57
Erytisluokkahuoneiden välillä	57	57

¹⁾ Kun erottava rakenne on umpinainen.

²⁾ Kun erottavassa rakenteessa on ovi.

Jos erottavassa rakenteessa oli ovi, täytyi sen tai mahdollisen oviyhdistelmän määräysten mukaan kuulua vähintään luokkaan 25 dB (Ympäristöministeriö 1984a). Ovi-luokka määritellään laboratorioissa mitatun oven ääneneristävyyden mukaan. Tutkimusten mukaan asennusvaiheessa oven ääneneristävyys heikentyy 2...10 dB asennusvirheiden sekä ennakoimattomien äänivuotojen vuoksi, jonka vuoksi laboratorioissa oven ääneneristävyyden pitää olla riittävästi haluttua parempi. (SFS 5907) Vuoden 1985 RakMK:n osan C5 mukaan luokkaan 25 dB kuuluvan oven laboratorioissa mitattu keskimääräinen ääneneristävyys tuli olla 28 dB (Ympäristöministeriö 1984b). Vuonna 2014 julkaistun standardin SFS 5907 mukaan luokan 25 dB oven laboratorioissa mitattu ilma-ääneneristysluku R_w pitäisi olla 30 dB (SFS 5907).

RakMK:n osassa C1 erityisluokkahuoneella tarkoitettiin muun muassa liikuntatiloja, musiikkiluokkia sekä työpajoja. (Ympäristöministeriö 1984a) Määräyksen ”työpaja”-ilmaisuksi tulkitaan esimerkiksi teknisen työn tilat. Esitetään seuraavaksi taulukossa 7 RakMK:n osan C1 määräykset askelääneneristävyydelle koulurakennuksessa.

Taulukko 7: Suurimmat sallitut askeläänitasoluvun arvot koulurakennuksissa. (Ympäristöministeriö 1984a)

Suunta	Askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ [dB]
Luokkahuoneesta toiseen luokkahuoneeseen	63
Käytävästä luokkahuoneeseen	63
Erytisluokkahuoneesta luokkahuoneeseen tai toiseen erityisluokkahuoneeseen	49

Koska ääneneristykseen liittyvät tekniset mittaluvut Ääneneristysnormeissa sekä rakennusmääräyskokoelman osassa C1 on määritetty laskennallisesti eri tavalla, ei niiden esittämiä lukuja voida verrata suoraan toisiinsa. Erona Ääneneristysnormeihin, RakMK määritteli kuitenkin enemmän sekä tarkemmin tapauksia, joille ääneneristysvaatimuksia tuli tarkastella ja se erotti toisistaan tavalliseen opetukseen käytettävät luokkahuoneet taito- ja taideaineiden tiloista.

Esitellään seuraavaksi koulurakennusten jälkikaiunta-aikaan ja taustäänitasoon liittyneet määräykset taulukossa 8. Kuten ääneneristysvaatimusten tapauksessa, myös LVIS-laitteista aiheutuvan enimmäisäänitason määräyksissä oli rakentamismääräyskoelmassa määritelty tarkemmin vaatimuksia eri koulurakennusten tiloille.

Taulukko 8: Korkeimmat sallitut äänitasot LVIS-laitteista koulurakennuksissa. (Ympäristöministeriö 1984a)

Tila	Korkein sallittu äänitaso [dB]
Luokkahuone	35
Liikuntatila, juhlasali ja ruokala	35
Portaat ja käytävät	40
Työpaja	40

Rakennuksen LVIS-laitteita ovat esimerkiksi hissit, viemärlaitteet sekä ilmanvaihtolaitteet. Verrattuna Ääneneristysnormeihin luokkahuoneiden vaatimustaso tiukentui 5 dB ja aiemmin sallittu 40 dB on hyväksyttävä arvo portaikoissa, käytävillä sekä työpajoissa.

Jälkikaiunta-ajan arvoille Suomen Rakentamismääräyskokoelmassa esitettiin vaatimuksia porrashuoneille, käytävillä, ruokalalle, luokkahuoneelle, näkö- ja kuulovammaisille tarkoitetuille oppilaille sekä voimistelu- ja uimahalleille. Määräysten mukaan

- porrashuoneissa, käytävillä sekä ruokalassa jälkikaiunta-aika sai olla enintään 1,0 s taajuuskaistalla 500 Hz sekä sitä suuremmilla taajuuksilla,
- luokkahuoneessa jälkikaiunta-ajan tuli olla 0,6...0,9 s taajuusalueella 250...2000 Hz,
- näkö- ja kuulovammaisille tarkoitetuissa luokkahuoneissa jälkikaiunta-aika sai olla korkeintaan 0,6 s taajuusalueella 250...2000 Hz,
- voimistelu- ja uimahalleissa jälkikaiunta-aika sai olla korkeintaan 1,5 s taajuusalueella 500...2000 Hz. (Ympäristöministeriö 1984a)

Verrattuna Ääneneristysnormeihin, jälkikaiunta-ajan vaatimukset tiukentuivat eikä Ääneneristysnormien sallimaa 2,0 s jälkikaiunta-aikaa esiinny yhdenkään tilan vaatimuksissa.

4.2.6 Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C1 (1998)

Suomen Rakentamismääräyskokoelman osaa C1 uudistettiin vuonna 1998. Tällöin ohjeosa C5 kumottiin ja se liitettiin samaan dokumenttiin osan C1 kanssa. Myöhemmin julkaistut ympäristöministeriön Ympäristöopas 99 sekä standardi SFS 5907 Rakennusten akustinen luokitus täydensivät Rakentamismääräyskokoelman akustiikkamääräyksiä. (Lietzén & Kylliäinen 2014)

Vuoden 1998 RakMK:n osan C1 mukaan oppilaitosten akustiikka tuli suunnitella siten, että ”toimintaa vastaavat riittävän hyvät ääniolosuhteet on mahdollista saavuttaa”.

Varsinaisia teknisiä mittalukuja määräyksissä oli vähemmän kuin aiemmissa Rakentamismääräyskokoelmien vaatimuksissa. Määräykset esitettiin samaan tapaan kuin RakMK:n vuoden 1985 osassa C1, ilmaääneneristysluvun R'_w ja askeläänitasoluvun $L'_{n,w}$ avulla. (Ympäristöministeriö 1998)

Ilmaääneneristävyyden suhteen määräyksissä esitettiin pienimmäksi hyväksyttäväksi ilmaääneneristysluvuksi luokkahuoneiden tai niihin rinnastettavien tilojen sekä luokkahuoneen ja käytävän välillä 44 dB. Määräys koski rakenteita, joihin ei ole asennettu ovea. Määräysten mukaan luokkahuoneissa tuli käyttää vähintään luokan 25 dB ovea. Oviluokka määräytyi samalla tavoin kuin vuoden 1985 RakMK:n osassa C5 (Ympäristöministeriö 1984b). Vuonna 1998 voimaan tulleen RakMK:n osan C1 ääneneristysvaatimukset eivät ottaneet kantaa koulutilojen askelääneneristykseen teknisin mittaluvuin, jolloin toimintaa vastaavien riittävän hyvien askeläänitasojen tulkinta jäi suunnittelijan vastuulle. (Ympäristöministeriö 1998)

Jälkikaiunta-ajalle vuoden 1998 määräyksissä esitettiin useampia arvoja ja niiden tarkoituksena oli mahdollistaa erityisesti luokkahuoneissa riittävä puheen selkeys sekä ymmärrettävyys (Ympäristöministeriö 1998). Esitetään tilojen jälkikaiunta-ajan hyväksyttävät arvot alla olevassa taulukossa 9.

Taulukko 9: Jälkikaiunta-aikojen määräykset koulurakennuksissa. (Ympäristöministeriö 1998)

Tila	T [s]
Porrashuoneet ja käytävät	1,3
Ruokala	1,0...1,3
Luokkahuoneet ja vastaavat tilat	0,6...0,9
Voimisteluhalli	1,5...2,0

Osassa C1 mainittiin erikseen, että suunniteltaessa luokkatiloja kuulovammaisille, tuli jälkikaiunta-ajan olla alhaisempi kuin tavallisessa luokkahuoneessa (Ympäristöministeriö 1998). RakMK ei ottanut kantaa siihen, mille taajuusalueelle jälkikaiunta-ajan hyväksyttävät arvot olivat, mutta standardi SFS 5907 sisältää suositusarvot oktaavikaistoille 250...4000 Hz (SFS 5907). Tästä oletetaan, että osan C1 ohjearvot koskivat samaa taajuusaluetta.

Korkeimmalle LVIS-laitteiden aiheuttamalle äänitasolle luokkahuoneissa päivityksen myötä esitettiin sekä A-painotettu keskiääni-, että enimmäisäänitaso. Määräyksen ohjearvot eivät koskeneet samassa tilassa tapahtuvaa vedenlaskua. Tilanteessa, jossa

tilan käyttäjän on mahdollista tehostaa huoneen ilmanvaihtoa, voitiin ohjeavot ylittää 10 dB verran tehostuksen aikana. (Ympäristöministeriö 1998) Esitetään LVIS-laitteiden määräykset alla olevassa taulukossa 10.

Taulukko 10: LVIS-laitteiden korkeimmat sallitut äänitasot luokkahuoneissa. (Ympäristöministeriö 1998)

Tila	$L_{A,eq,T}$ [dB]	$L_{A,max}$ [dB]
Luokkahuone	33	38

Rakentamismääräyskokoelman osan C1 määräysten mukaisia esimerkkiratkaisuja sekä ohjeita sisältävä ympäristöministeriön julkaisema Ympäristöopas 99 ilmestyi vuonna 2003. Oppaan sisältämät ohjeet eivät olleet määräysasemassa, mutta niiden oli tarkoitus havainnollistaa hyviä äänitekniisiä ratkaisuja sekä auttaa ymmärtämään ääneneristystä sekä meluntorjuntaa rakennushankkeessa. (Ympäristöministeriö 2003)

Koulutilojen suhteen Ympäristöoppaassa kuvailtiin hyvien ääniolosuhteiden tärkeyttä oppimisen ja opettamisen kannalta sekä todettiin mahdollisen melun lähteitä. Ympäristöoppaan mukaan melua aiheuttavat tilat oli suositeltavaa sijoittaa mahdollisimman kauas hiljaisen työn tiloista sekä rakenteellista ääneneristystä suunniteltaessa piti ottaa huomioon, ettei ympäröivistä tiloista kantautuva melu haitannut hiljaista opetustilannetta tai oppilaiden keskittymistä vastaanottoluokassa. Lisäksi LVIS-laitteiden suunnittelussa oli erityisesti kiinnitettävä huomiota ilmanvaihtojärjestelmän venttiilien sekä kanavien valintaan ja vaimentamiseen, erilaisten läpivientien tiivistykseen sekä lämpöpattereiden aiheuttamaan mahdolliseen äänen sivutiesiirtymään eri tilojen välillä. Jälkikäytäntö-ajan suhteen opas neuvoi, että absorptiomateriaalia tulee sijoittaa sinne, mistä äänen heijastumista ei haluta tai missä se on suurinta, minkä lisäksi erityisesti opetustiloissa absorptiomateriaalia voitiin sijoittaa myös tilan takaseinälle estämään äänen heijastumista takaisin puhujalle. (Ympäristöministeriö 2003)

4.3 Suositukset ja ohjeet

4.3.1 Koulujen rakennus- ja huoneakustiikka (1972)

Vuonna 1971 Suomen Itsenäisyyden Juhlavuoden 1967 Rahasto SITRA myönsi rahoituksen tutkimukseen, jonka tarkoituksena oli selvittää ohjelmointi- ja suunnitteluperusteiden kehittämistä koulurakennuksiin liittyen. Osana tätä tutkimusta Alpo Halme suoritti tutkimuksen koulujen rakennus- ja huoneakustiikasta. Tämä Halmeen selvitys julkaistiin

lopulta VTT:n rakennus- ja yhdyskuntatalouden laboratorion tiedonantona ja sen sisältämät suunnitteluohjeet esitellään tässä luvussa. (VTT 1974)

Yksi keino hyvän akustiikan toteuttamiseksi oli oppaan mukaan rakennusten sijoittelu tontille sekä tilojen sijoittelu rakennuksen sisällä siten, etteivät ne häiriintyneet esimerkiksi liikennemelusta tai toisesta tilasta kantautuvasta melusta. Tämän lisäksi julkisivut, tilojen väliset rakenteet, tilojen pintaverhoukset sekä rakennuksen LVIS-laitteet tuli suunnitella ja toteuttaa siten, että Ääneneristysnormeissa esitetyt akustiikan perusvaatimukset tulivat täytetyksi. Jotta näihin tavoitteisiin voitiin päästä, suositteli selvitys aloittamaan suunnittelun tilojen käyttötarkoitusten kartoittamisesta. Suunnittelussa huomioon otettaviksi näkökulmiksi tuli ottaa ulkopuolisen melun torjunta, rakennuksen sisäpuolinen ääneneristys sekä huonetilojen akustinen suunnittelu. (VTT 1974)

Julkisivujen ja julkisivujen rakenneosien suunnittelu oli tärkeässä osassa rakennuksen ulkopuolisen melun torjunnassa. Yleisenä sääntönä ulkovaipan ja rakenneosien yhteisääneneristävyydelle opas totesi, että seinärakenteen ääneneristävyyden tuli olla n. 15 dB parempi kuin ikkunan, jotta riittävä vähimmäiskokonaiseristävyys rakenteelle voitiin saavuttaa. Seinärakenteen ääneneristävyyteen vaikuttaa käytetyn rakennusmateriaalin massa ja mahdollisten rakennekerrosten väliset etäisyydet. Ikkunoiden ääneneristävyyteen vaikuttaa merkittävästi ikkunoiden tiiveys, jonka lisäksi ääneneristävyyttä parantaa useamman ikkunalasin käyttäminen sekä näiden välisen ilmapälin kasvattaminen. Julkisivun ääneneristävyyden lisäksi kaavoitusvaiheessa liikenneväylien sijoittelulla suhteessa rakennuksiin sekä melusta häiriintyvien tilojen sijoittamisella mahdollisimman suojaan äänilähteistä, kuten liikennöityjä teitä sivuavista julkisivuista tai lastauspaikoista, voitiin oppaan mukaan vaikuttaa sisälle kantautuvan ulkopuolisen melun määrään. (VTT 1974)

Ääneneristyksen suhteen Halmeen selvitys suositteli kiinnittämään huomiota sekä ilma-, että runkoääneneristävyyteen. Näistä kahdesta ilmiöstä opas painotti varsinkin ilmaääneneristyksen tärkeyttä eri tilojen välillä. (VTT 1974)

Selvityksessä koulurakennuksen eri tilat luokiteltiin sen mukaan, kuinka paljon ne häiriintyvät ulkopuolisesta melusta sekä kuinka paljon ne tuottavat melua muihin tiloihin. Näitä tiloja sopivasti ryhmittelemällä siten, että esimerkiksi melua tuottavia tiloja ei sijoiteta hiljaisuutta vaativien tilojen viereen, voitiin vähentää rakennuksessa syntyvää meluhaittaa toiminnoista. Koska aina tällainen tilojen ryhmittely ei ole mahdollista, oli oppaan mukaan erottavien rakenteiden ilmaääneneristävyyden suunnittelu siten, että ääneneristysvaatimukset täyttyvät, tärkeää. Erottavan rakenteen massalla, mahdollisen ilmapälin

paksuudella sekä ilmapälissä olevalla eristyksellä on vaikutusta väliseinärakenteen ääneneristävyyteen. Lisäksi rakenteiden sivutiesiirtymät, seinärakenteen sekä mahdollisten rakenneosien yhteisääneneristävyys sekä seinärakenteiden tiiveys tuli Halmeen selvityksen mukaan suunnittelussa ottaa huomioon. Suunnitteluohjeiden lisäksi opas totesi, että pystysuunnassa ilmaääneneristävyyttä tarkasteltaessa ääneneristävyyden tavoitearvon oli hyvä olla muun muassa luokkatiloissa 3 dB vaatimustasoa suurempi. (VTT 1974)

Opas esitti ohjeita myös runko- ja askelääneneristävyyden suunnitteluun. Runkoäänistä syntyvää meluhaittaa rakennuksissa voitiin ehkäistä muun muassa asentamalla rakennuksessa sijaitsevat koneet värinäeristimien päälle sekä välttää esimerkiksi vesijohtojen kiinnittämistä hiljaisuutta vaativia tiloja rajaaviin seiniin. Runkoääntä aiheuttavat tilat, kuten voimistelusalit, oli suositeltavaa sijoittaa hiljaisuutta vaativien tilojen kanssa liikuntasauaman eri puolille, jos se vain oli mahdollista. Askelääneneristävyyden tavoitearvoihin luokkatilojen välillä voitiin oppaan mukaan päästä käyttämällä 200 mm betonilaattaa välipohjassa. Jos rakennuksessa jouduttiin käyttämään ohuempaa välipohjalaattaa, tuli luokkahuoneissa suosia pehmeitä lattianpäällysmateriaaleja tai kelluvaa lattiarakennetta. Suunnitteluohjeiden lisäksi opas esitti suositusarvon 45 dB askeläänitasoindexille tilanteessa, jossa voimistelusali oli sijoitettu opetustilan yläpuolelle. (VTT 1974)

Huoneakustiikan osalta Halmeen selvityksessä käytiin läpi yksityiskohtaisesti kaikki koulurakennuksesta mahdollisesti löytyvät tilat sekä niihin sovellettavia hyviä suunnittelukäytänteitä (VTT 1974). Esitellään nämä käytänteet niiden tilojen osalta, joita tässä diplomityössä tutkitaan.

Luokkatiloille voitiin katsoa sovellettavan perusopetustilan (25–35 oppilasta) suunnitteluohjeita. Selvitys totesi, että riittävä jälkikaiunta-aika saavutettiin sijoittamalla tilaan absorptiomateriaalia puolet tilan pinta-alasta. Absorptiomateriaalia ei saanut sijoittaa katon keskiosiin hyödyllisten heijastumisten saavuttamiseksi, joten hyviksi sijoituspaikoiksi selvitys totesi katon reunaosat, seinien yläosat sekä tilan takaseinän. (VTT 1974)

Pelkkään liikuntakäyttöön tarkoitettussa liikuntasalissa huoneakustisiin tavoitteisiin oppaan mukaan päästiin sijoittamalla salin kattoon absorptiomateriaalia koko sen alalle. Katon sijaan sama määrä absorptiomateriaalia voitiin sijoittaa myös seinille. Jos sali oli kuitenkin tarkoitettu sekä liikunta-, että juhlaikäyttöön, tuli oppaan mukaan saliin sijoittaa absorptiomateriaalia vähemmän. Tämä ottaisi huomioon sen, että juhlatilanteessa salin täyttyessä ihmisillä, yleisö vaimentaa myös ääntä. Tällaisessa tapauksessa absorptiomateriaalia oli suositeltavaa sijoittaa tilaan puolet huoneen alasta siten, että

tyhjän salin jälkikaiunta-aika oli 2,0 s. Tämän lisäksi absorptiomateriaalin sijoittelussa oli otettava huomioon luokkahuoneiden kohdalla esitetyt ohjeet materiaalin sijoittelusta. Juhlatilanteessa tilaan sijoitettavien penkkien oli suositeltavaa olla pehmustetut, jolloin yleisön määrän vaihtelu ei vaikuttaisi tilan jälkikaiunta-aikaan. Koska liikuntasalien merkittävä melunlähde on askelten tuottamat runkoäänet, oli koko liikuntasali tai mahdollinen maanvarainen laatta hyvä erottaa muusta rakennuksesta liikuntasaumalla tai rakentamalla saliin kelluva lattia. (VTT 1974)

Käytävien sekä porrashuoneiden kohdalla selvityksessä todettiin, että tehokas äänenvaimennus oli tärkeä osa niiden suunnittelua. Keinoksi tähän selvitys suositteli tehokasta katon verhoamista absorptiomateriaalilla sekä mahdollisen tekstiilimaton käyttämistä askelten äänien poistamiseksi käytävillä. Myös ruokasaleihin ja muihin oleskelutiloihin selvityksessä suositeltiin katon absorptioverhousta hyvien ääniolosuhteiden saavuttamiseksi. (VTT 1974)

4.3.2 Koulujen akustinen suunnitteluopas (1994)

Vuonna 1994 Opetushallitus julkaisi oppaan ”Koulujen akustinen suunnitteluopas”. Se sisälsi perusteita rakennus- ja huoneakustiikan tekijöistä sekä koulurakennusten akustisen suunnittelun tavoitteita ja perusteita yhdessä esimerkkirakenteiden kanssa. (VTT & Suomen Akustiikkakeskus Oy 1994) Käsitellään tässä luvussa oppaan esittämät suunnittelukäytännöt niiden koulurakennusten tilojen osalta, jotka ovat tämän diplomityön tutkimusten kohteina.

Yleisesti tilojen akustiikasta opas totesi, että tilojen akustisilla ominaisuuksilla on vaikutusta yksilön käyttäytymiseen sekä siten mahdollisesti myös terveyteen. Esimerkiksi huonosti toteutettu koulutilojen akustiikka saattaa johtaa siihen, että opettaja joutuu opetustilanteissa korottamaan ääntään. (VTT & Suomen Akustiikkakeskus Oy 1994) Jatkuvasti korotetulla äänellä puhuminen alkaa rasittaa äänielimistöä ja pitkään jatkunut rasitus saattaa aiheuttaa pitkäaikaisia vaurioita äänentuottoon (Sala et al. 2003). Myös esimerkiksi kaikuisassa käytävässä ihminen saattaa tiedostamattaan tuottaa häiritsevän kovaa melua siinä, missä riittävästi vaimennettu käytävä houkuttelee laskemaan omaa äänitasoaan. Kaiken kaikkiaan tärkeimmiksi koulutilojen akustiikkasuunnittelussa huomioon otettaviksi asioiksi opas totesi puheen selkeyden tiloissa sekä tilojen ääneneristävyyden. (VTT & Suomen Akustiikkakeskus Oy 1994)

Kun tarkastellaan ulkoa kantautuvaa melua, olisi alle 55 dB hyvä tavoitetaso pihalueen melulle. Tämän lisäksi tilojen käyttötarkoitusta kouluissa olisi hyvä pohtia ulkoa

kantautuvan melun kannalta. Esimerkiksi normaalissa käytössä liikuntasalit eivät ole liikennemelulle herkkiä, mutta mahdollinen tutkintokäyttö saattaa asettaa ne kuitenkin melulle herkäksi. Ulkoa kantautuvan melun lisäksi suunnittelussa on otettava huomioon myös tilojen taustamelutaso. Opas totesi, että huolimatta suunnittelun määräystasoisesta ohjaamisesta, taustamelutasot kouluissa saattoivat yleisesti olla korkeita. Taustamelun luonne sekä tiloissa tehtävän työn laatu ja oppilaiden ikä vaikuttavat kuitenkin taustamelun häiritsevyyteen. Tasainen melu on siedettävämpää kuin vaihteleva ja impulssimainen melu, jonka lisäksi äänen korkeat taajuudet koetaan häiritsevämpänä kuin matalat taajuudet. Tutkimusten mukaan oppilaat tarvitsevat 12-vuotiaiksi asti enemmän hiljaisuutta ymmärtääkseen puhetta kuin myöhempinä ikävuosina ja esimerkiksi mekaaninen työ sietää enemmän melua kuin luova kirjoitustyö. (VTT & Suomen Akustiikkakeskus Oy 1994)

Opas painotti myös rakennusmateriaalien valinnan tärkeyttä. Ääneneristävyys on keskeisessä osassa rakennusprojektien akustiikkasuunnittelussa, sillä viereisistä ja ympäröivistä tiloista sekä ulkoa kantautuva melu ei saisi häiritä opetustilanteita sekä oppimista. Kivirakenteiset seinärakenteet ovat tähän tarkoitukseen sopiva ratkaisu, mutta huoneakustiikan kannalta heijastavat kivirakenteet eivät ole optimaalisia. Sen sijaan esimerkiksi kipsilevy- ja puurakenteiden sekä ääntä vaimentavien materiaalien suosiminen sisätiloissa olisi suotavaa. Luokkatilojen laite- ja kalustehankintoja suunniteltaessa olisi hyvä ottaa huomioon niiden käytön aiheuttama äänitaso tiloissa ja sen vaikutus tilojen taustääänitasoon. (VTT & Suomen Akustiikkakeskus Oy 1994)

Opetustiloissa puhujan eli opettajan ympärille olisi hyvä sijoittaa heijastavia pintoja niin seinille kuin kattoon. Myös luokkahuoneiden kattojen keskialueet tulisi jättää heijastaviksi ja tilojen absorptiomateriaali tulisi sijoittaa huoneen sivuille, takaosaan sekä katon reuna-alueille. (VTT & Suomen Akustiikkakeskus Oy 1994) Oikein sijoitettujen heijastuspintojen merkitys puhetilassa on tärkeä, sillä niiden avulla huolehditaan puhetta vahvistavan hyötyäänänen esiintymisestä. Hyötyääneksi kutsutaan suoraan puhujalta kuulijalle päätyvän sekä korkeintaan 50 ms aikana kuulijalle heijastuvan äänienergian summaa. Korkeintaan 50 ms aikana havaitut heijastukset yhtyvät kuulijan havaitsemaan suoraan ääneen, mikä vahvistaa opettajan puhetta.

Luokkahuoneiden jälkikaiunta-ajalle opas suositteli vuoden 1998 Rakentamismääräyskokoelmien osan C1 mukaisia arvoja. Tämän lisäksi opas totesi, että hyväksyttävä poikkeama jälkikaiunta-ajan arvoista oli suuruusluokaltaan 0,2 s. Ryhmätyötiloille oppaan mukaan oli suositeltavaa vaatimusta lyhyempi, esimerkiksi 0,5 s, jälkikaiunta-aika. Riittävän absorptiomateriaalin määrän suuruusluokan arviointiin suunnittelutyön

alussa opas neuvoi alla olevan taulukon 11 mukaiset arvot. (VTT & Suomen Akustiikkakeskus Oy 1994)

Taulukko 11: Käyttötarkoituksen mukainen absorptiomateriaalin alan suuruusluokka opetustiloissa. (Opetushallitus 1994)

Tilan käyttötarkoitus	Tilan jälkikaiunta-aika T [s]	Tarvittavan mineraalivillan määrä A [m ²]
Pienryhmän opetustila	0,5	10
Ryhmän opetustila	0,6	20–30
Perusryhmän opetustila	0,7	30–40

Tavalliselle opetustilalle esitettiin myös puheensiirtoindeksin (RASTI) suositusarvoksi 0,75. Tämä arvo kuvaa puheen erottavuutta tilassa. (VTT & Suomen Akustiikkakeskus Oy 1994) Puheensiirtoindeksin STI laskenta suoritetaan taajuuskaistoilla 125–8000 Hz, kun taas RASTI taajuuskaistoilla 500 ja 2000 Hz. Koska RASTI- ja STI-arvoissa saattaa olla eroavaisuuksia riippuen tilan kaiuntaisuudesta, ei näitä voida suoraan verrata toisiinsa. (Larm & Hongisto 2003)

Koska liikuntasaleissa tapahtuva toiminta aiheuttaa melua, mutta toisaalta liikuntasaleissa tapahtuvan opetuksen aikana puheen kuuluisi olla selkeää ja erotettavissa, opas neuvoi suunnittelemaan liikuntasaleihin tarpeeksi vaimennusta melun vähentämiseksi ja sijoittamaan vaimennusmateriaalin siten, että se ei estä puheen selkeyttä lisääviä nopeita heijastusreittejä. Jos liikuntasaleissa on tarve pitää musiikki-, puhe- tai teatteriesityksiä, on huolehdittava, että esiintyjien alueella on ääntä heijastavia pintoja. Käytettäessä hyvää absorptiomateriaalia, voidaan liikuntasaleihin sijoitettavan vaimennuksen määrää arvioida alla olevan taulukon 12 esittämien arvojen mukaisesti. Jos salin seinät ovat levyrakenteisia tai salissa mahdollisesti sijaitsevalla näyttämöllä on runsaasti verhoja, lisättyä vaimennuspintaa tarvitaan taulukon arvoja vähemmän. (VTT & Suomen Akustiikkakeskus Oy 1994)

Taulukko 12: Liikuntasaleihin sijoitettavan absorptiomateriaalin määrä. (Opetushallitus 1994)

	Salin pinta-ala [m ²]	Salin korkeus [m]	Vaimennusmateriaalin suhteellinen osuus katon pinta-alasta [%]	Vaimennusmateriaalin pinta-ala seinäpinoilla [m ²]
Pienet salit	100–300	5,5	40–50	30–50
Liikuntasalit	450	7	60–80	20–30
Liikuntahallit	800	9	> 90	30–50

Kun liikuntasali on pelkässä liikuntakäytössä, on meluntorjunta tärkein suunnittelun lähtökohta ja tilan jälkikaiunta-ajalle sopivaksi arvoksi oppaassa esitettiin alle 1,5 s oktaavikaistoilla 500...2000 Hz. Jos salien käyttötarkoituksena oli myös musiikki- ja puheesitysten pito, oli hyvä pyrkiä 1,0 s jälkikaiunta-aikaan keskikokoisissa saleissa. Tällaisissa tapauksissa alle 10 m päässä istuvalle kuulijalle sopiva RASTI-vaatimus oli 0,6 ja sähköisesti vahvistetulle puheelle vähintään 0,7. (VTT & Suomen Akustiikkakeskus Oy 1994)

Ääneneristyksen suhteen opas tunnisti selkeimmäksi liikuntasalien suunnittelua ohjaavaksi ilmiöksi runkoäänet. Hyvien akustiikkaolosuhteiden saavuttamiseksi opas suositteli liikuntasaleihin asennettavaksi joustolattiaa, jonka alle olisi hyvä sijoittaa n. 15–25 % lattian alasta mineraalivillaa. Tällä tavoin ehkäistiin lattian mahdollista kuminaa esimerkiksi pallopelien aikana ja tässä tapauksessa lattiarakenne absorboi matalia ääniä. (VTT & Suomen Akustiikkakeskus Oy 1994)

Ruokasalien suunnittelussa opas suositteli keskittymään melun vähentämiseen ja siten viihtyvyyden parantamiseen tilassa. Jotta riittävä huoneabsorptio saavutetaan, suositeltiin ruokasalit mitoittamaan 1,0 s jälkikaiunta-ajan arvolla oktaavikaistalla 500 Hz ja sitä suuremmilla taajuuden arvoilla. Ruokasalien yhteydessä olevissa keittiötiloissa oli huolehdittava meluisien keittiölaitteiden ja -toimintojen, kuten astioiden pesun ja käsitteilyn, sijoittamisesta jakelu- ja tiskinkeruuaukkojen suhteen siten, että melu ei pääse leviämään hallitsemattomasti aukkojen kautta ruokasaliin. (VTT & Suomen Akustiikkakeskus Oy 1994)

Myös käytäviä suunniteltaessa oli suunnittelun lähtökohdaksi oppaan mukaan hyvä ottaa tilojen viihtyisyys ja siten melun vaimentaminen. Käytävillä oppaassa sovellettiin samaa jälkikaiunta-ajan vaatimusta kuin ruokasaleissa. Lisäksi on hyvä ottaa huomioon, että mitä korkeampi käytävä on kyseessä, sitä enemmän absorptiomateriaalia tarvitaan. Jos käytävä on sijoitettu hiljaisuutta vaativien tilojen yläpuolelle, on käytävien

suunnittelussa kiinnitettävä huomiota myös käytävän lattiamateriaalin valintaan. (VTT & Suomen Akustiikkakeskus Oy 1994)

4.3.3 Rakennusten akustinen luokitus SFS 5907 (2004)

Vuonna 2004 julkaistu standardi SFS 5907 Rakennusten akustinen luokitus liittyi täydentämään Suomen rakentamismääräyskokoelman osaa C1 sisältäen enemmän teknisiä mittalukuja ääneneristävyyksille sekä jälkikaiunta-ajoille viranomaismääräysten supistuksessa vuonna 1998 julkaistussa RakMK:n osassa C1. Standardi laadittiin työryhmässä, johon osallistui muun muassa suomalaisia akustiikan alan konsulttitoimistoja sekä tutkimuslaitoksia. (Hirvonen et al. 2005)

SFS 5907 ei kuitenkaan ole määräyksen asemassa, vaan sen sisältämät ohjeet ovat lähinnä suosituksia hyvistä ääniolosuhteista ja se toimii tukena akustiikkaa suunnittelevalle. Standardissa rakennukset on luokiteltu neljään eri luokkaan: A, B, C ja D. Näistä luokan C ajatellaan vastaavan rakentamismääräyskokoelman mukaista vähimmäisvaatimukset täyttävää rakennusta. Luokkien A ja B rakennukset ovat akustiikan suhteen tavanomaista parempia ja luokka D on tarkoitettu vanhoja rakennuksia varten, kun niiden ominaisuuksia halutaan todentaa mittaamalla. (Hirvonen et al. 2005; Lietzen & Kylliäinen 2014; SFS 5907)

Standardi esittää kattavammin suosituksia koulurakennusten akustiikalle kuin vuoden 1998 RakMK:n osa C1, jotta hyvät ääniolosuhteet voitaisiin saavuttaa. Esitetään alla nämä suositukset luokan C koulurakennukselle niiltä osin, jotka ovat lisäyksiä Rakentamismääräyskokoelman antamiin määräyksiin. Rakennusten tuli aina täyttää Rakentamismääräyskokoelman mukaiset määräykset, mutta täyttäessään standardin SFS 5907 mukaiset suositukset, rakennuksessa voidaan saavuttaa sille sopivat ääniolosuhteet. Taulukossa 13 esitetään standardista löytyvät suositukset koulurakennusten ilmaääneneristyslukujen arvoille. (SFS 5907)

Taulukko 13: Pienimmät sallitut ilmaääneneristysluvun arvot. (SFS 5907)

Tila	Ilmaääneneristysluku R'_w [dB]
Luokkahuoneiden tai niihin rinnastettavien tilojen sekä luokkahuoneen ja käytävän välillä, kun välissä on ovi	34
Erityisluokkahuoneiden välillä tai erityisluokkahuoneen ja luokkahuoneen välillä	57
Luokkahuoneiden välillä, kun välissä on ovi	39

Askelääneneristykselle standardissa esitetään alla olevan taulukon 14 mukaiset suositukset (SFS 5907).

Taulukko 14: Suurimmat sallitut askeläänitasoluvun arvot. (SFS 5907)

Tila	Askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ [dB]
Luokkahuoneesta tai niihin rinnastettavista tiloista tai käytävästä luokkahuoneeseen	63
Erytysluokkahuoneesta luokkahuoneeseen tai toiseen erityisluokkahuoneeseen	49

Erytysluokkahuoneella standardissa tarkoitetaan esimerkiksi liikuntasaleja sekä taito- ja taideaineiden opetustiloja (SFS 5907).

Jälkikaiunta-ajoille standardissa on esitetty alla olevan taulukon 15 mukaiset suositukset. Suositukset koskevat taajuuskaistoja 250–4000 Hz, joiden lisäksi taajuuskaistalla 125 Hz suositusarvot voidaan ylittää 50 %. Lisäksi mitattavat tilat tulee olla kiintokalusteina kalustettuja eikä tiloissa saa olla oppilaita tai opetusvälineitä. (SFS 5907)

Taulukko 15: Jälkikaiunta-ajan raja-arvot koulurakennuksissa taajuuskaistoilla 250–4000 Hz. (SFS 5907)

Tila	Jälkikaiunta-ajan raja-arvo T [s]
Luokkahuone	0,6...0,8
Aulat	0,9...1,1
Liikuntatila, korkeus alle 5 m	< 1,5
Liikuntatila, korkeus yli 5 m	< 1,9
Teknisten käsitöiden tila	< 0,9
Käytävätilat, porrashuoneet	< 1,3

Standardin antamissa jälkikaiunta-ajan arvojen suosituksissa on jonkin verran eroa RakMK:n osaan C1 verrattuna. Esimerkiksi liikuntatiloille ei suositella enää standardissa 2,0 s jälkikaiunta-aikaa.

Standardissa LVIS-laitteiden aiheuttamille sallituille äänitasoille on sama suositus kuin RakMK:n osassa C1, mutta luokkahuoneiden lisäksi samat suositusarvot koskevat myös teknisen käsityön tiloja ja auloja (SFS 5907). Esitetään alla olevassa taulukossa 16 LVIS-laitteiden aiheuttaman äänitason suositusarvot porrashuoneissa, käytävissä sekä liikuntatiloissa.

Taulukko 16: LVIS-laitteiden korkeimmat sallitut äänitasot porrashuoneissa, käytävissä sekä liikuntatiloissa. (SFS 5907)

Tila	$L_{A,eq,T}$ [dB]	$L_{A,max}$ [dB]
Porrashuoneet, käytävät ja liikuntatilat	38	43

Ääneneristysten sekä jälkikaiunta-ajan suositusten lisäksi standardissa SFS 5907 on esitetty ensimmäistä kertaa myös puheensirtoindeksin STI vähimmäisarvot (SFS 5907). Esitetään nämä suositukset alla olevassa taulukossa 17.

Taulukko 17: Puheensirtoindeksin STI vähimmäisarvot koulurakennuksissa. (SFS 5907)

Tila	STI
Luokkahuone	$\geq 0,70$
Huonokuuloisille sekä kielihäiriöisille soveltuva opetustila	$\geq 0,75$

4.4 Koulujen akustisen vaatimustason kehitys

4.4.1 Vanhojen mittalukujen tulkinta

Tässä luvussa esitellään taulukoittain vanhat sekä nykyiset vaatimukset ja tavoitearvot rakennus- ja huoneakustiikan suureille koulurakennuksissa. Teknisten mittalukujen määritelmien muuttumisen vuoksi vanhoja määräyksiä ei voida suoraan verrata nykyisiin vaatimuksiin. Jotta näin voitaisiin menetellä, tulisi vanhat mittaluvut muuttaa vastaamaan nykyisiä mittalukuja Ympäristöhallinnon ohjeen ”Asuinkerrostalojen ääneneristävyyden vertailu vanhojen mittaustulosten perusteella” mukaisesti. Tässä työssä mittalukujen muunnosta ei tehdä, mutta tapa siihen on esitetty Ympäristöhallinnon ohjeessa. (Lietzén & Kylliäinen 2014)

Nykyisin voimassa olevat akustiikan tavoitearvot koulurakennuksille voidaan lukea ympäristöministeriön vuonna 2018 julkaisemasta ohjeesta rakennuksen ääniympäristöstä. Ohje korvaa Ympäristöoppaan 99 ja se opastaa rakennusten suunnittelua siten, että ympäristöministeriön asetuksen 796/2017 mukaiset rakennuksen ääniympäristöä koskevat vähimmäisvaatimukset täyttyvät. Ohje ei ole säädöstasoinen, mutta se sisältää tavoitearvot rakennusten akustisille suureille siten, että hankkeessa voidaan noudattaa hyvää rakentamistapaa. (Ympäristöministeriö 2018) Seuraavien lukujen taulukoihin on

täydennetty joidenkin tilojen osalta tavoitearvoja myös oppaasta RIL 243-2-2007, jos arvoja ei ole löytynyt rakennusten Ääniympäristöohjeesta.

4.4.2 Ilmaääneneristysvaatimukset

Alla olevissa taulukoissa 18 ja 19 on esitetty vanhat sekä nykyiset voimassa olevat vaatimukset. Nykyiset vaatimukset on luettu ympäristöministeriön Ääniympäristöohjeesta (2018). Suomen Rakentamismääräyskokoelman osassa C1 ei vuonna 1975 esitetty määräyksiä koulurakennuksille, jonka vuoksi niitä ei esitetä tässä taulukossa (Sisäasiainministeriö 1975).

Taulukko 18: Ilmaääneneristysten vaatimukset vuosina 1967–2004.

Vuosiluku	Määräys	Mittaussuunta	Teknisen mittaluvun suure	Määräyksen lukuarvo [dB]
1967 & 1971	Ääneneristysnormit	luokka-luokka pystysuunnassa	I_a	51
1967 & 1971	Ääneneristysnormit	luokka-luokka vaakasuunnassa	I_a	48 ¹⁾
1967 & 1971	Ääneneristysnormit	luokka-käytävä vaakasuunnassa	I_a	44 ¹⁾
1985	RakMK osa C1	luokka-luokka pystysuunnassa	R'_w	53
1985	RakMK osa C1	erityisluokkahuone-luokkahuone pystysuunnassa	R'_w	57
1985	RakMK osa C1	luokka-luokka vaakasuunnassa	R'_w	44
1985	RakMK osa C1	luokka-käytävä vaakasuunnassa	R'_w	34
1985	RakMK osa C1	erityisluokkahuone-luokkahuone vaakasuunnassa	R'_w	57
1998	RakMK osa C1	luokka-luokka vaakasuunnassa	R'_w	44 ¹⁾
1998	RakMK osa C1	luokka-käytävä vaakasuunnassa	R'_w	44 ¹⁾
2004	SFS 5907	luokka-luokka pystysuunnassa	R'_w	44
2004	SFS 5907	luokka-käytävä vaakasuunnassa	R'_w	34
2004	SFS 5907	erityisluokkahuone-luokkahuone vaakasuunnassa	R'_w	57
2004	SFS 5907	erityisluokkahuone-luokkahuone pystysuunnassa	R'_w	44
2004	SFS 5907	luokka-luokka vaakasuunnassa	R'_w	39
2004	SFS 5907	luokka-käytävä vaakasuunnassa	R'_w	34
2004	SFS 5907	erityisluokkahuone-luokkahuone vaakasuunnassa	R'_w	57

¹⁾ Määräys koskee rakennetta, jossa ei ole ovea

Alla olevassa taulukossa 19 on esitetty voimassa olevat vaatimukset ilmaääneneristävyydelle.

Taulukko 19: Nykyiset tavoitearvot ilmaääneneristykselle. (Ympäristöministeriö 2018)

Mittaussuunta	Teknisen mittaluvun suure	Nykyinen määräystaso [dB]
luokka-luokka pystysuunnassa	$D_{nT,w}$	52
erityisluokkahuone-luokkahuone pystysuunnassa	$D_{nT,w}$	60
luokka-käytävä vaakasuunnassa	$D_{nT,w}$	34
erityisluokkahuone-luokkahuone vaakasuunnassa	$D_{nT,w}$	60
erityisluokkahuone-luokkahuone pystysuunnassa	$D_{nT,w}$	60
luokka-luokka vaakasuunnassa	$D_{nT,w}$	44

4.4.3 Askelääneneristysvaatimukset

Alla olevassa taulukoissa 20 ja 21 on esitetty vanhat sekä nykyiset voimassa olevat vaatimukset. Nykyiset vaatimukset on luettu ympäristöministeriön Ääniympäristöohjeesta (2018). Suomen Rakentamismääräyskokoelman osassa C1 vuonna 1975 ei ole esitetty määräyksiä koulurakennuksille, jonka vuoksi niitä ei esitetä tässä (Sisäasiainministeriö 1975). Tämän lisäksi vuonna 1998 julkaistussa Rakentamismääräyskokoelman osassa C1 ei ole esitetty koulurakennusten askelääneneristykselle arvoja (Ympäristöministeriö 2018).

Taulukko 20: Askelääneneristysvaatimukset vuosina 1967–2004.

Vuosiluku	Määräys	Mittaussuunta	Teknisen mittaluvun nimi ja suure	Määräyksen lukuarvo [dB]
1967 & 1971	Ääneneristysnormit	luokka-luokka pystysuunnassa	l_i	75
1967 & 1971	Ääneneristysnormit	luokka-luokka vaakasuunnassa	l_i	75
1967 & 1971	Ääneneristysnormit	luokka-käytävä vaakasuunnassa	l_i	75
1985	RakMK osa C1	luokka-luokka pystysuunnassa	$L'_{n,w}$	63
1985	RakMK osa C1	erityisluokahuone-luokahuone pystysuunnassa	$L'_{n,w}$	49
1985	RakMK osa C1	luokka-luokka vaakasuunnassa	$L'_{n,w}$	63
1985	RakMK osa C1	luokka-käytävä vaakasuunnassa	$L'_{n,w}$	63
1985	RakMK osa C1	erityisluokahuone-luokahuone vaakasuunnassa	$L'_{n,w}$	49
2004	SFS 5907	luokka-luokka pystysuunnassa	$L'_{n,w}$	63
2004	SFS 5907	erityisluokahuone-luokahuone pystysuunnassa	$L'_{n,w}$	49
2004	SFS 5907	luokka-luokka vaakasuunnassa	$L'_{n,w}$	63
2004	SFS 5907	luokka-käytävä vaakasuunnassa	$L'_{n,w}$	63
2004	SFS 5907	erityisluokahuone-luokahuone vaakasuunnassa	$L'_{n,w}$	49

Alla olevassa taulukossa 21 on esitetty voimassa olevat vaatimukset askelääneneristykseen arvoille.

Taulukko 21: Voimassa olevat askelääneneristykseen tavoitearvot. (Ympäristöministeriö 2018)

Mittaussuunta	Teknisen mittaluvun suure	Nykyinen määräystaso [dB]
luokka-luokka pystysuunnassa	$L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$	63
erityisluokahuoneesta ympäröiviin tiloihin	$L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$	49/46 ¹⁾

¹⁾ Ensimmäinen arvo koskee teknisen työn tilaa ja toinen musiikki- sekä liikuntaluokkaa.

4.4.4 Huoneakustiset vaatimukset

Alla olevissa taulukoissa 22 ja 23 on esitetty vanhat sekä nykyiset voimassa olevat jälkikaiunta-ajan vaatimukset. Nykyiset vaatimukset on luettu ympäristöministeriön Ääninympäristöohjeesta (2018). Suomen Rakentamismääräyskokoelman osassa C1 vuonna 1975 ei ole esitetty määräyksiä koulurakennukselle, jonka vuoksi niitä ei esitetä tässä (Sisäasiainministeriö 1975).

Taulukko 22: Jälkikaiunta-ajan vaatimukset vuosina 1967–2004.

Vuosiluku	Määräys	Tila	Mitattava taajuus- alue [Hz]	Määräyksen lukuarvo [s]
1967 & 1971	Ääneneristysnormit	käytävät ja porrashuoneet	500	2
1985	RakMK osa C1	käytävät, porrashuoneet ja ruokalat	≥ 500	1
1985	RakMK osa C1	luokkahuone	250...2000	0,6...0,9
1985	RakMK osa C1	voimistelusal	500...2000	1,5
1998	RakMK osa C1	porrashuoneet ja käytävät	250...4000	1,3
1998	RakMK osa C1	ruokala	250...4000	1,0...1,3
1998	RakMK osa C1	luokkahuoneet ja vastaavat tilat	250...4000	0,6...0,9
1998	RakMK osa C1	voimisteluhalli	250...4000	1,5...2,0
2004	SFS 5907	luokkahuone	250...4000	0,6...0,8
2004	SFS 5907	aulat	250...4000	0,9...1,1
2004	SFS 5907	liikuntatila, korkeus alle 5m	250...4000	< 1,5
2004	SFS 5907	liikuntatila, korkeus yli 5m	250...4000	< 1,9
2004	SFS 5907	teknisen työn luokka	250...4000	< 0,9
2004	SFS 5907	käytävätilat ja porrashuoneet	250...4000	< 1,3

Alla olevassa taulukossa 23 on esitetty voimassa olevat jälkikaiunta-ajan tavoitearvot.

Taulukko 23: Nykyiset jälkikaiunta-ajan vaatimukset. (Ympäristöministeriö 2018)

Tila	Mitattava taajuusalue [Hz]	Nykyinen määräystaso [s]
käytävät ja porrashuoneet	250...2000	1,3 ¹⁾
luokkahuone	250...2000	0,5–0,7
ruokala	250...2000	≤ 1,2
aulat	250...2000	1,3 ¹⁾
liikuntatila, korkeus alle 5m	250...2000	≤ 1,2
liikuntatila, korkeus yli 5m	250...2000	≤ 1,2
teknisen työn luokka	250...2000	0,5–0,7

¹⁾ Käytävien ja aulojen tavoitearvo otettu oppaasta RIL 243-2-2007 (2007).

Alla olevassa taulukossa 24 on esitetty voimassa olevat puheensiirtoindeksin STI vaatimukset. Nykyiset vaatimukset on luettu ympäristöministeriön Ääniympäristöohjeesta (2018). Suositukset eivät ole muuttuneet vuonna 2004 julkaistusta standardista SFS 5907.

Taulukko 24: Puheensiirtoindeksin vaatimukset vuonna 2004 ja nykyinen vaatimustaso.

Vuosiluku	Määräys	Puheensiirtoindeksin STI suositusarvo	Nykyinen määräystaso
2004	SFS 5907	≥ 0,7	≥ 0,7

4.4.5 Äänitasovaatimukset

Alla olevissa taulukoissa 25 ja 26 on esitetty vanhat sekä nykyiset voimassa olevat tavoitearvot tilojen äänitasolle. Nykyiset vaatimukset on luettu ympäristöministeriön Ääniympäristöohjeesta (2018).

Taulukko 25: Äänitasovaatimukset vuosina 1967–2004.

Vuosiluku	Määräys	Tila	Korkein sallittu keskiäänitaso $L_{A,eq}$ [dB]	Korkein sallittu enimmäisäänitaso $L_{A,max}$ [dB]
1967 & 1971	Ääneneristysnormit	luokkahuone	40	-
1985	RakMK osa C1	luokkahuone	35	-
1985	RakMK osa C1	liikuntatila, juhlasali ja ruokala	35	-
1985	RakMK osa C1	portaajat ja käytävät	40	-
1985	RakMK osa C1	työpaja	40	-
1998	RakMK osa C1	luokkahuone	33	38
2004	SFS 5907	porrashuoneet ja käytävät	38	43
2004	SFS 5907	liikuntatilat	38	43

Alla on esitetty nykyiset voimassa olevat vaatimukset tilojen äänitasoille.

Taulukko 26: Nykyiset tavoitearvot tilojen äänitasoille. (Ympäristöministeriö 2018)

Tila	Nykyinen määräystaso keskiäänitasolle $L_{A,eq}$ [dB]	Nykyinen määräystaso enimmäisäänitasolle $L_{AFmax,T}$ [dB]
luokkahuone	33	38
liikuntatila, juhlasali ja ruokala	38	43
portaajat ja käytävät	38 ¹⁾	43 ¹⁾
teknisen työn luokka	33 ¹⁾	38 ¹⁾

¹⁾ Lukuarvo luettu oppaasta RIL 243-2-2007 (2007).

5. KATSELMUS

5.1 Kohde A

Kohde A on vuonna 1910 valmistunut koulurakennus. Kohteesta oli käytettävissä arkkitehti- ja piirustuksia vuosilta 1909, 1979, 1999 ja 2015. Suunnitteluasiakirjat ovat peräisin Helsingin rakennusvalvonnan arkistosta. Tutkimushetkellä koulu ei ollut enää alkuperäisessä kunnossa, vaan koulun säilyneistä suunnitteluasiakirjoista voitiin päätellä kohteessa ainakin seuraavat perusparannukset- ja korjaukset:

- vuonna 1979 koulun olemassa oleviin tiloihin on haettu lupaa muutostöille henkilökunnan sosiaalityötiloihin, koulun hallinnon tiloihin, oppilaiden pukuhuonetiloihin, yhteen porraskäytävään sekä keittiöön,
- vuonna 1999 on haettu lupaa koulun piha-alueen laajennukselle sekä perusparannukselle,
- vuonna 2015 on haettu lupaa muutostyölle, jossa olemassa olevista tiloista on muutettu opetusvälinevarasto. (Helsingin rakennusvalvontaviraston arkisto 2021)

Tarkasteltaessa kohteesta otettuja valokuvia, voidaan huomata, että luokkatiloihin, käytäville sekä ruokasaliin on lisätty absorptiomateriaalia tilojen kattoon. Tämä on tehty todennäköisesti myöhempanä ajankohtana kuin rakennuksen valmistumisvuonna. Katselmuksen ja akustisten mittausten aikana kohteessa tehtiin alakattotöitä.

Kohteesta ei ole säilynyt arkistoituja rakennepiirustuksia, joista tutkittujen erottavien rakenteiden rakennetyypit voitaisiin selvittää. Aistinvaraisesti havainnoimalla ja kohteesta otettuja valokuvia tutkimalla voidaan kuitenkin todeta, että tutkimuksen kohteena olevien tilojen seinät ovat massiivisia kivrakenteisia seiniä.

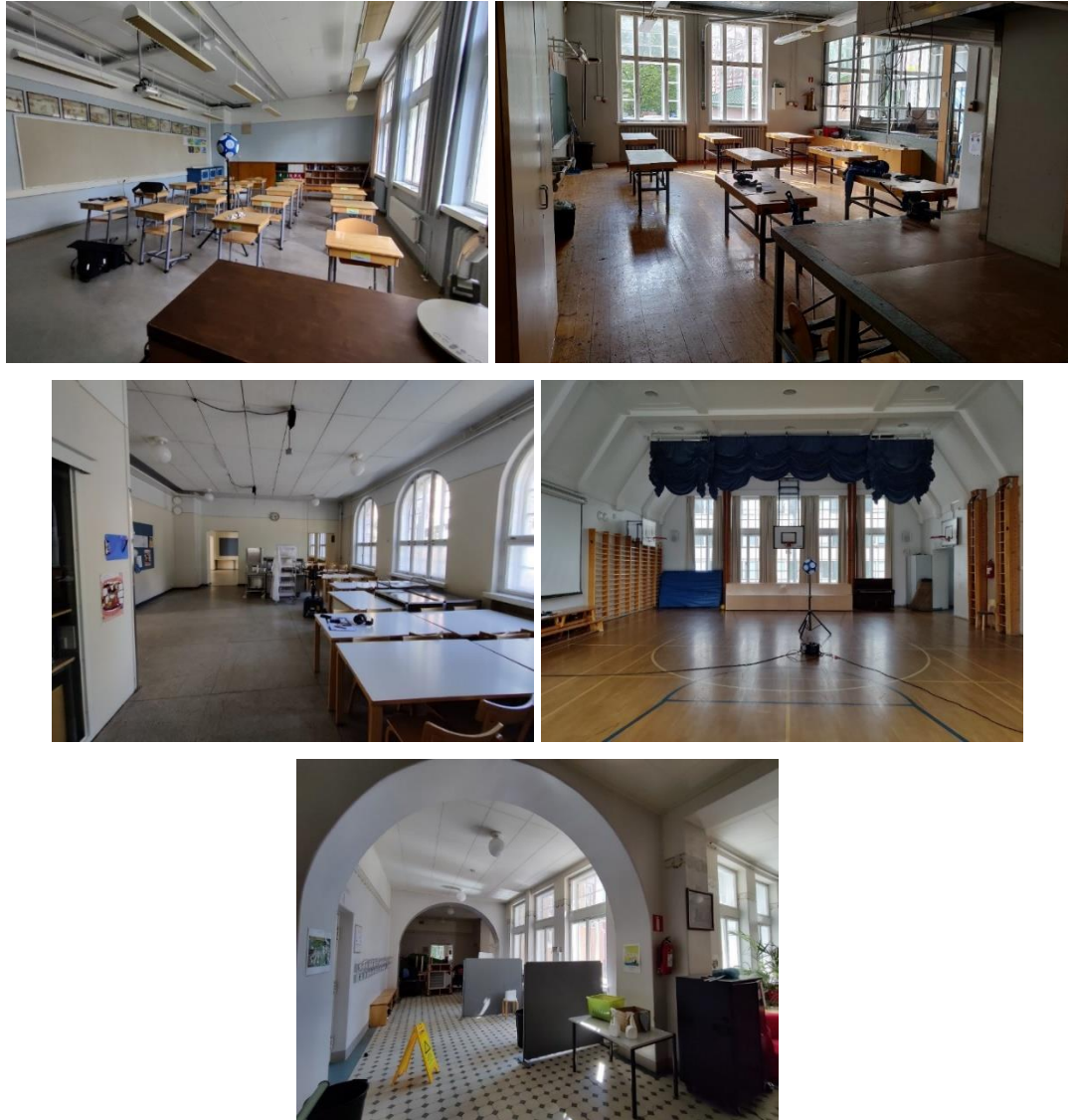
Kun tarkastellaan kohteesta otettuja valokuvia, voidaan todeta, että tutkimuksen kohteena olevat luokkatilat ovat sisustukseltaan kuvan 1 mukaisia. Näihin luokkatiloihin on sijoitettu ääntä vaimentavaa materiaalia lähes koko katon alalle ja lattiamateriaalina luokkatiloissa on muovimatto. Lisäksi luokkatiloissa sijaitsee pulpetteja perinteisesti riveihin sijoitettuna, minkä lisäksi tiloissa on jonkin verran kiintokalusteita sekä isoja säilytyskaappeja. Katselmuksen aikana oli havaittavissa, että liikenteen äänet kuuluivat luokkatiloihin.

Tässä kohteessa tutkittiin myös teknisen työn tilaa sekä liikuntasalia erottavaa välipohjaa näiden tilojen sijaitessa päällekkäin. Teknisen työn tila koostuu pääsalista, jossa on työpöytiä sekä kolmesta erillisestä lasiseinin erotetuista työtiloista. Teknisen työn tila löytyy kuvasta 2. Kaksi luokkatilan seinistä ovat kivirakenteisia ja kaksi muuta seinää lasiset niiden erottaessa erilliset työtilat pääsalista. Teknisen työn tilan katto on umpinaista teräslevyä ja lattia parkettia. Tilassa sijaitsee ikkunoita. Katselmuksen aikana oli havaittavissa, että teknisen työn tilan ilmanvaihdosta kuului korvalla erotettava matala jylinä, jonka lisäksi tilaan kuului pihalta kantautuvia ääniä.

Myös ruokasalin seinät ovat rakenteeltaan massiivista kiviseiniä. Salin nurkassa sijaitseva kouluemännän tila on rakennettu kohteen A valmistumisen jälkeen, jonka vuoksi tämän tilan seinät saattavat olla kipsilevyä. Tilassa sijaitsi ruokapöytiä penkkeineen, ruokien jakelulinjasto, juoma-automaatti sekä rullakko. Tutkimuksen aikana koululla käynnissä olleiden siivous- ja perusparannustöiden vuoksi ruokasalin kalusteet olivat sijoitettuna tilan toiselle puolelle. Salin katossa oli lähes koko alalla ääntä vaimentavaa materiaalia. Vaikka salin lattia näyttääkin kuvissa koostuvan isoista kiven näköisistä laatoista, on materiaalina luultavasti linoleumi. Tilan sisustus on nähtävissä kuvassa 3.

Kohteessa sijaitsee korkea liikuntasali, jonka katto on reunoiltaan kallistettu kohti salin keskiosaa. Katon muoto on nähtävissä kuvasta 4. Salin seinät ovat kivirakenteiset ja lattiamateriaalina toimii puinen parketti. Salissa ei ole muuta ääntä vaimentavaa pintaa kuin ikkunaverhot sekä massiiviset näyttämöverhot, jotka mittauksen ajaksi nostettiin kattoon. Salissa on myös kokoon taitettava näyttämö sekä ikkunoita. Koulurakennuksen vieressä sijaitsi liikennöity katu ja katselmuksen aikana oli havaittavissa, että kadulta kuului liikenteen äänet erittäin selvästi liikuntasaliin kiinni olevista ikkunoista huolimatta.

Mittauksen kohteena oleva käytävä yhdistyy toisesta päästään suureen aulatilaan ja toisesta päästään porraskäytävään. Näitä osia ei ole palo-osastoitu omiksi osastoikseen, jonka vuoksi tilat ovat kaikkiin suuntiin avoinna. Myös käytävien seinät ovat rakenteeltaan massiivisia kiviseiniä, ja lattiamateriaalina tilassa on keraaminen laatta. Käytävällä sijaitsee kaksi kivirakenteista holvikaarta, jotka jakavat tilaa osiin kuvan 5 mukaisesti. Kattoon on asennettu koko alaltaan ääntä vaimentavaa materiaalia, mutta muuta ääntä absorboivaa materiaalia tiloissa ei ole. Käytävällä sijaitsee erilaisia kalusteita, kuten pöytiä, sohvia ja kenkätelineitä. Toisella käytävän pitkällä sivulla sijaitsee korkeita ikkunoita. Tutkimuksen aikana kohteessa käynnissä olleiden siivous- ja perusparannustöiden vuoksi tutkimushetkellä käytävissä sijaitsi jonkin verran myös luokkahuoneiden kalusteita. Koska käytävä oli avoin porraskäytävään sekä aulatilaan, tehtiin mittauksissa akustinen rajausta hyödyntäen mittauksissa käytävän kapeaa osaa.



Kuvat 1, 2, 3, 4 ja 5: Kohteessa A mitatut tilat.

Kohteessa suoritettiin ilma- ja askelääneneristysmittauksia luvussa 3.3 esitettyjen suuntien mukaisesti, minkä lisäksi vastaanottotilana ääneneristysmittauksissa toimineessa luokkahuoneessa mitattiin puheensiirtoindeksin STI arvo. Lisäksi juhlasalin ja teknisen työn tilan välisen välipohjan ilma- ja askelääneneristävyiden arvot mitattiin. Vastaanottotilana toimineessa luokkahuoneessa, käytävässä, liikuntasalissa sekä ruokasalissa mitattiin tilojen jälkikaiunta-ajat.

5.2 Kohde B

Kohde B on vuonna 1918 valmistunut koulurakennus. Tutkimuksen toteutushetkellä koulusta oli käytettävissä arkkitehtipiirustuksia vuosilta 1918, 1952, 2001, 2002, 2004, 2005 ja 2019 sekä rakennepiirustuksia vuosina 2001 ja 2004 toteutetuista peruseräparannus-

hankkeista. Aineisto on peräisin Helsingin rakennusvalvontaviraston arkistosta. Tutkimushetkellä koulu ei ollut enää alkuperäisessä kunnossa, vaan säilyneestä suunnitteluaineistosta voitiin huomata, että kohteessa on suoritettu ainakin seuraavia korjaus- ja parannushankkeita:

- rakennukseen on lisätty uusi porraskäytävä vuoteen 1952 mennessä,
- vuonna 2001 koulurakennukseen on toteutettu tilajakojen muutoksia sekä rakennukseen on lisätty muun muassa hissi ja vessoja,
- vuonna 2004 tehty joitain tilajaon muutoksia rakennuksen pohjakerroksessa, suoritettu muutoksia tilojen palo-osastointeihin sekä rakennettu muun muassa uusi jätekatos,
- vuonna 2019 lisätty keittiöön akustoiva alakatto sekä vaihdettu keittiön ja ruokailan kalusteita, minkä lisäksi pohjakerroksen märkätiloihin on tehty muutoksia. (Helsingin rakennusvalvontaviraston arkisto 2021)

Kun tutkitaan kohteista otettuja valokuvia, voidaan huomata, että luokkahuoneisiin sekä liikuntasalin kattoon on lisätty ääntä absorboivia mineraalivillalevyjä. Voidaan olettaa, että nämä on lisätty tiloihin kohteen valmistumisvuoden jälkeen koulurakennuksen iän vuoksi.

Tarkasteltaessa rakennepiirustuksia sekä kohteesta otettuja valokuvia, voidaan tutkituista rakenteista päätellä niiden materiaaleja sekä rakennepaksuuksia. Hyödyntämällä rakennuksesta säilyneitä leikkauspiirustuksia, niihin merkittyjä korkomittoja sekä pdf-lukijan mittatyökalua, voidaan mitata, että luokkahuoneita erottavan väliseinärakenteen paksuus on noin 400 mm. Rakennepiirustuksista ei voida päätellä, mikä väliseinärakenne on kyseessä, mutta katselmuksen aikana voitiin todeta rakennuksen seinien olevan kivirakenteisia. Yllä esitellyllä tavalla voidaan vastaavasti päätellä, että väliseinärakenne luokkahuoneen ja käytävän välillä on noin 450–490 mm paksu kivirakenteinen väliseinä. (Helsingin rakennusvalvontaviraston arkisto 2021)

Poiketen tavanomaisesta koulukohteesta, tässä kohteessa tutkittiin luokkahuoneiden välisen välipohjarakenteen lisäksi liikuntasalin ja teknisen työn luokan välinen välipohjarakenne. Tavanomaisten luokkahuoneiden välillä välipohjarakenne on yllä olevassa kappaleessa esitetyllä tavalla mitattuna noin 400 mm paksu kivirakenne ja liikuntasalin sekä teknisen työn luokan välillä noin 520 mm paksu kivirakenne (Helsingin rakennusvalvontaviraston arkisto 2021). Mistään rakennepiirustuksista ei selviä, mitä olemassa olevien välipohjarakenteiden materiaalit ovat, mutta valokuvia tarkastelemalla voidaan havainnoida kyseessä olevan ainakin betonia tavanomaisten luokkahuoneiden

kohdalla. Luokkahuoneiden muovimatto sekä liikuntasalin parkettilattia ovat myös osana tutkittuja välipohjarakenteita. Teknisen työn tilan katossa on umpinainen teräslevytytys.

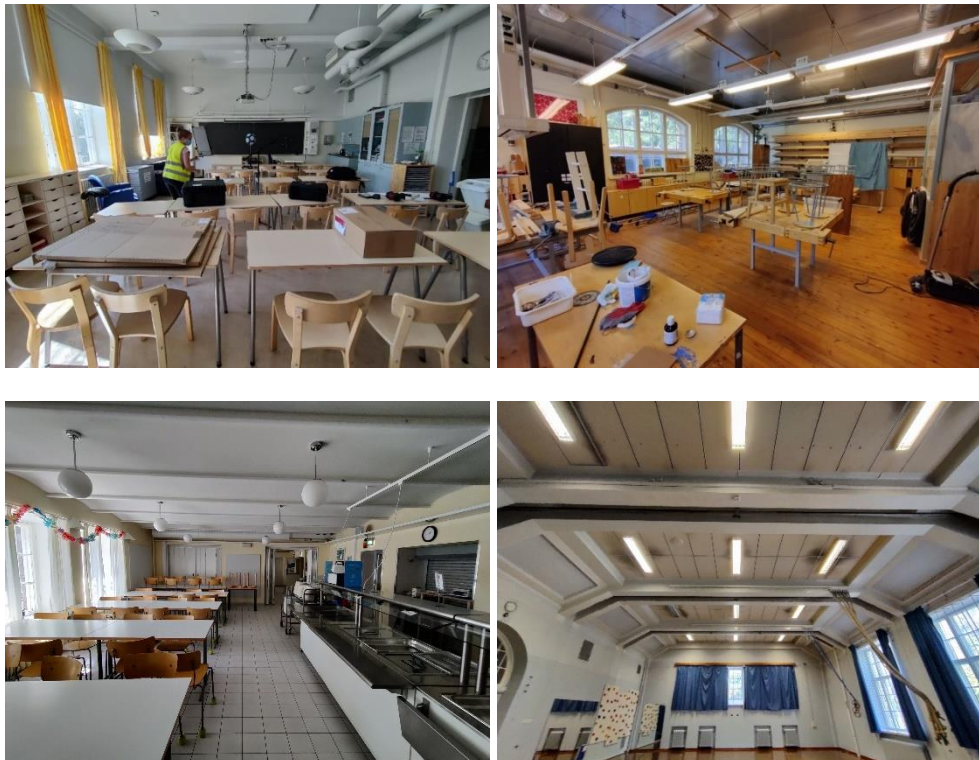
Vastaanotto- sekä lähetysluokat luokkahuoneiden välisissä ääneneristävyyksimittauksissa ovat samankaltaisia geometrialtaan, rakenteiltaan sekä kalustukseltaan. Vastaanottotilana toiminut luokkahuone on esitetty kuvassa 6. Kaikkien luokkahuoneiden seinä- ja kattorakenteet ovat kivirakenteisia ja yhdellä huoneen sivulla sijaitsee ikkunat. Kolmasosa luokkahuoneiden kattoalasta on päällystetty ääntä vaimentavilla mineraalivillalevyillä, joiden lisäksi tiloissa on muutama kappale ikkunaverhoja. Tilojen katoissa on näkyvillä myös talotekniikkaa, kuten ilmanvaihtokanavia. Kaikissa luokkahuoneissa oli tutkimushetkellä kovapintaisia kalusteita, pulpetteja sekä penkkejä. Lattiamateriaalina tiloissa on käytetty muovimattoa. Tiloissa suoritetun katselmuksen aikana oli havaittavissa, että luokkahuoneisiin kantautui selkeästi liikenteen sekä ulkona leikkivien oppilaiden äänet. Tämän lisäksi muissa koulun osissa sulkeutuneet ovet kuuluivat luokkatiloihin suljetuista luokkahuoneen ovista huolimatta.

Kohteen teknisen työn luokassa kahdella tilan seinällä sijaitsee ikkunat ja tilan seinärakenteet ovat kivisiä. Kattoon teknisen työn luokassa on sijoitettu umpinainen teräslevytytys ja lattiamateriaalina tilassa on puinen parkettilattia. Tilassa oli tutkimushetkellä paljon kovapintaisia kalusteita, kuten työpöytiä, penkkejä sekä erilaisia työkoneita kuvan 7 mukaisesti. Yleisen työskentelytilan lisäksi teknisen työn luokassa sijaitsee pienempiä työhuoneita. Akustiikan mittaukset suoritettiin yleisen työskentelytilan alueella. Katselmuksen aikana oli havaittavissa, että teknisen työn tilaan kantautui liikenteen äänet vieriseltä liikennöidyltä kadulta.

Koulurakennuksessa sijaitseva ruokasali on kaksiosainen siten, että osat ovat erotettu toisistaan väli- ja siirtoseinärakenteilla. Akustiikan mittaukset suoritettiin vain toisessa salin osassa, sillä osat olivat geometrialtaan, tilavuudeltaan ja sisustukseltaan samanlaisia. Ruokasalin seinä- ja kattorakenteet ovat kivisiä ja tilan katto on poikkeuksellisen muotoinen sen koostuessa useammasta loivasta holvikaaresta. Katon muoto on nähtävissä kuvassa 8. Katossa ei ole vaimentavaa materiaalia. Ruokasalin lattia on laatoitettu, jolloin myös lattialle on sijoitettu kivimateriaalia. Ruokasali kahdella seinällä sijaitsee ikkunat. Ainoat tekstiilipinnat tilassa ovat kevyet ikkunaverhot sekä ympäri salia seinille sijoitetut yksittäiset ilmoitustaulut. Ruokasali oli tutkimushetkellä kalustettu kovapintaisilla pöydillä ja tuoleilla, joiden jalkoihin oli asennettu tennispallot todennäköisesti ehkäisemään kovien tuolin jalkojen aiheuttamaa melua tuoleja lattialla siirrettäessä. Kalusteiden lisäksi ruokasalissa sijaitsi jakelulinjasto sekä erilaisia kylmälaitteita. Katselmuksen aikana oli havaittavissa, että liikenteen äänet kuuluivat tilaan, minkä lisäksi yksittäiset kylmäkoneet pitivät välillä ääntä.

Kohteen liikuntasalin seinä- ja kattorakenteet ovat kivisiä ja tilan lattiamateriaalina on käytetty puista parkettilattiaa. Tilan katto on keskiosastaan tasainen ja se sijaitsee korkeammalla kuin tilan reunat, joissa katto laskeutuu viistosti kohti tilan seiniä. Katon muoto on nähtävissä kuvassa 9. Katon tasaiseen osaan on sijoitettu ääntä vaimentava mineraalivillalevyverhous. Kahdella liikuntasalin seinällä sijaitsee ikkunat ulos ja näihin on ripustettu raskaasta kankaasta valmistetut ikkunaverhot. Verhot olivat mittaushetkellä auki. Tilan toisessa päässä sijaitsee näyttämö, joka on erotettu liikuntasalista massiivisilla näyttämöverhoilla, jotka mittaushetkellä olivat suljettuina.

Varsinaisia selkeitä käytäviä koulurakennuksesta ei ollut löydettävissä, vaan luokka- ja henkilöstötilat sekä portaat kerrosten välillä sijaittivat avonaisessa aulatilassa. Aulatila on esitetty kuvassa 10. Aulan jälkikaiunta-ajan mittaukset suoritettiin porrasjuoksu-ajan vierellä sijaitsevalla suljetummalla käytävälueella, joka voidaan nähdä kuvassa 10 oikealla. Aulatilojen katto- ja seinärakenteet ovat kivisiä ja tilat ovat auki esteittä muihin kerroksiin portaiden kautta. Tilojen kattoon tai seiniin ei ole asennettu ääntä vaimentavaa materiaalia. Aula- ja käytävätilojen lattiamateriaalina toimii suuret kivi- tai lino-leumilaatat, joiden lisäksi tiloissa sijaitsi mittaushetkellä kovapintaisia penkkejä sekä muita kalusteita, kuten pöytiä.





Kuvat 6, 7, 8, 9, ja 10: Kohteessa B mitatut tilat.

Kohteessa suoritettiin ilma- ja askelääneneristävyyssmittauksia luvussa 3.3 esitettyjen suuntien mukaisesti, minkä lisäksi vastaanottotilana ääneneristysmittauksissa toimineessa luokkahuoneessa mitattiin puheensiirtoindeksin STI arvo. Lisäksi liikuntasalia ja teknisen työn tilaa erottavan välipohjarakenteen ilma- ja askelääneneristävyys mitattiin. Vastaanottotilana toimineessa luokkahuoneessa, käytävässä, liikuntasalissa sekä ruokasalissa mitattiin tilojen jälkikaiunta-ajat.

5.3 Kohde C

Kohde C on vuonna 1921 valmistunut koulurakennus, johon on tehty laajennusosana uusi liikuntasali sekä ruokala vuonna 1953. Koulurakennuksesta on säilynyt arkkitehtipiirustuksia vuosilta 1917, 1919, 1920, 1953, 1957, 1962, 1994, 1995 ja 1999 sekä rakennepiirustuksia vuosilta 1920, 1953, 1954, 1957, 1994, 1995 ja 2001. Suunnitteluasiakirjat ovat peräisin Helsingin rakennusvalvonnan arkistosta. Kun tutkittiin suunnitteluasiakirjoja sekä kohteesta otettuja valokuvia, voitiin päätellä, ettei koulurakennus ole alkuperäisessä kunnossaan, vaan siellä on toteutettu seuraavia korjaus- ja parannustoimenpiteitä:

- vuonna 1953 rakennukseen on toteutettu laajennusosa, jonka osana tutkittu liikunta- ja ruokasali ovat,
- vuonna 1957 kohteessa on toteutettu tilajaon muutoksia,
- vuosina 1967, 1994, 1995 ja 1999 koulurakennuksessa on toteutettu talotekniikkaan ja tilajakoon liittyviä muutostöitä. (Helsingin rakennusvalvontaviraston arkisto 2021)

Kohteesta otetuista valokuvista voidaan huomata, että tutkittujen tilojen kattoihin on lisätty absorptiomateriaalia koulun valmistumisajankohdan jälkeen. Absorptiomateriaalia on lisätty joko osittain tai kokonaan kattojen alasta ja ruokasalin katossa sekä voimiste-

lusalin seinillä on reikäkipsilevyä, jonka taakse sijoitetusta ääntä vaimentavasta materiaalista ei voida varmistua suunnitteluasiakirjoja tutkimalla tai aistinvaraisesti havainnoimalla.

Kun tutkitaan kohteesta säilyneitä rakennepiirustuksia, joudutaan toteamaan, että tämän kohteen osalta ne eivät mahdollista rakenteiden rakennetyyppien sekä -paksuuksien arviointia. Iso osa kohteen olemassa olevista rakennepiirustuksista on säilynyt huonosti, jonka vuoksi niiden luettavuus ei ole hyvä tai rakennepiirustukset koskevat laajenusosaa, jossa myöhemmästä rakennusajasta johtuen rakennetyypit saattavat olla erilaiset kuin alkuperäisessä koulurakennuksessa, jossa kaikki ääneneristävydet mitattiin. Rakennepiirustuksista voidaan kuitenkin havaita, että välipohjarakenteena koulurakennuksessa on käytetty betonipalkkeihin tuettuja betonilaattoja, joten tutkittu välipohjarakenne sisältää ainakin luokkahuoneiden muovimaton sekä betonilaatan. Aistinvaraisesti pystytään havainnoimaan, että tutkitut väliseinärakenteet ovat kivirakenteisia.

Vastaanotto- ja lähetystilat vaakasuuntaisissa ääneneristävyden mittauksissa ovat kokoluokaltaan ja sisustukseltaan samankaltaisia. Luokkatilojen sisustus on nähtävissä kuvassa 11. Tilojen yhdellä seinällä sijaitsee ikkunat. Seinä- ja kattorakenteet ovat kiviset ja luokkien takaseinälle on sijoitettu kiintokalusteita sekä koko seinää peittävät ilmoitustaulut. Tilojen kattoihin on sijoitettu ääntä vaimentavaa mineraalivillalevytystä alle puolet katon pinta-alasta ja lattiamateriaalina tiloissa on muovimatto. Absorptiolevyjen lisäksi tiloissa on verhoja, jotka osaksi toimivat ääntä vaimentavana pintana. Tutkimushetkellä tilat olivat kalustettu kovapintaisilla pulpeteilla ja penkeillä, joiden jaloissa oli rullat. Vastaanottotilana toimineen luokkahuoneen yläpuolella sijaitseva lähetystila pystysuuntaisissa ääneneristävyysmittauksissa on muutoin edellä kuvatun mukainen, mutta sen katossa absorptiolevyjä on asennettu koko katon alalle. Tutkimushetkellä oli havaittavissa, että rakennuksen viereiseltä liikennöidyltä kadulta kantautui liikenteen äänet luokkatiloihin todella selkeästi. Tämä äänivuoto syntyi tiloihin ikkunoiden kautta.

Koulukohteen ruokasali sijaitsee eri rakennuksessa kuin luokkahuoneet. Ruokasalin kahdella seinällä sijaitsee ikkunoita. Yhdellä seinällä tilassa on lasiseinä, joka on kannatettu teräksisellä rungolla. Muut tilan seinä- ja pilarirakenteet ovat kivirakenteisia. Kattoon ruokasalissa on asennettu puolen katon alan verran reikäkipsilevyä, jonka taakse sijoitetusta ääntä vaimentavasta materiaalista ei ole varmuutta. Puolet katon alasta on betonia, jolle ei ole asennettu ääntä vaimentavaa pintaa. Lattiamateriaalina tilassa on muovimatto. Ruokasali oli mittaushetkellä kalustettu kovapintaisilla pöydillä ja tuoleilla, joiden lisäksi tilassa oli linjasto sekä erilaisia kylmälaitteita. Ruokasalin sisustus on nähtävissä kuvassa 12 ja salin alakattorakenteet kuvissa 17 ja 18.

Kohteessa C sijaitsee kaksi liikunta- ja voimistelusalua, joista toinen sijaitsee alkuperäisessä koulurakennuksessa ja toinen vuonna 1953 toteutetussa laajennusosassa. Tutkimuksessa mitattiin molempien salien jälkikaiunta-aika. Alkuperäisessä koulurakennuksessa sijaitsevassa pienemmässä voimistelusalissa yhdelle seinälle on sijoitettu korkeat ikkunat. Muille salin seinille on sijoitettu ääntä vaimentavaa materiaalia mineraalivillalevyinä, minkä lisäksi seinille on sijoitettu reikäkipsilevyä. Seinäpintojen lisäksi koko katon ala on peitetty mineraalivillalevyillä. Näiden vaimentavien pintojen lisäksi ikkunoille on ripustettu verhot, jotka mittaushetkellä olivat avattuina. Lattiamateriaalina tilassa on puinen parkettilattia. Salin vieressä sijaitsee IV-konehuone, johon pääsee kulkemaan salissa sijaitsevien ovien kautta. Salin sisustus on nähtävissä kuvassa 13.

Suurempi liikuntasali sijaitsee vuonna 1953 rakennetussa koulun laajennusosassa. Sen katto sekä yksi seinistä on peitetty puupaneeleilla sekä -levyillä. Tämän lisäksi lattiamateriaalina tilassa on käytetty puista parkettia. Yhdellä salin seinistä sijaitsee suuret ikkunat ja ikkunoita vastapäätä sijaitsevalle salin seinälle on sijoitettu ääntä vaimentavia mineraalivillalevyjä noin puolelle seinän alasta. Muutoin salin rakenteet ovat kivirakenteisia. Liikuntasalissa sijaitsee myös näyttämö, jota ei mittaushetkellä suljettu verhoilla. Lisäksi saliin on ripustettu ikkunaverhot, jotka mittaushetkellä olivat auki. Katselmuksen aikana oli havaittavissa, että tilaan kantautui matalataajuisia ääniä joko ilmanvaihdoista tai rakennuksen vieressä kulkevan kadun liikenteestä. Liikuntasali on esitetty kuvassa 14.

Kohteen tutkittu käytävä avautuu osittain muihin kerroksiin portaiden kautta. Toisesta päästä käytävä rajautuu luokkahuoneita ja käytävää erottavaan väliseinään sekä julkisivuun, jolla sijaitsee ikkunoita. Käytävän rakenteet ovat kivisiä ja sen kattoon on asennettu ääntä vaimentavaa mineraalivillalevyä lähes koko katon alalle. Käytävän katon lisäksi absorptiolevyjä löytyi myös porrasjuoksujen alapinnoista. Lattiamateriaalina käytävällä on muovimatto. Käytävätilat on näytetty kuvissa 15 ja 16. Käytävällä oli mittaushetkellä muutama sohva.





Kuvat 11, 12, 13, 14, 15, ja 16: Kohteessa C mitatut tilat.



Kuvat 17 ja 18: Kohteen C ruokasalin alakattorakenteita.

Kohteessa suoritettiin ilma- ja askelääneneristysmittauksia luvussa 3.3 esitettyjen suuntien mukaisesti, minkä lisäksi vastaanottotilana ääneneristysmittauksissa toimineessa luokkahuoneessa mitattiin puheensirtoindeksin STI arvo. Vastaanottotilana toimineessa luokkahuoneessa, käytävässä, molemmissa liikuntasaleissa sekä ruokasalissa mitattiin tilojen jälkikaiunta-ajat.

5.4 Kohde D

Kohde D on vuonna 1928 valmistunut koulurakennus. Alkuperäisen koulurakennuksen lisäksi vuonna 1985 koulun käyttöön on rakennettu liikuntasali. Tutkimushetkellä koulurakennuksesta oli käytössä arkkitehtipiirustuksia vuosilta 1963, 1985, 2000, 2002 ja 2009 sekä rakenneleikkauspiirustuksia vuodelta 1963. Suunnitteluasiakirjat ovat peräisin Helsingin rakennusvalvonnan arkistosta. Kun tarkasteltiin suunnitteluasiakirjoja, voitiin todeta, että koulurakennus ei ole alkuperäisessä kunnossa, vaan kohteeseen on tehty ainakin seuraavia muutos- ja korjaustöitä:

- vuonna 1963 alkuperäinen koulurakennus on saneerattu,
- vuonna 1985 on rakennettu liikuntasali ja väestösuoja koulun käyttöön,
- vuonna 2000 koulun tiloissa sijaitseva asunto on muutettu luokkahuoneeksi,
- vuonna 2002 kaikissa kerroksissa sekä julkisivuille on tehty muutostöitä,
- vuonna 2009 tiloihin on tehty muutoksia. (Helsingin rakennusvalvontaviraston arkisto 2021)

Kun tarkastellaan kohteesta otettuja valokuvia, voidaan todeta, että tiloihin on lisätty absorptiomateriaalia rakennuksen valmistumisvuoden jälkeen.

Rakennepiirustuksista voidaan päätellä, että koulurakennuksessa on käytetty välipohjarakenteena betonilaattoja. Muiden rakenteiden osalta aistinvaraisesti voidaan havainnoida, että koulurakennus on kivirakenteinen. Leikkauspiirustuksien korkomerkitöjä sekä pdf-lukijan mittaustyökälyä hyödyntämällä tutkitun välipohjarakenteen paksuudeksi saadaan noin 510 mm (Helsingin rakennusvalvontaviraston arkisto 2021).

Vastaanotto- ja lähetystiloina ääneneristävyyksmittauksissa toimineet luokkahuoneet ovat kokoluokaltaan ja sisustukseltaan keskenään samankaltaisia. Luokkien yhdellä seinällä sijaitsee ikkunoita. Luokkien seinärakenteet ovat kivisiä ja tilojen kattoon on asennettu ääntä vaimentavaa mineraalivillalevyä lähes koko katon alalle. Lattiamateriaalina tiloissa on muovimatto. Kaikissa luokkatiloissa katossa on alas laskettu osa, jossa todennäköisesti kulkee rakennuksen ilmastointikanavat. Tutkimushetkellä luokkatilat oli kalustettu kovapintaisilla kalusteilla kuvan 19 mukaisesti. Katselmuksen aikana voitiin havaita, että liikenteen äänet kantautuivat tontin viereiseltä kadulta luokkatiloihin.

Kohteen ruokasalin seinät ovat kivirakenteiset ja tilan kattoon on asennettu ääntä vaimentavaa mineraalivillalevyä lähes koko katon alalle. Tilassa sijaitsee alas laskettu katon osa kuvan 20 mukaisesti, jossa todennäköisesti kulkee rakennuksen ilmanvaihtokanavat. Yhdellä ruokasalin seinällä sijaitsee ikkunoita ja ikkunoille oli mittaushetkellä

ripustettu ikkunaverhot. Katselmuksessa voitiin todeta, että lattiamateriaalina toimii lino-leumi. Tutkimushetkellä tila oli kalustettu kovapintaisilla penkeillä ja pöydillä, joiden lisäksi saliin oli sijoitettu jakelulinjasto sekä kylmälaitteita. Lisäksi tilan katselmuksessa voitiin havaita, että jokin tilaan sijoitetuista jääkaapeista piti kovaa jatkuvaa ääntä.

Kohteen liikuntasali sijaitsee vuonna 1985 rakennetussa erillisessä rakennuksessa. Liikuntasalin molemmilla reunoilla kulkee matalammat käytäväosat ja tilan keskellä sijaitsee itse korkea sali. Salin seinärakenteet ovat kivisiä ja osassa seiniä on havaittavissa muurattua tiilirakennetta. Kattoon liikuntasalissa on asennettu puurimoitusta eikä kuvista voida havaita, kulkeeko rimoituksen takana talotekniikkaa tai sijaitseeko rimoituksen takana ääntä vaimentavaa materiaalia. Salin pidemmän sivun seinillä sijaitsee ikkunoita verhoineen kuvan 21 mukaisesti. Lattiamateriaalina liikuntasalissa on puinen parketti.

Kohdekoulun aulatilassa on kiviset seinärakenteet ja aula on erotettu eteistilasta sekä porraskäytävästä avoimilla holvikaarilla kuvan 22 mukaisesti. Aulan kattoon on asennettu ääntä vaimentavaa mineraalivillalevyä noin 75 % katon alasta. Lattiamateriaalina aulassa on muovimatto. Yhdessä aulan nurkassa sijaitsee erillinen umpinainen vahtimestarin tila. Yhdellä aulatilan seinällä on ikkunoita. Mittaushetkellä aula oli kalustettu kovapintaisilla kalusteilla, joiden lisäksi tiloissa oli sohva sekä ikkunaverhoja.



Kuva 19, 20, 21 ja 22: Kohteessa D mitatut tilat.

Kohteessa suoritettiin ilma- ja askelääneneristysmittauksia luvussa 3.3 esiteltyjen suunnitien mukaisesti, minkä lisäksi vastaanottotilana ääneneristysmittauksissa toimineessa luokkahuoneessa mitattiin puheensiirtindeksin STI arvo. Vastaanottotilana toimineessa luokkahuoneessa, kohteen aulassa, liikuntasalissa sekä ruokasalissa mitattiin tilojen jälkikaiunta-ajat.

5.5 Kohde E

Kohde E on vuonna 1939 valmistunut koulurakennus. Tutkimuksen toteutushetkellä rakennuksesta oli käytettävissä arkkitehtipiirustuksia vuosilta 1964 ja 2006. Aineisto on peräisin Helsingin rakennusvalvonnan arkistosta. Tutkimushetkellä koulu ei ollut enää alkuperäisessä kunnossa, vaan säilyneestä suunnitteluaineistosta voitiin huomata, että kohteessa on suoritettu ainakin seuraavia korjaus- ja parannustoimenpiteitä:

- vuonna 1964 ja 2006 tiloihin on tehty muutostöitä, kuten ilmanvaihdon perusrannus,
- lisäksi edellä mainittujen vuosien välillä koulurakennuksen tilajaot ovat muuttuneet, kun pohjapiirustuksia verrataan toisiinsa. (Helsingin rakennusvalvontaviraston arkisto 2021)

Kun tutkitaan kohteesta otettuja valokuvia, voidaan huomata, että tiloihin on lisätty rakennusajankohdan jälkeen absorptiomateriaalia.

Kohteesta ei ollut käytettävissä rakennepiirustuksia, mutta vuoden 1964 leikkauspiirustuksista voidaan mitata tutkittujen välipohjarakenteiden paksuudet käyttäen piirustusten korkomerkitöjä sekä pdf-lukijan mittaustyökalua. Juhla- ja liikuntasalin välillä välipohjarakenteen paksuus on 840 mm ja luokkahuoneiden välillä 410 mm. (Helsingin rakennusvalvontaviraston arkisto 2021) Aistinvaraisesti voidaan havainnoida, että rakennus on kivirakenteinen.

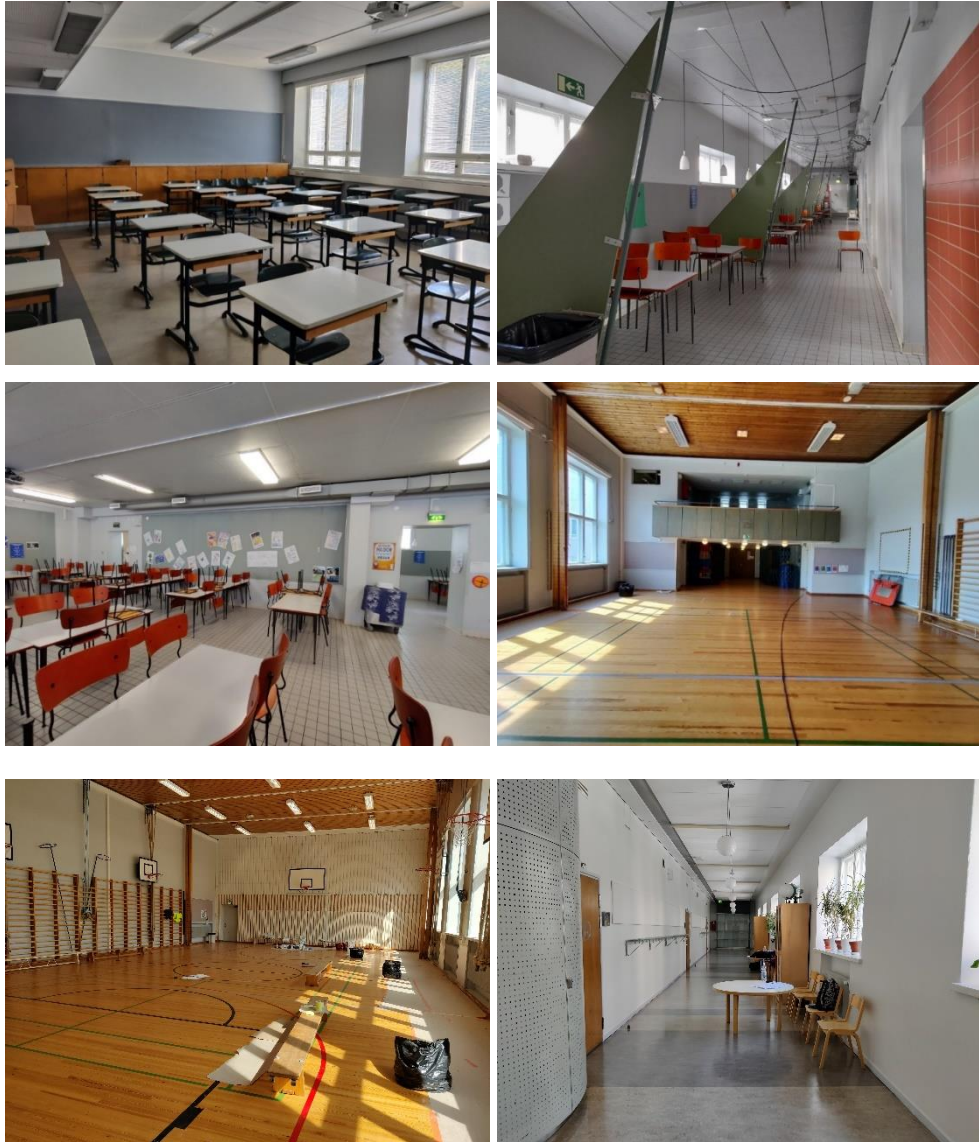
Vastaanottotilana sekä lähetystiloina vaaka- ja pystysuuntaisissa ääneneristävyyssmittauksissa toimivat luokkahuoneet ovat keskenään samankaltaisia. Tilojen sisustus on nähtävissä kuvassa 23. Tilat ovat rakenteiltaan kivisiä ja niiden kattoon on asennettu ääntä vaimentavaa mineraalivillalevytystä noin puolet katon alasta. Tilojen yhdellä seinällä sijaitsee ikkunoita. Lattiamateriaalina tiloissa on muovimatto. Tutkimushetkellä tilat oli kalustettu kovapintaisilla tuoleilla ja pulpeteilla, joiden lisäksi tiloissa oli muita kovapintaisia kalusteita. Tilojen katossa kulkee kotelointi, jonne on sijoitettu ilmastointikanavia. Kanavat kulkevat koteloinnista päätellen luokkahuoneita erottavan väliseinärakenteen läpi. Katselmuksen aikana oli havaittavissa, että luokkatiloihin kuului muun muassa linnun laulua.

Koulurakennuksen ruokasali on kaksiosainen kuvien 24 ja 25 mukaisesti. Molempien ruokasalin osien yhdellä seinällä sijaitsee ikkunoita. Salien rakenteet ovat kiviset ja lattia laatoitettu, mutta ruokasalin kattoon on asennettu sen koko alalle ääntä vaimentavaa mineraalivillalevyä. Tilat oli mittaushetkellä kalustettu kovapintaisilla penkeillä ja tuoleilla, joiden lisäksi suuremmissa ruokasalin osassa sijaitsi linjasto sekä joitain kylmälaitteita. Pienemmässä salin osassa sijaitsi kovapintaisia puisia tilanjakajia kuvan 24 mukaisesti. Ruokasalin kahta osaa yhdistää kaksi kulkuaukkoa, kuten kuvasta 25 voidaan havaita.

Kohteessa E on sekä liikunta-, että juhlasali, jotka on sijoitettu rakennuksessa päällekkäin. Juhlasalin yhdellä seinällä sijaitsee suuret ikkunat. Juhlasalin katto on puupaneloitu, minkä lisäksi salin lattiamateriaalina toimii puinen parkettilattia. Muilta osin tilan rakenteet ovat kivisiä, eikä tilaan ole asennettu erillistä ääntä vaimentavaa pintaa. Tilan toisessa päässä sijaitsee näyttämö, joka mittaushetkellä oli suljettu raskaalla näyttämöverholla. Lisäksi salin sisäänkäynnin yläpuolelle on sijoitettu erillinen katsomoparvi, jonka alapuolelle sisäänkäynti jää syvennykseen. Parvi ja tilan sisustus on nähtävissä kuvassa 26. Katselmuksen aikana oli havaittavissa, että juhlasalin ilmastointikanavista kuului erittäin selkeästi matalataajuinen ääni.

Liikuntasalin yhdellä seinällä sijaitsee juhlasalin tapaan suuret ikkunat. Myös liikuntasalin kattoon on asennettu puupaneelit ja salin lattiamateriaalina on puinen parketti. Salin sisäänkäyntiä vastapäätä sijaitsevalle seinälle on asennettu puurimoitusta, jonka taakse sijoitetusta mahdollisesta ääntä vaimentavasta materiaalista ei kuvien perusteella ole varmuutta. Muilta osin salin rakenteet ovat kivisiä eikä tilaan ole asennettu erillistä absorptiomateriaalia. Salin sisäänkäynnin yläpuolella olevassa katossa on useita ilmanvaihdon tuloilmaventtiileitä. Liikuntasalin sisustus on nähtävissä kuvassa 27.

Tutkimuksen kohteena oleva käytävä on suljettu ja pitkä käytävätila, jonka toisella pidemmistä sivuista sijaitsee ikkunoita. Käytävän seinärakenteet ovat kivisiä ja lattiamateriaalina tilassa on muovimatto. Kattoon käytävälle on asennettu ääntä vaimentavaa mineraalivillalevyä koko katon alalle. Tutkimushetkellä käytävällä oli kovapintaisia kalusteita, kuten pöytiä, penkkejä sekä suuria kaappeja. Toiseen käytävän päähän oli mittaushetkellä sijoitettu suuri lasivetriini, jonka lisäksi käytävän ikkunalaudoilla oli useita huonekasveja. Mitattu käytävätila on nähtävissä kuvassa 27. Kuten luokkatiloihin, myös käytävään kuului muun muassa lintujen laulua.



Kuvat 23, 24, 25, 26, 27 ja 28: Kohteessa E mitatut tilat.

Kohteessa suoritettiin ilma- ja askelääneneristysmittauksia luvussa 3.3 esitettyjen suuntien mukaisesti, minkä lisäksi vastaanottotilana ääneneristysmittauksissa toimineessa luokkahuoneessa mitattiin puheensirtoindeksin STI arvo. Kohteessa mitattiin myös juhlasalin ja liikuntasalin välisen välipohjan ilma- ja askelääneneristävyys pystysuunnassa. Vastaanottotilana toimineessa luokkahuoneessa, käytävässä, liikuntasalissa, juhlasalissa sekä molemmissa ruokasalien osissa mitattiin tilojen jälkikaiunta-ajat.

5.6 Kohde F

Kohde F on vuonna 1954 valmistunut koulurakennus. Rakennuksesta oli tutkimushetkellä käytettävissä arkkitehtipiirustuksia vuosilta 2004 ja 2017. Nämä suunnitteluasiakirjat ovat peräisin Helsingin rakennusvalvonnan arkistosta. Kun tutkittiin säilyneitä suun-

nitteluasiakirjoja, voitiin huomata, että tutkimushetkellä koulurakennus ei ollut enää alkuperäisessä kunnossa, vaan kohteessa on suoritettu ainakin seuraavia korjaus- ja parannustoimenpiteitä:

- vuonna 2004 on tehty muun muassa rakennuksen tilojen käyttötarkoituksen muutoksia,
- vuonna 2017 rakennuksen julkisivua on korjattu sekä rakennukseen on lisätty muun muassa uusi hormilinja. (Helsingin rakennusvalvontaviraston arkisto 2021)

Kun tutkitaan kohteesta otettuja valokuvia, voidaan huomata, että tiloihin on lisätty absorptiomateriaalia koulun rakennusvuoden jälkeen.

Kohteesta ei ollut tutkimushetkellä käytössä rakennepiirustuksia eikä suunnitteluasiakirjoista löytynyt leikkauspiirustuksia, joista olisi voitu selvittää tutkittujen rakenteiden rakennepaksuuksia. Aistinvaraisesti havainnoimalla sekä valokuvia tarkastelemalla voidaan todeta, että koulurakennus on kivirakenteinen.

Vastaanotto- ja lähetystiloina luokkahuoneiden välisissä ääneneristävyyksmittauksissa toimivat luokkahuoneet ovat kooltaan sekä sisustukseltaan samankaltaisia. Luokkien sisustus on nähtävillä kuvassa 29. Luokkien yhdellä seinällä on ikkunat ja kaikki seinärakenteet ovat kivisiä. Kattomateriaalina luokkahuoneissa on koko katon alalla puumagnesiittilevyt, joilla on ääntä vaimentavia ominaisuuksia. Lattiamateriaalina luokkahuoneissa on muovimatto. Tutkimushetkellä luokkahuoneet oli kalustettu kovapintaisilla pulpeteilla ja penkeillä, minkä lisäksi luokissa oli muita kovapintaisia kalusteita sekä ilmoitustauluja seinillä. Vaakasuuntaisissa ääneneristävyyksmittauksissa lähetystiloina toimivien luokkahuoneen ja käytävän sekä vastaanottotilana toimivan luokkahuoneen välillä oli varastotiloja, joihin oli ovet niin lähetys- kuin vastaanottotiloista. Tästä johtuen ääntä on saattanut mittauksissa kulkeutua tiloihin myös näitä reittejä pitkin.

Koulurakennuksen ruokala on kaksiosainen ja nämä osat ovat sisustukseltaan erilaisia. Osat voidaan erottaa toisistaan siirtoseinällä, joka akustiikan mittausten aikana oli kiinni. Toinen ruokalan osista oli tutkimushetkellä kalustamaton lukuun ottamatta tilaan sijoitettua jakelulinjastoa ja toinen oli kalustettu kovapintaisilla penkeillä sekä pöydillä. Kalustamattoman osan seinärakenteet ovat kivisiä lukuun ottamatta osia erottavaa siirtoseinää. Tilan alakatto on ääntä vaimentavaa mineraalivillalevyä ja lattiamateriaalina tilassa on muovimatto. Kalustamaton osa on esitetty kuvassa 30. Ruokasalin kalustettu osa on harjakattoinen tila, jonka kolmella seinällä sijaitsee siirtoseiniä. Tilan kattorakenne on havaittavissa kuvassa 31. Seinä- sekä palkkirakenteet ovat kivisiä. Kattoon on

asennettu ääntä vaimentavaa mineraalivillalevyä kantavien palkkien kylkiin sekä mahdollisesti palkkien välisille kattoaloille. Lattiamateriaalina kalustetussa salin osassa on puinen parketti.

Kohteessa F on sekä liikunta-, että juhlasali, joissa molemmissa suoritettiin jälkikaiunta-ajan mittaukset. Juhlasalin yhdellä sivulla sijaitsee korkeat ikkunat ulos. Salin seinä- sekä kattorakenteet ovat kivisiä ja yhdellä tilan seinällä sijaitsee siirtoseiniä. Juhlasalin kattoon ei ole lisätty absorptiomateriaalia, vaan ääntä vaimentavia mineraalivillalevyjä on asennettu siirtoseinien yläpuolelle noin puolelle seinän alasta kuvan 32 mukaisesti. Absorptiolevyjen lisäksi salissa vaimentavana pintana toimii ikkuna- ja näyttämöverhot. Lattiamateriaalina tilassa on parketti. Juhlasalissa sijaitsee näyttämö, joka mittaushetkellä oli suljettu verhoihin. Lisäksi mittaushetkellä tilassa oli kovapintaisia penkkejä sekä pöytiä.

Liikuntasalin seinärakenteet ovat kiviset, minkä lisäksi salin päätyihin on asennettu puupanelointi noin puolelle päätyseinien alasta. Yhdellä salin sivuista sijaitsee ikkunat verhoineen. Koko katon alalla liikuntasalissa on ääntä vaimentavaa mineraalivillalevyä ja salin lattiamateriaalina on muovimatto. Mittaushetkellä tilassa oli muutama kovapintainen penkki. Liikuntasali on esitetty kuvassa 33.

Tutkimuksessa mitattu käytävätila on seiniltään kivirakenteinen tila, joka on erotettu porraskäytävästä lasiovin. Tilan kattoon on asennettu ääntä vaimentavaa mineraalivillalevyä ja tilan lattiamateriaalina on muovimatto. Mittaushetkellä käytävällä oli kaksi suurta lasivitriiniä, kovapintaisia pöytiä sekä nahkasohva kuvan 34 mukaisesti.





Kuvat 29, 30, 31, 32, 33 ja 34: Kohteessa F mitatut tilat.

Kohteessa suoritettiin ilma- ja askelääneneristysmittauksia luvussa 3.3 esitettyjen suuntien mukaisesti, minkä lisäksi vastaanottotilana ääneneristysmittauksissa toimineessa luokkahuoneessa mitattiin puheensiirtaindeksin STI arvo. Vastaanottotilana toimineessa luokkahuoneessa, käytävässä, liikunta- ja juhlasalissa sekä molemmissa ruokasalin osissa mitattiin tilojen jälkikäivunta-ajat.

5.7 Kohde G

Kohde G on vuonna 1961 valmistunut koulurakennus. Tutkimuksen toteutushetkellä koulusta oli käytettävissä sen rakennepiirustukset vuonna 2005 toteutetusta perusparannuksesta sekä arkkitehtipiirustuksia vuosilta 2003 sekä 2006. Aineisto on peräisin Helsingin rakennusvalvonnan arkistosta. Tutkimushetkellä koulu ei ollut enää alkuperäisessä kunnossa, vaan säilyneestä suunnitteluaineistosta voitiin nähdä, että kohteessa on suoritettu ainakin seuraavia korjaus- ja parannushankkeita:

- IV-konehuoneeseen on toteutettu uusi maanvarainen betonilaatta ja koulun sisätiloihin rakennettu lasiseiniä vuonna 2003.
- Koulussa on uusittu alakattoja, palo-osastointeja ja pintamateriaaleja, minkä lisäksi koulun keittiö on peruskorjattu sekä ikkunat käsitelty sisäpuolelta vuonna 2006. Samana vuonna koulun ilmanvaihtokoneistoa on parannettu ja piha-alueille suoritettu parannustoimenpiteitä.

- Lisäksi lähetyshuoneena pystysuuntaisissa ääneneristysmittauksissa toiminut luokkahuone on pohjapiirustusten mukaan remontoitu vuonna 1998. (Helsingin rakennusvalvontaviraston arkisto 2021)

Kun tutkitaan kohteesta otettuja valokuvia, voidaan huomata, että luokkahuoneissa, ruokalassa sekä liikuntasalissa kattoihin ei ole sijoitettu absorptiomateriaalia. Vastaanotto-tilana ääneneristävyysmittauksissa toimineen luokkahuoneen vieressä sijaitsevan käytävän alakatto on uusittu vuonna 2003 (Helsingin rakennusvalvontaviraston arkisto 2021).

Kun tutkitaan koulukohteen rakennepiirustuksia vuodelta 2005 sekä kohteesta otettuja kuvia, voidaan tutkituista rakenteista tehdä päätelmiä niiden materiaaleista sekä rakennepaksuuksista. Rakennepiirustuksissa kantavana välipohjana toimii 150 mm paksu teräsbetoni-laatta, joten tutkitun välipohjarakenteen voidaan arvioida koostuvan ainakin lähetyshuoneen muovimatosta, 150 mm paksusta teräsbetoni-laatasta sekä vastaanottohuoneen katon sisäverhouksena toimivasta puupaneloinnista.

Luokkahuoneiden väliseen tutkittuun väliseinärakenteeseen rakennepiirustukset eivät anna suoraa vastausta, sillä piirustuksissa esitetään erilaisia muurattuja tiili- ja si-porexharkkorakenteita ja valokuvia tutkimalla väliseinissä on havaittavissa muottipintaa muistuttava pintakuviointi. Voidaan todeta, että tutkittu väliseinärakenne on kivirakenteinen. Väliseinärakenne tutkitun käytävän ja luokkahuoneen välillä on lasiseinärakenne, jossa lasitukset ovat kiinnitettynä teräsrunkoon. Katselmuksen aikana voitiin todeta, että rakenteessa on käytetty vain yhtä ikkunalasia. Lasiseinärakenne on nähtävissä kuvassa 35.

Rakennepiirustuksissa olemassa oleva alapohjarakenne koostuu ylhäältä alaspäin lueteltuna muovimatosta, 60 mm paksusta teräsbetoni-laatasta, 100 mm Leca-soräytöstä, kosteuseristyksestä, 80 mm paksusta teräsbetoni-laatasta ja tiivistetystä alustäytöstä. Oletetaan, että tutkittu alapohjarakenne luokkatilojen ja käytävän sekä luokkatilan välillä on tämän mukainen.

Vastaanotto- ja lähetystilana vaakasuuntaisissa ääneneristysmittauksissa toimineet luokkahuoneet olivat sisustukseltaan ja geometrialtaan samankaltaisia. Luokkien sisustus on nähtävissä kuvassa 36. Tilojen seinärakenteet ovat kivirakenteisia pois luki luokkahuoneita ja käytävää erottava lasiseinärakenne. Yhdellä luokkahuoneen seinällä sijaitsee ikkunoita. Kuvasta 36 voidaan myös huomata, että luokkahuoneen katto on puupaneloitu ja lattiamateriaalina on vihreä muovimatto. Sekä vastaanotto-, että lähetystila olivat tutkimushetkellä kalustettu valokuvien mukaisesti. Luokassa sijaitsevat kalusteet olivat kovapintaisia.

Lähetystilana pystysuuntaisissa ääneneristysmittauksissa toiminut luokkahuone on pinta-alaltaan ja tilavuudeltaan vaakasuuntaisten mittausten tiloja suurempi ja sen keskiosassa sijaitsee korotettu katto-osa reuna-alueiden ollessa huonekorkeudeltaan matalampia. Lähetystilan molemmilla sivuilla sijaitsee ikkunoita ja sen lattiamateriaalina on muovimatto.

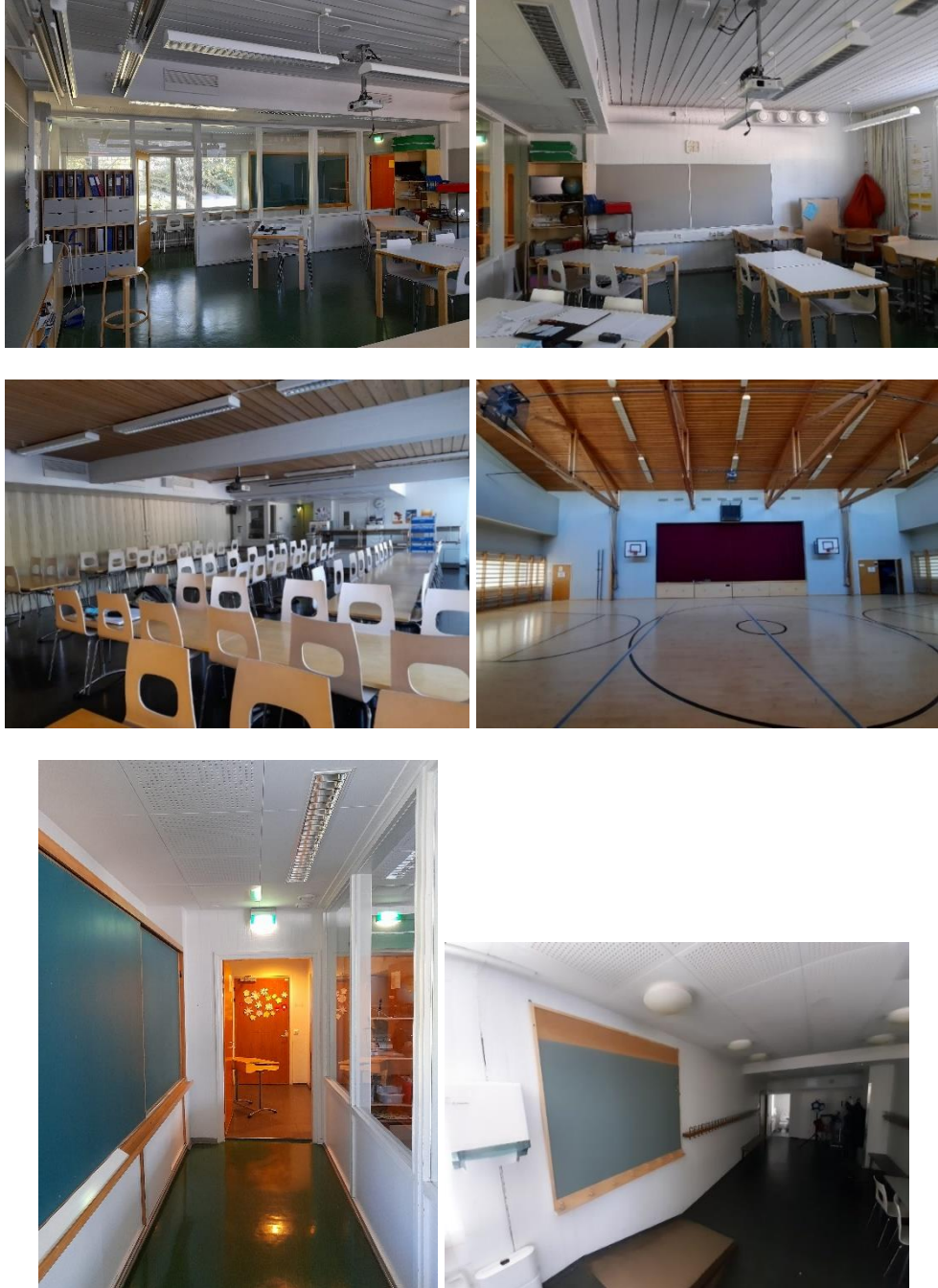
Koulukohteessa sijaitsevan ruokasalin kaksi seinää ovat lasiset. Toisella seinällä sijaitsee lattiasta kattoon ulottuvia ikkunoita ja toisella lasiseinä muihin koulurakennuksen tiloihin. Yhdellä salin seinällä on siirtoseinä, joka erottaa kohteen ruoka- ja liikuntasalin toisistaan. Kuten luokkahuoneisiin, myös ruokasalin korkeampaan katon osaan on sijoitettu puupaneelit kuvan 37 mukaisesti, minkä lisäksi lattiamateriaalina tilassa on muovimatto. Ruokasalin alas laskettuihin alakattorakenteisiin on asennettu reikäkipsilevyä, jonka taakse asennetusta ääntä vaimentavasta materiaalista ei saada varmuutta aistinvaraisesti ja kuvia havainnoimalla tai tutkimalla kohteen suunnitteluasiakirjoja. Nämä alakattorakenteet ovat nähtävissä kuvissa 41 ja 42. Reikäkipsilevy on mahdollisesti lisätty keittiön peruskorjauksen aikana. Ruokasalin kalusteet olivat kovapintaisia. Kalusteiden lisäksi tiloissa sijaitsevat linjasto sekä joitain kylmälaitteita.

Kohteen liikuntasalin huonekorkeus kasvaa viistosti salin toisesta reunasta toiseen reunaan. Katossa sijaitsee suuret puuristikot, joiden lisäksi koko katto on peitetty puupaneelilla kuvan 38 mukaisesti. Lattiamateriaalina liikuntasalissa toimii puinen parkettilattia. Salin seinäpinnat ovat kipsilevykoteloiteja lukuun ottamatta kivirakenteiset ja salin kolmella seinällä sijaitsee ikkunoita. Seinälle, joka erottaa ruoka- ja liikuntasalin toisistaan, on asennettu siirtoseinä. Siirtoseinää vastapäätä salissa sijaitsee kiinteä näyttämö, joka tutkimushetkellä oli suljettu massiivisilla näyttämöverhoilla. Verhojen ja siirtoseinän lisäksi tilassa ei ole muita ääntä vaimentavia materiaaleja.

Tutkimuksissa käytettiin kahta kohteen käytävätilaa, joista toinen toimi lähetystilana vaakasuuntaisissa ääneneristysmittauksissa luokkahuoneeseen ja toinen käytävätilojen jälkikaiunta-ajan mittaamiseen. Lähetystilana ääneneristysmittauksissa toiminut käytävätila on kapea ja pitkä lasiseinällä luokkahuoneesta erotettu tila, jonka toisella seinällä sijaitsee kiintokalusteita sekä ikkuna kuvan 39 mukaisesti. Käytävän molemmissa päissä sijaitsee ovet muihin koulurakennuksen tiloihin. Kolmasosa käytävän alakatosta on reikäkipsilevyä. Lattiamateriaalina käytävätilassa on muovimatto.

Jälkikaiunta-ajan mittaukseen käytetty käytävätila on osa koulurakennuksen eteisaulaa, josta käytävä on erotettu kahdella porraskäytävällä. Eteisaulaa sekä käytävätilaa ei ole erotettu toisistaan erillisellä rakenteella, vaan ääni pääsee leviämään käytävästä aulatilaan. Käytävän seinärakenteet ovat kiviset, minkä lisäksi lattiamateriaalina

on muovimatto. Käytävän alakattoon on asennettu koko katon alalle reikäkipsilevyä ja alakatto sijaitsee kahdella eri korkeudella kuvan 40 mukaisesti. Käytävällä sijaitsi mitaushetkellä kovapintaisia kalusteita, kuten penkkejä ja pöytä. Jälkikäiunta-aika mitattiin käytäväalueella, joka rajautuu aulasta porrasaskelmilla.



Kuvat 35, 36, 37, 38, 39 ja 40: Kohteessa G mitatut tilat.



Kuvat 41 ja 42: Kohteen G ruokasalin alakattomateriaaleja.

Kohteessa suoritettiin ilma- ja askelääneneristysmittauksia luvussa 3.3 esitettyjen suuntien mukaisesti, minkä lisäksi vastaanottotilana ääneneristysmittauksissa toimineessa luokkahuoneessa mitattiin puheensiiroindeksiin STI arvo. Vastaanottotilana toimineessa luokkahuoneessa, käytävässä, liikuntasalissa sekä ruokasalissa mitattiin tilojen jälkikaiunta-ajat.

5.8 Kohde H

Kohde H on vuonna 1969 valmistunut koulu. Kohteesta oli tutkimushetkellä käytävissä arkkitehtipiirustuksia vuosilta 1968, 1996, 2002 ja 2008 sekä rakennepiirustuksia vuodelta 2009. Suunnitteluasiakirjat ovat Helsingin rakennusvalvonnan arkistosta. Tutkimushetkellä koulukohde ei ollut alkuperäisessä kunnossa, vaan säilyneitä suunnitteluasiakirjoja tutkimalla voitiin todeta, että kohteessa on tehty ainakin seuraavia muutos- ja parannustoimenpiteitä:

- vuonna 1996 on tehty muutoksia tiloihin sekä lämmönjakohuoneen välipohjaan,
- vuonna 2002 koulukohteeseen on suoritettu perusparannus koko rakennukseen,
- vuonna 2008 on tehty muutoksia koulun pääaulaan ja rakennuksen tilajakoon sekä uusittu yläpohjarakenteita. (Helsingin rakennusvalvontaviraston arkisto 2021)

Tutkimalla kohteesta otettuja valokuvia voidaan todeta, että tiloihin on lisätty absorptiomateriaalia kohteen rakennusvuoden jälkeen.

Vuodelle 2009 päivätyistä rakennelikkauspiirustuksista voidaan päätellä tutkittujen rakenteiden rakennetyypit sekä -paksuudet. Tutkittu välipohjarakenne pystysuuntaisissa luokkahuoneiden välisissä mittauksissa on ylhäältä alaspäin lueteltuna muovimatto, 150 mm teräsbetoni-laatta sekä 50 mm ääntä vaimentava materiaali vastaanotto-luokan alakatossa. Väliseinärakenne vaakasuuntaisissa luokkahuoneen ja käytävän vä-lisissä mittauksissa on muurattu tiiliseinä, jonka yläosasta 810 mm on betonia. Luokka-huoneiden välistä väliseinärakennetta ei voida lukea rakennepiirustuksista suoraan, mutta aistinvaraisesti havainnoimalla sekä kohteesta otetuista valokuvista voidaan pää-tellä seinän olevan kivirakenteinen. Alapohjarakenteena käytävällä on muovimatto sekä 130 mm teräsbetoni-laatta ja luokkahuoneen puolella muovimatto, 200 mm kelluva teräs-betoni-laatta sekä 140 mm teräsbetoni-laatta. Mittauksen lähetys- ja vastaanottotiloina käytetyissä luokkahuoneissa on kaikissa samanlainen lattiarakenne. (Helsingin raken-nusvalvontaviraston arkisto 2021)

Vastaanotto- ja lähetystiloina mittauksissa käytetyt luokkahuoneet ovat kokoluo-kaltaan ja sisustukseltaan samankaltaisia. Kaikissa luokkahuoneissa sijaitsee ikkunat yhdellä luokan seinällä ja seinärakenteet ovat kivisiä. Lähetystilana vaakasuuntaisissa ääneneristävyysmittauksissa käytetyssä luokkahuoneessa yksi seinä on siirtoseinä. Ti-loissa on ikkuna käytävään luokkahuoneeseen johtavan oven vieressä kuvan 43 mukai-sesti. Lattiamateriaalina tiloissa on muovimatto ja tilojen alakatot ovat puumagnesiittile-vyä koko katon alalta. Tutkimushetkellä tilat oli kalustettu kovapintaisilla kalusteilla.

Kohteessa mitattu ruokasali on suuri avonainen tila, jonka yhteydessä sijaitsee myös aulatila. Yksi ruokasalin seinä on ikkunalasisitusta, minkä lisäksi tiloja on erotettu ruokasalista lasisilla liukuovilla kuvan 44 mukaisesti. Ruokasalin seinärakenteet ovat ki-virakenteisia ja lattiamateriaalina tilassa on muovimatto. Koko katon alalla ruokasalissa on mikroperforoitua levyä. Alakattorakenne on nähtävissä kuvassa 46. Tutkimushetkellä tila oli kalustettu kovapintaisilla pöydillä, joiden lisäksi tilassa sijaitsi kaksi jakelulinjastoa. Katselmuksen aikana oli havaittavissa, että tiloihin kantautui ulkoa muun muassa linnun laulua ja ruokasalin ilmanvaihdosta kuului korkeataajuinen jatkuva ääni.

Kohteen liikuntasalin alakatto koostuu kahdesta tasaisesta alueesta sekä näiden väliin sijoitetusta korkeammasta osasta. Kaikki nämä osat olivat korkeudeltaan erilaisia. Liikuntasalin yhdessä nurkassa sijaitsee sisäänkäynti sekä ikkunat ulos ja tilassa on näyttämö, jota mittaushetkellä ei suljettu näyttämöverhoin. Mitatusta liikuntasalista ei ole valokuvia. Katselmuksen aikana oli havaittavissa, että tilaan kantautui ulkoa muun mu-assa linnun laulua.

Koulukohteessa mitatun käytävän seinärakenteet ovat kivisiä, minkä lisäksi yhdellä käytävän seinällä sijaitse matalat ikkunat lähellä tilan kattoa kuvan 45 mukaisesti. Lattiamateriaalina käytävällä on muovimatto ja alakattoon on asennettu noin puolelle katon alasta samanlaista mikroperforoitua levyä kuin ruokasalissa. Käytävä on rajattu toisesta päästään palo-ovella ja noin puolessa välissä käytävää sijaitsee avoin porraskäytävä sekä käytävä, jonka varrella sijaitsee wc-tiloja. Tutkimushetkellä portaiden alla oli muutamia tekstiilipintaisia penkkejä sekä pöytä, mutta muilta osin käytävä oli kalustamaton. Katselmuksen aikana oli havaittavissa, että käytävällä ilmanvaihdon ääni oli huomattavasti äänekkäämpi kuin esimerkiksi luokkatiloissa.



Kuvat 43, 44 ja 45: Kohteessa H mitattuja tiloja.



Kuva 46: Kohteen H ruokasalin alakattorakenne.

Kohteessa suoritettiin ilma- ja askelääneneristysmittauksia luvussa 3.3 esitettyjen suuntien mukaisesti, minkä lisäksi vastaanottotilana ääneneristysmittauksissa toimineessa luokkahuoneessa mitattiin puheensiirotindeksi STI arvo. Vastaanottotilana toimineessa luokkahuoneessa, käytävässä, liikuntasalissa sekä ruokasalissa mitattiin tilojen jälkikaiunta-ajat.

5.9 Kohde I

Kohde I on vuonna 1970 valmistunut koulurakennus. Rakennuksesta on säilynyt arkkitehtipiirustuksia vuosilta 1968, 1974, 1978, 1999, 2006 sekä 2012 ja näitä tutkimalla voitiin todeta, että rakennus ei ollut tutkimushetkellä alkuperäisessä kunnossa. Arkkitehtipiirustukset ovat peräisin Helsingin rakennusvalvonnan arkistosta. Säilyneitä suunniteluasiakirjoja tutkimalla voitiin todeta ainakin seuraavat korjaus- tai muutostyöt, joita kohteessa on suoritettu:

- vuosina 1978, 1999 ja 2012 on tehty tilamuutoksia,
- vuonna 2006 keittiötiloissa on suoritettu perusparannushanke. (Helsingin rakennusvalvontaviraston arkisto 2021)

Kohteesta ei tutkimushetkellä ollut käytettävissä rakennepiirustuksia, mutta rakenteista pystytään päättelemään arkkitehtipiirustuksista löytyvien leikkauspiirustusten merkintöjen avulla tietoja. Vuodelle 1968 päivättyjen piirustusten mukaan tutkittu välipohjarakenne luokkahuoneiden välisissä pystysuuntaisissa ääneneristävyysmittauksissa on ylhäältä alaspäin lueteltuna muovimatto, 40 mm tasausbetoni ja 160 mm teräsbetoni-laatta. Vaakasuuntaisissa ääneneristävyysmittauksissa käytettyjen luokkahuoneiden alapohjarakenteeksi on merkitty ylhäältä alaspäin lueteltuna muovimatto, 60 mm tasausbetoni, 20 mm kevytsorabetoni, muovikalvo, 160 mm teräsbetoni-laatta ja sorastus. Samoihin piirustuksiin on merkitty tutkitun käytävärakenteen kattoon akustinen käsittely. Lisäksi liikuntasaliin on merkitty mineraalivillaa katon puulaudoituksen taakse. (Helsingin rakennusvalvontaviraston arkisto 2021) Väliseinärakenteisiin piirustukset eivät ota kantaa, mutta kohteesta otettuja valokuvia tarkastelemalla voidaan todeta väliseinärakenteiden olevan muurattuja tiiliseiniä.

Lähetys- ja vastaanottotiloina luokkahuoneissa suoritetuissa akustisissa mittauksissa toimineet luokat ovat suuruusluokaltaan ja sisustukseltaan samankaltaisia. Yhdellä seinällä luokkatiloissa sijaitsee ikkunat, minkä lisäksi seinärakenteet ovat muurattua tiiliseinää ja betonia. Käytävän ja luokkahuoneen välisessä erottavassa rakenteessa on katon rajassa kulkeva ikkunalinja tiloihin johtavien ovien yläpuolella kuvan 47 mukaisesti.

Lattiamateriaalina tiloissa on muovimatto ja katon alasta noin puolet on ääntä vaimentavaa mineraalivillalevyä. Tutkimushetkellä tilat oli kalustettu kovapintaisilla kalusteilla. Absorptiolevyjen lisäksi tiloissa ääntä vaimentavina pintoina oli esimerkiksi ikkunaverhoja.

Luokkatiloja ja käytävää erottavassa rakenteessa on jokaisessa luokkahuoneessa läpivienti ilmastointikanaville. Läpivientien kohdalla seinärakenteena toimii vanerilevy, jossa läpivienti on tiivistetty vain käytävän puolelta kuvien 53 ja 54 mukaisesti.

Kohteen ruokasali on korkea tila, jonka kahdella seinällä sijaitsee ikkunat. Yksi tilan seinistä on nostettava siirtoseinä, joka erottaa ruoka- ja liikuntasalin toisistaan. Neljännellä seinällä sijaitsee puupanelointia. Tilan alakatto sijaitsee kolmella eri korkeudella kuvien 51 ja 52 mukaisesti ja katossa on puulaudoitusta, jonka takana oletetaan sijaitsevan ääntä vaimentavaa materiaalia suunnitteluasiakirjojen mukaisesti. Lattiamateriaalina tilassa on muovimatto. Tutkimushetkellä tila oli kalustettu kovapintaisilla kalusteilla, minkä lisäksi tilassa sijaitsi jakelulinjasto, kylmälaitteita sekä muutama huonekasvi. Ruokasalin sisustus on nähtävissä kuvassa 48. Katselmuksen aikana oli havaittavissa, että ruokasalin ilmanvaihdosta kuului kova jatkuva ääni ja ilmanvaihdon putket vaikuttivat resonoivan koko ajan.

Koulukohteen liikuntasalin seinärakenteet ovat kivisiä lukuun ottamatta ruoka- ja liikuntasalia erottavaa siirtoseinää. Noin puolet salin molemmista pidemmistä seinistä on ikkunapinta-alaa kuvan 49 mukaisesti ja mittaushetkellä osa ikkunoista oli suljettu raskain verhoin. Lattiamateriaalina tilassa on puinen parketti ja katossa on ruokasalin tapaan puulaudoitusta. Lisäksi salissa sijaitsee näyttämö, jota ei tutkimushetkellä suljettu näyttämöverhoilla, joita tilasta löytyi näyttämön lisäksi näyttämön aukon molemmilta puolilta.

Tutkitun käytävän seinärakenteet ovat muurattua tiiliseinää, minkä lisäksi käytävän varrella sijaitsevien luokkahuoneiden ovien yläpuolella sijaitsee ikkunoita luokkahuoneisiin kuvan 50 mukaisesti. Lattiamateriaalina tilassa on muovimatto ja katon pinta-alasta noin neljännes on betonia ja loput puupanelointia. Mittaushetkellä käytävä oli kalustettu isoilla puisilla kaapeilla, metallisilla kenkätelineillä sekä muun muassa kova- ja tekstiilipintaisilla penkeillä.



Kuvat 47, 48, 49 ja 50: Kohteessa I mitatut tilat.



Kuvat 51 ja 52: Kohteen I ruokasalin kattorakenteita.



Kuvat 53 ja 54: Ilmastointikanavien läpivienti luokkahuoneisiin kohteessa I.

Kohteessa suoritettiin ilma- ja askelääneneristysmittauksia luvussa 3.3 esitettyjen suuntien mukaisesti, minkä lisäksi vastaanottotilana ääneneristysmittauksissa toimineessa luokkahuoneessa mitattiin puheensiirtoindeksin STI arvo. Vastaanottotilana toimineessa luokkahuoneessa, käytävässä, liikuntasalissa sekä ruokasalissa mitattiin tilojen jälkikaiunta-ajat.

5.10 Kohde J

Kohde J on koulurakennus, joka koostuu vuonna 1987 rakennetusta alkuperäisestä koulurakennuksesta sekä vuonna 1998 siihen liitetystä laajennusosasta. Tutkituista tiloista ruokasali sijaitti alkuperäisessä koulurakennuksessa ja loput laajennusosassa. Tutkimushetkellä koulukohteesta oli käytävissä arkkitehtipiirustuksia vuosilta 1986, 1987, 1989, 1994 ja 1998 sekä rakennepiirustuksia vuodelta 1997. Suunnitteluasiakirjat ovat peräisin Helsingin rakennusvalvonnan arkistosta. Säilyneistä suunnitteluasiakirjoista nähdään, että kohteeseen on vuonna 1998 rakennettu laajennusosa, minkä lisäksi alkuperäinen koulurakennus on peruskorjattu. (Helsingin rakennusvalvontaviraston arkisto 2021)

Kun tutkitaan kohteesta säilyneitä rakennepiirustuksia, voidaan tutkittujen välipohjarakenteiden rakennetyypit sekä -paksuudet todeta. Välipohjarakenne pystysuuntaisissa ääneneristävyysmittauksissa ylhäältä alaspäin lueteltuna on muovimatto, pintabetoni, 265 mm ontelolaatta, 50 mm mineraalivilla ja teräsranka 600 mm jakovälillä, kipsilevy 10 mm ja alakaton pintakäsittely sekä vaimennusverhous. Välipohjarakenne vaakasuuntaisissa ääneneristävyysmittauksissa käytetyissä luokkahuoneissa on ylhäältä alaspäin lueteltuna muovimatto, pintabetoni, 265 mm ontelolaatta, kaksi kappaletta 50

mm mineraalivillakerroksia ja ristiin asennetut teräsraangat 400 mm ja 600 mm jakoväleillä, 13 mm kipsilevy, 10 mm kipsilevy sekä pintakäsittely ja vaimennusverhous. Vaakasuuntaisten ääneneristävyysmittausten lähetystilana käytetyn käytävän välipohjarakenne on sama kuin pystysuuntaisissa ääneneristävyysmittauksissa ja se ulottuu osittain vastaanottotilana käytettyyn luokkahuoneeseen vaihtuen edellä esitettyyn luokkahuoneiden välipohjarakenteeseen. (Helsingin rakennusvalvontaviraston arkisto 2021)

Arkkitehtiopiirustuksiin ei ole merkitty väliseinärakenteiden tyyppiä, jonka vuoksi niitä ei voida lukea suoraan rakennepiirustuksista. Pohjakuvien rasteroinnista sekä kohteesta otettuja valokuvia tarkastelemalla voidaan kuitenkin päätellä, että vaakasuuntaisissa ääneneristävyysmittauksissa tutkittu väliseinärakenne on betonia. Käytävää ja luokkaa erottava rakenne on myös kivirakenteinen, minkä lisäksi osa erottavasta rakenteesta on käytävän huonekorkeuden verran ikkunalasitusta, jonka alapuolelle on asennettu puupaneelia. (Helsingin rakennusvalvontaviraston arkisto 2021)

Kohteen tilajaon vuoksi vaakasuuntaiset ja pystysuuntaiset ääneneristävyysmittaukset tehtiin eri luokkiin. Pystysuuntaisissa ääneneristävyysmittauksissa lähetyshuoneena toimi vastaanottohuonetta suurempi luokkatila, jonka seinärakenteet ovat kivisiä. Lattiamateriaalina tilassa on muovimatto ja kattoon on asennettu rei'itettyä kipsilevyä. Yhdellä luokkahuoneen seinällä sijaitsee ikkuna, minkä lisäksi luokkahuoneen oven vieressä sijaitsee ikkunoita käytävälle. Mittaushetkellä tila oli kalustettu kovapintaisilla kalusteilla kuvan 55 mukaisesti. Vastaanottotilana toimiva luokkahuone on pintamateriaaleiltaan ja kalustukseltaan samanlainen kuin lähetyshuone, mutta sen tilavuus on pienempi ja osa luokkahuoneen seinästä on epätasaista pintaa, jonka materiaalista ei saada valokuvia tarkastelemalla varmuutta. Lisäksi luokkahuoneessa sijaitsevan keittiötilan kohdalla alakatto on laskettu alemmaksi kuin muualla tilassa. Luokkahuone on nähtävissä kuvassa 56.

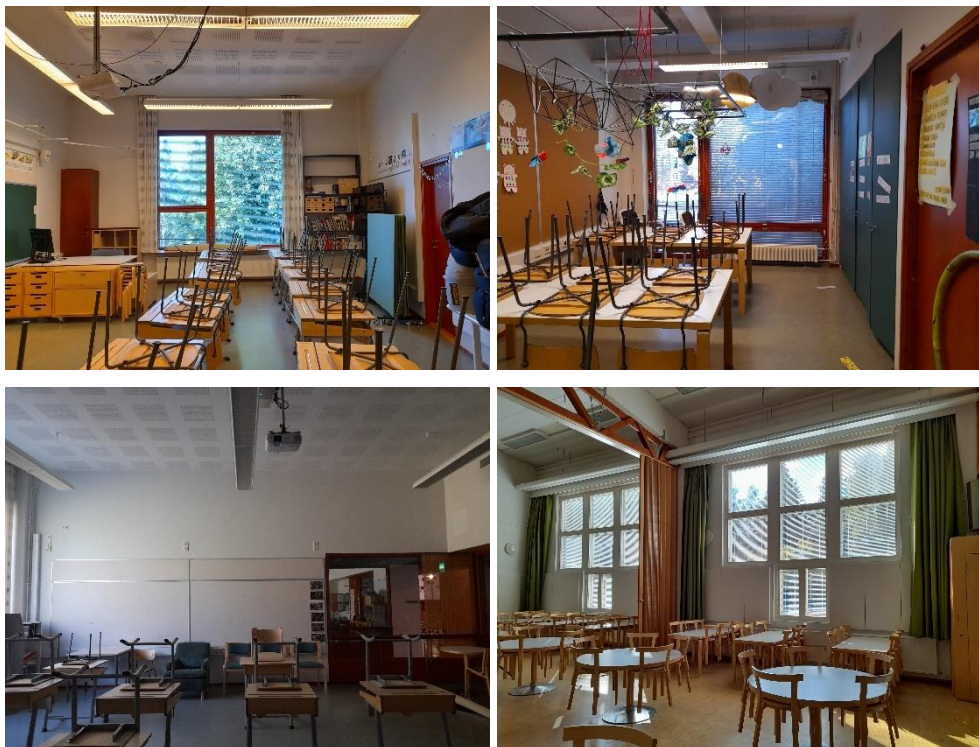
Vaakasuuntaisissa ääneneristävyysmittauksissa lähetys- ja vastaanottotilana käytetyt luokkahuoneet ovat kokoluokaltaan, rakenteiltaan ja sisustukseltaan samankaltaisia. Luokkahuoneiden seinärakenteet ovat kiviset, minkä lisäksi tiloissa sijaitsee ikkunoita. Myös käytävää ja luokkaa erottavassa rakenteessa sijaitsee ikkunoita tiloja sivuvalle käytävälle. Käytävää sivuava ikkunarakenne on nähtävissä kuvassa 57. Lattiamateriaalina tiloissa on muovimatto ja kattoon on asennettu rei'itettyä kipsilevyä. Mittaushetkellä tilat oli kalustettu kovapintaisilla kalusteilla.

Kohteen ruokasali sijaitsee alkuperäisessä koulurakennuksessa. Sali on korkea tila, jossa on viistosti laskeutuva katto. Salin seinärakenteet ovat kiviset ja yhdellä seinällä sijaitsee ikkunoita. Ruokasaliin on asennettu ääntä vaimentavaa mineraalivillalevyä

koko katon alalle, minkä lisäksi levyjä löytyy myös ruokasalin kaikilta seiniltä. Salin yksi pääty on puupaneloitu ja sali on erotettavissa matalammasta tilasta siirtoseinällä. Siirtoseinä oli mittaushetkellä auki. Lattiamateriaalina tilassa on puinen parketti. Tutkimushetkellä tila oli kalustettu kovapintaisilla kalusteilla kuvan 58 mukaisesti.

Kohteen liikuntasali on suorakaiteen muotoinen, tasakattoinen kivirakenteinen tila, jonka lattiamateriaalina on puinen parketti. Tilassa sijaitsee matalia ikkunoita ja salin katto on peitetty koko alaltaan absorptiomateriaalilla. Lisäksi salin yhteen päätyyn on ripustettu verhot, jotka mittaushetkellä eivät peittäneet seinää. Liikuntasali on esitetty kuvassa 59.

Vaakasuuuntaisissa ääneneristävyysmittauksissa lähetystilana toiminut sekä käytävän jälkikaiunta-ajan mittaamiseen käytetty käytävä avautuu suuriin ja korkeisiin aula-tiloihin. Käytävätilan seinä- ja kattorakenteet ovat kiviset, minkä lisäksi tilassa sijaitsee suuri lasiseinä kuvan 60 mukaisesti. Tilasta löytyy kaksi eri huonekorkeutta, joista matalampi alakatto on toteutettu teräsritilöillä, joiden takana sijaitsee muun muassa talotekniikkaa. Alakatto on nähtävissä kuvassa 61. Silmin ei voitu mittaushetkellä havainnoida, oliko ritilöiden taakse alakattoon sijoitettu ääntä vaimentavaa materiaalia. Korkeampi katon osa on peitetty epätasaisella rappausta muistuttavalla pinnalla. Lattiamateriaalina tilassa toimii muovimatto ja mittaushetkellä tila oli kalustettu yhdellä sohvalla sekä kovapintaisilla kalusteilla.





Kuvat 55, 56, 57, 58, 59, 60 ja 61: Kohteessa J mitatut tilat.

Kohteessa suoritettiin ilma- ja askelääneneristysmittauksia luvussa 3.3 esitettyjen suuntien mukaisesti, minkä lisäksi vastaanottotilana vaakasuuntaisissa ääneneristysmittauksissa toimineessa luokkahuoneessa mitattiin puheensirtoindeksin STI arvo. Vastaanottotilana toimineessa luokkahuoneessa, käytävässä, liikuntasalissa sekä ruokasalissa mitattiin tilojen jälkikaiunta-ajat.

6. AKUSTISET MITTAUKSET

6.1 Ilmaääneneristävyys

Alla olevissa taulukoissa 27, 28, 29 ja 30 on esitetty ilmaääneneristävyysmittauksien tulokset eri suunnissa. Tulokset on esitetty äänitasoerolukuna $D_{n,Tw}$. Taulukoissa on esitetty koulut ikäjärjestyksessä vanhimmasta kohteesta uusimpaan. Jos mittausten tulos ei ole täyttänyt nykyistä määräystasoa, se on merkitty punaisella.

Taulukko 27: Luokkahuoneiden välisten pystysuuntaisten ilmaääneneristävyysmittausten tulokset.

Koulu	Rakennusvuosi	Äänitasoeroluku D_{nTw} [dB]
Kohde A	1910	53
Kohde B	1918	57
Kohde C	1921	58
Kohde D	1928	62
Kohde E	1939	55
Kohde F	1954	52
Kohde G	1961	51
Kohde H	1969	58
Kohde I	1970	50
Kohde J	1998	63

Taulukko 28: Luokkahuoneiden välisten vaakasuuntaisten ilmaääneneristävyysmittausten tulokset.

Koulu	Rakennusvuosi	Äänitasoeroluku D_{nTw} [dB]
Kohde A	1910	53
Kohde B	1918	57
Kohde C	1921	59
Kohde D	1928	45
Kohde E	1939	60
Kohde F	1954	50
Kohde G	1961	41
Kohde H	1969	50
Kohde I	1970	50
Kohde J	1998	52

Taulukko 29: Käytävän ja luokkahuoneen välisten vaakasuuntaisten ilmaääneneristävyysmittausten tulokset.

Koulu	Rakennusvuosi	Äänitasoeroluku D_{nTw} [dB]
Kohde A	1910	32
Kohde B	1918	32
Kohde C	1921	33
Kohde D	1928	29
Kohde E	1939	33
Kohde F	1954	33
Kohde G	1961	27
Kohde H	1969	31
Kohde I	1970	30
Kohde J	1998	38

Kolmessa koulukohteessa suoritettiin ilmaääneneristysmittauksia pystysuunnassa liikuntasalin ja opetustilan välillä. Alla olevassa taulukossa on esitetty näistä mittausten tuloksena saadut äänitasoeroluvut. Tulokset, jotka eivät ole täyttäneet nykyistä määräystasoa, on merkitty taulukkoon punaisella.

Taulukko 30: Liikuntasalin ja opetustilan välisten pystysuuntaisten ilmaääneneristävyysmittausten tulokset.

Koulu	Rakennusvuosi	Äänitasoeroluku D_{nTw} [dB]
Kohde A	1910	59
Kohde B	1918	55
Kohde E	1939	57

6.2 Askelääneneristävyys

Alla olevissa taulukoissa 31, 32, 33 ja 34 on esitetty askelääneneristävyysmittausten tulokset eri suunnissa. Tulokset on esitetty askeläänitasolukuna $L'_{n,Tw} + C_{l,50-2500}$. Taulukoissa on esitetty koulut ikäjärjestyksessä vanhimmasta kohteesta uusimpaan. Jos mittausten tulos ei ole pystysuuntaisissa askelääneneristävyysmittauksissa täyttänyt nykyistä määräystasoa, se on merkitty punaisella. Vaakasuuntaan mitatulle askelääneneristävyysarvolle ei nykyisissä tavoitearvoissa ole esitetty arvoa.

Taulukko 31: Luokkahuoneiden välisten pystysuuntaisten askelääneneristävyyssmittausten tulokset.

Koulu	Rakennusvuosi	Askeläänitasoluku $L'_{nTw} + C_{l,50-2500}$ [dB]
Kohde A	1910	56
Kohde B	1918	50
Kohde C	1921	49
Kohde D	1928	47
Kohde E	1939	68
Kohde F	1954	76
Kohde G	1961	56
Kohde H	1969	68
Kohde I	1970	67
Kohde J	1998	59

Taulukko 32: Luokkahuoneiden välisten vaakasuuntaisten askelääneneristävyyssmittausten tulokset.

Koulu	Rakennusvuosi	Askeläänitasoluku $L'_{nTw} + C_{l,50-2500}$ [dB]
Kohde A	1910	44
Kohde B	1918	36
Kohde C	1921	33
Kohde D	1928	41
Kohde E	1939	49
Kohde F	1954	59
Kohde G	1961	62
Kohde H	1969	51
Kohde I	1970	42
Kohde J	1998	47

Taulukko 33: Käytävän ja luokkahuoneen välisten vaakasuuntaisten askelääneneristävyyssmittausten tulokset.

Koulu	Rakennusvuosi	Askeläänitasoluku $L'_{nT_w} + C_{I,50-2500}$ [dB]
Kohde A	1910	52
Kohde B	1918	57
Kohde C	1921	44
Kohde D	1928	54
Kohde E	1939	54
Kohde F	1954	58
Kohde G	1961	68
Kohde H	1969	62
Kohde I	1970	51
Kohde J	1998	63

Kolmessa koulukohteessa suoritettiin askelääneneristysmittauksia pystysuunnassa liikuntasalin ja opetustilan välillä. Alla olevassa taulukossa on esitetty näistä mittauksista tuloksena saadut askeläänitasoluvut. Tulokset, jotka eivät täytä nykyistä määräystasoa, on merkitty taulukkoon punaisella.

Taulukko 34: Liikuntasalin ja opetustilan välisten pystysuuntaisten askelääneneristävyyssmittausten tulokset.

Koulu	Rakennusvuosi	Askeläänitasoluku $L'_{nT_w} + C_{I,50-2500}$ [dB]
Kohde A	1910	49
Kohde B	1918	51
Kohde E	1939	39

6.3 Jälkikaiunta-aika

Alla olevissa taulukoissa 35, 36, 37 ja 38 on esitetty jälkikaiunta-ajan mittauksien tulokset eri tiloissa. Tulokset on esitetty sekunteina taajuuskaistoilla 125–4000 Hz sekä taajuuksien 500–2000 Hz tuloksien keskiarvona. Taulukoissa on esitetty koulut ikäjärjestyksessä vanhimmasta kohteesta uusimpaan. Jos mittausten tulos ei ole täyttänyt nykyistä määräystasoa, se on merkitty punaisella.

Taulukko 35: Jälkikaiunta-aika ruokasaleissa oktaavikaistoittain sekä oktaavikaistojen keskiarvo.

Koulu	Rakennusvuosi	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	KA 500-2000 Hz
Kohde A	1910	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7
Kohde B	1918	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5
Kohde C	1921	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7
Kohde D	1928	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6
Kohde E, ruokasali 1	1939	1,3	1,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Kohde E, ruokasali 2	1939	1,9	0,9	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Kohde F, ruokasali 1	1954	0,6	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8
Kohde F, ruokasali 2	1954	0,8	0,8	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7
Kohde G	1961	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5
Kohde H	1969	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Kohde I	1970	1,0	0,9	0,8	0,9	1,0	1,0	0,9
Kohde J	1998	0,8	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7

Taulukko 36: Jälkikaiunta-aika käytävässä oktaavikaistoittain sekä oktaavikaistojen keskiarvo.

Koulu	Rakennusvuosi	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	KA 500-2000 Hz
Kohde A	1910	1,5	1,3	1,5	1,5	1,4	1,2	1,5
Kohde B	1918	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7	0,6	0,8
Kohde C	1921	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Kohde D	1928	0,9	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Kohde E	1939	1,8	1,2	0,9	0,8	0,7	0,7	0,8
Kohde F	1954	1,2	0,8	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6
Kohde G	1961	1,0	1,1	1,1	1,1	0,9	0,8	1,0
Kohde H	1969	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
Kohde I	1970	1,3	1,1	0,9	0,6	0,6	0,7	0,7
Kohde J	1998	1,4	1,5	1,4	1,2	1	0,8	1,2

Taulukko 37: Jälkikaiunta-aika liikuntasalissa oktaavikaistoittain sekä oktaavikaistojen keskiarvo.

Koulu	Rakennusvuosi	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	KA 500-2000 Hz
Kohde A	1910	2,2	2,2	2,1	2	1,9	1,8	2,0
Kohde B	1918	1,4	1,3	1,1	0,9	0,9	0,8	1,0
Kohde C, liikuntasali	1921	1,3	1,0	0,9	1,2	1,3	1,2	1,1
Kohde C, voimistelusal	1921	0,8	0,8	0,8	0,9	1,1	1,2	0,9
Kohde D	1928	1,7	1,6	1,5	1,6	1,8	1,6	1,6
Kohde E	1939	1,4	1,0	1,1	1,7	1,8	1,6	1,5
Kohde F	1954	2,2	1,7	1,7	1,5	1,4	1,4	1,5
Kohde G	1961	1,6	2,2	2,5	2,8	3,0	2,4	2,8
Kohde H	1969	1,3	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0
Kohde I	1970	1,1	0,9	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0
Kohde J	1998	2,0	1,8	1,5	1,7	1,6	1,3	1,6

Taulukko 38: Jälkikaiunta-aika juhlasaleissa oktaavikaistoittain sekä oktaavikaistojen keskiarvo.

Koulu	Rakennusvuosi	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	KA 500-2000 Hz
Kohde E	1939	1,5	1,0	1,2	1,7	1,4	0,8	1,4
Kohde F	1954	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2

Taulukko 38: Jälkikaiunta-aika luokkatiloissa oktaavikaistoittain sekä oktaavikaistojen keskiarvo.

Koulu	Rakennusvuosi	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	KA 500-2000 Hz
Kohde A	1910	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5
Kohde B	1918	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Kohde C	1921	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6
Kohde D	1928	0,7	0,7	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6
Kohde E	1939	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Kohde F	1954	0,9	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,7
Kohde G	1961	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,7	0,7
Kohde H	1969	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Kohde I	1970	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Kohde J	1998	1,1	1,0	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9

6.4 Puheensiirtoindeksi

Alla olevassa taulukossa 39 on esitetty puheensiirtoindeksin STI tulokset tutkittujen koulujen luokkahuoneissa. Tulokset on esitetty IRIS-mittausohjelmistosta saatuna puheensiirtoindeksin keskiarvona. Taulukossa on esitetty koulut ikäjärjestyksessä vanhimmasta kohteesta uusimpaan. Jos mittauksen tulos ei ole täyttänyt nykyistä määräystasoa, se on merkitty punaisella.

Taulukko 39: Puheensiirtoindeksin STI arvot luokkahuoneissa.

Koulu	Rakennusvuosi	STI
Kohde A	1910	0,74
Kohde B	1918	0,70
Kohde C	1921	0,69
Kohde D	1928	0,67
Kohde E	1939	0,69
Kohde F	1954	0,67
Kohde G	1961	0,68
Kohde H	1969	0,72
Kohde I	1970	0,74
Kohde J	1998	0,64

6.5 Äänitasot

Alla olevissa taulukoissa 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48 ja 49 on esitetty äänitasomittauksien tulokset kaikkien koulujen eri tiloissa. Tulokset on esitetty keskiäänitasona $L_{A,Eq}$ tiloittain. Taulukoissa on esitetty koulut ikäjärjestyksessä vanhimmasta kohteesta uusimpaan. Jos mittausten tulos ei ole täyttänyt nykyistä määräystasoa, se on merkitty punaisella.

Taulukko 40: Äänitasot kohteessa A.

Tila	$L_{A,Eq}$ [dB]
Käytävä	32
Liikuntasali	40
Ruokala	42
Luokkahuone	24
Teknisen työn luokka	46

Taulukko 41: Äänitasot kohteessa B.

Tila	$L_{A,Eq}$ [dB]
Käytävä	31
Liikuntasali	27
Ruokala	39
Luokkahuone	28
Teknisen työn luokka	34

Taulukko 42: Äänitasot kohteessa C.

Tila	$L_{A,Eq}$ [dB]
Käytävä	23
Liikuntasali	32
Voimistelusal	37
Luokkahuone	32
Ruokala	42

Taulukko 43: Äänitasot kohteessa D.

Tila	$L_{A,Eq}$ [dB]
Aula	25
Liikuntasali	33
Ruokala	40
Luokkahuone	31

Taulukko 44: Äänitasot kohteessa B.

Tila	$L_{A,Eq}$ [dB]
Käytävä	31
Liikuntasali	27
Ruokala	39
Luokkahuone	28
Teknisen työn luokka	34

Taulukko 45: Äänitasot kohteessa E.

Tila	$L_{A,Eq}$ [dB]
Käytävä	25
Liikuntasali	39
Juhlasali	42
Ruokala 1	39
Ruokala 2	39
Luokkahuone	24

Taulukko 46: Äänitasot kohteessa F.

Tila	$L_{A,Eq}$ [dB]
Käytävä	32
Liikuntasali	31
Ruokala 1	32
Ruokala 2	41
Luokkahuone	38
Voimistelusal	38

Taulukko 47: Äänitasot kohteessa G.

Tila	$L_{A,Eq}$ [dB]
Käytävä	30
Liikuntasali	39
Ruokala	32
Luokkahuone	27

Taulukko 48: Äänitasot kohteessa H.

Tila	$L_{A,Eq}$ [dB]
Käytävä	43
Liikuntasali	25
Ruokala	28
Luokkahuone	27

Taulukko 49: Äänitasot kohteessa I.

Tila	$L_{A,Eq}$ [dB]
Käytävä	32
Liikuntasali	49
Ruokala	54
Luokkahuone	24

Taulukko 50: Äänitasot kohteessa J.

Tila	$L_{A,Eq}$ [dB]
Käytävä	34
Liikuntasali	55
Ruokala	36
Luokkahuone 1	35
Luokkahuone 2	33

7. KÄYTTÄJÄKYSELY

Osana tutkimusta teetetty käyttäjäkysely lähetettiin yhdeksälle kymmenestä kohdekoulusta. Kysely välitettiin kaikkien yhdeksän koulun opettajille ja vastauksia saatiin yhteensä 34 kappaletta. Koska tutkimusluvan mukaisesti opettajien lukumäärää, jolle kysely on välitetty, ei saatu tietoon, ei voida lopullista vastausprosenttia laskea. Koska osasta kouluja vastauksia saatiin vähän, ei tuloksia ole esitetty luvussa kouluittain vaan kaikkien koulujen vastaukset on esitetty yhdessä. Vastaajien määrä kouluittain on esitetty alla olevassa taulukossa 51.

Taulukko 51: Käyttäjäkyselyyn vastanneiden määrä kouluittain.

Koulu	Rakennusvuosi	Vastanneiden määrä
Kohde A	1910	2
Kohde B	1918	6
Kohde C	1921	3
Kohde D	1928	5
Kohde E	1939	5
Kohde F	1954	7
Kohde H	1969	1
Kohde I	1970	2
Kohde J	1998	3

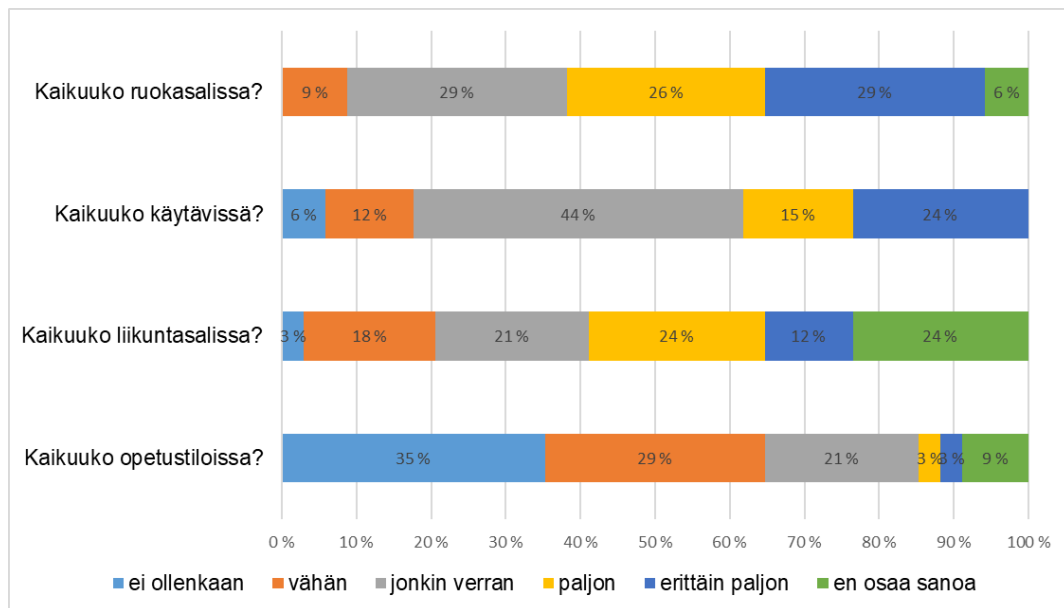
Kyselyn alussa opettajat saivat kertoa, mitä luokka-astetta he opettavat. Jos opettavana on useampi luokka-aste, pystyi kyselyssä valita kaikki opettavat luokka-asteet. Tämän kysymyksen vastaukset on esitetty alla olevassa kuvassa 62.



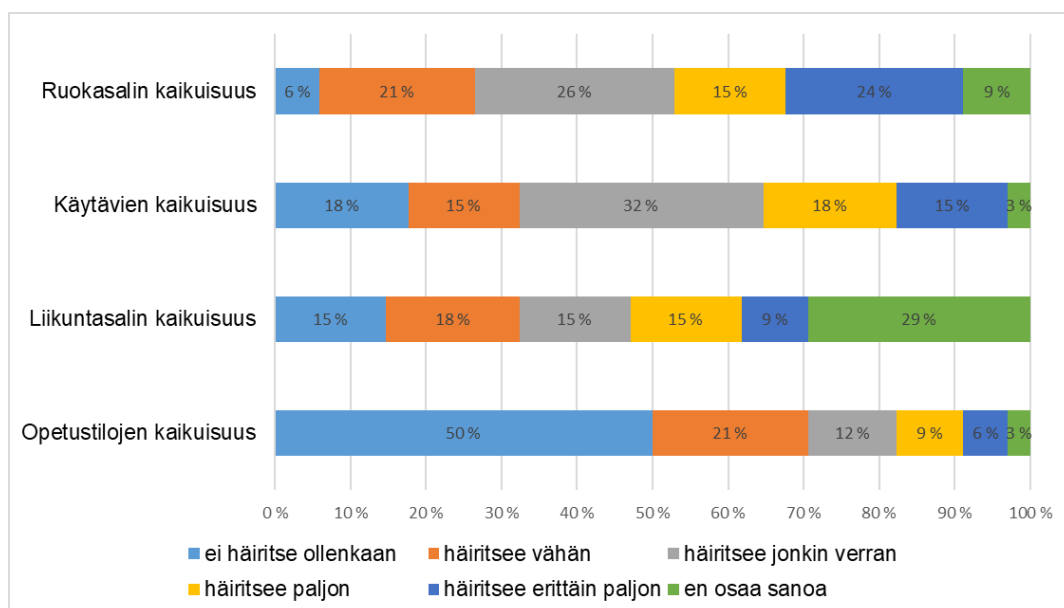
Kuva 62: Kyselyyn vastanneiden opettajien opettavat luokka-asteet.

Kun tarkasteltiin kyselyyn vastanneiden yleistä viihtyvyyttä tiloissa, voitiin todeta, että tyytymättömyyttä esiintyy erityisesti liittyen tilojen lämpötilaan sekä tilojen kalusteiden sekä varusteiden käytännöllisyyteen. Tilojen lämpötilaa sopivana piti 44 % vastanneista, muiden vastaajien pitäessä tilojen lämpötilaa joko korkeana tai matalana. Kalusteita ja tilojen varustelua todella epäkäytännöllisenä tai epäkäytännöllisenä piti 32 % kyselyyn vastanneista.

Kyselyssä selvitettiin koettua kaiuntaisuutta sekä sen häiritsevyyttä koulurakennuksen tiloissa. Vastaukset eri tilojen välillä jakaantuivat alla olevien kuvien 63 ja 64 mukaisesti.

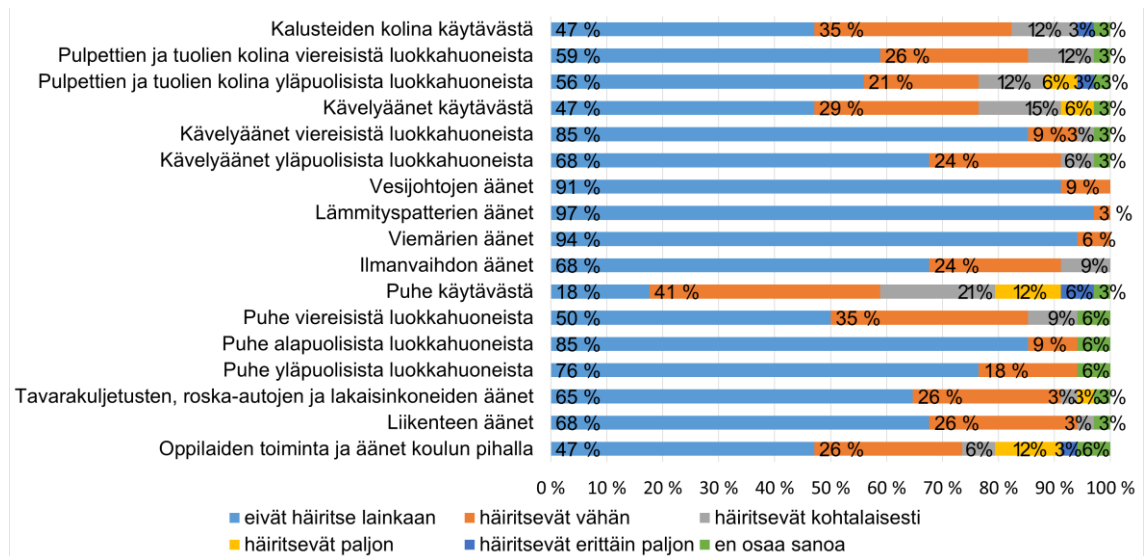


Kuva 63: Koettu koulutilojen kaiuntaisuus käyttäjäkyselyssä.



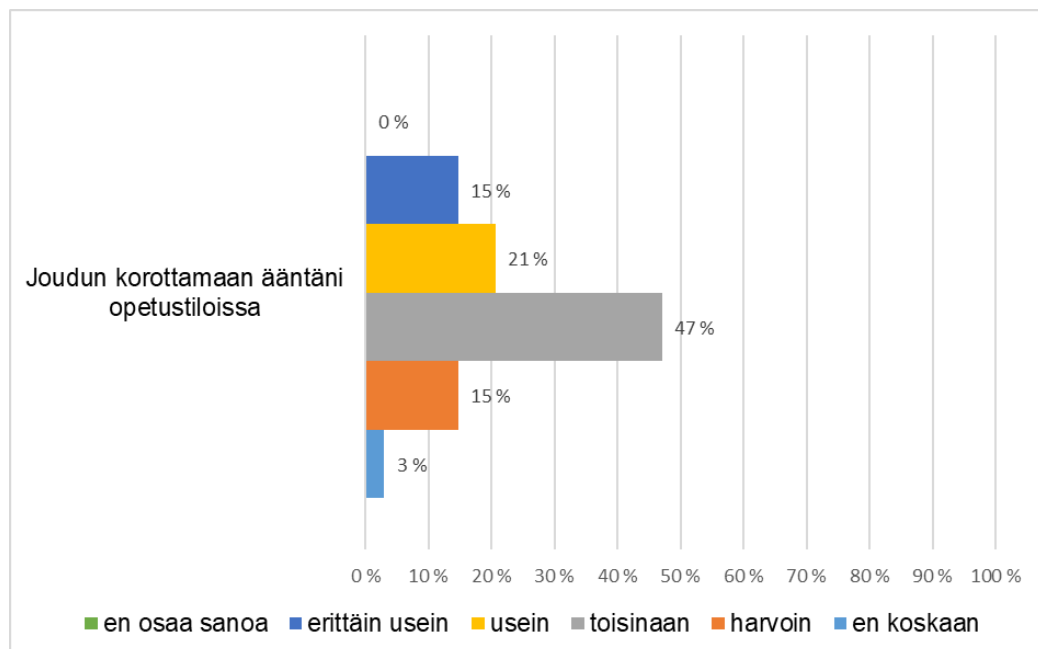
Kuva 64: Koulutilojen koetusta kaiuntaisuudesta koettu häiritsevyys.

Kyselyssä selvitettiin myös erilaisten koulurakennuksissa esiintyvien äänilähteiden vaikutusta opetustyöhön. Eri äänilähteiden kesken vastaukset häiritsevyydestä opetustyöhön jakaantuivat alla olevan kuvan 65 mukaisesti.

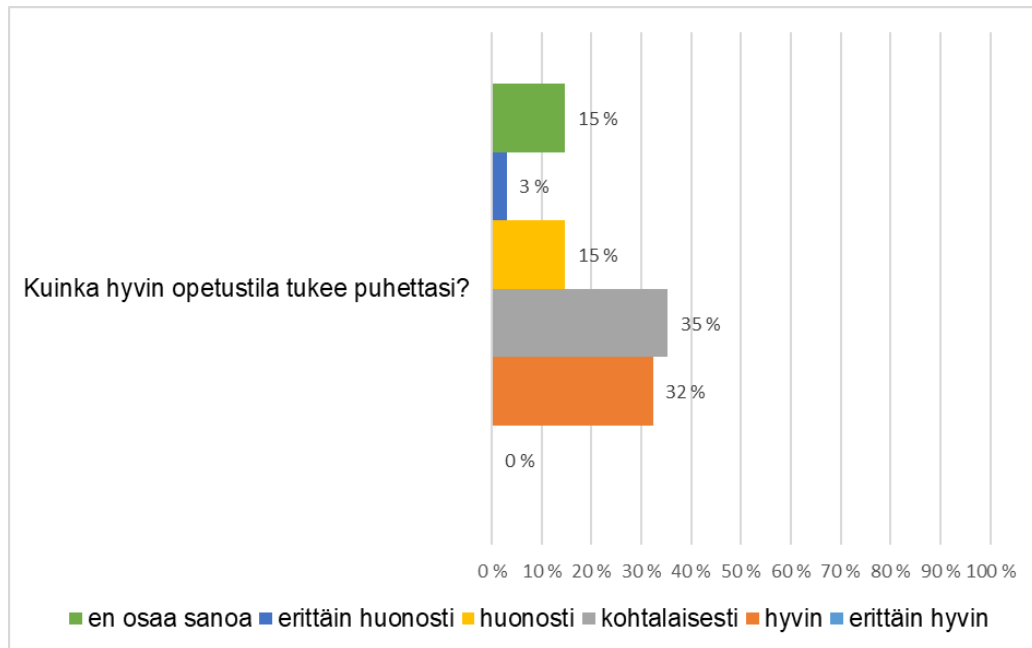


Kuva 65: Eri äänilähteiden koettu häiritsevyys opetustyöhön koulukohteissa.

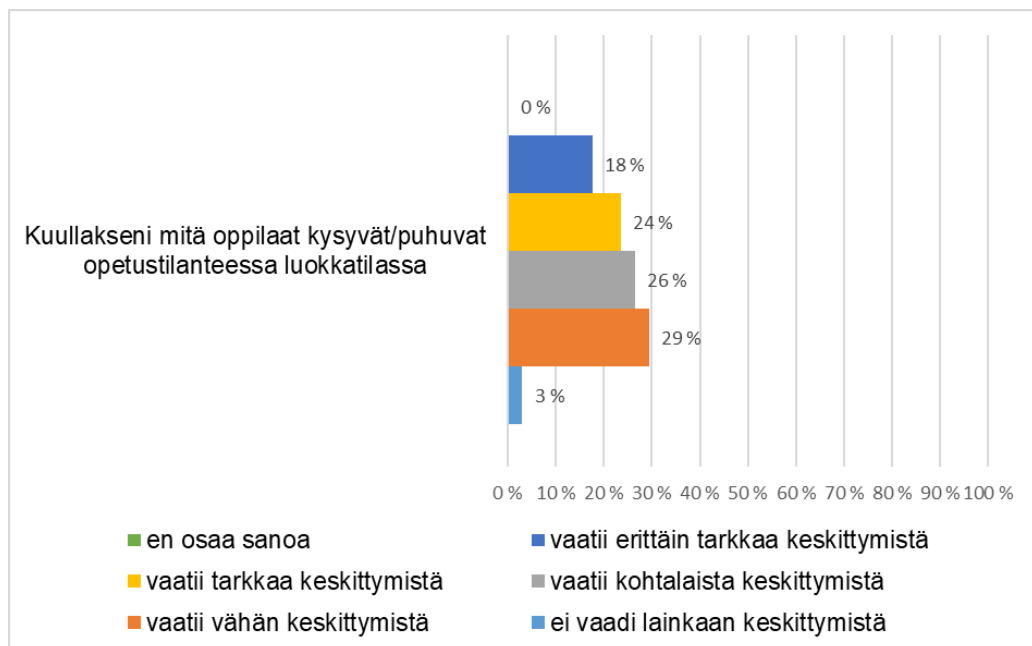
Äänenkäyttöön liittyen opettajilta kysyttiin, kuinka usein he joutuvat korottamaan ääntään, kuinka hyvin opettajat kokevat, että opetustilat tukevat heidän puhettaan sekä kuinka paljon opetustilanteessa on keskityttävä, jotta opettaja kuulee oppilaat. Näihin kysymyksiin vastaukset jakoutuivat alla olevien kuvien 66, 67 ja 68 mukaisesti.



Kuva 66: Vastausten jakauma äänen korottamiseen liittyvässä kysymyksessä.



Kuva 67: Vastausten jakauma kysyttäessä, kuinka hyvin opetustila tukee puhetta.



Kuva 68: Vastausten jakauma kysyttäessä, kuinka paljon opettajan on keskityttävä kuulakseen oppilaat.

Kun opettajilta kysyttiin syitä äänen korottamiseen opetustilanteissa, useat vastaukset koskivat huomion saamista tilanteissa, joissa oppilaat eivät ole keskittyneet kuuntelemaan opettajaa ja tilan käytön aikainen melutaso on korkea. Tämän lisäksi muutamassa vastauksessa mainittiin, että ääntä joutuu korottamaan, jotta myös takarivissä istuvat oppilaat kuulisivat opettajan. Yhdessä vastauksessa mainitaan, että ääntä joutuu

korottamaan silloin, kun ruokasalissa tai käytävillä äänentaso nousee niin korkeaksi, että tiloissa olevia pitää pyytää toimimaan hiljaisemmin.

Kyselyn viimeisessä kysymyksessä opettajat saivat nostaa esille aiheita, joita kyselyn muissa osioissa ei pystynyt tuomaan ilmi. Näissä vastauksissa kävi ilmi, että eräässä luokassa käytettävä videotykki, käytävän sulkeutuvat palo-ovet, epäkunnossa olevat valaisimet sekä erään kohteen liikuntasalin epäkunnossa olevat kaiuttimet aiheuttavat ääniä, jotka opetustilanteissa koettiin häiritsevinä. Lisäksi kolmessa kyselyn vastauksessa mainittiin, että koronapandemian vuoksi käytettävät kasvomaskit haittaavat puheen kuultavuutta sekä ymmärrettävyyttä. Yksi kyselyyn vastaajista ei ollut tyytyväinen koulun musiikkiluokan akustiikkaan ja yksi opettajista koki, että luokkatilan muoto on hankala eikä tue näin ollen ryhmäkeskustelutilanteita.

8. TULOSTEN TARKASTELU

8.1 Päätelmät tuloksista

Tarkastellaan katselmuksesta, akustisista mittauksista, käyttäjäkyselystä sekä vanhoista määräyksistä saatuja tuloksia sekä havaintoja suhteessa toisiinsa. Koulukohteiden katselmuksessa oli havaittavissa, että suurimmassa osassa kohteiden luokkatiloja tilojen kattoon oli rakennuksen valmistumisvuoden jälkeen lisätty absorptiomateriaalia. Tarkasteltaessa luokkatilojen jälkikaiunta-aikoja voidaan huomata, että suurimmaksi osaksi luokkatilojen jälkikaiunta-ajat ovat nykyisen vaatimustason mukaisia. Kohteissa E, G sekä F osalla taajuuskaistoista esiintyy vaatimustason ylittäviä jälkikaiunta-aikoja ja ylitykset tavoitearvoista ovat suuruudeltaan 0,1...0,2 s. Kohteessa J ylityksiä esiintyy jokaisella taajuuskaistalla ja ne ovat 0,1...0,3 s suuruisia, mutta tässä kohteessa luokkatiloihin ei ollut asennettu ääntä vaimentavaa materiaalia. Lisäksi tarkasteltaessa käyttäjäkyselyn kysymystä luokkatilojen kaikuisuudesta sekä sen häiritsevyydestä, 12 % vastaajista opetustilojen kaikuisuus häiritse jonkin verran, 15 % paljon tai erittäin paljon ja 50 % se ei häirinnyt ollenkaan. Opetustilojen kaikuisuuden häiritsevyyden kysymykseen vastattujen ”ei häiritse ollenkaan”-vastauksien osuus oli suurin kaikkien tilojen häiritsevyyttä koskevista kysymyksistä. Kyselyyn vastanneista opetustilojen kaikuisuuden paljon tai erittäin paljon häiritseväksi kokivat opettajat niissä kouluissa, joissa myös ylityksiä jälkikaiunta-ajassa esiintyi. Voidaan siis päätellä, että luokkatiloihin jälkikäteen lisätty vaimennusmateriaali on ollut toimiva parannus vanhoissa koulurakennuksissa.

Koulukohteiden liikunta- ja juhlasaleissa mitatut jälkikaiunta-ajan tulokset sen sijaan olivat heikkoja lähes kaikissa kohteissa. Vain kolmessa kohteessa liikuntasalien ja yhdessä kohteessa juhlasalin jälkikaiunta-ajan arvot täyttivät nykyisen vaatimustason. Kun verrataan tuloksia kohteissa suoritettuihin katselmuksiin, voidaan huomata, että vaatimukset täyttävissä saleissa saleihin on sijoitettu ääntä vaimentavaa materiaalia ja saleissa, joissa on saatu kaikkein heikoimmat jälkikaiunta-ajan tulokset, ei absorptiomateriaalia ole lisätty saliin ollenkaan. Vaimennusmateriaalin sijoittaminen tilaan ei kuitenkaan tarkoita hyvien jälkikaiunta-aikojen saavuttamista, vaan heikkoja tuloksia saatiin myös kohteissa, joissa tiloihin oli lisätty absorptiomateriaalia. Usean kohteen salit olivat tilavuudeltaan suuria, joten voidaan päätellä, että niihin sijoitetun absorptiomateriaalin määrä on riittämätön tilan kokoon nähden ja ääntä vaimentavan materiaalin lisääminen tilaan voisi olla hyödyllistä.

Käyttäjäkyselyä tarkasteltaessa liikuntasalin kaiuntaisuudesta ei ole osannut sanoa mitään 24 % vastaajista tai sen häiritsevyydestä vastaavasti 29 % vastaajista. Nämä luvut ovat selvästi enemmän kuin muiden kysymysten ”en osaa sanoa”-vastauksissa. Vastaajista 36 % koki, että liikuntasaleissa kaikuu paljon tai erittäin paljon ja 24 % koki, että kaiuntaisuus häiritsee paljon tai erittäin paljon. 33 % vastaajista kaiuntaisuus häiritsee vähän tai ei ollenkaan ja 15 % jonkin verran. Nämä käyttäjäkyselyn tulokset vertautuvat kuitenkin eri tavalla jälkikaiunta-ajan mittauksiin kuin muissa mitatuissa tiloissa. Ruokasalien kaiuntaisuuden koki paljon tai erittäin paljon häiritseväksi 39 % ja käytävien kaiuntaisuuden vastaavasti 33 % vastaajista. Mitatuista ruokasaleista kaikki täyttävät nykyisen jälkikaiunta-ajan tavoitetason ja vastaavasti kahdeksan koulukohteen käytävät täyttävät nykyisen tavoitetason, mutta tästä huolimatta näissä tiloissa häiritsevyyttä koki isompi osuus vastaajista kuin liikuntasaleissa, joista lähes kaikissa esiintyi nykyisen tavoitetason ylittäviä arvoja. Syynä liikuntasaliin liittyvien käyttäjäkyselyn kysymysten tuloksille saattaa olla esimerkiksi se, että kyselyyn vastanneet opettajat eivät opeta aktiivisesti liikuntasaleissa.

Ääneneristävyysmittausten suhteen merkittävästi heikoimpia tuloksia koulukohteissa saatiin käytävän ja luokkahuoneen välisistä vaakasuuntaisista ilmaääneneristävyysmittauksista. Näissä mittauksissa ainoastaan kohteessa J saatu tulos täytti nykyisen vaatimustason. Käytävän ja luokkahuoneen välisten ääneneristävyysmittausten aikana kohteissa H, F, E ja C oli havaittavissa, että erottavan rakenteen rakennusosat, kuten ovet tai lasi-ikkunat olivat selkeitä reittejä, joista ääni kulkeutui vastaanottotilaan. Kun tarkastellaan käyttäjäkyselyn kysymyksiä käytävältä kantautuvien puheen, kävelyäänien sekä kalusteiden kolinan aiheuttamasta häiritsevyydestä opetustyöhön huomataan, että puhe häiritsee paljon tai erittäin paljon 18 %, kävelyäänit häiritsevät paljon 6 % ja kalusteiden kolina erittäin paljon 3 % vastaajista. Puheäänit käytävästä kohtalaisen häiritseviksi koki 21 % vastaajista, kävelyäänit 15 % vastaajista ja kalusteiden kolinan 12 % vastaajista. Käytävältä kuuluvien äänien lisäksi ainoastaan oppilaiden ja huoltoajoneuvojen äänet pihalta sekä pulpettien ja tuolien kolina yläpuolisista luokkahuoneista on häirinnyt osaa vastaajista paljon tai erittäin paljon, joten käytävältä kantautuvien äänien voidaan todeta häiritsevän opetustyötä eniten tämän käyttäjäkyselyn perusteella. Voidaan päätellä, että yksi tekijä tässä suunnassa saaduille heikoille tuloksille on erottavan rakenteen rakenneosien heikko ääneneristävyys, jonka parantaminen saattaisi parantaa myös mittaustuloksia. Tämä olisi hyödyllinen toimenpide, sillä käyttäjäkyselystä voidaan havaita, että käytävältä kantautuvat äänet ovat selvästi häiritsevämpiä kuin muut käyttäjäkyselyssä mainitut äänilähteet.

Muita ääneneristävyysmittauksien tuloksia tarkastellessa huomataan, että vaatimukset täyttämättömiä tuloksia saatiin seuraavissa mittauksissa:

- kaikki liikuntasalien ja teknisten työn tilojen välillä mitatut äänitasoeroluvut sekä askeläänitasoeroluvut kohteessa A ja B,
- pystysuunnassa luokkahuoneiden välillä mitatut askeläänitasoeroluvut kohteissa E, H, F sekä I,
- äänitasoeroluvut luokkahuoneiden välisissä pystysuuntaisissa mittauksissa kohteissa G ja I,
- äänitasoeroluku luokkahuoneiden välisissä vaakasuuntaisissa mittauksissa kohteessa G,

Muut mittauksista saadut tulokset täyttävät nykyisen vaatimustason. Vaakasuuntaan mitatulle askeläänitasoeroluvulle ei ole esitetty tavoitetasoa nykyisissä määräyksissä ja määräystasoisissa ohjeissa.

Verrataan ääneneristävyysmittausten tuloksia käyttäjäkyselyn tuloksiin. Kyselyn vastauksista nähdään, että kävelyäänät käytävästä häiritsevät opetustyötä paljon 6 % vastaajista ja kohtalaisesti 15 % vastaajista. Tämä on vähemmän kuin esimerkiksi käytävästä kantautuvien puheäänien häiritsevyys käyttäjäkyselyn tuloksien perusteella. Lisäksi käyttäjäkyselyn perusteella yläpuolisista luokista kantautuvat kävelyäänät häiritsevät opetustyötä vähemmän kuin kalusteiden kolina, sillä kalusteiden kolina häiritsee paljon tai erittäin paljon 9 % vastaajista, kun vastaavasti kävelyäänät häiritsevät 0 % vastaajista. Kun tarkastellaan käyttäjäkyselyn niitä kysymyksiä, joissa kysyttiin ympäröivistä tiloista kantautuvan puheen sekä viereisistä luokkatiloista kantautuvien kävelyäänien ja kalusteiden äänen häiritsevyydestä opetustyöhön, huomataan, että vastaajat eivät kokeneet, että nämä äänät häiritsevät paljoa tai erittäin paljoa. Kohtalaisen häiritseviksi puheen viereisistä luokkatiloista koki 9 %, kävelyäänät viereisistä tiloista 3 % ja kalusteiden kolinan viereisistä tiloista 12 % vastaajista. Nämä luvut ovat kuitenkin pieniä suhteessa niiden vastaajien määrään, jotka eivät kokeneet näiden äänien häiritsevän tai kokivat niiden häiritsevän vähän. Tämä tukee muun muassa luokkatilojen välillä suoritettujen vaaka- ja pystysuuntaisten ilmajääneneristävyysmittauksista saatuja tuloksia, joista suurin osa täytti nykyiset vaatimukset. Kyselytulokset tukevat myös esimerkiksi pystysuuntaisia askelääneneristävyysmittauksia, sillä yläpuolisista luokista kävelyäänät sekä kalusteiden kolinan koki opetustyötä kohtalaisen häiritseviksi tai häiritseviksi niiden kohteiden opettajat, joissa askeläänitasoeroluku ei täyttänyt nykyisiä vaatimuksia.

Puheensiirtoindeksin STI:n mittaustuloksista kuusi ei täyttänyt nykyisiä tavoitearvoja. Tulokset ovat 0,1...0,6 yksikköä tavoitetasoa heikompia eivätkä ne korreloi luokkatilojen jälkikaiunta-aikojen tulosten kanssa sillä myös niissä luokkatiloissa, joissa jälkikaiunta-ajat täyttivät vaatimukset, STI:n arvot eivät näin välttämättä tehneet. Kun tarkastellaan käyttäjäkyselyn äänenkäyttöön liittyviä kysymyksiä, huomataan, että vastaajista 15 % koki luokkatilan tukevan puhetta joko huonosti tai erittäin huonosti, 35 % kohtalaisesti ja 32 % hyvin. Kuullakseen, mitä oppilaat puhuvat tai kysyvät opetustilanteessa, vastaajista 18 % joutui keskittymään erittäin tarkasti, 24 % tarkasti ja 26 % kohtalaisesti. Nämä luvut saattavat kuitenkin johtua joiltain osin myös oppilaiden tuottamasta tarpeettomasta melusta, joka nousi käyttäjäkyselyn avovastauksissa olennaisimmaksi syyksi sille, miksi opetustilanteessa opettajat joutuvat korottamaan ääntään.

Koulukohteissa suoritettujen katselmuksien aikana oli havaittavissa, että useiden koulukohteiden luokkatiloihin kantautui selkeästi muun muassa liikenteen ja muun toiminnan äänet ulkoa. Kun tarkastellaan käyttäjäkyselyn vastauksia, voidaan huomata, ettei liikenteen äänet kuitenkaan häirinneet opetustyötä paljoa tai erittäin paljoa yhtäkään vastaajista ja kohtalaisen häiritseviksi nämä äänet kokivat 3 % vastaajista. Oppilaiden toiminnasta sisälle kantautuvat äänet ulkoa häiritsivät opetustyötä kyselyn mukaan paljon tai erittäin paljon 15 % vastaajista ja kohtalaisesti 6 % vastaajista. Lisäksi erilaisten huoltoajoneuvojen, kuten tavarakuljetusajoneuvojen, äänet ulkoa häiritsivät paljon 3 % vastaajista ja kohtalaisesti 3 % vastaajista. Häiritseväksi äänilähteeksi ulkoa voidaan siis todeta liikenteen sijaan oppilaiden äänet.

Äänitasomittauksien tuloksia tarkasteltaessa huomataan, että kaikkien koulujen tiloissa esiintyi suurempia taustäänitasoja kuin nykyiset vaatimukset edellyttävät. Kohteissa F sekä J äänitasot ylittyivät myös vastaanottotilana toimivissa luokkahuoneissa. Lisäksi katselmuksissa oli havaittavissa, että osassa tiloja ilmanvaihto oli myös korvin kuultaen kovaääninen ja ilmanvaihtokanavista saattoi kuulua selvästi matala- tai korkea- taajuista ääntä. Kun verrataan tuloksia käyttäjäkyselyyn, voidaan kuitenkin huomata, että LVIS-laitteiden äänistä mikään ei häirinnyt opetustyötä paljoa tai erittäin paljoa ja ilmanvaihdon äänet häiritsivät kohtalaisesti 9 % vastaajista. Yksi ilmanvaihdon äänet kohtuullisen häiritseväksi kokenut opettaa kohteessa, jossa ilmanvaihdon aiheuttama äänitaso ylitti luokkatilassa nykyisen tavoitetason.

Käyttäjäkyselyn tuloksia tarkastelemalla saadaan myös tietoa, jota ei voitu havaita katselmuksessa tai akustisten mittausten aikana. Yksi tällainen käyttäjäkyselyn vastauksista selvinnyt ilmiö on oppilaiden toiminnasta aiheutuva käytön aikainen melutaso, joka aiheuttaa muun muassa opettajille tarvetta korottaa ääntään opetustilanteessa. Ilmiö on sama, jonka Sala et al. (2015) ovat tutkimuksessaan todentaneet (Sala et al 2015).

Koska katselmukset suoritettiin koulujen lomakausina, ei niissä ollut tuolloin käyttäjiä paikalla ja lisäksi koettu häiritsevyys käytön aikaisista melutasoista on subjektiivinen kokemus. Toinen tällainen tulos on häiritseväksi koetut ja mahdollisesti epäkunnossa olevat tilojen laitteet, joista tuleva ääni opetustilanteissa koettiin häiritsevänä. Katselmuksiin sisällyneissä tiloissa tällaista ei havaittu ja todennäköisesti osa tällaisista ongelmista voidaan havaita vain laitteita käyttämällä opetustilanteissa.

Kun tarkastellaan tuloksiin mahdollisesti virhettä tuottaneita tekijöitä, voidaan esille nostaa kohteissa akustiikan mittausten aikana esiintyneet äänihäiriöt. Tällaisia olivat esimerkiksi rakennuksien läheisyydessä suoritettut tietyt ja asfaltointi, ruokasalien kylmälaitteiden käymisäänet sekä ulkoa kantautuneet äänet, kuten liikenne. Katselmuksen aikana oli havaittavissa, että tiloihin ulkoa kantautuneet äänet kulkeutuivat ikkunarakenteiden kautta. Erityisenä nostona mittauksia häiritsevistä tekijöistä on syytä mainita Helsingissä pidetty taitonäytöslennon harjoitus, josta kuuluneet äänet häiritsivät jälkikaiunta-ajan mittausta kohteen B käytävätiloissa. Koronapandemian aiheuttamat poikkeustilat sekä niiden aiheuttama väsymys vaikutti jonkin verran käyttäjäkyselyn vastaajien määrään.

Katselmuksesta, käyttäjäkyselystä sekä akustiikan mittauksista saatuja tuloksia ja havaintoja tarkastelemalla voidaan huomata, että kouluissa esiintyvät ongelmakohdat vaihtelevat kohteittain. Lähes kaikissa kohteissa ongelmalliseksi nousee käytävien ja luokkahuoneiden välinen ilmaääneneristävyys, mutta muilta osin rakenteiden ääneneristävyyden taso vaihtelee jopa yksittäisen koulukohteen sisällä. Rakenteiden hyvä ääneneristävyys ei kuitenkaan takaa akustiikan kannalta virheetöntä koulurakennusta, sillä esimerkiksi kohteessa C kaikki ääneneristävyyden arvot, lukuun ottamatta käytävän ja luokkahuoneen välistä rakennetta, täyttivät nykyiset vaatimukset, mutta katselmuksessa voitiin havaita, että luokkahuoneisiin kantautui paljon liikenteen melua ikkunarakenteita pitkin. Tällaisessa tilanteessa ikkunarakenteiden tiivisteiden uusiminen voisi parantaa tilannetta. Myös kohteessa A suoritettujen ääneneristävyydsmittaukset täyttivät nykyiset tavoitteet vastaavasti kuin kohteessa C, mutta sen sijaan koulurakennuksen liikuntasalin jälkikaiunta-aika oli liian pitkä. Kohde G taas on kohde, jossa muun muassa liian pitkän liikuntasalin jälkikaiunta-ajan lisäksi myös kuudesta ääneneristymittauksen tuloksesta neljä ei täyttänyt nykyisiä vaatimuksia. Tästä voidaan huomata, että tarpeet kunkin koulukohteen akustiikan kunnostamiselle ovat yksilölliset.

Yksi merkittävimmistä tuloksista on kuitenkin se, että järjestettäessä koulukohteet tuloksia tarkastellessa vanhimmasta uusimpaan, huomataan, ettei koulujen rakentamisaikakohdasta voida päätellä kohteen akustiikan kunnosta mitään. Vaikka kohteista uu-

sin, kohde J, täytti kaikki rakenteellisen ääneneristävyyden vaatimukset, esiintyi jälkikaiunta-ajan mittauksissa nykyisen tavoitetason täyttämättömiä tuloksia käytävällä, liikuntasalissa sekä luokkahuoneessa. Lisäksi tämän kohteen luokkahuoneessa mitatun puheensiirtoindeksin arvo oli kaikista kohteista heikoin ja myös äänitasomittauksissa esiintyi tavoitearvoja suurempia äänitasoja. Sen sijaan kohteesta kolmanneksi vanhimmassa, kohteessa C, akustiikan mittauksista saaduissa tuloksissa esiintyi vain yksittäisiä vaatimukset täyttämättömiä tuloksia. Näitä olivat ruokasalin äänitaso, äänitasoeroluku käytävän ja luokkahuoneen välisessä ääneneristävyydsmittauksessa, luokkahuoneen puheensiirtoindeksin arvo sekä liikuntasalin jälkikaiunta-ajan arvo taajuuskaistalla 2000 Hz. Tästä voidaan todeta, että riippumatta rakennuksen valmistumisaikana voimassa olleista akustiikan määräyksistä tai niiden kehityksestä, rakennuksissa suoritettavissa akustiikan mittauksissa voi esiintyä niin hyviä kuin heikkoja tuloksia eikä koulurakennuksen iästä ole suoraan pääteltävissä mitään. Näin ollen myös tulosten vertaaminen vanhoihin määräyksiin tai niistä asioiden päättelemine ei akustiikan kuntotutkimusta tehdessä ole tarpeellista.

Lisäksi vanhoja määräyksiä ja suunnitteluohjeita koskevasta kirjallisuuskatsauksesta voidaan huomata, että tietoa sekä apua tilojen suunnitteluun on ollut tarjolla paljon. Tästä huolimatta katselmuksissa voitiin havaita, että esimerkiksi luokkatiloihin sekä liikuntasaleihin sijoitetun vaimennusmateriaalin määrässä oli vaihtelua tai osassa kohteita näissä tiloissa ei ollut vaimennusmateriaalia ollenkaan. Tämä vahvistaa tulosta siitä, että kuntotutkimusta tehdessä tulee pystyä kartoittamaan jokainen koulukohde yksilöllisesti.

8.2 Akustisen kuntotutkimuksen malli

Kuten tuloksista huomataan, ei koulurakennusten valmistumisajankohdasta tai silloin voimassa olleista akustiikan määräyksistä voida päätellä mitään rakennuksen akustiikan kunnosta. Tämä asettaa akustisen kuntotutkimuksen mallille vaatimuksen olla mahdollisimman kartoittava, jotta jokaisen rakennuksen yksilölliset ongelmakohdat ja siten tarpeet kunnostukselle saataisiin selville.

Alkutiedoiksi rakennuksesta on syytä hankkia säilynyt suunnitteluaineisto, jotta esimerkiksi ääniolosuhteisiin vaikuttavat tehdyt remontit, käytetyt rakennetyypit sekä rakennuksen tilajako pystytään selvittämään ennen varsinaista kohteessa vierailua. Rakennushetkellä voimassa olleiden määräysten selvittäminen tai näiden teknisten mittalukujen muuntaminen vastaamaan nykymääräyksiä sen sijaan ei ole tarpeellista, vaan tutkijaa hyödyttää eniten säilyneestä suunnitteluaineistosta saatava tieto. Käytettävissä

oleva suunnitteluaineisto on suositeltavaa käydä läpi huolellisesti. Lisäksi kuntotutkimuksen alussa on syytä käydä keskustelua tilaajan kanssa korjaustoimenpiteiden tavoitteista sekä mahdollisista rajauksista, joita kuntotutkimukseen tehdään.

Säilyneen suunnitteluaineiston läpikäymisen lisäksi osana kuntotutkimusta tulee suorittaa tutkittavassa kohteessa katselmus sekä akustiikan mittaukset. Molemmat antavat tärkeää tietoa rakennuksen akustiikasta ja siihen vaikuttavista tekijöistä, sillä akustiikan mittauksista saatavien teknisten mittalukujen lisäksi katselmuksessa rakennuksen ääniolosuhteista voi selvittää asioita, joita mittauksista ei voida suoraan havaita. Tällaisia havaintoja tässä tutkimuksessa olivat esimerkiksi rakenneosien, kuten ovien ja ikkunoiden, heikko ääneneristävyys, jonka parantamisella on vaikutusta rakennuksen ääniolosuhteisiin. Lisäksi kohdekäynnillä on tärkeää havainnoida mahdollisia rakennuksen ääniolosuhteita heikentäviä riskitekijöitä. Tällaisia voi olla esimerkiksi vaimentamattomat luokkatilat tai huonosti toteutetut läpiviennit. Katselmuksen aikana on suositeltavaa kirjoittaa tehdyistä havainnoista muistiinpanoja sekä ottaa kohteesta valokuvia.

Tutkitun suunnitteluaineiston sekä katselmuksen pohjalta voidaan luoda tutkimussuunnitelma akustiikan mittauksia varten. Akustisiin mittauksiin on akustisessa kuntotutkimuksessa syytä sisällyttää sekä ääneneristävyiden mittauksia, että huoneakustiikan mittauksia. Standardin SFS 5907 mukaan koko rakennusta luokiteltaessa sopiva määrä mittauksia riittävän varmuustason saavuttamiseksi on äänitasoja mitattaessa 5 % rakennuksen tiloista ja ääneneristävyksiä mitattaessa 5 % erottavista rakenteista. Vähimmäismäärä mitattavia tiloja standardin mukaan on aina kaksi tilaa sekä kaksi erottavaa rakennetta. (SFS 5907) Tärkeää mittauksia suunnitellessa olisi, että rakennuksessa käytettyjen erilaisten rakennetyyppien ääneneristävyys sekä huoneakustiikan suuret tulisivat mitatuksi siten, että nämä tulokset voidaan yleistää vastaamaan rakennuksen akustiikan kuntoa. Lisäksi katselmuksessa löydettyjen havaintojen pohjalta voidaan suorittaa lisämittauksia mahdollisten riskitekijöiden aiheuttamien haittojen poissulkemiseksi sekä kunnostamiseksi. Myös akustiikan mittausten aikana on tärkeää havainnoida korvin äänen kulkureittejä sekä mahdollisia muita äänen siirtymiseen liittyviä ilmiöitä.

Säilyneen suunnitteluaineiston tutkimisen, kohdekäynnin sekä akustiikan mittausten lisäksi osaksi kuntotutkimusta olisi suositeltavaa sisällyttää käyttäjäkysely tutkittavan rakennuksen käyttäjille. Käyttäjäkysely tarjoaa tutkijalle tietoa, jota muista edellä esitetyistä tutkimusmenetelmistä ei välttämättä saada. Tämä havaittiin tarkasteltaessa osana tätä tutkimusta toteutetun käyttäjäkyselyn tuloksia, sillä tässä kyselyssä yhdeksi häiritseväksi tekijäksi nousi oppilaista johtuva käytön aikainen melutaso, mitä ei voitu katselmuks- tai mittaushetkellä havaita. Lisäksi käyttäjäkyselystä huomattiin, että jotkin katselmuksessa havaitut äänilähteet eivät häirinneet rakennuksen käyttäjiä, vaikka äänilähde

oli selvästi kohteen tiloissa havaittavissa. Koska käyttäjäkysely tarjoaa tällaista tietoa, voidaan kysely toteuttaa joko ennen akustiikan mittausten suunnittelua tai samaan aikaan mittausten kanssa. Ensimmäisessä tilanteessa käyttäjäkysely auttaa tutkijaa kohdentamaan tutkimuksia tai lisäämään tutkimussuunnitelmaan käyttäjien havaintoja tarkistavia mittauksia ja jälkimmäisessä tapauksessa käyttäjäkysely tukee akustiikkasuunnittelijaa mahdollisten korjaustoimenpiteiden suunnittelussa.

Säilyneestä suunnitteluaineistosta, akustiikan mittauksista, katselmuksesta ja käyttäjäkyselystä saatuja tuloksia verrataan lopuksi toisiinsa ja lisäksi akustiikan mittausten tuloksia verrataan nykyisiin tavoitearvoihin. Tuloksia verratessa tärkeintä on havainnoida sitä, kuinka hyvin tulokset täyttävät tavoitetasot ja onko käyttäjäkyselyn tuloksissa havaittavissa yhteyttä akustiikan mittausten tuloksiin. Lisäksi tuloksia on syytä verrata katselmuksen havaintoihin, jotta mahdolliset mitatun tilan tai rakenteen vaikutukset mitaustuloksiin huomattaisiin. Tämä auttaa suunnittelijaa korjaustoimenpiteiden ehdotusta laatiessa. Säilyneestä suunnitteluaineistosta voidaan nähdä kohteeseen jo tehdyt parannustoimenpiteet, jolloin akustiikan mittausten tuloksien avulla voidaan arvioida näiden parannustoimenpiteiden toimivuutta. Jos tuloksia tarkastellessa myös ilmenee jotain, joka vaatii lisätutkimuksia, voidaan sellaisia suorittaa.

Kun kaikki tutkimuksen vaiheet on suoritettu ja tuloksista on tehty päätelmät tutkittavan kohteen akustiikan kunnosta, tehdään suoritetusta tutkimuksesta raportti sekä laaditaan saatujen tulosten pohjalta ehdotus korjaustoimenpiteistä. Korjaustoimenpiteiden ehdotusta laadittaessa tulee muistaa, ettei rakennuksen nykyisiä ääniolosuhteita saa korjausprojektissa heikentää. Raportin sisältö voi mukailla rakenneteknisten kuntotutkimusten raporttimalleja ja siihen olisi tärkeää sisällyttää tieto ainakin kohteessa suoritetuista tutkimuksista, niistä saaduista tuloksista, johtopäätöksistä sekä korjausehdotuksista akustisten olosuhteiden parantamiseksi puutteiden ilmetessä. Raporttia laadittaessa tärkeää on huomioida se, että se laaditaan tilaajalle mahdollisimman ymmärrettävästi ja selkeästi.

9. YHTEENVETO

Rakenneteknisten kuntotutkimuksien suorittaminen on Suomessa ollut jo pitkään vakiintunutta ja oppaita näiden tutkimusten suorittamiseen on julkaistu 1990-luvulta saakka (BY42 2019, Ympäristöministeriö 2016). Akustiikan suhteen korjaushankkeiden tueksi rakennuksissa toteutetaan akustisia mittauksia, mutta varsinaista akustiikan kuntotutkimuksen mallia alalla ei ole. Koska perusparannushankkeissa tavoitteena kuitenkin usein on rakennuksen ääniolosuhteiden parantaminen eikä olemassa olevan rakennuksen ääniolosuhteita saa heikentää, on rakennusten systemaattiselle akustiikan kuntotutkimuksen mallille olemassa tarve.

Tätä diplomityötä varten tehdystä kirjallisuuskatsauksesta voitiin huomata, että systemaattista kuntotutkimusta akustiikan saralla ei ole tehty myöskään ulkomailla, vaan kirjallisuus keskittyi lähinnä yksittäisten havaittujen ongelmien selvittämiseen. Lisäksi osana tutkimusta selvitettiin koulurakennuksiin liittyvien akustiikan määräyksien kehittymistä Suomessa sekä tutkittiin julkaistuja suunnitteluoppaita ja niiden antamia suunnitteluohjeita ennen ja jälkeen rakentamismääräysten julkaisemista. Kirjallisuuskatsauksesta voitiin huomata, että akustiikkasuunnittelun tärkeys osana koulurakennusten suunnittelua on tiedostettu jo kauan. Rakennusalan julkaisujen, määräysten ja suunnitteluoppaiden lisäksi tarkasteltiin Suomessa julkaistujen rakenneteknisten kuntotutkimusten oppaita, jotta näitä voitaisiin hyödyntää soveltuvin osin akustiikan kuntotutkimuksen mallia laadittaessa.

Systemaattisen akustiikan kuntotutkimuksen mallin kehittämistä varten valikoitiin kymmenen eri ikäistä koulukohdetta, joissa suoritettiin akustiikan mittauksia sekä toteutettiin käyttäjäkysely koulujen opetushenkilökunnalle. Mittausten ja kyselyn lisäksi koulujen säilynyt suunnitteluaineisto käytiin läpi ja niistä tarkasteltiin muun muassa kohteissa tehdyt perusparannukset. Koulukohteita tutkimalla pyrittiin selvittämään, voidaanko esimerkiksi koulurakennuksen rakentamisajankohdasta päätellä rakennuksen ääniolosuhteista mitään ja ilmeneekö eri tutkimusmenetelmin saaduista tuloksista sellaisia asioita, jotka akustiikan kuntotutkimuksessa voitaisiin yleistää koskemaan kaikkia tutkittavia kohteita. Akustiikan mittausten kanssa samaan aikaan kohteissa suoritettiin katselmukset, joissa pyrittiin aistinvaraisesti tarkastelemaan tiloja akustiikkaan vaikuttavien tekijöiden osalta sekä akustiikan mittausten aikana äänen kulkureittejä havainnoitiin korvin.

Kun mittauksista saatuja tuloksia verrattiin nykyisiin vaatimuksiin, voitiin huomata, että koulurakennuksen valmistumisajankohdasta ei voida päätellä mitään eikä näin ollen

esimerkiksi tulosten vertailu vanhoihin määräyksiin tai vanhoista määräyksistä asioiden päättelyminen ole mielekäästä. Lisäksi yksittäisessä koulussa ääniolosuhteiden laatu saattoi vaihdella riippuen mitattavasta suureesta tai mittaussuunnasta, mikä tarkoittaa sitä, että jokaisen koulun akustiikan kunnostamistarpeet ovat yksilölliset eikä näin ollen mitään ilmiötä voida kuntotutkimuksessa yleistää. Lisäksi verrattaessa mittaustuloksia käyttäjäkyselyn tuloksiin huomattiin, että kohdekatselmuksessa havaitut selvät äänilähteet, kuten liikenne, ei häirinnyt opetustyötä opettajien mukaan. Käyttäjäkysely tuotti tutkimuksessa tietoa, jota ei voitu katselmuksen, säilyneen suunnitteluaineiston tai mittaustulosten perusteella havaita. Tämän vuoksi voidaan todeta kyselyn olevan hyödyllinen akustiikan kuntotutkimusta suoritettaessa.

Suoritetuista tutkimuksista saatujen tulosten perusteella julkisten rakennusten akustiikan kuntotutkimukseen voidaan hyödyntää seuraavaa mallia:

- Tutkittavasta kohteesta kerätään siitä säilynyt suunnitteluaineisto ja aineisto läpikäydään jo tehtyjen parannustoimenpiteiden, rakennuksessa käytettävien eri rakennetyyppien sekä tilajakojen suhteen. Lisäksi tilaajan kanssa käydään keskustelua tutkimuksen tavoitteista sekä mahdollisista rajoituksista.
- Kohteessa suoritetaan katselmus, jossa havainnoidaan tiloja ääniolosuhteisiin vaikuttavien tekijöiden osalta. Katselmuksessa tehdyt havainnot kirjataan ja kohteesta otetaan valokuvia katselmuksen tueksi. Tässä vaiheessa kuntotutkimusta voidaan toteuttaa käyttäjäkysely, jos sellaista halutaan hyödyntää kuntotutkimuksen kohdentamiseksi.
- Suunnitteluaineiston sekä katselmuksessa tehtyjen havaintojen pohjalta laaditaan akustiikan mittausten tutkimussuunnitelma, johon olisi tärkeä sisällyttää riittävä määrä ääneneristävyys- ja huoneakustiikkamittauksia. Tutkimussuunnitelman sisältöön vaikuttaa muun muassa kohteessa esiintyvät rakennetyypit ja tilat, kohteen käyttötarkoitus sekä mahdolliset suunnitteluaineistosta sekä katselmuksessa havaitut riskitekijät ääniolosuhteiden osalta. Tutkittavassa kohteessa suoritetaan tutkimussuunnitelman pohjalta akustiikan mittaukset. Viimeistään tässä vaiheessa on syytä toteuttaa myös käyttäjäkysely rakennuksen käyttäjille.
- Mittaustuloksia verrataan sekä nykyisiin vaatimuksiin, että käyttäjäkyselyyn. Lisäksi verrataan saatuja tuloksia katselmuksessa havaittuihin huomioihin, jotta esimerkiksi liian vähän vaimennetut tilat havaitaan. Näillä tavoin tuloksia käsittelemällä etsitään kohteen akustiikan puutteet sekä ongelmakohtat. Jos tuloksien pohjalta havaitaan tarvetta lisätutkimuksille, laaditaan sellaisille tutkimussuunnitelma tilanteen mukaisesti.

- Kerätyn aineiston ja tutkimustulosten pohjalta laaditaan ehdotus korjaustoimenpiteistä. Lisäksi kuntotutkimuksesta laaditaan raportti, johon sisältyy vähintään suoritettujen tutkimusten kuvaus, niistä saadut tulokset, tehdyt johtopäätökset sekä esitys mahdollisista korjaustoimenpiteistä.

Tärkeintä akustiikan kuntotutkimusta suorittaessa on muistaa, että tarpeet kunkin kohteen akustiikan kunnostamiselle ovat yksilölliset ja näin ollen kuntotutkimukseen sisältyvät käyttäjäkysely sekä akustiikan mittaukset tulee olla mahdollisimman kattavat ja laajat. Tällä tavoin kartoitettu ääniolosuhteiden kunnon tila on mahdollisimman kuvaava ja tutkimusten perusteella laaditut korjaustoimenpiteet palvelevat parhaiten ääniolosuhteita parantavaan lopputulokseen pääsemistä.

LÄHTEET

- Andrade, F., Ribeiro, R. & César, M. (2021) Analysis of the acoustical environment of classrooms in three Brazilian public schools through measurements and 3D simulation. Inter Noise 2021. 1.-5.8.2021, Washington DC.
- Arni, P. (1949) Käytännöllisen akustiikan perusteet. Helsinki, Otava.
- Arni, P. (1951) Akustika problem i skollokaler. Föredrag vid NIM 4 i Helsingfors. Sanoma Oy, Helsinki.
- Astolfi, A., Puglisi, G., Pavese, L. & Carullo, A. (2014) Long-term vocal parameters of primary school teachers and classroom acoustics with and without an acoustical treatment. Forum Acusticum 2014. 7.-12.9.2014, Krakova.
- Beldam, M. (2014) Room acoustic descriptors in classrooms – is reverberation time all we need? Baltic-Nordic Acoustics Meeting, 2.-4.6.2014, Tallinna.
- Bolstad, E. (2021) Room acoustic conditions in primary schools. Baltic-Nordic Acoustics Meeting. 3.-5.5.2021, Oslo.
- BY42, Betonijulkisivun kuntotutkimus (2019). Helsinki, Suomen Betoniyhdistys ry.
- Christensson, J. (2018) Good acoustics for teaching and learning. Euronoise 2018, Kreetta. Euronoise 2018 – Conference proceedings.
- De Salvio, D., D’Orazio, D. & Garai, M. (2021) Student activity and speech levels before and after acoustic enhancement and PA redesign. Euronoise 2021, Madeira. Euronoise 2021 – Proceedings.
- Durup, N., Shield, B., Dance, S., Sullivan, R. & Gomez-Agustina, L. (2015) How classroom acoustics affect the vocal load of teachers. 6th International Building Physics Conference 2015. Energy Procedia 78 (2015), s. 3084-3089
- FINAS (2021) Lupapäätös T299, liite 1. Saatavilla: https://www.finas.fi/Documents/T299_M05_2021.pdf (viitattu 1.2.2022)
- Hakala, S. (2011) Koululuokkien ääniergonomiariskit ja niiden yhteys opettajien äänioireisiin ja puheäänen akustisten parametrien työpäivän aikaisiin muutoksiin. Pro Gradu – tutkielma. Saatavilla: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/82480/gradu04988.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (viitattu 1.2.2022)
- Halme, A. & Parjo, M. (1966) Ehdotus ääneneristysmääräyksiksi. Akustinen aikakausilehti n:o 4. s. 3–7
- Helsingin rakennusvalvonnan arkisto. (2021) Saatava aineisto tilattavissa <https://kauppa.lupa-piste.fi/>
- Hirvonen, M., Hongisto, V., Kylliäinen, M & Lehtonen, K. (2005) Standardi SFS 5907 rakennusten akustisesta luokituksesta. Akustiikkapäivät 2005, 26.-27.9.2005 Kuopio
- Jordan, L., suomentanut Arni, P. (1947) Nykyisiä melua ja ääneneristystä koskevia oikeussääntöjä ja normeja eri maissa. Ääniteknillinen yhdistys.
- Kelopuu, B. (1952) Pohjoismaat yhtenäistävät rakennusalan määräyksiään. Rakennustaito n:o 20–21. s. 535–581

- Kylliäinen, M. & Pääkkönen, R. (2017) Ääniolosuhteet avoimissa oppimisympäristöissä. Akustiikkapäivät 2017, 24.-25.8.2017 Espoo. s.27–32
- Kylliäinen, M. & Valovirta, I. (2013) Opetustilojen huoneakustiikka – paluu juurille. Akustiikkapäivät 2011, 11.-12.5.2011 Tampere.
- Kylliäinen, M. (2009) Kansainväliset yhteydet vuoden 1967 Ääneneristysnormien muotoutumisessa. Tekniikan Waiheita 3/2009.
- Kylliäinen, M. (2011). Vuoden 1967 ääneneristysnormien synty. Akustiikkapäivät 2011. Tampere, 11.–12.5., Akustinen Seura ry.
- Kylliäinen, M. (2019) Paavo Arni (1905–1969) akustikkona. Akustiikkapäivät 2019, 28.-29.10.2019 Oulu.
- Lahden kouluvirasto. (1983) Akustiikkatutkimus: Selvitys Lahden peruskoulujen ja lukioiden akustisista puutteista.
- Larm, P. & Hongisto, V. (2003) Puheen erotettavuuden ennuste- ja mittausten menetelmät. Akustiikkapäivät 2003. s. 115–120. Turku, 6.–7.10.2003, Akustinen Seura ry.
- Lehto, H & Leskelä, V. (2017) Opettajan äänenkuormitus ja melunhallinta luokassa. Pro Gradu – tutkielma. Saatavilla: <https://docplayer.fi/50081175-Opettajan-aaenkuormitus-ja-melunhallinta-luokassa.html> (viitattu 1.2.2022)
- Lietzén, J. & Kylliäinen, M. (2014) Ympäristöhallinnon ohjeita 1–2014, Asuinkerrostalojen ääneneristävyyden vertailu vanhojen mittaustulosten perusteella. Helsinki, Ympäristöministeriö. Saatavilla: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/42668> (viitattu 27.7.2021)
- Minelli, G., Astolfi, A., Puglisi, G., Murgia, S., Shtrepi, L., Prato, A. & Sacco, T. (2019) Measuring classroom acoustics with a systematic approach. Inter Noise 2019. 16.-19.6.2019, Madrid.
- Minelli, G., Puglisi, G. & Astolfi, A. (2021) Elementary classroom acoustics: what really matters. Euronoise 2021, Madeira. Euronoise 2021 – Proceedings.
- Oberkalmsteiner, R., Canale, G. & Verdi, L. (2018) Room acoustics in schools in South Tyrol – Italy. Euronoise 2018, Kreetta. Euronoise 2018 – Conference proceedings.
- Ptk Ääniteknillisen Yhdistyksen johtokunnan kokouksesta 1.10.1947. B1 Pöytäkirjat, vuosi- ja toimintakertomukset 1942–1962.
- Ptk Ääniteknillisen Yhdistyksen suunnittelukokouksesta 25.8.1942. B1 Pöytäkirjat, vuosi- ja toimintakertomukset 1942–1962.
- Radun, J., Lindber, M., Lahti, A., Veermans, M., Alakoivu, R. & Hongisto, V. (2021) Melu ja sen kokemus kahdessa akustisesti erilaisessa koululuokassa. Akustiikkapäivät 2021, 24.-25.11.2021 Turku. s. 188–191
- Rakennustietosäätiö RTS (2019) RT-103097: Toimitilakiinteistön kuntoarvio, kuntoarvioijan ohje. Rakennustieto Oy.
- RIL 243-2-2007. Rakennusten akustinen suunnittelu: oppilaitokset, auditoriot, liikuntatilat ja kirjastot. 2007. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 55. Ääneneristysnormit. 1967. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 55b. Ääneneristysnormit (1967). 1971. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Saarelainen, J. (2016) Avointen oppimisympäristöjen äänolosuhteet. Diplomityö. Saatavilla: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/24519/saarelainen.pdf?sequence=3> (viitattu 1.2.2022).

Sala, E., Hakala, S., Rantala, L., Holmqvist, S., Jonsdottir, V. & Rantanen, K. (2014) Acoustics – a basic element in learning. Forum acusticum 2014. 7.-12.9.2014, Krakova.

Sala, E., Rantala, L. & Holmqvist, S. (2015) Acoustics – Loading of teachers and children. Euro Noise 2015. 31.5.–3.6. Maastricht.

Sala, E., Sihvo, M. & Laine, A. (2003) Ääniergonomia, toimiva ääni työvälteenä. Helsinki, Työterveyslaitos ja työturvallisuuskeskus.

SFS-EN ISO 16283-1 (2014) Acoustics. Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 16283-2 (2020) Acoustics. Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 2: Impact sound insulation. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 3382-1 (2009) Acoustics. Measurement of room acoustic parameters. Part 1: Performance spaces. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto ry.

SFS-EN ISO 3382-2 (2008) Acoustics. Measurement of room acoustic parameters. Part 2: Reverberation time in ordinary rooms. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto ry.

SFS-EN ISO 3382-3 (2021) Acoustics. Measurement of room acoustic parameters. Part 3: Open plan offices. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto ry.

SFS-EN ISO 717-1 (2020) Acoustics. Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 717-2 (2020) Acoustics. Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 2: Impact sound insulation. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO/IEC 17025 (2017) General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Shield, B. & Richardson, R. (2018) Regulation of school acoustic design in the UK: recent revision of building and school premises regulations and their application. Euronoise 2018, Kreetta. Euronoise 2018 – Conference Proceedings.

Sisäasiainministeriö. (1975). Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C1: Ääneneristys. Helsinki, Sisäasiainministeriö.

Sisäasiainministeriö. (1978) Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C5: Ääneneristys, Ohjeet. Helsinki, Sisäasiainministeriö.

Subramaniam, N. & Ramamurthy, K. (2019) Influence of classroom acoustics on student presentations. Inter Noise 2019. 16.-19.6.2019, Madrid.

Suomen Betoniyhdistys ry (2014) Betonijulkisivun ja parvekkeiden kuntotutkimus, Tilaajan ohje 2014. Suomen Betoniyhdistys ry, Helsinki. Saatavilla http://www.betoniyhdistys.fi/media/julkaisu/by-42_betonijulkisivun-kuntotutkimus-tilaajan-ohje_2014.pdf (viitattu 27.12.2021)

SFS 5907 (2004) Rakennusten akustinen luokitus. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Takala, J., Rauhala, J., Lietzén, J. & Kylliäinen, M. (2017) Kokeilu häiritsevyyden rajoittamiseksi avoimessa oppimisympäristössä. Akustiikkapäivät 2017, 24.-25.8.2017 Espoo. s. 27–32

Ueno, K., Watanabe, S. & Noguchi, S. (2018) A field study on the acoustic environment of special-needs education classrooms. Euronoise 2018, Kreetta. Euronoise 2018 – Conference proceedings.

Uzeyirli, Z. & Ozcevik Bilen, A. (2019) A subjective research regarding the effect of acoustic conditions on normal and hearing-impaired students. Inter Noise 2019. 16.-19.6.2019, Madrid.

Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus & Suomen Akustiikkakeskus Oy. (1994) Koulujen akustinen suunnitteluopas. Helsinki, Opetushallitus.

Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus (1974) Koulujen rakennus- ja huoneakustiikka (10.4.1972). Rakennus- ja yhdyskuntatalouden laboratorio, tiedonanto 21. Espoo, Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos, VTT. (1960) Ehdotus Ääneneristysmääräyksiksi. Sarja III – Rakennus 42. Helsinki, Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

Varjo, U. (1947) Rakennusinsinööriyhdistyksen julkaisuja A11: Äänen ja muun värähtelyn torjunta huoneenrakennuksessa. Rakennusinsinööriyhdistys ry.

Viljanen, V., Pekkarinen, E., Himberg, L., Honka, J., Minni, E., Pentti, J. & Virtanen, O. (1989) Oppilaitoksien ääniolosuhteet. Turku, Turun aluetöterveyslaitos.

von Braunmühl, H., suomentanut Arni, P. (1942) Huoneiden ja rakenteiden akustiikasta. Rakennustaito n:o 24. s. 315–346

Xie, H., Liu, J. & He, Y. (2018) The effects of classroom acoustics on primary and secondary school students and staff in Southwest China. Euronoise 2018, Kreetta. Euronoise 2018 – Conference proceedings.

Ympäristöministeriö (2016) Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Helsinki, Ympäristöministeriö. Saatavilla <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/75517> (viitattu 27.12.2021)

Ympäristöministeriö (2018) Ääniympäristö: Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä. Helsinki, Ympäristöministeriö.

Ympäristöministeriö. (1984a) Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C1: Ääneneristys. Helsinki, Ympäristöministeriö.

Ympäristöministeriö. (1984b) Suomen Rakentamismääräyskokoelma, osa C5: Ääneneristys, ohjeet. Helsinki, Ympäristöministeriö.

Ympäristöministeriö. (1998) Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C1: Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa. Helsinki, Ympäristöministeriö.

Ympäristöministeriö. (2003) Ympäristöopas 99: Ääneneristys rakennuksessa. Helsinki, Rakennustieto Oy.

Ziyu, Z. & Hongwei, W. (2021) Study on acoustic environment of canteens in South China University of Technology. Inter Noise 2021. 1.-5.8.2021, Washington DC.

Ääniteknillinen Yhdistys (1955) Lista Ääniteknillisen Yhdistyksen esitelmistä 1943–1955.

Ääniteknillinen yhdistys. (1948) Sisäasiainministeriön kunta-asiain osastolle. Ääniteknillinen yhdistys.

LIITE 1: KÄYTTÄJÄKYSELYLOMAKE

Diplomityöhön liittyvä käyttäjäkysely

Tämä käyttäjäkysely on osa syksyn 2021 ja kevään 2022 aikana toteutettavaa diplomityötä liittyen rakennusten akustiikan kuntotutkimukseen. Kyselyn avulla kartoitetaan tutkimuksen kohteena olevien koulujen opettajien havaintoja kohdekoulujen ääniolosuhteista. Kyselyn vastauksia hyödynnetään aineistona diplomityöhön sekä sen tulosten tuottamiseen. Tulokset raportoidaan osana opinnäytetyötä, joka löytyy valmistuessaan avoimesta Theseus-tietokannasta.

Kyselyn alussa kysytään alkutietoja, jonka jälkeen ensimmäinen osio liittyy tilojen yleiseen viihtyisyyteen, toinen osio puheeseen ja tilojen ääniympäristöön ja kolmas osio eri äänilähteiden vaikutukseen opetustilanteissa. Osioissa 1-3 vastataan kunkin kysymyksen mukaisella asteikolla.

Kyselyyn vastaaminen on anonymia eikä vastauksia voida yhdistää yksittäiseen henkilöön. Lähettämällä lomakkeen annat suostumuksen käyttää antamiasi vastauksia osana diplomityön aineistoa. Alussa kysytyn toimipisteen avulla yhdistetään kyselyn antamat tulokset muihin diplomityön tuloksiin. **Jos opetat useammassa tutkimuksen kohteena olevassa koulussa, vastaa pääasiallisen toimipisteen mukaisesti.**

Alkutiedot

Alkutietoina kysytään ikää, opetettavaa/opetettavia vuosiluokkia sekä koulua, jossa opettaa.

3. Mitä vuosiluokkaa opetat (voit valita myös useamman)? *

Esikoulu

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

1. Tilojen viihtyisyys

Ensimmäisessä osiossa kartoitetaan tilojen yleistä viihtyisyyttä muutamien tekijöiden kautta. Jos opetat useammassa kohteena olevassa koulussa, vastaa sen mukaisesti, millaisena koet

4. Tiloissa on vetoisaa *

erittäin paljon	paljon	jonkin verran	vähän	ei lainkaan	en osaa sanoa
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. Tilojen lämpötila *

liian matala	matala	sopiva	korkea	liian korkea	en osaa sanoa
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Tilojen valaistus *

täysin riittämätön	riittämätön	kohtalainen	riittävä	en osaa sanoa
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Viemärien äänet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lämmityspatt erien äänet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vesijohtojen äänet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kävelyäänet yläpuolisista luokkahuonei sta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kävelyäänet viereisistä luokkahuonei sta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kävelyäänet käytävästä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pulpettien ja tuolien kolina yläpuolisista luokkahuonei sta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pulpettien ja tuolien kolina viereisistä luokkahuonei sta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kalusteiden kolina käytävästä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

21. Onko vielä jotain, mitä haluaisit sanoa liittyen kyselyn aiheisiin, mutta jota ei voinut tuoda kysymysten kautta ilmi?

22. Annan suostumuksen käyttää antamiani kyselyvastauksia osana opinnäytetyön aineistoa *

Kyllä

Tämä ei ole Microsoftin luomaa tai suosittelemaa sisältöä. Lähettämäsi tiedot lähetetään lomakkeen omistajalle.

 Microsoft Forms

LIITE 2: TUTKIMUSSUUNNITELMA

Saana Romula: Akustiikan kuntotutkimuksen malli
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikka
5/2021

Rakennusalalla on jo pitkään tehty kuntotutkimuksia, joilla selvitetään erilaisin keinoin rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa sekä erilaisia vaurioitumismekanismeja. Myös rakennusten sisäilmaan liittyvät sisäilmatutkimukset ovat jo pitkään olleet vakiintuneita alalla. Akustiikan näkökulmasta rakennuksissa toteutetaan akustisia mittauksia korjaushankkeiden suunnittelun lähtötiedoksi, mutta varsinaista akustisen kuntotutkimuksen mallia tai systemaattisia menetelmiä sen toteuttamiseen ala ei tunne. Ympäristöministeriön ääniympäristöohje kuitenkin toteaa, että korjausrakentamishankkeissa rakennuksen ääniolosuhteita ei saa heikentää. Toisaalta perusparannushankkeissa käyttäjän ja tilaajan tavoitteena usein on rakennuksen ääniolosuhteiden parantaminen esimerkiksi työympäristön parantamiseksi. Tästä seuraa se, että rakennusten akustiselle kuntotutkimukselle on olemassa tarve.

Tämän tutkimuksen tuloksena on tarkoitus tuottaa systemaattinen akustiikan kuntotutkimuksen malli. Diplomityön kohteena käytetään koulurakennuksia eri vuosikymmeniltä. Aineiston keräämistä varten on tarkoitus suorittaa kymmenessä eri ikäisessä koulurakennuksessa akustisia mittauksia sekä toteuttaa koulujen käyttäjille käyttäjäkysely.

Akustisten mittausten avulla on tarkoitus kartoittaa koulukohteiden ääniolosuhteita mittaluvuin sekä verrata saatuja tuloksia akustiikkamääräyksiin. Lisäksi akustisten mittausten aikana voidaan korvin havainnoida, onko kouluissa esimerkiksi jotain selkeitä melulähteitä. Opettajille toteutettavan käyttäjäkyselyn avulla kartoitetaan kohdekoulujen koettua ääniympäristöä sekä sen vaikutusta opetustyöhön. Mittausten sekä käyttäjäkyselyn tuloksia verrataan tutkimuksessa toisiinsa.

Näin kerätyn aineiston pohjalta kartoitetaan eri ikäisten koulurakennusten akustiikan ongelmakohtia. Tämän lisäksi osana tutkimusta selvitetään kohteina olevien koulurakennusten säilynyt suunnitteluaineisto sekä mahdolliset muutostyöt ja selvitetään koulurakennusten akustiikkaa koskevien määräysten kehittyminen Suomessa. Lisäksi tutkitaan, onko akustiikan kuntotutkimuksen parissa tehty tutkimustyötä ulkomailla. Mittaustulosten ja kerätyn aineiston pohjalta kehitetään akustisen kuntotutkimuksen malli, jota voitaisiin hyödyntää perusparannushankkeiden hankesuunnitteluvaiheessa.

Diplomityön tutkimusmenetelminä käytetään kirjallisuuskatsausta, akustisia mittauksia sekä käyttäjäkyselyä. Tutkimuksen osana toteutettava käyttäjäkysely on täysin anonyymi eikä sähköinen lomake kerää vastaajistaan henkilötietoja, jolloin se ei aiheuta vastaajalleen tietoturvaohkausta tai aiheuta toimenpiteitä tietosuojan kanssa. Tämän lisäksi tutkimuslomakkeeseen on pääsy ainoastaan tutkimuksen tekijällä. Kyselyn tulokset esitetään diplomityössä, joka julkaistaan yliopiston Theseus-tietokannassa ja kyselytuloksista tehdään koonti.

LIITE 3: TIEDOTE TOTEUTETTAVASTA KÄYTTÄJÄKYSELYSTÄ

Tiedote diplomityöhön liittyvästä käyttäjäkyselystä

Syksyn 2021 aikana toteutettavassa diplomityössä tutkitaan kymmenen helsinkiläisen koulun akustiikkaa. Kouluissa on kesän 2021 aikana tehty akustiikan mittauksia ja loppuvuoden 2021 aikana kohteina toimineissa kouluissa on tarkoituksena toteuttaa käyttäjäkysely koulujen opettajille. Tällä tavoin kerätyn aineiston avulla on tarkoitus tutkia, kuinka vanhojen rakennuksien akustiikkaa voitaisiin kunnostaa.

Toteutettavan käyttäjäkyselyn tarkoituksena on kartoittaa, millaisena tutkimuskohteiden opettajat kokevat kohteina toimivien koulujen ääniympäristön ja sen vaikutuksen opetustyöhön. Kyselyyn vastaaminen on vapaaehtoista eikä vastaamatta jättäminen aiheuta seurauksia eikä siitä tarvitse erikseen ilmoittaa.

Käyttäjäkyselyn vastauksia hyödynnetään diplomityön tulosten muodostamiseen ja vastaukset raportoidaan osana diplomityötä. Diplomityö julkaistaan valmistuessaan Tampereen yliopiston Theseus-tietokannassa.

Kysely sisältää kysymyksiä, joihin vastataan annetun asteikon mukaisesti sekä kaksi avokysymystä. Käyttäjäkysely ei kerää henkilöön liittyviä tietoja ja siihen vastaaminen on täysin anonyymia eikä vastauksia voida yhdistää yksittäiseen henkilöön. Kyselylomakkeeseen ja sen vastauksiin on pääsy ainoastaan tutkimuksen tekijällä.

Lisätietoja diplomityöstä ja siihen liittyvästä käyttäjäkyselystä voit kysyä

Saana Romula

p.

s.posti:

LIITE 4: TUTKIMUKSEN EETTINEN POHDINTA

Tutkimusprosessin eettinen pohdinta

Tutkimuksen tavoitteena on muodostaa systemaattisia tapoja kunnostaa erityisesti vanhojen koulurakennusten ääniolosuhteita ja siten tehdä akustiikan kuntotutkimuksesta helpompaa sekä sujuvampaa. Tällä tavoin pystytään tuottamaan hyötyä rakennusten käyttäjille, sillä hyvät ääniolosuhteet rakennuksissa takaavat miellyttävämmän työ- sekä oppimisympäristön. Paremmilla työ- ja oppimisympäristöillä on välillisesti myös myönteistä yhteiskunnallista vaikutusta.

Tutkimusta toteutettaessa noudatetaan Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ajantasaisia tutkimuseettisiä sekä tietosuojaan liittyviä periaatteita. Tutkimuksessa ei muodosteta henkilörekisteriä osallistujista. Kysely ei kerää vastaajistaan henkilötietoja ja siihen vastaaminen on anonyymia, jolloin ei kajota vastaajien tietosuojaan tai rikota sitä. Edellä mainituista tekijöistä johtuen kyselyvastauksia ei voida myöskään kohdistaa yksittäiseen vastaajaan niiden raportoinnissa.

Kohteena toimivien koulujen rehtoreille on ilmoitettu, että osana opinnäytetyötä koulujen käyttäjille toteutetaan käyttäjäkysely. Kyselyyn vastaaminen perustuu täysin kohderyhmän omaan vapaaehtoisuuteen eikä vastaajien henkilöllisyys paljastu tutkimuksen toteuttajalle. Tämä tuodaan ilmi myös tiedotteessa, joka välitetään kohdekouluihin käyttäjäkyselyn mukana. Lisäksi on huolehdittu, että tutkimukseen osallistujalla on saatavissaan kattava informaatio tehtävästä tutkimuksesta kaikissa sen vaiheissa. Tiedot käyttäjäkyselyn tarkoituksesta sekä selostus tutkimuksesta on sisällytetty niin tutkimustiedotteeseen kuin käyttäjäkyselylomakkeeseen, jonka lisäksi tutkittaville henkilöille on annettu yhteystiedot, josta voi tiedustella halutessaan asiasta lisää.

Kysely toteutetaan sähköisellä lomakkeella, jonka voi lähettää eteenpäin vasta, kun sen kysymykset on täyttänyt. Tällä tavoin kyselyyn osallistumisen vapaaehtoisuudesta on tehty mahdollisimman helppoa, sillä tutkimukseen osallistuva voi missä tahansa lomakkeen täyttämisen vaiheessa keskeyttää vastaamisen ja peruuttaa siten osallistumisensa tutkimukseen ilman, että hänen vastauksiaan käytetään tutkimuksessa.

Vastaajia kohdellaan kunnioittavasti ja heidän antamiaan vastauksia tarkastellaan tasavertaisesti sekä objektiivisesti. Tutkimuksen tulosten kannalta niin myönteiset kuin kielteiset näkemykset ovat yhtä olennaisia havaintoja ja niistä raportoidaan hyvän tieteellisen käytännön mukaisesti.